WALLONIE-BRUXELLES ENSEIGNEMENT

Administration générale de l'Enseignement

Service général de l'Enseignement
organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles

PROGRAMME D'ÉTUDES PROVISOIRE

SCIENCES GÉNÉRALES

482P/2018/240

Enseignement secondaire ordinaire
Humanités générales et technologiques
3e degré

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Cadre légal

Le présent programme découle de l'application du décret du 4 décembre 2014 portant confirmation des ***compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales et déterminant les compétences terminales et savoirs communs à l'issue de la section de qualification des humanités techniques et professionnelles en éducation scientifique, en français, en sciences économiques et sociales ainsi qu'en formation historique et géographique,*** modifié par le **Décret du 14 juin 2018 instituant un enseignement expérimental aux 2e et 3e degrés de l'enseignement secondaire qualifiant en ce qui concerne la certification par unités d'acquis d'apprentissage (CPU), et aux 2e et 3e degrés de l'enseignement de transition en ce qui concerne le dépassement du nombre maximum de périodes hebdomadaires, et portant diverses dispositions en matière d'enseignement obligatoire, d'organisation du jury délivrant le certificat d'aptitudes pédagogiques et de concertation avec les pouvoirs organisateurs et les organisations syndicales (Section XI)** (les dispositions concernant les modifications du référentiel lui ont été annexées).

Destiné aux établissements de Wallonie-Bruxelles Enseignement (WBE), le contenu de ce programme respecte la charte que le réseau offre à chacun de ses élèves et à sa famille, à savoir la possibilité de vivre et de partager les valeurs essentielles que sont :

DÉMOCRATIE

WBE forme les élèves et les étudiants au respect des Libertés et des Droits fondamentaux de l'Homme, de la Femme et de l'Enfant. Il suscite l'adhésion des élèves et des étudiants à l'exercice de leur libre arbitre par le développement de connaissances raisonnées et l'exercice de l'esprit critique.

OUVERTURE & DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

WBE forme des citoyens libres, responsables, ouverts sur le monde et sa diversité culturelle. L'apprentissage de la citoyenneté s'opère au travers d'une culture du respect, de la compréhension de l'autre et de la solidarité avec autrui.

Il développe le goût des élèves et des étudiants à rechercher la vérité avec une constante honnêteté intellectuelle, toute de rigueur, d'objectivité, de rationalité et de tolérance.

RESPECT & NEUTRALITÉ

WBE accueille chaque élève et chaque étudiant sans discrimination, dans le respect du règlement de ses établissements scolaires. Il développe chez ceux-ci la liberté de conscience, de pensée, et la leur garantit. Il stimule leur attachement à user de la liberté d'expression sans jamais dénigrer ni les personnes, ni les savoirs.

ÉMANCIPATION SOCIALE

WBE travaille au développement libre et graduel de la personnalité de chaque élève et de chaque étudiant. Il vise à les amener à s'approprier les savoirs et à acquérir les compétences pour leur permettre de prendre une place active dans la vie économique, sociale et culturelle.

Actif face aux inégalités sociales, WBE soutient les moins favorisés afin qu'aucun choix ne leur soit interdit pour des raisons liées à leur milieu d'origine.

Confiants en eux, conscients de leurs potentialités, l'élève et l'étudiant construisent leur émancipation intellectuelle, gage de leur émancipation sociale.

2. Aspects novateurs

Ces aspects novateurs résident tant dans les référentiels que dans ce programme lui-même dont il décline le « comment enseigner ».

2.1. Les référentiels

Les référentiels élaborés entre 1997 et 1999, dans la foulée de l'adoption de l'enseignement par compétences, laissaient une grande latitude aux pouvoirs organisateurs tant en termes de contenus d'apprentissage que d'approche méthodologique. Par contre, il n'en va pas de même pour ceux rédigés après 2014. En effet, les contenus – compétences ET ressources – y sont listés de manière exhaustive, homogénéisés et répartis en Unités d'Acquis d'Apprentissage (UAA). De plus, ces référentiels précisent les processus (connaître – appliquer – transférer) à activer ainsi que les attendus en termes de productions tant pendant les apprentissages que lors de l'évaluation.
Enfin, ils précisent les attendus au terme de l'étape intermédiaire dans le cursus que représente la fin du deuxième degré.
Pour toutes ces raisons, le référentiel est repris intégralement dans le présent programme.

2.2. Le programme

Le balisage des contenus évoqués ci-dessus laisse néanmoins suffisamment de champs aux pouvoirs organisateurs pour y développer leur spécificité.
Wallonie-Bruxelles Enseignement a souhaité imprimer la sienne en dotant tous les programmes, à partir de 2014, d'un canevas commun, décliné en un volet **orientation**, un volet **structure** et un volet **formel**.

Orientation

- Afin de répondre au découpage du référentiel mais également dans un souci d'aide à la planification des apprentissages, le programme en tant qu'entité couvre ***un ou plusieurs degré(s)***, dans sa forme (un seul document) comme dans son contenu.
- Une fois découpés en degrés, les apprentissages doivent s'insérer dans le continuum plus vaste que constitue l'ensemble des Humanités. Ainsi, ce programme organise les contenus de sorte qu'ils s'arriment à ce que l'élève est censé maîtriser tant en amont qu'en aval – lorsqu'aval il y a. De même, il respecte une gradation dans la difficulté des types d'activités proposés.
- Par-delà la dichotomie obligatoire-facultatif, ce programme cible certains contenus comme prioritaires ou ***incontournables***. Cette différenciation peut s'opérer selon la forme d'enseignement où ces contenus sont enseignés ou encore selon la manière dont ils sont abordés.
- Ce programme envisage un redécoupage de l'année scolaire avec l'aménagement de périodes « tampon ». Contrairement aux pratiques habituelles en termes de remédiation et dans un souci d'excellence, ces périodes seront réservées à ***TOUS*** les élèves afin qu'ils améliorent leurs performances quelles qu'elles soient. Ces périodes poursuivent un triple but : ***remédier*** aux lacunes, ***consolider*** les acquis et offrir des activités de ***dépassement (RCD)***. Le programme fait donc apparaître clairement que les évaluations sommatives se pratiquent ***idéalement*** en deux temps suivant le schéma : ***SOMMATIVE 1 – RCD – SOMMATIVE 2.***

- Conformément aux référentiels qui préconisent d'évaluer chacun des trois processus à mettre en œuvre (connaître, appliquer et transférer), le présent programme propose une pondération minimale entre ces trois processus qui réservera, au fil des degrés, une part croissante au processus de transfert.
- Les référentiels interréseaux fixant clairement des attendus identiques à l'issue des Humanités professionnelles et techniques, il est apparu cohérent de rédiger ***un même programme*** pour l'ensemble de l'enseignement qualifiant. Cette option n'empêche cependant pas à l'intérieur du programme une certaine différenciation selon la forme d'enseignement, les chemins empruntés pour atteindre l'attendu ou via un recalibrage des proportions d'essentiel et d'accessoire.
- Le présent programme met en exergue l'importance du **respect de la norme linguistique** dans les productions attendues.

Structure

- Dans la perspective de donner sens aux apprentissages mais également pour assurer leur pérennité, il apparaît incontournable de leur donner ***une dimension métacognitive***. Celle-ci propose à l'élève un retour sur la démarche qu'il a adoptée mais va plus loin que la simple explicitation de cette dernière. Il s'agit plutôt pour l'élève d'analyser le pourquoi et le comment des choix opérés dans la résolution d'un problème et d'ainsi installer une relation réellement pérenne au savoir. C'est pourquoi ce programme prévoit des phases visant à faire émerger une dimension métacognitive dans les apprentissages.
- Plutôt que des exemples de grilles critériées d'évaluation, ce programme contient des indications méthodologiques permettant aux enseignants d'élaborer leurs propres grilles.

Forme

- Le présent programme se présente sous la ***forme évolutive de classeurs*** contenant plusieurs cahiers parmi lesquels la présente introduction générale et le référentiel interréseaux.
- De même, au-delà de la charte graphique en vigueur pour toutes les publications de l'AGE, ***une présentation commune*** aux programmes est d'application.

CORPUS

CORPUS

Avertissement

Le présent programme est d'application dans l'enseignement secondaire général et de transition selon le schéma suivant :

- 2018-2019 pour les 5e années,
- dès 2019 pour les deux années du degré.

Il abroge et remplace les programmes 126/2001/240, 166-1/2006/248B, 122-2/2001/240, 7/5050, 124/2001/240

Introduction

Pour faciliter la lecture du présent programme, il est judicieux de prendre connaissance de l'arrêté du Gouvernement déterminant les compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en sciences de base à consulter sur le site http://www.gallilex.cfwb.be

Cette introduction se veut être un éclairage pour une lecture et une application efficaces des programmes.

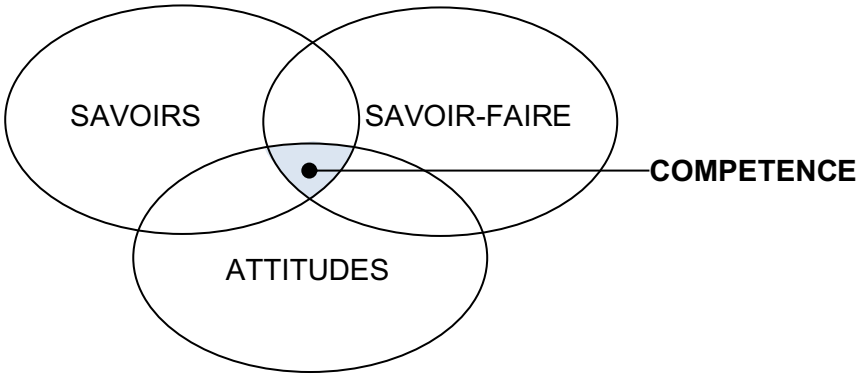
1. Les référentiels

Les référentiels se basent sur le décret « Missions » du 21 juillet 1997 adopté par la Communauté française qui définit la notion de compétence en ces termes :

« *aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes permettant d'accomplir un certain nombre de tâches* ».

L'accent est mis sur l'action de l'élève (*mettre en œuvre*…). Cette action s'appuie sur un ensemble de composantes : « *un ensemble de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes* ». Enfin, il s'agit d'une action finalisée (*permettant d'accomplir* …).

Il en ressort qu'une compétence ne peut être appréhendée comme étant une juxtaposition, une somme de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes : il n'y a développement et acquisition de compétences que s'il y a **complexité** c'est-à-dire **mise en œuvre dynamique, organisée et finalisée de ces composantes !**



Ces référentiels (décret du 4 décembre 2014 amendé en janvier 2018) :

- sont approuvés par un décret ;
- s'inscrivent dans la perspective d'une future évaluation externe et sont donc obligatoirement organisés par degré ;
- sont construits en **U**nités[1] d'**A**cquis d'**A**pprentissage[2] (UAA).

et sont téléchargeables sur : http://www.ejustice.just.fgov.be

2. Programme

Ce programme couvre le 3e degré de l'enseignement de transition, dans sa forme (un seul document) et dans son contenu.
Cette organisation du 3e degré présente l'avantage d'offrir aux enseignants une vision claire du continuum pédagogique qu'il constitue et de ses objectifs finaux (certification) ainsi qu'une possibilité de planification.

La chronologie des UAA, prescrite dans le référentiel et donc à respecter, permet d'assurer le caractère spiralaire des apprentissages.
Les processus spécifiques des référentiels sont tous intégrés en italique dans le programme.
Tous doivent être enseignés et entraînés mais aussi maîtrisés par les élèves.
Cependant l'ordre des processus présentés est donné à titre indicatif et peut donc être envisagé en suivant une organisation différente.
Chaque processus est susceptible d'être certifié dans le cadre des évaluations externes.
Les contenus ne figurant pas explicitement dans le référentiel et clairement identifiés par une note spécifique sont en « dépassement » et donc facultatifs.

Dans les programmes, chaque unité s'intègre dans la chronologie du référentiel et comprend :

- la partie correspondante du référentiel,
- des considérations pédagogiques,
- des exemples de situation d'apprentissage,
- des ressources bibliographiques.

Un glossaire disciplinaire commun aux sciences est présenté en ANNEXE III.

Des outils spécifiques (Fiches labo – Modes d'emploi du matériel spécifique – Banque d'outils d'évaluation – Grilles critériées …) compléteront chaque UAA et seront disponibles pour tous les enseignants de W-B E.

Les considérations pédagogiques sont présentées sous forme d'un tableau détaillant la méthodologie.

[1] UAA : désigne « un ensemble cohérent d'acquis d'apprentissage susceptible d'être évalué »
[2] AA : désigne « ce qu'un élève sait, comprend, est capable de réaliser au terme d'un processus d'apprentissage ».

Les lignes

- ✓ L'ordre des lignes du tableau est indicatif. Il s'agit d'une proposition de planification des processus.
- ✓ Les dernières lignes du tableau indiquent la nécessité de planification de moments d'évaluation durant l'unité.
- ✓ Dans certaines unités, la dernière ligne donne un cadre limite afin de ne pas outrepasser les exigences du référentiel.

Les colonnes

- ✓ La première colonne intitulée « processus explicités » reprend les processus du référentiel (*en italique*) ainsi que des processus destinés à être développés par les enseignants ou par les élèves. Les exemples sont donnés à titre indicatif.

  Les savoir-faire du référentiel sont mentionnés dans cette colonne quand il viennent en articulation de différents processus.
- ✓ La deuxième colonne reprend des savoirs qui viennent en appui des processus à maîtriser par les élèves ; elle constitue le cadre théorique de l'unité. Les exemples sont donnés à titre indicatif.
- ✓ La colonne des mots-clés indique le vocabulaire relatif au contenu. Il ne s'agit pas d'une liste de mots dont les définitions sont à restituer textuellement par l'élève.
- ✓ La colonne outils-liens suggérés propose des documents, des outils, du matériel et des références à actualiser.
- ✓ Dans la dernière colonne, le timing suggéré propose une planification des activités de l'unité en considérant vingt-cinq semaines « utiles » (y compris les évaluations intermédiaires) par année scolaire, ce qui laisse une place à des périodes « tampon »[3].

Notes de bas de page

- ✓ Les notes sont destinées exclusivement au professeur à titre d'éclaircissement.

[3] Voir introduction générale

3. Considération méthodologique : démarche scientifique

L'application de ces programmes privilégie la démarche scientifique à des moments choisis par le professeur en fonction des rythmes d'apprentissage. Cette démarche doit être entraînée dans chaque UAA à partir de situations d'apprentissage.
L'apprentissage des sciences vise au développement de compétences et propose une méthodologie pour amener les jeunes à se les approprier de manière durable. La construction, par les élèves, de leurs savoirs et de leurs savoir-faire doit être au centre de leur apprentissage.
Les cours de sciences doivent ouvrir les jeunes à leur environnement naturel et développer dans ce cadre l'observation, la manipulation, l'expérimentation …

Par la construction progressive de leurs savoirs et de leurs savoir-faire, les élèves, quels que soient leur âge et leur niveau d'études, sont les premiers acteurs de leurs apprentissages. En partant d'une situation de recherche, la méthode proposée sollicite la créativité des élèves, intègre leurs acquis antérieurs, favorise le travail en équipe et l'interdisciplinarité et ouvre à de nouvelles perspectives. Les sciences doivent être construites, mises en question et reconstruites sous un regard critique.
En cela, l'apprentissage s'inscrit dans une démarche d'éducation globale et prépare les jeunes à devenir des citoyens à part entière, capables de s'intégrer dans de nouveaux groupes de travail, de s'adapter à de nouvelles tâches et d'affronter les problèmes qui se présenteront.

La démarche scientifique comprend trois étapes importantes constituées de plusieurs phases. Dans toute démarche de construction des savoirs, ces trois étapes apparaissent nécessairement ; certaines des phases qui les composent peuvent cependant ne pas être développées lors de chaque séquence d'apprentissage.

Première étape : la rencontre avec une réalité complexe

Phase 1 : émergence de la situation à résoudre

Faire preuve de curiosité et avoir envie de se poser des questions pour :

- expliquer un phénomène interpellant,
- identifier une situation qui pose problème.

Phase 2 : rechercher des indices et dégager des pistes

Mobiliser ses ressources pour :

- émettre une hypothèse,
- avancer des explications plausibles.

Phase 3 : confronter les pistes et sélectionner celles à suivre

Sélectionner et trier les hypothèses sur base :

- de leur possibilité de vérification expérimentale,
- de la cohérence face au questionnement de départ.

- *Deuxième étape : recueil des informations*

Phase 4 : investiguer chaque piste retenue

Confronter les hypothèses à la réalité pour :

- élaborer et décrire une expérience, mener une recherche,
- manipuler, réaliser des mesures et/ou exploiter des documents.

- *Troisième étape : traitement et communication des informations*

Phase 5 : regrouper les résultats et les communiquer

Constater des faits pour :

- communiquer les résultats de l'expérience et/ou de la recherche.

Phase 6 : vérifier si la situation d'apprentissage est résolue et s'interroger

Interpréter les résultats en analysant et argumentant pour :

- trouver un lien entre les facteurs mis en évidence,
- confronter les résultats réels aux prévisions,
- résoudre la situation d'apprentissage.

Phases 7 et 8 : valider la solution et conclure provisoirement

Valider ou non l'hypothèse de départ pour :

- tirer une définition, une loi, une représentation,
- confirmer ou infirmer les pistes suivies,
- reconnaître les limites de la recherche.

Remarque

La démarche scientifique permet :

- à l'élève de :
  - ✓ se tromper,
  - ✓ recommencer,
  - ✓ modifier ses hypothèses,
- au groupe classe, d'effectuer des allers-retours entre les différentes étapes de la démarche.

4. Expérimentation

Les programmes soulignent l'importance de l'expérimentation en sciences générales.

En fonction des processus spécifiés dans le référentiel, plusieurs modalités seront mises en œuvre :

- ✓ l'élève manipule ;
- ✓ la classe est divisée en groupes et chaque groupe réalise une expérience, éventuellement différente ;
- ✓ le professeur, assisté par quelques élèves, réalise lui-même la manipulation.

Les expériences nécessitant des manipulations interdites en classe doivent être illustrées par la présentation d'un film, par une simulation sur ordinateur ou par une visite à l'extérieur.

L'équipe de professeurs se charge de réunir et/ou de faire acquérir par l'école, le matériel et les conditions nécessaires à l'expérimentation. Les normes d'encadrement sont précisées en ANNEXE I.

Les manipulations décrites dans ce programme sont à réaliser par tous les élèves puisqu'elles sont prévues pour satisfaire aux processus exigés par le référentiel.
Ces manipulations font partie intégrante du cours.
L'expérimentation faisant partie intégrante des référentiels, l'évaluation des processus mis en œuvre est évidemment requise.

5. Évaluation

L'évaluation certificative se fera toujours sur base des processus du référentiel.

Un exemple d'évaluation de compétence accompagné d'une grille critériée d'évaluation est proposé en ANNEXE II.

La répartition des questions « ressources » et « compétences » dans les bilans globaux (en fin d'UAA) se répartit pour le 3e degré comme suit : d'au moins 50 % pour les ressources (savoirs, savoir-faire et combinaison savoirs & savoir-faire exercés) et 30 % pour les questions dites de compétences au sens du décret.

L'évaluation doit aussi être envisagée pour les travaux de groupe lors de tâches expérimentales.

La planification dans chaque unité inclut des temps d'évaluation formative et sommative. De ce fait, elle envisage un découpage de l'année scolaire avec l'aménagement de périodes « tampon » dédiées à la **R**emédiation, à la **C**onsolidation et/ou au **D**épassement (RCD).

ANNEXE I

CIRCULAIRES

I. Circulaire générale relative à l'Organisation de l'enseignement secondaire ordinaire et à la Sanction des études

Les normes régissant la taille des classes applicables au 2e et 3e degré sont données au chapitre 7 de cette circulaire qui est mise à jour à chaque rentrée scolaire.
Pour consulter les circulaires émises pour le réseau W-BE :
http://www.enseignement.be/index.php?page=26822

II. Circulaire 5078 - Sécurité/hygiène : dissections d'animaux ou d'organes
http://www.enseignement.be/index.php?page=26823&do_id=5302

III. Circulaire « Produits dangereux W-BE » en cours de rédaction

IV. Cadre législatif portant sur les déchets

Service interne pour la prévention et la protection au travail
www.sippt.cfwb.be

Coordination Environnement, Gestion environnementale et développement durable
http://www.coren.be/activities/activities_detail.php?langue=fr&cat=114

http://environnement.wallonie.be/legis/dechets/degen019.htm

V. Mémento « Gérer les déchets dangereux et les risques en milieu scolaire » à télécharger
https://www.globalcube.net/clients/corenv2/content/medias/images/activites/EDDE/MEMENTODECHETSDANGEREUXWEB.pdf

ANNEXE II

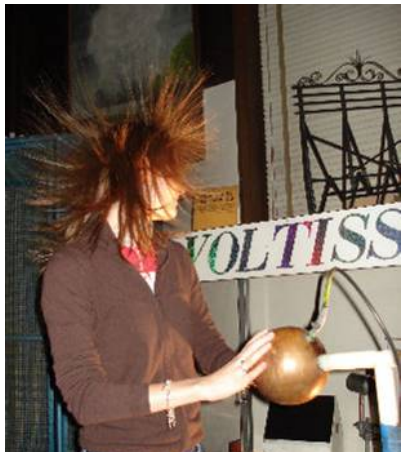
Ex. : évaluation de compétence + grille critériée

Comment expliques-tu ce qui arrive aux cheveux de l'expérimentateur sachant qu'il est monté sur un tabouret isolé du sol ?

Justifie ton explication scientifiquement.



Boule de cuivre reliée au générateur éteint



Boule de cuivre reliée au générateur en fonctionnement

Nom & prénom du professeur : Cours : Classe : Date :		**Logo de l'établissement**	
Compétence sollicitée	**Critères**	**Indicateurs**	**Niveaux de maîtrise[4]**
Processus activé(s) Décrire une expérience (de contact, et pas d'influence) mettant en évidence l'existence de deux types de charge électrique et les attractions/répulsions qui en résultent.	Qualité du raisonnement	Quatre étapes : ❑ Boule de cuivre chargée ❑ Contact ❑ Personne électrisée ❑ Cheveux légers et chargés de même signe se repoussent Justification avec un lien logique attendu	Tous les indicateurs sont rencontrés … indicateurs sont rencontrés … indicateurs ne sont pas satisfaits. Aucune production OU aucun indicateur n'est rencontré.
	Qualité de la production - niveau scientifique - niveau communication	L'élève utilise le vocabulaire scientifique spécifique (contact – charge électrique – électrisation). La production est structurée dans sa forme et soignée dans sa présentation. Respect strict des règles et usages de la langue française	Tous les indicateurs sont rencontrés … indicateurs sont rencontrés … indicateurs ne sont pas satisfaits. Aucune production OU travail bâclé
Bilan *compétence	Ex. : V/R A/NA >50%/<50%	**Conditions de réussite de la compétence** Ex. : Le critère 1 est réussi au niveau 2 au minimum et le critère 2 au niveau 3 au minimum.	

[4] Le degré de réalisation de chaque critère est défini selon quatre niveaux de maîtrise :
- maximum à attendre de l'élève à ce stade de l'apprentissage ;
- minimum à attendre de l'élève à ce stade de l'apprentissage ;
- minimum exigible non atteint ;
- production inadéquate ou quasiment aucune production.

Les deux premiers niveaux correspondent à la réussite.

Question de compétence si oui à toutes les colonnes

Caractère nouveau	Processus ou Savoir et savoir-faire	Démarche non fournie	Savoirs ET savoir-faire en réseau
Oui - Non	Oui - Non	Oui - Non	Oui – Non

ANNEXE III

GLOSSAIRE	
Abréger : rendre plus court, réduire	Convention : accord réciproque, règle acceptée
Analyser : décomposer en ses éléments	Correct : qui respecte les règles, exact
Appliquer : mettre en pratique	Critère : point commun observable chez tous les éléments à trier
Argumenter : sélectionner et organiser des éléments pour étayer une thèse	Décomposer : séparer, diviser en éléments
Calculer : déterminer par le calcul (opération numérique)	Décrire : représenter dans son ensemble, par écrit ou oralement, énumérer les caractères
Caractéristique : marque essentielle qui distingue une chose d'une autre Caractéristique scientifique : aspect particulier présent chez certains éléments d'un ensemble	Déduire : conclure en partant des propositions prises pour des faits d'où découle une conséquence
Cause : événement antécédent, action qui produit un effet (= facteur) ; ce par quoi un événement, une action … arrive	Définir : déterminer le sens en énumérant les qualités propres
Clarifier : faire une opération ou donner des informations susceptibles de rendre quelque chose plus compréhensible	Déterminer : indiquer, délimiter avec précision
Classer : regrouper de façon scientifique en fonction d'un critère commun	Distinguer : permettre de reconnaître une personne ou une chose d'une autre, en parlant d'une différence, d'un trait caractéristique
Comparer : envisager les rapports de ressemblance et de différence	Élaborer : combiner, construire, faire, former
Concevoir : créer un nouveau concept, créer par imagination	Émettre : exprimer
Conclure : tirer une conséquence de prémisses données	Énoncer : exprimer en termes clairs et simples ce qu'on a à dire
Conséquence : suite qu'une action, un fait entraîne	Estimer : déterminer approximativement
Constater : se rendre compte, remarquer	Établir : fonder sur des arguments solides, sur des preuves

Évaluer : fixer approximativement une valeur	Phénomène : fait, événement qui semble surprenant avant d'être expliqué
Expliquer : faire connaître la raison de quelque chose, être rendu intelligible	Prouver : faire apparaître comme vrai au moyen d'un raisonnement, d'une démonstration, d'arguments pertinents
Exprimer : faire connaître par le langage	Qualifier : exprimer la qualité, attribuer une qualité, un titre à …
Identifier : reconnaître, discerner, déterminer	Repérer : marquer, indiquer ce qui sert à se retrouver
Imaginer : se représenter dans l'esprit, inventer	Représenter : décrire, évoquer un objet et/ou un concept, soit par le langage, soit par une image
Indiquer : faire voir par un signe, un repère, un signal ; représenter en s'en tenant aux traits essentiels, sans s'attacher aux détails	Résumer : rendre plus court, présenter brièvement ; présenter, montrer en une seule chose un ensemble d'éléments
Interpréter : expliquer, rendre clair ce qui est obscur dans un texte, donner du sens à quelque chose, tirer une signification de …	Schématiser : dessiner en supprimant le superflu et en insistant sur l'aspect à mettre en évidence
Justifier : montrer par des arguments, des preuves, des faits scientifiques	Synthétiser : rassembler des éléments de connaissance en un ensemble cohérent (vue d'ensemble)
Mesurer : évaluer, par comparaison, avec une grandeur de référence	Trier : répartir tous les éléments dans deux ensembles en fonction d'une caractéristique choisie
Modéliser : représenter d'une façon simplifiée un processus, un système en référence à un modèle connu	Vérifier : examiner la valeur et rechercher si elle est telle qu'elle doit être ou qu'on l'a déclarée.
Montrer : faire constater, mettre en évidence	
Observer : constater attentivement des faits tels qu'ils se produisent, sans volonté de les modifier	N.B. Un **modèle** ne décrit pas nécessairement la réalité telle qu'elle est mais telle qu'on s'imagine qu'elle pourrait être ! Il est considéré comme valable aussi longtemps qu'il aide à expliquer des phénomènes et à en prévoir d'autres. Construire un modèle aide à comprendre, à expliquer, à interpréter mais aussi à prévoir.
Organiser : doter d'une structure, soumettre à une méthode	

BIOLOGIE

BIOLOGIE

Biologie

Sciences générales

3e degré

UAA5

«L'organisme humain se protège »

Durée prévue pour l'UAA (16 périodes) : de septembre à décembre de la 5e année

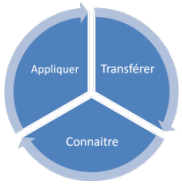
Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 5

« L'organisme humain se protège »

Compétences à développer

- **Modéliser une réponse immunitaire globale de l'organisme suite à des agressions du milieu extérieur.**
- **Comparer quelques moyens préventifs et curatifs mis au point par l'Homme face au risque infectieux.**

Processus	**Ressources**
Appliquer • Expliquer et comparer les principaux rôles d'un antalgique, d'un anti-inflammatoire et d'un antibiotique, à partir de documents. • Comparer des données physiologiques d'une personne saine et d'une personne souffrant d'une maladie infectieuse (par exemple : prises de sang, photos de culture de prélèvements, observations microscopiques (sang, pus…)). • Identifier, à partir de documents, les modes de transmission de quelques pathogènes courants à partir de cas concrets (par exemple : Sida, grippe, tétanos, tuberculose, MST,…) et les comportements à adopter pour s'en protéger. • Expliquer le principe de la vaccination et la nécessité des rappels, à partir de l'analyse de différents documents, notamment historiques. • Expliquer le rejet d'une greffe sur base de l'analyse d'un document. **Transférer** • Expliquer, en développant quelques aspects du système immunitaire, comment l'organisme se protège suite à une agression du milieu extérieur (par exemple : virus de la grippe, bactérie tétanique,…). • A partir d'une recherche documentaire, expliquer en quoi l'abus d'antibiotiques présente des risques aux niveaux individuel, collectif et environnemental (par exemple : la contamination de la chaîne alimentaire, la résistance des bactéries, infections nosocomiales,…). 	**Savoirs disciplinaires** • Microorganismes pathogènes et non pathogènes • Multiplication virale et multiplication bactérienne • Système lymphatique • Macrophages, monocytes, • Lymphocytes • Immunité innée • Réaction inflammatoire • Immunité acquise/ adaptative • Phagocytose • Antigène et anticorps • Vaccins • Greffe et système CMH • Antibiotique et antiviral • Antalgique et anti-inflammatoire

Connaître

- *Décrire de manière simple* comment l'organisme est constamment confronté à la possibilité de pénétration de micro-organismes.
- Décrire les principales barrières naturelles extérieures contre la contamination (peau, muqueuses,...).
- Décrire de manière simple, à partir de documents, le mécanisme de la réaction inflammatoire, une défense innée de l'organisme
- Décrire de manière simple, à partir de documents, les mécanismes de défenses acquises :
  - réponse adaptative humorale (origine, production et mode d'action des anticorps),
  - réponse adaptative cellulaire (origine et mode d'action des lymphocytes T
- Expliquer le rôle actif de la fièvre contre l'infection.
- Expliquer le mécanisme de la mémoire immunitaire.
- Distinguer vaccination et sérothérapie.

Savoir-faire

- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques (virus, lymphocytes, anticorps, …).
- Distinguer une argumentation scientifique d'une croyance (utilisation d'antibiotique, ,…).
- Réaliser un schéma fonctionnel (réponse immunitaire).

Décrire de manière simple[1] (la référence à la note de bas de page doit être incluse dans le pavé connaître)

[1] Décrire de manière simple peut se traduire à l'aide d'outils spécifiques tels que carte conceptuelle, schéma heuristique, topogramme, schéma fonctionnel.

Considérations pédagogiques

Remarque préalable : les contenus de la colonne « essentiel » sont donnés dans un certain ordre à titre d'exemple. Dans la construction de sa propre séquence d'apprentissage, chaque enseignant conserve la liberté pédagogique de leur articulation au sein de chaque unité.

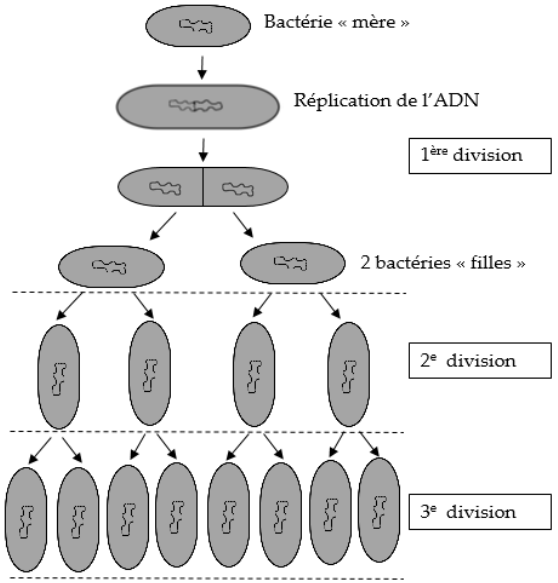
Processus explicités	L'essentiel	Ressources (mots-clés)	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *Décrire de manière simple comment l'organisme est constamment confronté à la possibilité de pénétration de micro-organismes.* **Professeur** Par exemple partir de documents rassemblant des situations de la vie de tous les jours (article sur le VIH et d'autres IST, sur l'usage des antibiotiques, sur le virus Ebola, etc…) afin de faire mettre en évidence par les élèves les différents types de microorganismes auxquels l'organisme est confronté. **Élève** *Identifier, à partir de documents, les modes de transmission de quelques pathogènes*	**I. L'organisme face aux microorganismes** L'organisme humain est régulièrement confronté à un grand nombre de micro-organismes [2] ou microbes, présents dans son environnement, comme des bactéries, des champignons, des eucaryotes unicellulaires, des virus... Ils présentent une très grande diversité de taille, de forme et aussi de propriétés biologiques. Parmi les **microorganismes non pathogènes** (non responsables de maladies), certains sont utiles à l'Homme : les bactéries de la flore intestinale, les levures utilisées pour la fermentation (pain, bière), les champignons microscopiques des fromages comme le roquefort … D'autres peuvent nuire à notre santé, voire menacer notre survie. Il suffit pour cela que les barrières naturelles soient franchies. Ce sont des **microorganismes pathogènes** qui provoquent des maladies. Ils peuvent, selon les cas, se transmettre	Microorganismes non pathogènes Microorganismes pathogènes		**2P**

[2] Un micro-organisme est un organisme microscopique (invisible à l'œil nu).

courants à partir de cas concrets (par exemple : Sida, grippe, tétanos, tuberculose, MST,…) et les comportements à adopter pour s'en protéger **Professeur** Prendre comme modèle le SIDA faire émettre des hypothèses, argumenter, à partir d'outils (voir outil-lien proposé).	d'un individu à l'autre par l'air, l'eau, les aliments, les objets, le sang, un vecteur[3] ou lors de rapports sexuels. Exemples : La bactérie du tétanos qui pénètre par une coupure ou une piqûre et peut provoquer des contractions musculaires mortelles ; La bactérie du choléra qui se transmet par l'eau impropre à la consommation et provoque de graves troubles intestinaux ; Le virus de la grippe pouvant se transmettre par éternuements ou postillons émis par une personne infectée et qui est responsable d'un nombre important de décès dans les populations à risque (personnes âgées, jeunes enfants, sujets atteints d'une maladie chronique comme l'asthme, le diabète ou les maladies cardiaques, ou ayant des défenses immunitaires affaiblies). Le trypanosome (eucaryote unicellulaire) provoquant la maladie du sommeil, est transmis par un vecteur : la mouche tsé-tsé qui héberge ce parasite dans ses glandes salivaires. C'est par la piqûre que le trypanosome se retrouve dans le sang chez l'Homme provoquant fièvre, douleurs ainsi qu'une forte fatigue. Lorsque le parasite[4] atteint le cerveau, les troubles du sommeil apparaissent ainsi que des troubles de la sensibilité et des hallucinations.		Cornet.M., (2008) p. 160, 161. Delvigne, M. (2009). p.110, 111,112. http://www.jeminforme.be/sante-drogues/sida/sida-comment-se-proteger	

[3] Vecteur **:** être vivant, le plus souvent un arthropode (moustique, tique..), qui acquiert l'agent infectieux auprès du réservoir (homme, animal ou milieu où l'agent pathogène peut survivre ou se multiplier) et le transmet à l'hôte réceptif.

[4] Un parasite est un organisme qui se nourrit, se reproduit et vit aux dépens d'un ou plusieurs êtres vivants.

Professeur Utiliser une vidéo illustrant la multiplication bactérienne. Faire décrire par les élèves les différentes étapes de la division bactérienne. Programmer des ateliers-laboratoire comme par exemple « culture in vivo » à Nivelles (voir lien proposé).	**Prolifération des microorganismes** **A. Multiplication bactérienne** Notre corps est littéralement couvert de bactéries. Chaque bactérie se divise par scissiparité en 2 bactéries « filles » de la manière suivante : - réplication de l'ADN ; - formation d'une cloison médiane, constituée par une nouvelle membrane et une nouvelle paroi pour chaque cellule-fille ; - étranglement du corps bactérien aboutissant à la formation des 2 cellules filles. Annexe 1  	Multiplication bactérienne	http://difst.wallonie.be/difst_fr/menu-gauche/par-acteur/de-m-a-p/nivelles-laboratoires-culture-in-vivo.html (ateliers Nivelles) https://www.youtube.com/watch?v=KIpcCyuypzg (Multiplication bactérienne) http://www.maxisciences.com/bacterie/une-scientifique-realise-l-039-empreinte-bacterienne-de-la-main-de-son-fils_art35074.ht	**2P**

Rappeler l'importance du lavage des mains (voir outil-lien proposé). Rappeler l'importance de la flore intestinale (voir outil-lien proposé).	En se divisant en deux, les bactéries forment de véritables colonies de clones qui se reproduisent et s'accrochent au niveau de la racine de nos cheveux, à la commissure de nos lèvres et de nos yeux… Le temps entre deux divisions est propre à chaque espèce. Par exemple, dans les conditions optimales, la bactérie *Escherichia coli*, hôte de notre intestin, peut se diviser toutes les 20 minutes en moyenne. Une seule bactérie peut ainsi engendrer un milliard de descendants en une dizaine d'heures. En fait, notre corps abrite environ 10 fois plus de bactéries qu'il ne possède de cellules. Chez les bactéries pathogènes, on distingue 2 grands modes d'action : - certaines se multiplient et envahissent tout l'organisme provoquant une **septicémie** ou infection généralisée, souvent mortelle. Ex : les streptocoques - D'autres restent localisées près du point d'entrée dans l'organisme et produisent des **toxines** (poisons) qui agissent sur certains organes cibles en entraînant les symptômes de la maladie. C'est une toxémie. Ex : le bacille tétanique (*Clostridium tetani*) produit une toxine qui attaque les nerfs contrôlant la contraction musculaire. Le tétanos est une maladie grave qui se caractérise par des	Septicémie Toxines	ml Video sur les bactéries des mains http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-flore-intestinale-une-collection-de-bacteries_776.html (La flore intestinale) Cornet.M., (2008), p. 160.	

	contractions musculaires sévères (crises de tétanie), très douloureuses, et qui peut conduire également à la mort . **B. Multiplication virale** L'action des virus sur l'organisme est plus complexe que celle des bactéries. Contrairement aux bactéries, ils ne se multiplient pas par eux-mêmes. Ce sont des parasites intracellulaires obligatoires, incapables de se reproduire en dehors des cellules d'un être vivant. A quelques exceptions près ils ont des tailles extrêmement réduites, de quelques nm à quelques centaines de nm. Leur structure est simple[5], ils sont formés d'une coque protéique appelée **capside** renfermant le matériel génétique (ADN ou ARN). Certains d'entre eux possèdent en plus une enveloppe (bicouche lipidique) contenant des récepteurs permettant leur fixation à la cellule hôte par des récepteurs cellulaires. C'est la présence de ces récepteurs qui rend la cellule sensible à l'infection. Certains peuvent infecter de nombreuses cellules, d'autres sont spécifiques d'un type cellulaire.	Multiplication virale Capside		

[5] A part les virus qui s'attaquent aux bactéries, les bactériophages, qui ont une structure plus complexe.

Utiliser une vidéo ou une animation illustrant la pénétration et le mode d'action du virus du sida dans une cellule	Les virus injectent leur acide nucléique dans la cellule hôte pour détourner la machinerie de biosynthèse de celle-ci et la forcer à produire de nouvelles particules virales (ou virions). Ce processus se réalise en plusieurs étapes. Prenons par exemple le cas du virus de l'immunodéficience humaine (VIH), responsable du SIDA : • **Attachement du virus sur la cellule** Les VIH infectent principalement un type de cellule immunitaire, les lymphocytes T auxiliaires, car leur enveloppe possède des récepteurs (gp120) qui peuvent s'attacher aux récepteurs spécifiques (CD4) de ces cellules. • **La pénétration** La conséquence de la fixation du virus sur les récepteurs cellulaires est la pénétration de ce dernier par fusion de l'enveloppe virale avec la membrane plasmique cellulaire. La capside pénètre ainsi à l'intérieur du cytoplasme. Ensuite, la capside est dégradée et l'acide nucléique (ARN) se trouve libéré dans le cytoplasme cellulaire du lymphocyte T. **La réplication des composants viraux** Pour pouvoir s'exprimer, l'ARN viral doit être rétro-transcrit [6] en ADN. Au final, l'ADN bicaténaire viral synthétisé pénètre dans le		http://acces.ens-lyon.fr/biotic/immuno/html/entrvih.htm http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/SIDA/4entree.htm (pénétration du virus VIH) https://www.youtube.com/watch?v=toczYPd_Kjw (Animation – cycle VIH) Campbell, N., (2012), p. 450. (Cycle de réplication du VIH) https://svt3eme.wordpress.com/risques-	

[6] Chaque ARN viral est associé à une enzyme (transcriptase inverse) permettant de synthétiser de l'ADN viral à partir d'une matrice ARN.

A titre de comparaison avec le VIH, développer par exemple le virus de la grippe (voir outil-lien proposé).	noyau et peut s'intégrer à l'ADN de la cellule hôte. Il contrôle ainsi l'équipement de la cellule et lui fait produire de nombreuses copies du virus. • **L'assemblage et libération des nouveaux virus** Les protéines virales s'assemblent avec les nouvelles copies du génome pour former les nouveaux virus qui, après maturation, vont pouvoir infecter de nouvelles cellules. Les virus enveloppés sortent par bourgeonnement : ils acquièrent leur enveloppe à partir de la membrane plasmique cellulaire dans laquelle sont intégrées des protéines virales. Un très grand nombre de virus vont bourgeonner et peuvent se fixer sur de nouvelles cellules. Le cycle peut recommencer. **Antibiotique et antiviral** La distinction entre une infection virale et une infection bactérienne est importante, car les médicaments sont spécifiques au type d'assaillant. Ainsi, on traite les infections bactériennes avec des **antibiotiques**. Ce sont des substances qui peuvent tuer les bactéries ou ralentir leur croissance. Mais les antibiotiques ne sont pas efficaces contre les infections d'origine virale.	Antibiotique Antiviral	infectieux-et-protection-de-lorganisme/seance-10-sida/ https://www.youtube.com/watch?v=k9U-vSZnOyQ (CPS : la grippe) https://www.youtube.com/watch?v=PKWSbS0clOY (Documentaire « l'aventure antibiotique »	

Élève *A partir d'une recherche documentaire, expliquer en quoi l'abus d'antibiotiques présente des risques aux niveaux individuel, collectif et environnemental (par exemple : la contamination de la chaîne alimentaire, la résistance des bactéries, infections nosocomiales,…).*	Les **antiviraux** sont des médicaments (composés chimiques) destinés à agir contre la multiplication d'un virus. Ils sont généralement classés en trois catégories en fonction de leur mode d'action : - ceux qui inhibent l'entrée du virus dans la cellule (certains récepteurs peuvent être utilisés comme cible antivirale) ; - ceux qui inhibent l'étape de copie du génome viral (la réplication) ; Exemple : l'Acyclovir qui agit sur l'ADN polymérase[7] empêchant la réplication de l'ADN du virus de l'herpès. - ceux qui inhibent la formation des nouveaux virions fonctionnels ou inhibent la sortie du virus de la cellule. Exemple : l'oseltamivir (le Tamiflu ®) est un antiviral prescrit pour limiter l'intensité et la durée des symptômes grippaux, en particulier chez les patients à risques. Il bloque le fonctionnement de certaines molécules de surface du virus de la grippe qui sont indispensables au virus pour qu'il puisse sortir de la cellule dans laquelle il se multiplie. Le virus ne peut plus sortir de la cellule infectée, il ne peut donc plus aller infecter d'autres cellules et ne se propage donc plus. Certaines infections virales sont traitées avec des antiviraux, mais pas toutes : la plupart d'entre elles se résorbent d'elles-mêmes.		http://www.editions-breal.fr/svt_college/3eme/antibiogramme/main.htm (réaliser un antibiogramme) https://www.youtube.com/watch?v=ro4fycjl2Kk (Documentaire « L'Aventure Antibiotique - La revanche des Microbes ») https://www.youtube.com/watch?v=8tA5gfv4yA4 (abus de l'usage des antibiotiques)	

[7] L'Acyclovir n'agit pas sur l'ADN polymérase de l'hôte.

Professeur Faire le lien avec l'UAA3 (mutations) et l'UAA 4 (sélection naturelle)	La trithérapie par exemple consiste à associer trois médicaments afin d'inhiber la réplication du VIH ce qui entraîne la diminution de la quantité de virus dans l'organisme, fait augmenter le nombre de lymphocyte T auxiliaires afin de lutter contre l'immunodépression. De cette façon, la prévention des **maladies opportunistes** (caractéristiques des personnes immunodéprimées) est nettement améliorée. Les trithérapies ne guérissent pas de l'infection par le virus du VIH et présentent des effets secondaires parfois importants. Les antibiotiques et les antiviraux doivent être prescrits avec précautions car des abus peuvent favoriser les mutants résistants des bactéries et des virus.	Maladie opportuniste	https://www.youtube.com/watch?v=8tA5gfv4yA4 Delvigne, M. (2009), p.109. Cornet.M.,(2008), p 170.	
Professeur Utiliser une vidéo sur le système lymphatique (voir outil-lien proposé) Utiliser, par exemple, l'expérience de Till et Mc Culoch (1961) pour mettre en évidence le rôle cellules souches hématopoïétiques. Montrer par un schéma que le système hématopoïétique peut être présenté comme une pyramide au sommet de laquelle se trouve la population des cellules souches et dont la base est	**II. Les composants du système immunitaire.** Les cellules du système immunitaire trouvent leur origine dans la moelle osseuse (moelle rouge des os). Elles vont ensuite migrer pour patrouiller dans les tissus, circulant dans le sang et dans un système de vaisseaux spécialisés appelé le système lymphatique. **. Le système lymphatique** Les cellules ne sont pas en contact direct avec le sang, elles baignent dans le liquide interstitiel. Des échanges s'opèrent entre le cytoplasme de ces	Système lymphatique	http://www.youtube.com/watch?v=eECPIxZxnuw (Vidéo système lymphatique) https://www.youtube.com/watch?v=fqi0fhB	**2P**

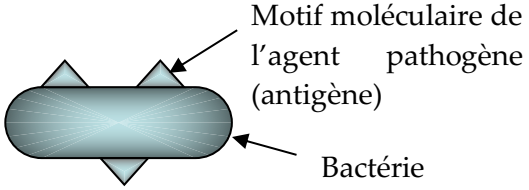
constituée par les cellules sanguines différenciées. En profiter pour insister sur le concept de différenciation cellulaire, de cellule souche	cellules et le liquide interstitiel. Le **liquide interstitiel**, clair et incolore, a une composition comparable à celle du sang privé de ses globules rouges et de ses plus grosses molécules, incapables de franchir la paroi des capillaires. Malgré les échanges avec les cellules, le liquide interstitiel garde une composition quasi constante. Il est constamment renouvelé. Dès qu'il entre dans les capillaires lymphatiques (vaisseaux lymphatiques de petite taille, en cul-de-sac), le liquide interstitiel prend le nom de **lymphe**. La lymphe est du liquide interstitiel canalisé et circulant. La lymphe ne circule que dans un sens : des capillaires lymphatiques des organes vers de plus gros vaisseaux, les vaisseaux lymphatiques qui la ramènent dans la circulation sanguine. Le système lymphatique comprend notamment : - un réseau vasculaire, sans « pompe », dans lequel la lymphe s'écoule lentement et est ensuite drainée vers le réseau vasculaire sanguin ; - des organes lymphoïdes primaires (**thymus et moelle rouge des os**), lieux de production et de maturation des leucocytes (globules blancs), cellules de défense; - des organes lymphoïdes secondaires (**rate, ganglions lymphatiques, amygdales, végétations, appendice**,...), lieux de stockage des globules blancs et de leur activation en cas d'infection. **Les cellules du système immunitaire**	Liquide interstitiel Lymphe Thymus Moelle rouge Rate Ganglions lymphatiques Amygdales Végétations Appendice	HId8 (l'immunité du corps humain) Delvigne, M. (2009), p.115,	

Interpréter une expérience montrant l'origine des globules blancs (voir outil-lien proposé) Partir d'une analyse de sang (diversité cellulaire et nombre)	Les **globules blancs** circulent dans le sang et dans la lymphe. Un mm^3 de sang humain en renferme environ 7000 (soit un leucocyte pour 700 globules rouges) mais ce nombre peut être considérablement augmenté en cas de maladie (infection, allergie, leucémie,...) Les globules blancs du système immunitaire ainsi que tous les éléments cellulaires du sang, y compris les globules rouges transporteurs de dioxygène et les plaquettes amorçant la coagulation dans les tissus endommagés, dérivent de cellules souches hématopoïétiques pluripotentes de la moelle osseuse. Elles sont dites pluripotentes car elles peuvent donner naissance à différents types de cellules sanguines. Les premières cellules descendant de ces cellules ont des potentialités plus restreintes : - les cellules souches myéloïdes donnent des globules rouges, des plaquettes et deux catégories de globules blancs, les **granulocytes** et les **monocytes** ; - les cellules souches lymphoïdes donnent naissance à une deuxième catégorie de globules blancs, les lymphocytes. Selon leur variété, les globules blancs agissent différemment : - Les granulocytes et les monocytes (ces derniers sont appelés **macrophages** quand ils sont dans les tissus) ont une action non spécifique. Ce sont des phagocytes (doués de phagocytose, voir plus loin).	Globules blancs Granulocytes Monocytes Macrophages	116. Cornet, M.,(2008), p. 171. Delvigne, M. (2009), p.119. Delvigne, M., (2008), p. 81 (Origine des globules blancs)	

	- Les **lymphocytes** n'agissent pas par phagocytose, leur activité est chimique. De plus, leur action est spécifique : ils reconnaissent les cellules-cibles à combattre. Il existe 2 types de lymphocytes : ☞ Les **lymphocytes B** qui, après activation, se différencient en plasmocytes qui vont sécréter des anticorps spécifiques. ☞ Les **lymphocytes T** qui se répartissent en deux classes principales : les LT4 et les LT8 caractérisés par des marqueurs membranaires appelés CD4 et CD8[8]. Ces deux catégories de lymphocytes sont très semblables au microscope (forme plus ou moins sphérique avec un gros noyau) mais se différencient par leurs récepteurs membranaires qui déterminent leur fonction. Les lymphocytes B et T naissent dans la moelle osseuse, mais seuls les lymphocytes B y achèvent leur maturation (« B » comme « *bone marrow* », moelle osseuse en anglais) tandis que les lymphocytes T migrent vers le thymus pour y être maturés (« T » comme « thymus »). Cette maturation consiste à devenir immunocompétents c'est à dire capables de défendre l'organisme. Une fois leur maturation terminée, les lymphocytes B et T migrent, via la circulation sanguine, vers les organes lymphoïdes secondaires où les réponses immunes seront engagées.	Lymphocytes Lymphocytes B Lymphocytes T		

[8] CD4 et CD8 sont des protéines membranaires qui permettent, aux lymphocytes T, la reconnaissance de molécules du soi (CMH) présentes à la surface de certaines cellules. Le CMH est défini dans les pages suivantes.

Élève *Expliquer le rejet d'une greffe sur base de l'analyse d'un document.*	**III. Notion de soi, de non soi et réponse immunitaire.** L'organisme peut se défendre contre des microorganismes lors d'une contamination bactérienne, virale ou autre : on parle de **réponse immunitaire**. Il reconnaît ces microorganismes comme des corps étrangers potentiellement dangereux. L'organisme est donc capable de distinguer ce qui lui appartient en propre, le soi et ce qui est étranger, le non soi. Le système immunitaire assure les mécanismes de défense de l'organisme contre les différentes agressions, afin de protéger l'intégrité du « soi ». Chaque organisme se singularise par la présence en son sein de molécules, propres à celui-ci, codées génétiquement. L'ensemble de ces molécules constitue le « soi ». D'un individu à l'autre, la configuration des molécules du soi est différente. La plupart des molécules du soi recouvrent la face externe de la membrane plasmique des cellules et constituent le groupe le plus important des marqueurs de l'identité cellulaire. Parmi elles, on distingue : - les molécules du Complexe Majeur d'Histocompatibilité (**CMH)**, appelé chez l'Homme système **HLA** (Human Leukocytes Antigenes) qui participe directement au déclenchement des réactions immunitaires. Les molécules du CMH sont différentes d'un	Réponse immunitaire Système CMH Système HLA	Cornet.M., (2008), p. 172.	**2P**

Professeur Faire interpréter des expériences de rejet de greffe (voir outil-lien). Aborder par exemple l'historique de la greffe, l'absence de rejet de l'embryon par la mère.	individu à l'autre, excepté si ces individus sont génétiquement identiques. Ainsi la probabilité d'avoir deux individus aux antigènes HLA identiques est exceptionnellement faible et la compatibilité entre donneurs, lors d'une **greffe**, n'est donc pratiquement jamais de 100 % ce qui peut entraîner son rejet. Les molécules du CMH servent donc de « carte d'identité » immunitaire. Ce sont des glycoprotéines (protéines enchâssées dans la membrane plasmique et sur lesquelles sont fixés des sucres). - les molécules du **système ABO**, qui détermine les groupes sanguins. Ces molécules sont portées par les globules rouges. On appelle **antigène** toute substance du non soi capable de déclencher une réponse immunitaire. Ce sont des molécules qui peuvent : - être fixées à la surface de cellules (bactéries, cellule infectée par un virus, cellule cancéreuse[9],...) ou de tout autre organisme étranger. Annexe 2  	Greffe Système ABO Antigène	Delvigne, M., (2008), p. 83, 84. (Expériences de greffes) http://lewebpedagogique.com/svt3ic/sauver-des-vies/les-dons-dorganes/ (document sur les greffes+historique) http://www.vivelessvt.com/tag/greffe/ http://www.sv	

[9] Dans le cas des cellules cancéreuses, il s'agit d'une modification des structures moléculaires du soi = soi modifié (non-soi).

	- circuler librement dans les liquides de l'organisme (toxines,...) L'entrée, dans le milieu intérieur, d'une structure étrangère déclenche deux types de réponses immunitaires : Un système de défense inné, permanent, prêt à agir immédiatement, avec l'inconvénient que ses armes sont généralistes et non destinées spécialement à un agresseur particulier. C'est la réponse immunitaire innée. Un système de défense élaboré contre un agresseur particulier, et donc parfaitement ciblé et efficace. Cela nécessite un contact préalable avec le pathogène ce qui le différencie de l'immunité innée. Sa mise en place est lente, elle demande au minimum une dizaine de jours. C'est la réponse immunitaire adaptative ou acquise. Cette réponse immunitaire fait intervenir des cellules spécialisées comme des lymphocytes B et T. **L'immunité innée** est la première à intervenir. Elle joue un rôle essentiel dans les primo-infections. Cependant les immunités innée et acquise agissent en synergie pour former un système de défense efficace, qui nous permet d'être peu souvent malades malgré le fait que nous passons notre vie entourés de microorganismes potentiellement pathogènes.	Immunité innée	t-liban.com/IMG/pdf/immunite_la_recherche_v2_cle89f8b1.pdf (document sur le non-rejet de l'embryon)	

Elève *Décrire les principales barrières naturelles extérieures contre la contamination (peau, muqueuses,…).* **Professeur** Par exemple analyser la composition de la salive, des larmes, pour mettre en évidence le rôle que peuvent jouer ces barrières biochimiques. **Elève** *Expliquer, en développant quelques aspects du système immunitaire, comment l'organisme se protège suite à une agression du milieu extérieur (par exemple : virus de la grippe, bactérie tétanique,…).* **Processus** Aborder les différents exemples de barrières à partir d'un exemple concret comme la grippe ou le tétanos	**IV. La réponse immunitaire innée ou non spécifique** La réponse immunitaire innée, génétiquement héritée, est efficace dès la naissance et ne nécessite aucun apprentissage ni d'adaptation particulière aux microorganismes concernés. Elle comprend plusieurs composantes. **A. Les barrières naturelles de l'organisme : la peau et les muqueuses** Ce sont les premières lignes de défense naturelle contre les agents infectieux. **1. Barrière mécanique** - La peau constitue une première barrière s'opposant à la pénétration des microbes dans l'organisme. Grâce à ses nombreuses couches de cellules très compactes et kératinisées [10] , la couche épithéliale [11] externe de la peau, l'épiderme, forme une barrière physique qui interdit l'entrée des microbes. De plus, la desquamation [12] régulière des cellules épidermiques contribue à évacuer les microbes de la surface de la peau.	Barrière mécanique	Delvigne, M. (2009), p.112, 113. Cornet, M., (2008), p. 164.	**2P**

[10] La kératinisation est la transformation de couches cellulaires s'enrichissant progressivement de kératine, protéine caractérisée par sa résistance.
[11] Ces termes devront être expliqués par le professeur
[12] Même remarque qu'en 11

	- Les muqueuses sont des barrières naturelles qui tapissent les cavités qui s'ouvrent à l'extérieur, comme les appareils digestif, respiratoire et uro-génital (reproducteur et urinaire), constituant des voies d'entrée pour les microbes. Les muqueuses se composent d'une couche cellulaire, elles sont beaucoup plus fines et fragiles que la peau, mais malgré tout très efficaces contre la pénétration des microbes dans l'organisme. Les cellules épithéliales d'une muqueuse sécrètent un liquide, appelé mucus, qui les protège contre la dessiccation. La consistance légèrement visqueuse du mucus permet l'emprisonnement des microbes et des substances étrangères. Exemple : La muqueuse nasale possède des poils recouverts de mucus qui filtrent l'air et emprisonnent les microbes, la poussière et les polluants. La muqueuse de certaines voies respiratoires est pourvue de cils dont les mouvements propulsent vers la gorge les poussières et les microbes qui sont restés emprisonnés dans le mucus. La toux et les éternuements accélèrent ce mouvement. Il existe plusieurs autres mécanismes destinés à protéger les couches épithéliales de la peau et des			

	muqueuses : - L'appareil lacrymal, par exemple, est le mécanisme de protection de l'œil. Les larmes lavent continuellement l'œil et empêchent les microbes de se fixer à la surface du globe oculaire. - La salive, sécrétée par les glandes salivaires, dilue certains microorganismes, et les élimine de la surface des dents et de la muqueuse buccale, à la façon des larmes sur l'œil. Cela contribue à empêcher la colonisation des microbes. - L'écoulement de l'urine permet de nettoyer l'urètre et d'empêcher la formation de colonies microbiennes dans l'appareil urinaire. De la même manière, les sécrétions vaginales évacuent les microbes du vagin. **2. Barrière chimique** Certains agents chimiques contribuent à donner à la peau et aux muqueuses un haut degré de résistance aux invasions microbiennes : - La salive contient notamment le lysozyme [13] et possède des propriétés antibactériennes. - Le sébum, sécrété par les glandes sébacées[14] de la peau, forme une pellicule	Barrière chimique		

[13] Le lysozyme est une enzyme (voir UAA1)

	protectrice à la surface de la peau. Le sébum contient des substances (acides gras non saturés) qui inhibent le développement de certains champignons et bactéries pathogènes. L'acidité de la peau est en partie due à la sécrétion d'acides gras et d'acide lactique. Cette acidité de la peau contribue probablement à limiter la croissance de nombreux autres microorganismes. - La sueur contribue à chasser des microbes de la peau. Elle contient également une enzyme appelée lysozyme, capable de détruire les parois cellulaires de diverses bactéries. Le lysozyme se trouve également dans les larmes, la salive, les sécrétions nasales et le liquide interstitiel, où il présente également une activité antimicrobienne. - Le suc gastrique est un mélange d'acide chlorhydrique, d'enzymes et de mucus produits par les glandes gastriques. Le haut taux d'acidité du suc gastrique détruit plusieurs types de bactéries, de même que la plupart des principales toxines bactériennes.			

[14] Ce terme sera à préciser par le professeur.

Élève *Décrire de manière simple, à partir de documents, le mécanisme de la réaction inflammatoire, une défense innée de l'organisme* *Comparer des données physiologiques d'une personne saine et d'une personne souffrant*	- Les sécrétions vaginales sont également légèrement acides, ce qui décourage la prolifération bactérienne. **3. Barrière biologique** Elle est représentée, en surface de la peau et des muqueuses, par une flore dite « commensale », particulièrement des bactéries (certains staphylocoques et streptocoques), qui permettent l'inhibition de la croissance de germes pathogènes en produisant des substances comme des bactériocines[15]. **B. La réaction inflammatoire** La **réaction inflammatoire** constitue la deuxième ligne de défense naturelle contre les agents infectieux qui ont réussi à traverser le revêtement cutanéomuqueux. Ils vont déclencher une réaction inflammatoire locale et brève, mais qui peut se généraliser et devenir chronique par la suite. Les symptômes de l'inflammation sont : - une rougeur, - une sensation de chaleur, - un gonflement (œdème), - une douleur. En cas d'infection, les micro-organismes pathogènes vont être reconnus comme non soi	Barrière biologique Réaction inflammatoire	Delvigne, M. (2009), p.117. Duco, A. (2012), p. 268, 282. Delvigne, M., (2008), p. 80 (Analyse hématologique) https://www.youtube.com/watch?v=suCKm97yvyk (réaction inflammatoire -vidéo en anglais) http://www.yo	

[15] Les bactériocines sont des substances protéiques antimicrobiennes qui ont un large spectre d'inhibition incluant des micro-organismes pathogènes. Ceci a conduit les chercheurs à s'intéresser à ces molécules et à leur éventuelle application dans le domaine de l'agro-alimentaire comme bio-conservateurs et en médecine humaine et vétérinaire comme de nouveaux agents antimicrobiens (ceci pourrait constituer une bonne mise en situation).

d'une maladie infectieuse (par exemple : prises de sang, photos de culture de prélèvements, observations microscopiques (sang, pus…). **Professeur** Utiliser une animation ou une vidéo sur l'inflammation (voir outil-lien proposé).	par les cellules du système immunitaire résidant dans les tissus : mastocytes, macrophages mais aussi des cellules dendritiques tissulaires (cellules ayant une morphologie caractérisée par des ramifications). Ces cellules immunes résidentes des tissus jouent donc le rôle de cellules "sentinelles" puisqu'elles réagissent rapidement suite à l'intrusion de microbes pathogènes. Ces cellules activées sécrètent alors des médiateurs chimiques de l'inflammation[16] qui agissent sur les vaisseaux sanguins locaux : les vaisseaux qui se trouvent à l'endroit de l'inflammation se dilatent, le débit sanguin diminue : on appelle ce phénomène la vasodilatation. Un afflux de sang provoque spécifiquement la rougeur et la chaleur. À ceci s'ajoute une augmentation de la perméabilité vasculaire responsable d'une sortie de plasma sanguin dans les tissus à l'origine du gonflement. Certains leucocytes circulants, en particulier des granulocytes, se collent sur les cellules endothéliales de la paroi vasculaire, se déforment et migrent à travers celle-ci : ce phénomène s'appelle la **diapédèse**. Ils gagnent ensuite le lieu de l'infection vers lequel ils sont attirés. La migration de ces cellules dans les tissus et leurs effets locaux provoquent la stimulation de récepteurs sensoriels (situés dans les muscles, la peau, les articulations et la paroi des viscères)	Diapédèse	utube.com/watch?v=ujT4-s51uV0 (film et animation en français)	

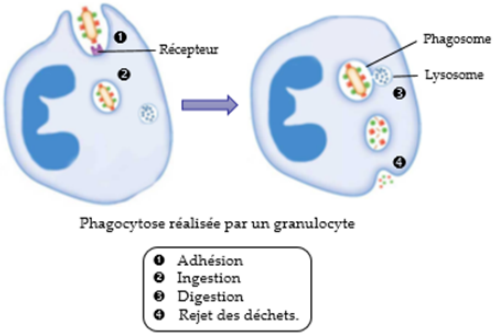
[16] Citer à titre d'information quelques médiateurs chimiques (par exemple : histamine, cytokines pro-inflammatoires, prostaglandines, interféron,…). Eviter de faire étudier une liste de médiateurs chimiques aux élèves !)

Élève *Expliquer le rôle actif de la fièvre contre l'infection.*	provoquant la douleur et souvent de la fièvre. L'hypothalamus, situé dans le cerveau, agit comme le thermostat de l'organisme. Normalement, il est réglé à environ 37°C. La fièvre est définie par une température supérieure ou égale à 38°C. Sous l'effet de médiateurs chimiques[17], sécrétés par certains globules blancs, la température du corps augmente. L'augmentation de la température du corps donne un avantage à l'organisme sur le pathogène : - La fièvre contribue à la protection de l'organisme en stimulant la phagocytose et en induisant une accumulation de fer et de zinc dans le foie et la rate, ce qui abaisse le taux sanguin de fer et zinc, dont les bactéries ont grand besoin pour se multiplier. - La fièvre augmente la vitesse de fonctionnement des cellules du corps humain, et les réactions de défense se trouvent accélérées. Cependant, les fièvres élevées (41°C) ou prolongées sont nocives pour l'organisme : cette chaleur excessive désactive certaines enzymes utiles au bon fonctionnement du corps. Il peut être nécessaire d'aider l'organisme contre l'inflammation si celle-ci se prolonge de manière anormale (inflammation chronique) et entraine des dommages aux tissus ou aux organes			

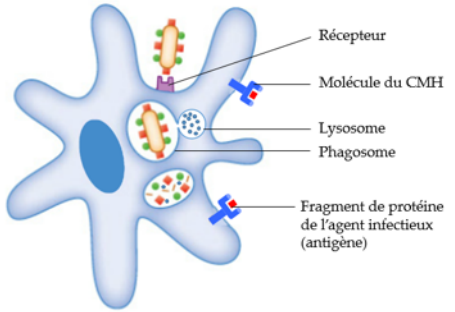
[17] Un des médiateurs chimiques, l'interleukine-1(IL-1) qui est transportée par le sang dans le cerveau, agit directement sur les centres de l'hypothalamus qui contrôlent la température corporelle.

Expliquer et comparer les principaux rôles d'un antalgique, d'un anti-inflammatoire et d'un antibiotique, à partir de documents. **Professeur** Par exemple, proposer quelques situations différentes dans lesquelles l'élève pourra choisir, en justifiant, un traitement adapté. Proposer des prescriptions et demander si elles sont justifiées. L'action des antibiotiques peut être rappelée à ce niveau. **Elève** *Faire référence aux modes d'actions (ex rappeler le système nerveux)* **Professeur** Le système nerveux sera vu en détail dans l'UAA6, il est donc préférable de ne pas entrer dans les détails des modes d'action à ce moment.	internes. Différents médicaments antalgiques et anti-inflammatoires aident l'organisme à limiter les symptômes du processus inflammatoire. Les **antalgiques** (appelés également analgésiques) correspondent à une variété de médicaments, qui permettent d'atténuer, voire de supprimer la douleur. Ils sont répartis en deux groupes principaux : - Les antalgiques non opiacés qui sont destinées aux douleurs légères à modérées : • Aspirine • Paracétamol… - Les antalgiques opiacés : • faibles (codéine, tramadol…) destinées aux douleurs modérées ou sévères. • forts (morphine, fentanyl…) destinées aux douleurs intenses qui sont rebelles aux autres antalgiques. Certains de ces médicaments ont un double effet, les antalgiques non opiacés sont pour la plupart des anti-inflammatoires qui agissent en empêchant la synthèse de certains médiateurs chimiques de l'inflammation. Ils permettent de limiter la vasodilatation, la douleur ou la chaleur. **La phagocytose** La phagocytose désigne le processus d'ingestion et de destruction des microbes ou de toute particule étrangère par des cellules	Antalgique Anti-inflammatoire	Delvigne, M. (2009), p.118.	

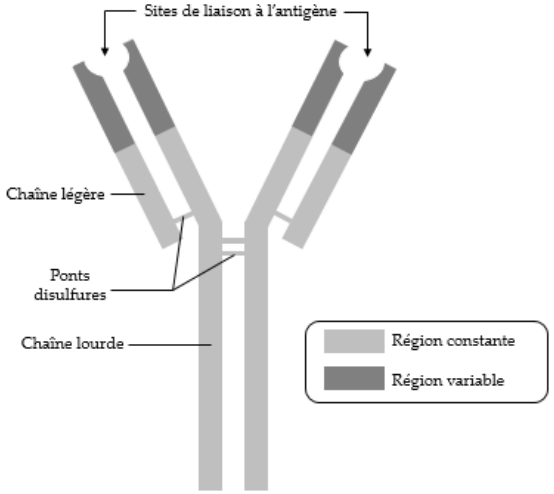
Professeur Montrer, par exemple, une vidéo illustrant la phagocytose et demander aux élèves de décrire les différentes étapes (voir outil-lien).	appelées phagocytes (cellules douées de phagocytose : granulocytes, macrophages et cellules dendritiques). Elle est aussi utilisée pour faire disparaître des débris de cellules du tissu lésé et des cellules immunitaires mortes. La phagocytose se déroule en plusieurs étapes : ➢ Adhésion : l'élément étranger adhère à la membrane du phagocyte. Le phagocyte possède une collection de récepteurs qui lui donne la capacité de reconnaître la majorité des motifs moléculaires communs à de nombreux microorganismes. ➢ Ingestion **:** la cellule se déforme et envoie des prolongements cytoplasmiques (pseudopodes) pour englober l'élément étranger dans une vésicule phagocytaire appelée phagosome. ➢ Digestion **:** la vésicule phagocytaire fusionne avec un lysosome, petite vésicule riche en enzymes digestives qui digèrent le microbe. ➢ Rejet des déchets**.** Les restes de cette digestion sont rejetés à l'extérieur de la cellule par exocytose.	Phagocytose	https://www.youtube.com/watch?v=r4-g6tVyUAU (animation phagocytose en anglais) Duco, A. (2012), p. 296, 297.	

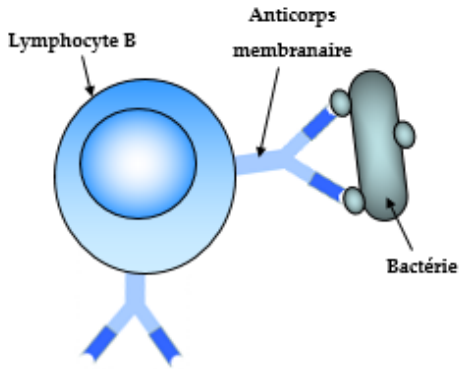
	Annexe 3  Phagocytose réalisée par un granulocyte 1 Adhésion 2 Ingestion 3 Digestion 4 Rejet des déchets. Dans le cas où ce mécanisme ne suffit pas à éliminer l'agent étranger, le phagocyte (il s'agit essentiellement d'une cellule dendritique dans ce cas) migre via les vaisseaux lymphatiques, vers le ganglion lymphatique[18] le plus proche : lieu stratégique de rencontre avec une série de lymphocytes T, les LT4. C'est au cours de ce trajet que des fragments de protéines ou antigènes, issus de la phagocytose, sont associés à des molécules de CMH et sont transportés et exposés à la surface cellulaire du phagocyte. La cellule devient alors une cellule présentatrice de l'antigène (CPA) qui initiera une nouvelle phase de la réponse immunitaire : la réponse immunitaire adaptative ou acquise.			

[18] Les médecins palpent certains ganglions lymphatiques lors de la consultation. Le gonflement des ganglions lymphatiques est un signe d'infection. Il indique la présence d'un grand nombre de leucocytes.

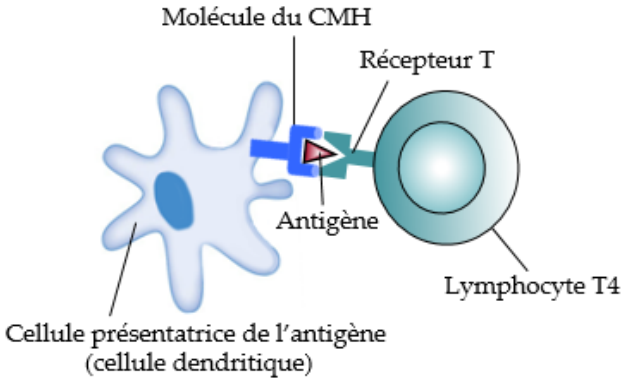
	Annexe 4  Cellule dendritique			
Professeur Donner des expériences à interpréter aux élèves pour déduire la spécificité de la réaction immunitaire (voir outil-lien).	**V. Immunité acquise/ adaptative** Les vertébrés possèdent, en plus de l'immunité innée, une immunité adaptative qui se met en place plus lentement que l'immunité innée, nécessite une reconnaissance spécifique de l'antigène et apporte une protection accrue lors de la réinfection par un même antigène. En fonction de l'antigène infectant, il existe deux types de réponse adaptative : - Si l'antigène est une molécule ou un microorganisme étranger (toxine, bactérie…) circulant dans le sang et la lymphe, la réaction immunitaire qui se met en place fait intervenir les lymphocytes B qui produiront des anticorps. C'est la **réponse adaptative humorale.**	Immunité acquise Réponse adaptative humorale	Delvigne, M., (2008) , p. 85,86. (Expériences montrant la spécificité du système immunitaire)	**2P**

Élève *Décrire de manière simple, à partir de documents, les mécanismes de défenses acquises :* *- réponse adaptative humorale (origine, production et mode d'action des anticorps),*	Si l'antigène est porté par une cellule du soi (cellule infectée par un virus, cellule cancéreuse…), la réaction immunitaire fait intervenir des lymphocytes T cytotoxiques (LT8). C'est la **réponse adaptative cellulaire**. Dans ces deux réponses les lymphocytes T auxiliaires (LT4) interviennent : ce sont de véritables chefs d'orchestre de la réponse immunitaire adaptative. Il faut donc systématiquement une coopération entre plusieurs catégories de lymphocytes pour aboutir à l'élimination d'un antigène. **1. La réponse adaptative humorale** Cette réponse immunitaire est basée sur la production de molécules particulières : les anticorps ou immunoglobulines, solubles dans le sang et la lymphe. Des anticorps sont également fixés sur la membrane des lymphocytes B permettant à ces derniers la reconnaissance d'un antigène précis. **2. Les anticorps** Les **anticorps** sont des protéines, en forme de Y, capables de se lier spécifiquement à un antigène particulier grâce à un site spécifique de reconnaissance. Il en existe différents types, les anticorps les plus fréquents étant constitués de quatre chaînes polypeptidiques : deux chaînes légères et deux chaînes lourdes reliées entre elles. Chaque chaîne possède une	Réponse adaptative cellulaire Anticorps		

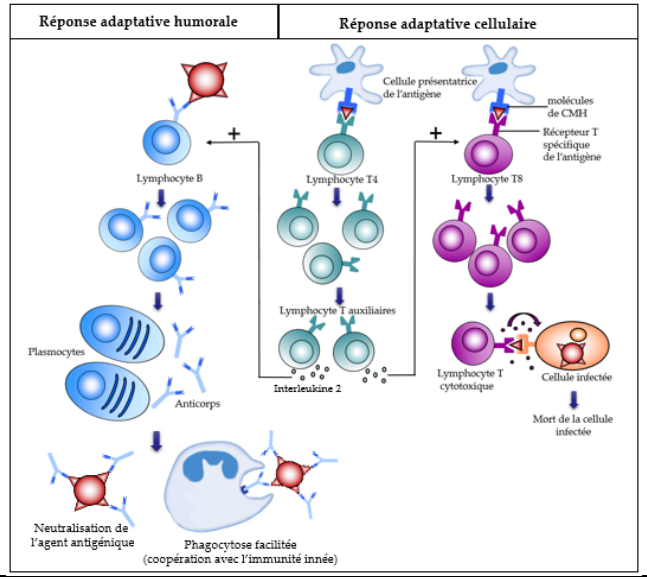
A l'aide d'expériences (historiques) à analyser, faire comprendre aux élèves les conditions nécessaires à la synthèse des anticorps, leur spécificité et leur rôle. **Professeur** Utiliser l'expérience de Mitchell et Miller pour montrer les cellules productrices d'anticorps (voir outil- lien). Montrer un LB et un plasmocyte observés au MET. Demander aux élèves	partie constante et une partie variable. Les parties variables forment deux sites identiques de fixation à un antigène. Ces sites diffèrent selon les anticorps ce qui représente une infinité de sites de liaison permettant la reconnaissance spécifique d'une immense variété d'antigènes. Annexe 5  Les anticorps portés par un LB sont tous identiques entre eux, capables de reconnaître un seul type d'antigène, mais ils peuvent être différents d'un LB à l'autre. Il existe dans l'organisme des millions de LB différant par leurs anticorps, pouvant reconnaître chacun un antigène donné. **3. Déroulement de la réponse adaptative humorale**		Cornet.M.,(2008,) p. 178, 179 . http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/immunite-et-vaccination/enseigner/ressources-logicielles/nouveau-programme-immunologie-2012/limmunite-adaptative	

de les différencier. Insister sur le fait que les plasmocytes sont riches en réticulum endoplasmique granuleux (rappel de 4e) permettant la synthèse protéique : ici la production d'anticorps. **Elève** *Mettre en place un scénario dans lequel faire intervenir les différentes étapes* On peut utiliser le test d'Ouchterlony pour mettre en évidence le complexe immun (voir outil-lien).	Toute molécule ou microorganisme pathogène entrant ou apparaissant dans l'organisme a de grandes chances d'être détecté par quelques lymphocytes B qui possèdent des anticorps membranaires capables de se lier à cet antigène. Annexe 6  La fixation de l'antigène sur les anticorps des lymphocytes B active ces derniers. Les LB sélectionnés subissent alors des divisions mitotiques successives (amplification clonale) aboutissant à une multitude de LB pouvant tous reconnaître le même antigène. Ces **lymphocytes B** produits se différencient : - soit en plasmocytes qui vont produire des anticorps de haute affinité pour l'antigène inducteur. Un plasmocyte actif peut sécréter plusieurs milliers de molécules d'anticorps, toutes identiques, par seconde. Ces anticorps peuvent neutraliser les antigènes circulant dans le milieu intérieur. L'inconvénient de ce	Lymphocytes B	(expérience de Mitchell et Miller) http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/immu2.htm (test d'Ouchterlony)	

Élève *Expliquer le mécanisme de la mémoire immunitaire.*	système immunitaire adaptatif est le temps de latence de la réponse : environ cinq jours lors d'une première infection, temps nécessaire à la prolifération des lymphocytes B, à leur différenciation et à leur sécrétion d'anticorps. La fixation aux anticorps permet la neutralisation des antigènes et l'intervention des phagocytes ; - soit en lymphocytes B mémoires qui vont aller dans la circulation ce qui facilite la rencontre avec l'antigène. Ces cellules ont la caractéristique de pouvoir sécréter directement, sans temps de latence, des anticorps de haute affinité lors d'une deuxième infection par le même antigène. La réponse obtenue se produit pour des taux beaucoup plus faible d'antigène et est considérablement plus importante en intensité. L'amplification clonale des lymphocytes B et leur différenciation en plasmocytes sont stimulées par un messager chimique (interleukine 2) produit par les lymphocytes T auxiliaires (voir schéma bilan). **4. La réponse adaptative cellulaire** Cette réponse débute dans un ganglion lymphatique où des cellules présentatrices de l'antigène qui expriment sur leur membrane des antigènes associés aux molécules de			

Élève *Décrire de manière simple, à partir de documents, les mécanismes de défenses acquises :* *Réponse adaptative cellulaire (origine et mode d'action des lymphocytes T)*	CMH, rencontrent de nombreux lymphocytes T. Les lymphocytes T possèdent des récepteurs membranaires appelés récepteurs T (un seul type par LT) capables de reconnaître un antigène particulier. Parmi les lymphocytes, certains LT4 possèdent des récepteurs permettant la reconnaissance spécifique du peptide antigénique présenté par le CMH des cellules dendritiques. Annexe 7  Cette reconnaissance entraîne leur activation : les LT4 sélectionnés se multiplient par divisions mitotiques successives et se transforment en LT auxiliaires sécréteurs de cytokines (messagers chimiques), notamment d'interleukine. Cette molécule est déterminante :		https://www.youtube.com/watch?v=hqv8w4Tc-Xo (Vidéo en anglais sur la stimulation des LB par les LT4 -Visionner jusqu'à 0,32s)	

Partir d'une infection concrète et généraliser par le schéma-bilan **Professeur** Demander aux élèves de réaliser un schéma bilan de la réponse immunitaire. Voir annexe 8 pour la totalité de la réponse immunitaire	- Elle stimule la multiplication des lymphocytes B et induit la différenciation des lymphocytes B en plasmocytes (réponse adaptative humorale) ; - Elle stimule des LT8 activés par un contact avec le même antigène ce qui entraîne leur multiplication et entraîne par la suite leur différenciation en lymphocytes T mémoire et en lymphocytes T cytotoxiques, cellules à courte durée de vie ayant la capacité de « tuer » des cellules infectées par un virus, des cellules cancéreuses…. Cette stimulation est indispensable à une réponse immunitaire efficace : chez les patients atteints du SIDA, le VIH s'attaque et détruit préférentiellement les LT4. La réponse immunitaire adaptative n'étant plus efficace, cela entraîne l'apparition de maladies opportunistes. Par exemple toute cellule infectée par un virus, exprime sur sa membrane des fragments peptidiques d'origine virale associés à des molécules de CMH. Une telle cellule est alors la cible des lymphocytes T cytotoxiques qui possèdent les récepteurs spécifiques à cet antigène. Les lymphocytes T cytotoxiques libèrent des substances qui entraînent la mort de la cellule en quelques heures : - Soit par cytolyse : le lymphocyte T cytotoxique libère des protéines (perforines)		https://www.youtube.com/watch?v=Bf2t8n1ibwQ (animation réponse immunitaire en anglais)	

Prendre par exemple le virus de la grippe.	qui perforent la membrane de la cellule cible ; - Soit par apoptose : le lymphocyte T cytotoxique libère des signaux déclenchant l'autodestruction de la cellule cible. Annexe 8  			
Élève *Expliquer le principe de la vaccination et la nécessité des rappels, à partir de l'analyse de différents documents, notamment historiques.*	Si l'organisme est victime d'une infection, il est possible de la détecter grâce aux anticorps présents dans le sang. **La vaccination et la sérothérapie** On peut utiliser la technique de vaccination pour déclencher la mémorisation d'un antigène. Le principe de la vaccination consiste à introduire dans l'organisme un produit biologique fabriqué à partir de bactéries ou de		Cornet.M.,(2008), p. 182,183. Delvigne, M., (2009), p.120. Cornet.M.,(2008), p 184,185.	**2P**

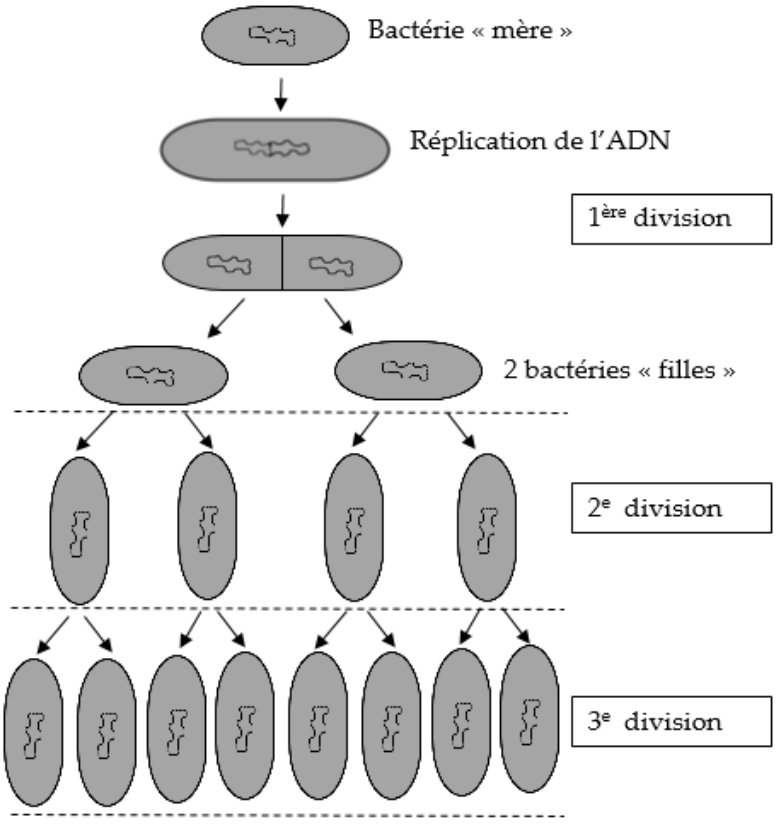
Professeur Aborder l'historique de la vaccination (voir lien proposé)	virus complets, de leurs constituants (polysaccharides, protéines) ou de leurs produits (toxines) rendus inactifs ou atténués, sous une forme qui ne soit pas pathogène, mais qui puisse être reconnue par le système immunitaire et induire une réaction immunitaire adaptative (le **vaccin** est immunogène). Le vaccin est donc administré à des fins préventives car il aide l'organisme à produire des anticorps et des cellules mémoires (lymphocytes B ou T) spécifiques de l'agent infectieux. L'organisme est ainsi prêt à se défendre contre cette maladie. Exemples de vaccins : ▪ BCG (des microbes vivants rendus inoffensifs) contre la tuberculose (maladie qui infecte avec prédilection l'appareil respiratoire et due à une bactérie dénommée *Mycobacterium tuberculosis* ou bacille de Koch) . ▪ vaccin antityphoïde (des bactéries tuées). Le thyphus est une maladie infectieuse contagieuse et grave, provoquée par des bactéries (rickettsies). Ces dernières sont transmises à l'homme par le biais des acariens, des poux de corps ou encore des puces qui sont présentes sur des rongeurs comme des souris et des rats ; ▪ vaccin antitétanique (une toxine atténuée, c'est-à-dire une anatoxine) ; Le premier contact avec l'antigène présent dans le vaccin induit la réponse primaire qui doit alors être renforcée par un (ou des) rappel(s)	Vaccin	http://www.vacciweb.be/fr-BE/content/vaccins-pour-adolescents-et-adultes/la-vaccination-en-general/histoire/151/509/ (historique de la vaccination)	

Élève *Distinguer vaccination et sérothérapie.*	qui entraîne(nt) une réponse immunitaire plus intense et rapide assurant une protection efficace et durable. Les maladies infectieuses sont souvent contagieuses. Le vaccin contribue à la diminution de maladies graves comme la diphtérie (le bacille diphtérique induit, sur les amygdales, la formation d'une "fausse membrane" et sécrète une toxine responsable de paralysies), le tétanos (maladie infectieuse aiguë, grave et souvent mortelle, due à une toxine produite par *Clostridium tetani*, un bacille) , la coqueluche (infection respiratoire bactérienne) , le choléra (infection diarrhéique aiguë provoquée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par le bacille *Vibrio cholerae)* , la poliomyélite (infection virale très contagieuse, provoquant de la fièvre, de la fatigue, des céphalées, des vomissements, une raideur de la nuque et des douleurs dans les membres. Elle se transmet par l'eau ou des aliments contaminés)… C'est pourquoi chaque sujet vacciné aide à la protection de l'ensemble de la population. C'est aussi la raison pour laquelle certains vaccins qui protègent contre les maladies graves sont rendus obligatoires. Le **sérum** est, contrairement au vaccin, utilisé dans un but curatif. Il est constitué d'anticorps (d'origine animale ou humaine) qui sont injectés dans l'organisme pour agir directement sur	Sérum	Delvigne, M., (2008), p. 89,90 (Expériences-sérovaccination)	

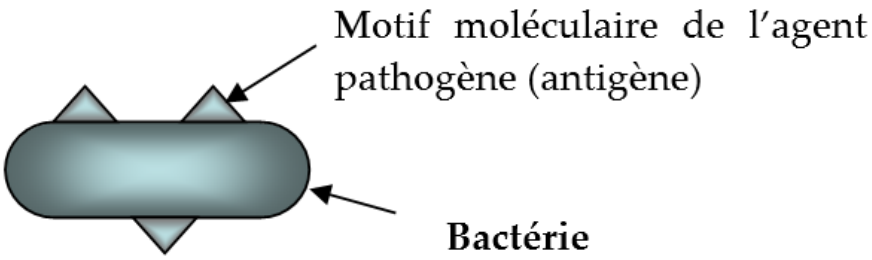
	l'antigène. Ex : sérum antidiphtérique, antitétanique… Le sérum est utilisé si la maladie est déjà installée, pour la combattre au plus vite si l'organisme n'a pas eu le temps de produire assez d'anticorps. L'immunité est passive, immédiate mais temporaire : les anticorps du sérum vont rapidement disparaitre et nous ne serons plus protégés. Généralement, si une personne n'est pas vaccinée mais qu'elle est malade, il y a une injection de sérum pour la protéger au plus vite puis, quelques temps après, une injection de vaccin pour la protéger d'une future attaque.			
Évaluation formative RCD				**1P**[19]
Évaluation sommative RCD				**1P**

[19] Le nombre et le moment des évaluations restent du domaine de la liberté pédagogique du professeur et sont indiqués ici à titre indicatif.

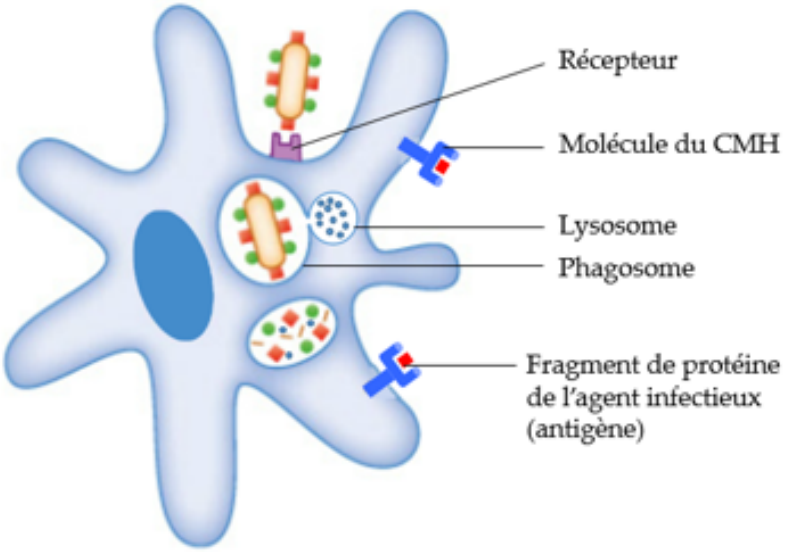
Annexe 1



Annexe 2

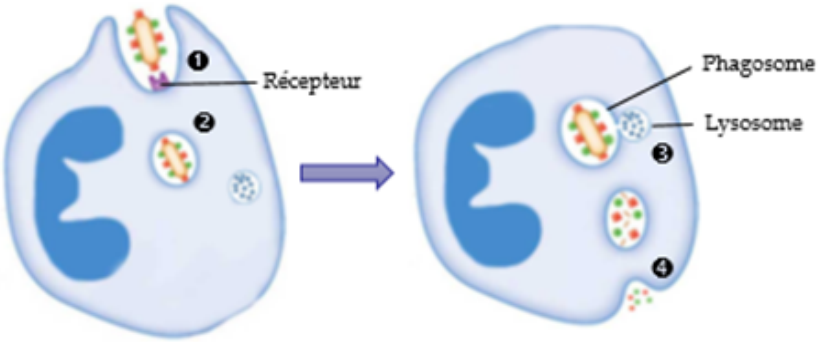


Annexe 3



Cellule dendritique

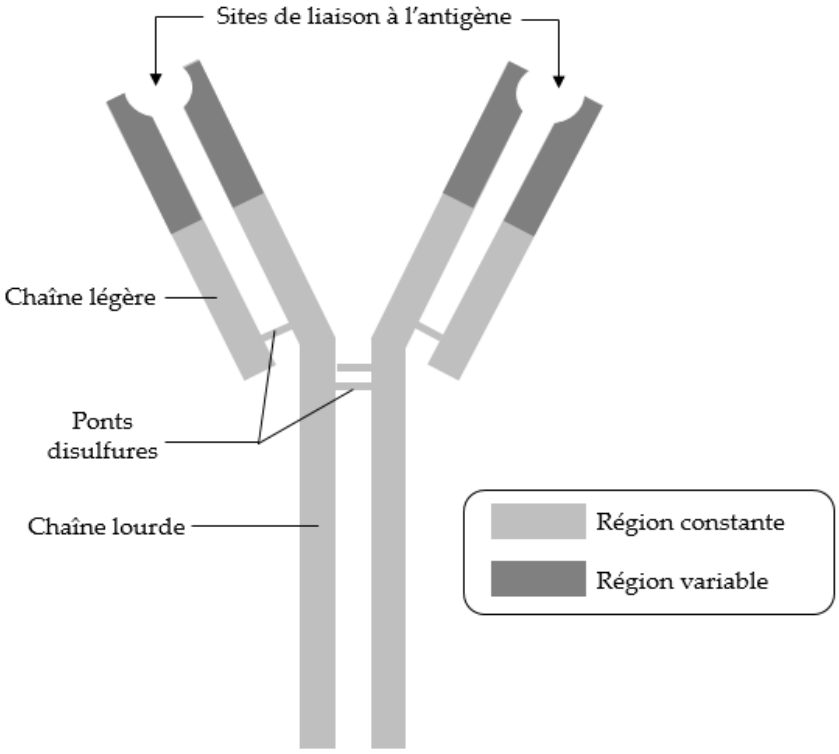
Annexe 4



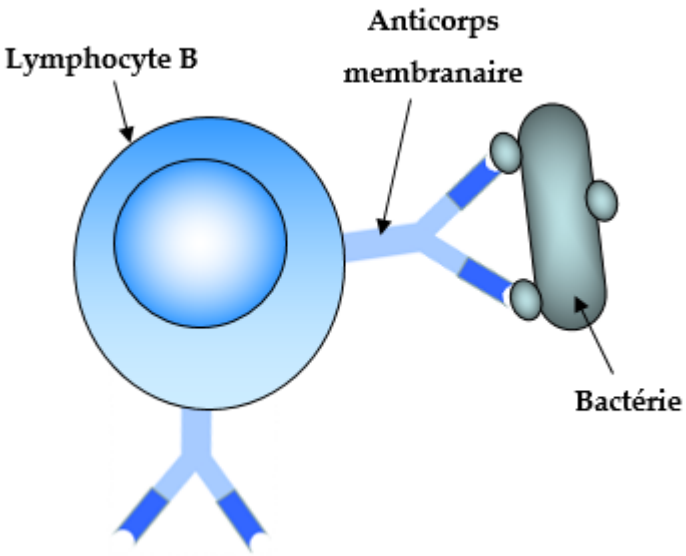
Phagocytose réalisée par un granulocyte

1. Adhésion
2. Ingestion
3. Digestion
4. Rejet des déchets.

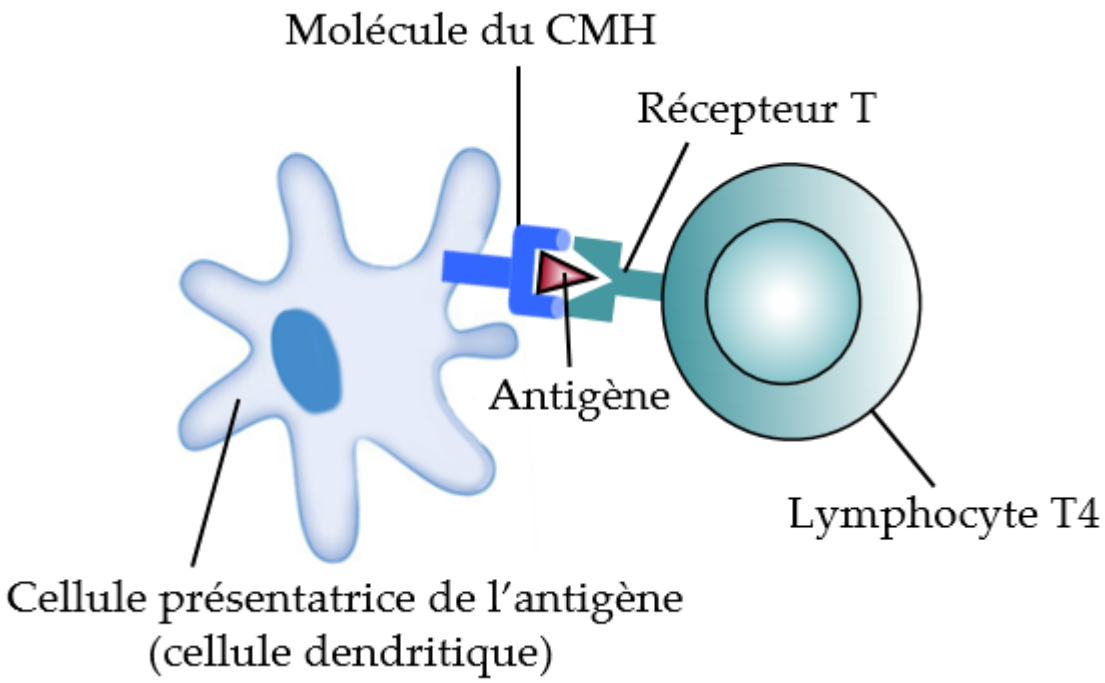
Annexe 5



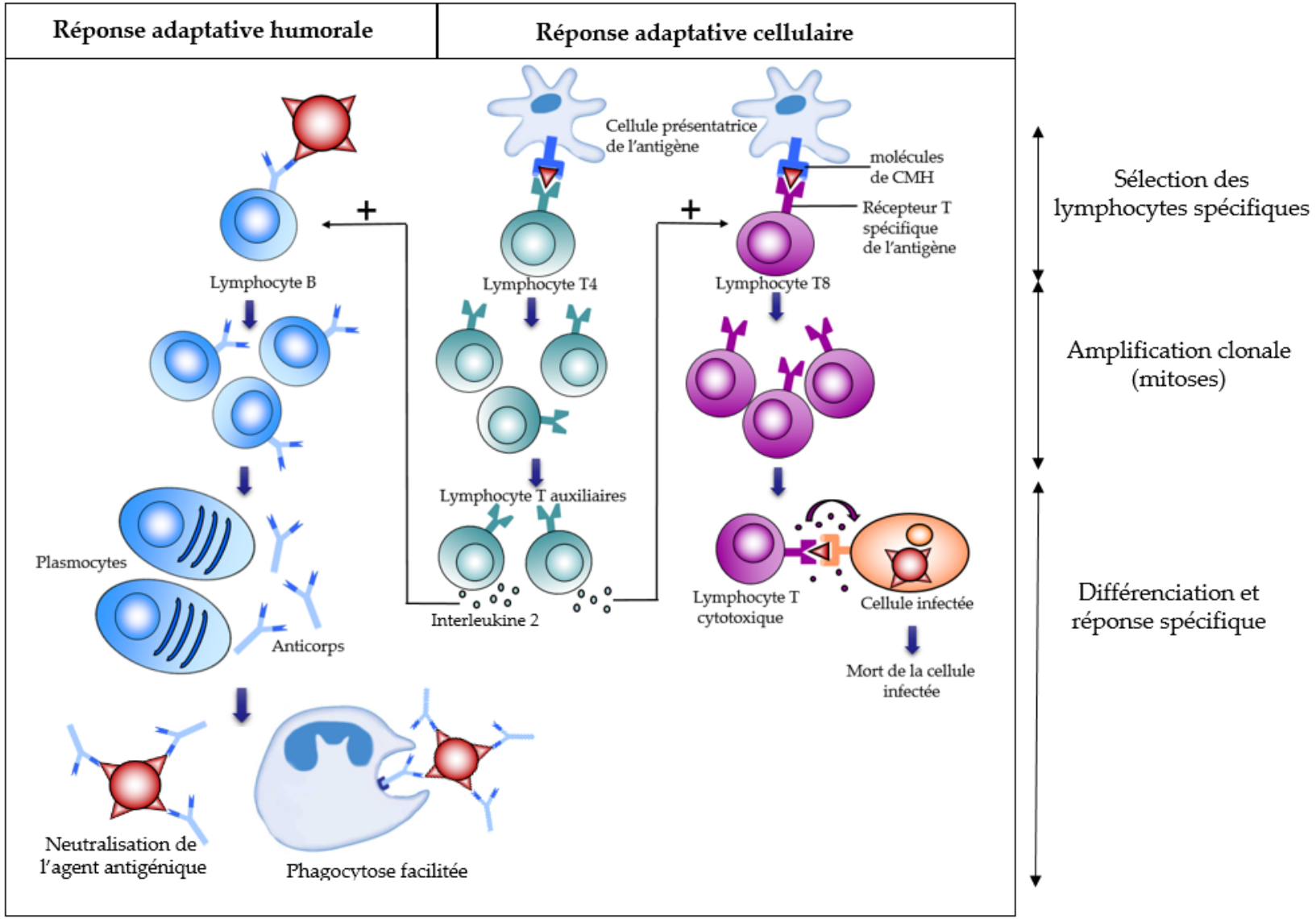
Annexe 6



Annexe 7


Molécule du CMH
Récepteur T
Antigène
Lymphocyte T4
Cellule présentatrice de l'antigène
(cellule dendritique)

Annexe 8 : schéma bilan



Exemples de mises en situation

1) Ton petit frère s'est blessé lors d'une chute en roller. Quelques jours plus tard, il a mal, sa plaie est gonflée, rouge et purulente (du pus s'en écoule) : tes parents vont consulter un médecin. Celui-ci nettoie correctement la plaie et lui donne un médicament anti-inflammatoire. Ton frère ne comprend pas la prescription du médecin : « Pourquoi dois-je prendre un médicament puisque je ne suis pas malade ?».



2) La maman de Martin est enceinte. Or, Martin vient d'étudier les allogreffes en biologie. Il se demande pourquoi, la plupart du temps, une mère ne rejette pas son fœtus.
Aide Martin à trouver une réponse en exploitant les ressources suivantes et en argumentant scientifiquement.

http://campus.cerimes.fr/maieutique/UE-obstetrique/placenta/site/html/2_22_225_1.html
http://www.larecherche.fr/savoirs/dossier/4-pourquoi-mere-ne-rejette-pas-foetus-01-10-2012-91710

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Campbell, N., Reece, J., Urry, L.A, Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., Jackson, R., (2012), Biologie 4e edition, Erpin.

Campbell.N., Reece.J., (2007), Biologie 7e édition, Paris : France, Pearson Education.

Raven,P., Johnson.G.,, Losos.J. & Singer.S (2007).Biologie, Bruxelles : De Boeck.

Ouvrages pédagogiques

Carpentier.A., Celle.F., Chareyron.P., Daoust.G., Deyme.P., Froissart.H., Gerey.L., Mémeteau.C., Olive.C., Picoche.J-M., Rebulard.S., Salomon.L., Seguin-Orlando.A., Seyed.R., Thomas.D., Woerhrlé.A., 2012, SVT sciences de la vie et de la terre- Term S-, collection Duco.A., Paris : Belin.

Cornet,M.(2008). Biologie 4e, Bruxelles : De Boeck.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2008) Bio 3 Cahier d'activités Officiel. Louvain-la Neuve : Van In.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2009) Bio 4 Référentiel Officiel. Louvain-la Neuve : Van In.

Sitographie

Abus de l'usage des antibiotiques
https://www.youtube.com/watch?v=8tA5gfv4yA4, [en ligne], consulté le 16/12/15.

Animation réponse immunitaire (en anglais)
https://www.youtube.com/watch?v=Bf2t8n1ibwQ, [en ligne], consulté le 18/11/14.

Documentaire : l'aventure antibiotique
https://www.youtube.com/watch?v=PKWSbS0clOY, [en ligne], consulté le 18/11/14.

Expérience de Mitchell et Miller

http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/immunite-et-vaccination/enseigner/ressources-logicielles/nouveau-programme-immunologie-2012/limmunite-adaptative, [en ligne], consulté le 18/11/14.

Historique de la vaccination
http://www.vacciweb.be/fr-BE/content/vaccins-pour-adolescents-et-adultes/la-vaccination-en-general/histoire/151/509/, [en ligne], consulté le 25/09/15.

La flore intestinale
http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-flore-intestinale-une-collection-de-bacteries_776.html, [en ligne], consulté le 25/09/15.

C'est pas sorcier -Les grippes : virus sous surveillance
https://www.youtube.com/watch?v=k9U-vSZnOyQ
Réalisateur :
Catherine BRETON
Auteur(s):
Frédéric COURANT - Jamy GOURMAUD - Sabine QUINDOU - Jean Marc SIGOT
Producteur(s):
Alain TAIEB l Riff International production l France 3

Les greffes : approche historique
http://lewebpedagogique.com/svt3ic/sauver-des-vies/les-dons-dorganes/, [en ligne], consulté le 25/09/15.
http://www.vivelessvt.com/tag/greffe/ ,[en ligne], consulté le 25/09/15.
http://www.svt-liban.com/IMG/pdf/immunite_la_recherche_v2_cle89f8b1.pdf
(document sur le non-rejet de l'embryon) ,[en ligne], consulté le 25/09/15.

La phagocytose
http://www.youtube.com/watch?v=7VQU28itVVw,[en ligne] consulté le 30/10/14.
http://www.youtube.com/watch?v=fqi0fhBHId8, [en ligne] consulté le 30/10/14.
http://www.youtube.com/watch?v=7VQU28itVVw, [en ligne], consulté le 31/10/14.

La réaction inflammatoire
http://www.youtube.com/watch?v=suCKm97yvyk, [en ligne] consulté le 30/10/14.
http://www.youtube.com/watch?v=ujT4-s51uV0,,[en ligne] consulté le 30/10/14.

Le cycle du virus du S.I.D.A
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/SIDA/images/cycle.swf, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Le système lymphatique
http://www.youtube.com/watch?v=eECPIxZxnuw, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Multiplication bactérienne
http://www.youtube.com/watch?v=KIpcCyuypzg,[en ligne] consulté le 30/10/14.

Multiplication virale
http://www.youtube.com/watch?v=D1A7dH1BRKA,[en ligne] consulté le 30/10/14.

Pénétration du virus VIH
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/SIDA/4entree.htm, [en ligne], consulté le 25/09/15.

Réaliser un antibiogramme
http://www.editions-breal.fr/svt_college/3eme/antibiogramme/main.htm, [en ligne], consulté le 18/11/14.

Réaliser une culture in vivo (ateliers Nivelles)
http://difst.wallonie.be/difst_fr/menu-gauche/par-acteur/de-m-a-p/nivelles-laboratoires-culture-in-vivo.html, [en ligne], consulté le 25/09/15.

Stimulation des LB par les LT4 (en anglais) -Visionner jusqu'à 0,32s
https://www.youtube.com/watch?v=hqv8w4Tc-Xo, [en ligne], consulté le 18/11/14.

SIDA
http://www.jeminforme.be/sante-drogues/sida/sida-comment-se-proteger, [en ligne], consulté le 16/12/15.

Test d'Ouchterlony
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/immu2.htm, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Biologie

Sciences générales

3e degré

UAA6
«La communication nerveuse »

Durée prévue pour l'UAA (20 périodes) : de janvier à mars de la cinquième année

Référentiel

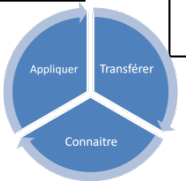
Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 6

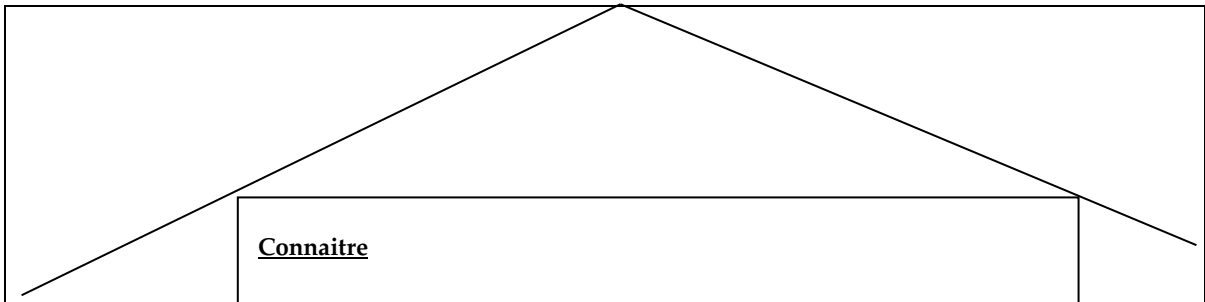
« La communication nerveuse »

Compétences à développer

- **Expliquer de manière simple certains de nos comportements (réflexes, activité motrice volontaire).**
- **Expliquer l'influence que des substances ou des habitudes de vie peuvent avoir sur le fonctionnement du système nerveux.**

Processus		**Ressources**
<u>Appliquer</u> • A partir de documents expérimentaux (historiques, réflexe myotatique,…) ou d'un logiciel de simulation (grenouille virtuelle), décrire et modéliser le trajet de l'arc réflexe médullaire. • Sur base de documents, identifier quelques facteurs qui peuvent influencer le fonctionnement du système nerveux (par exemple : manque de sommeil, stress, absence ou surplus d'activité physique, manque de lumière…). • A partir de documents, expliquer l'origine de certains troubles (de l'audition, de la vue,...) ou de certaines paralysies musculaires.	**Transférer** • A partir de l'analyse de documents décrivant la commande volontaire d'un mouvement (par exemple : renvoyer une balle de tennis lors d'un échange, monter un escalier, …), modéliser l'action du système nerveux (modéliser le trajet de l'influx nerveux et le rôle des centres nerveux impliqués). • A partir de documents, expliquer l'impact de certaines substances (par exemple : alcool, drogues, médicaments,…) sur la transmission synaptique. • A l'aide de documents (par exemple : conséquence et suivi d'un AVC, entrainement d'un musicien, langage …) expliquer la notion de plasticité cérébrale au cours d'un apprentissage.	**Pré-requis** Tension électrique (UAA 1, physique) **Savoirs disciplinaires** • Système nerveux central (encéphale et moelle épinière) et sa protection (crâne, colonne vertébrale, liquide céphalo-rachidien et méninges) • Système nerveux périphérique (nerfs crâniens et rachidiens) • Système nerveux végétatif • Rôles du système nerveux ➢ Relations entre l'individu et le monde extérieur (organes des sens) ➢ relier et coordonner l'activité des différents organes (homéostasie) ➢ permettre un certain nombre d'activités supérieures (langage, imagination, mémoire, pensée, créativité,…) • Récepteur sensoriel • Nerf





Connaitre

- Décrire l'organisation générale du système nerveux.
- Réaliser le schéma légendé d'une coupe transversale de la moelle épinière à partir de documents (photographiques de coupes microscopiques).
- A partir de documents, d'une maquette ou d'une dissection (par exemple : encéphale de veau,…), décrire la structure de l'encéphale
- Localiser les principales aires sensorielles et motrices sur le schéma du cortex d'un hémisphère cérébral, à l'aide de documents TEP.
- Identifier les différentes protections des principaux centres nerveux.
- A partir de l'observation (par exemple de photos réalisées au microscope optique) de différentes coupes d'un nerf, en réaliser un schéma annoté.
- Réaliser le schéma d'un neurone et en déduire les caractéristiques particulières à partir de documents (photographies de coupes de tissus nerveux).
- A l'aide d'un logiciel d'animation et/ou de documents présentant des résultats expérimentaux, expliquer le mécanisme de propagation de l'influx nerveux au travers du neurone et de la synapse.
- Modéliser le trajet de l'influx nerveux lors de la réalisation d'un acte volontaire, à partir de documents (par exemple : expériences historiques).

- Tissu nerveux : (neurone, cellules gliales)
- Synapse
- L'influx nerveux
- Transports passif et actif
- Substances psychotropes
- Neurotransmetteurs
- Réflexes
- Activité cérébrale

Savoir-faire disciplinaires

- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques.
- Réaliser un schéma fonctionnel (régulation nerveuse, …).
- Réaliser des observations au microscope optique.

Considérations pédagogiques

Remarque préalable : les contenus de la colonne « essentiel » sont donnés dans un certain ordre à titre d'exemple. Chaque enseignant conserve la liberté pédagogique de leur articulation au sein de chaque unité dans la construction de sa propre séquence d'apprentissage.

Processus explicités	L'essentiel	Ressources (mots-clés)	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *Décrire l'organisation générale du système nerveux.* **Professeur** Faire visualiser par les élèves une vidéo (ou partie de vidéo si le document est trop long) décrivant le système nerveux et faire déduire la description des différentes parties.	**I. Organisation générale du système nerveux** Dans le système nerveux de l'Homme comme de celui des autres vertébrés, on distingue le **système nerveux central** et le **système nerveux périphérique**. L'**encéphale** et la **moelle épinière** constituent le système nerveux central. Le système nerveux périphérique comporte des voies sensorielles et motrices. Les voies sensorielles détectent des stimuli (un stimulus est un signal physique ou chimique auquel un de nos organes est sensible) internes ou externes. Les voies motrices et sensitives gèrent l'activité des muscles volontaires (muscles squelettiques) et la régulation de l'activité des muscles lisses, du muscle cardiaque et des glandes. Le **système nerveux végétatif**	Système nerveux central Système nerveux périphérique Encéphale Moelle épinière Système nerveux végétatif	Cornet, M.,(2009), p.14. http://www.youtube.com/watch?v=qWr8yA-ZhBI (C'est pas sorcier, du début à la min 4) Cornet, M., (2009), p.13.	**7P**

	(intervenant dans diverses fonctions : de nutrition, de reproduction, cardiovasculaire, urinaire,…) comprend des centres du système nerveux central et la partie autonome du système nerveux périphérique. **II. Rôles du système nerveux** Le système nerveux joue un rôle essentiel dans : - la perception sensorielle (vue, odorat, ouïe, goût et toucher) par les **récepteurs sensoriels** notamment au niveau des **organes des sens** ; - la coordination de nos mouvements entre eux ; - la régulation des fonctions vitales **(homéostasie[2])** : régulation de la fonction cardiaque, de la circulation sanguine, de la respiration… On peut citer le centre de la régulation de la température du corps humain , qui est situé au niveau de l'hypothalamus. Il est responsable de la fièvre lors d'une infection par exemple. le L'organisme met alors en place des moyens pour ramener	Rôles du système nerveux Récepteur sensoriel Organes des sens Homéostasie		

[2] L'homéostasie est un processus physiologique, permettant de maintenir certaines constantes du milieu intérieur de l'organisme (ensemble des liquides de l'organisme), nécessaires à son bon fonctionnement entre les limites des valeurs normales.

Élève *A partir de documents, d'une maquette ou d'une dissection (par exemple : encéphale de veau,…), décrire la structure de l'encéphale* *Identifier les différentes protections des principaux centres nerveux.* **Professeur** Utiliser, si l'école en possède, des modèles d'encéphales. possibilité de réaliser la dissection d'un encéphale de veau ou d'agneau[1].	la température à son point d'équilibre : la sudation ou les frissons par exemple. ; les fonctions intellectuelles (pensée, langage, mémoire, imagination, créativité...). Notre système nerveux est le réseau de contrôle et de communication qui permet la coordination de tous les systèmes de notre corps. **III. Le système nerveux central** **L'encéphale** D'une masse de 1200 à 1400 g, il se localise dans la boîte crânienne. Il est entouré et protégé par les os du **crâne** et trois enveloppes de tissu conjonctif[3] : les **méninges.** la dure-mère (épaisse et résistante) est la plus externe ; l'arachnoïde est intermédiaire et comprend des fibres qui évoquent une « toile d'araignée ». A cet endroit circule le **liquide céphalo-rachidien** (qui amortit les chocs) ; la pie-mère est la plus interne. Elle est fine et fortement vascularisée.	Crâne Méninges Liquide céphalo-rachidien	http://www.dailymotion.com/video/x86ztp_encephale-de-mouton_tech (encéphale de mouton) http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/biotlm/laboratoires/mouton5.htm (dissection encéphale de mouton) www.cstfelicien.	

[1] L'encéphale de mouton (ou de bovins) est classée en catégorie 1 pour des animaux de certaines catégorie d'âge. Une notification préalable est nécessaire auprès du SPF Santé publique mais on peut trouver dans les boucheries, des cervelles provenant d'animaux plus jeunes, utilisables pour la consommation humaine (catégorie 3) et donc qui peuvent être disséquées (extrait de la circulaire 5078 du 2/12/14)

[3] Contrairement au tissu épithélial, les cellules d'un tissu conjonctif ne sont pas jointives mais séparées par une matrice extracellulaire (sorte de « gel ») contenant de nombreuses fibres.

Élève *Localiser les principales aires sensorielles et motrices sur le schéma du cortex d'un hémisphère cérébral, à l'aide de documents TEP.* **Professeur** Faire allusion à l'accident de Phineas Cage pour étudier les fonctions du cortex préfrontal par exemple. Le 13 septembre 1848, Phinéas Cage, un ouvrier de la compagnie des chemins de fer américains fut victime d'une explosion au cours de laquelle son crâne fut traversé par une barre de fer. Il survécut à son accident mais changea de comportement de façon radicale. Ses lésions furent étudiées dans le but d'une meilleure compréhension du fonctionnement du lobe frontal.	L'encéphale comprend deux **hémisphères cérébraux** (le cerveau) séparés par une fissure. Il intègre également le **cervelet** et le **tronc cérébral**. À la surface des hémisphères, on trouve des **circonvolutions** qui permettent une augmentation de la surface. Les hémisphères sont partagés en quatre lobes principaux par des sillons. Le **cortex** est la couche externe des hémisphères. Il est constitué de substance grise .La partie interne des hémisphères est constituée de **substance blanche** qui contient des fibres nerveuses et des cellules de soutien (cellules gliales). Le cervelet est situé sous la partie dorsale inférieure du cerveau. Sa surface est striée, il est composé de substance grise et de substance blanche. Le tronc cérébral comprend le mésencéphale et le bulbe rachidien. Il est composé de fibres nerveuses. Le diencéphale comprend notamment le **thalamus, l'hypothalamus et l'hypophyse**. Il surmonte le tronc cérébral[4].	Hémisphères cérébraux Cervelet Tronc cérébral Circonvolutions Cortex Substance blanche Thalamus Hypothalamus Hypophyse	qc.ca/scinat/cours_biogen2/.../lab_cerveaumouton.doc (protocole de dissection) Cornet, M., (2009), p. 101.	

[4] Ces structures sont mentionnées car leur rôle important sera souligné dans la partie consacrée à la reproduction

Élève *A partir de documents, expliquer l'origine de certains troubles (de l'audition, de la vue,...) ou de certaines paralysies musculaires.* **Professeur** Utiliser des exercices d'interprétation de faits cliniques par exemple.

Professeur Utiliser une photo de coupe dans la moelle épinière comme base d'observation, ou une préparation microscopique	**C. Le tronc cérébral** Il gère des fonctions vitales comme le rythme cardiaque, la respiration. Le sommeil est également régulé à ce niveau. Il est le centre de relai des voies motrices et sensitives. **D. Le diencéphale** Par l'intermédiaire du thalamus et de l'hypothalamus, la gestion des émotions, de la mémoire ainsi qu'un relai avec l'hypophyse. **D. La moelle épinière** Elle est située dans le canal rachidien de la colonne vertébrale (les trous vertébraux de toutes les vertèbres empilées les unes sur les autres forment ce canal .Chez l'adulte, elle s'étend depuis le bulbe rachidien, soit la partie la plus inférieure de l'encéphale, jusqu'au bord supérieur de la deuxième vertèbre lombaire[5].	Tronc cérébral Moelle épinière	Cornet, M., (2009), p.92	
Élève *A partir de l'observation (par exemple de photos réalisées au microscope optique) de différentes coupes d'un nerf, en réaliser un schéma annoté.*	La moelle épinière d'un adulte a une longueur qui varie autour de 50 cm. Son diamètre est d'environ 1 à 2 cm. Comme le cortex, la moelle épinière est constituée de substance grise sur son		Cornet, M., (2009), p.104.	

[5] Faire un rappel de la localisation de cette vertèbre.

Professeur Faire réaliser par les élèves un modèle (pâte à modeler durcissant à l'air par exemple) de nerf. Faire disséquer les pattes postérieures de la grenouille.	pourtour et de substance blanche au centre. **IV. Le système nerveux périphérique (les nerfs)** On peut classer les **nerfs** en trois types : les **nerfs sensitifs** : transmettent les informations des récepteurs sensoriels vers les centres nerveux ; les **nerfs moteurs** : transmettent les informations des centres nerveux aux organes effecteurs (muscles, glandes), les nerfs mixtes : contiennent des fibres sensitives et des fibres motrices. **A. Les nerfs crâniens** Les **nerfs crâniens** sont au nombre de 12, tous quittent le crâne par des ouvertures. Tous les nerfs crâniens sont désignés par un chiffre romain et par un nom. Les chiffres romains indiquent l'ordre, d'avant en arrière, dans lequel les nerfs sortent de l'encéphale ; les noms indiquent leur distribution ou leur fonction.	Nerfs crâniens Nerfs sensitifs Nerfs moteurs		

<table>
<tr>
<td>Élève
Réaliser le schéma d'un neurone et en déduire les caractéristiques particulières à partir de documents (photographies de coupes de tissus nerveux).</td>
<td>Exemples :
<table><tr><th>Nerf</th><th>Fonction</th></tr><tr><td>Olfactif (sensitif)</td><td>Olfaction</td></tr><tr><td>Optique (sensitif)</td><td>Vision</td></tr><tr><td>Facial (mixte)</td><td>Fonction motrice: sécrétions lacrymale et salivaire, expression faciale. Fonction sensitive : sensibilité musculaire, goût.</td></tr></table>
B. Les nerfs rachidiens
Les nerfs rachidiens, au nombre de 31 paires, relient la moelle épinière aux récepteurs, aux muscles et aux glandes. Les 31 paires de nerfs rachidiens sont nommées et numérotées d'après la région et le niveau de la moelle épinière d'où elles proviennent. Un nerf rachidien possède deux points d'attache à la moelle épinière : une racine postérieure et une racine antérieure. La racine postérieure est sensitive et porte le</td>
<td>Nerfs rachidiens</td>
<td>Cornet, M., (2009), p.14, 15.</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Professeur Montrer une préparation microscopique d'un neurone ainsi que des schémas et mettre en évidence sa structure générale.	ganglion spinal ; l'antérieure est motrice, et dépourvue de ganglion. Tous les nerfs rachidiens sont donc mixtes. Un nerf est un faisceau de fibres nerveuses associées à une gaine protectrice et des vaisseaux sanguins. Les fibres nerveuses sont des prolongements de cellules nerveuses parfois associées à d'autres structures. Un **neurone** est une cellule nerveuse. Il reçoit, conduit et transmet les messages d'une cellule à l'autre grâce à sa structure. Les neurones présentent une grande diversité de formes et de tailles mais leur structure de base est similaire : le **corps cellulaire** : volumineux, il contient le noyau et du cytoplasme (la substance grise contient principalement le corps cellulaire des cellules nerveuses). Il présente deux types de prolongements cytoplasmiques ; - les **dendrites** : parfois plusieurs pour un même neurone. Elles collectent les messages nerveux en provenance d'autres neurones ou d'organes sensoriels. - l'**axone** : il conduit les messages produits par le neurone. Il peut être long, jusqu'à atteindre un mètre. Plusieurs axones associés en faisceaux constituent la fibre	Neurone Corps cellulaire Dendrites Axone		

	nerveuse. La ramification de l'axone à son extrémité est **l'arborisation terminale**. À son extrémité se trouvent les boutons synaptiques. En plus des neurones sensitifs et moteurs, il existe des neurones d'association qui font la jonction entre les neurones sensitifs et moteurs. Certains prolongements de neurone sont entourés d'une **gaine** blanchâtre riche en une graisse, la **myéline**.	Arborisation terminale Gaine de myéline		
Élève *A l'aide d'un logiciel d'animation et/ou de documents présentant des résultats expérimentaux, expliquer le mécanisme de propagation de l'influx nerveux au travers du neurone et de la synapse.* **Professeur** Proposer l'analyse d'un schéma représentant les canaux ioniques et leur fonctionnement.	Un neurone est excitable, capable de générer et conduire rapidement un influx électrique à partir des dendrites ou du corps cellulaire le long de l'axone jusqu'aux boutons synaptiques. La membrane plasmique des neurones comporte des canaux et des pompes capables de réguler la répartition d'ions Na^+ et K^+ de part et d'autre de la membrane. Au repos, la membrane est plus perméable aux ions K+ qu'aux Na+ parce qu'elle contient plus de canaux à K+. Les ions K^+ diffusent de façon importante de l'intérieur vers l'extérieur et les ions Na^+ de façon lente de l'extérieur vers l'intérieur. Des pompes à Na^+/ K^+ effectuent un **transport actif** des Na^+, qui	Transport actif	Delvigne, M., (2009) p.22 à 25. https://www.youtube.com/watch?v=cHA5aQH-oJc#t=69, Cornet, M.,(2009), p.38 à 51. http://philippe.cosentino.free.fr/productions/simulfibre/index.htm (enregistrement	**4P**

Faire un bref rappel sur la respiration cellulaire, ajouter que cette respiration aboutit à la formation d'une molécule, l'ATP, qui sera impliquée dans les transports actifs…	sont expulsés du neurone, et des K^+ qui sont introduits. Au repos, il existe donc une différence de répartition des ions de part et d'autre de la membrane, ce qui induit une différence de potentiel électrique, un déficit de charges positives à l'intérieur de la fibre qui la rend négative par rapport à l'extérieur : c'est le **potentiel de repos** qui correspond à une valeur de -70 mV. Un dispositif expérimental particulier permet de visualiser les messages électriques qui circulent au cours de l'activité de la fibre nerveuse. Il est possible de disposer une microélectrode, reliée à un oscillographe, à l'intérieur d'une cellule nerveuse d'un diamètre suffisant comme c'est le cas de l'axone géant du calamar par exemple ainsi qu'une 2e microélectrode placée à l'extérieur. Ce dispositif permet de visualiser sur un écran les variations de potentiel. Ce dispositif permet également de visualiser les phénomènes qui se déroulent dans la cellule nerveuse lorsque celle-ci est excitée, grâce à l'utilisation d'électrodes stimulatrices. La membrane peut voir sa perméabilité à certains ions momentanément modifiée. Par exemple, une stimulation provoque une augmentation de la perméabilité aux ions	Potentiel de repos	du message nerveux le long d'une fibre) Delvigne, M., (2010), p.31 à 36. Delvigne, M., (2012), p.25 à 31.	

Proposer un schéma du dispositif expérimental ainsi que le graphique de l'évolution du potentiel en cas de stimulation.	Na^+. La face interne de la membrane devient positive électriquement par rapport à la face externe. C'est la dépolarisation membranaire et la ddp (**différence de potentiel**) mesurée atteint une valeur de 40mV (potentiel d'action) chez le calmar. Cette valeur est de 30mV dans la plupart des cellules humaines. Les canaux à Na^+ se ferment ensuite et les canaux à K^+ s'ouvrent à leur tour. La membrane se repolarise jusqu'à une hyperpolarisation puis un retour rapide au potentiel de repos grâce aux pompes à Na^+/K^+. Le potentiel d'action se déplace avec rapidité le long de la fibre nerveuse. L'inversion du potentiel électrique qui se transmet de proche en proche le long de l'axone constitue **l'influx nerveux.** La vitesse régulière de l'influx est assurée grâce à la présence d'une gaine de myéline qui joue le rôle d'isolant. La propagation est beaucoup plus lente dans les axones non myélinisés. La vitesse de l'influx varie aussi en fonction du diamètre de la fibre nerveuse (de 0,5m/s à 10m/s). La **période réfractaire** est la période qui s'écoule jusqu'à ce que les ions soient revenus à leur place et durant laquelle la fibre ne peut conduire de nouvel influx. L'influx nerveux se transmet d'un neurone à un autre au niveau d'une **synapse.**	Différence de potentiel Influx nerveux Période réfractaire Synapse		

Professeur Exploiter le schéma d'une synapse neuro-neuronale pour faire analyser aux élèves les différentes étapes de son fonctionnement.	Le neurone présynaptique est séparé du neurone postsynaptique par un espace mesurant de 20 à 50 nm, la fente synaptique. Lorsque l'influx nerveux atteint le bouton synaptique, le potentiel d'action ne peut franchir cet espace et des médiateurs chimiques entrent alors en action. Ces médiateurs, les **neurotransmetteurs**, contenus dans des vésicules synaptiques, sont libérés dans la fente synaptique par exocytose, se fixent sur des récepteurs de la membrane du neurone postsynaptique et produisent le départ d'un nouvel influx.	Neurotransmetteur	https://www.youtube.com/watch?v=nM_v114rjwo (fonctionnement de la synapse)	
Élève *Modéliser le trajet de l'influx nerveux lors de la réalisation d'un acte volontaire, à partir de documents (par exemple : expériences historiques).* **Professeur** Utiliser les homonculus comme base de	Les muscles squelettiques sont sous le contrôle de l'aire motrice du cortex cérébral. La TEP[6] permet d'ailleurs de localiser de l'**activité** dans certaines aires cérébrales au cours de mouvements divers. La stimulation magnétique transcranienne permet, en excitant certaines régions du cortex, de déclencher la contraction de différents muscles. Il a été ainsi permis de	Activité cérébrale	Cornet, M., (2009), p 89. Delvigne, M., (2009), p.33.	**2P**

[6] Tomographie par émission de positrons

discussion. **Élève** *A partir de l'analyse de documents décrivant la commande volontaire d'un mouvement (par exemple : renvoyer une balle de tennis lors d'un échange, monter un escalier, …), modéliser l'action du système nerveux (modéliser le trajet de l'influx nerveux et le rôle des centres nerveux impliqués).* **Professeur** Faire réaliser un schéma fonctionnel.	cartographier des zones de l'aire motrice (homonculus moteur). Les informations transmises par les organes des sens par l'intermédiaire des voies sensitives sont intégrées. Certains axones de gros neurones du cortex sont en connexion avec des motoneurones (neurones spécialisés) du tronc cérébral puis de la moelle épinière. L'influx nerveux arrive alors par l'intermédiaire du nerf moteur jusqu'au muscle. Une synapse (**plaque motrice**) est établie entre le nerf moteur et le muscle. Celui-ci se contracte. L'ensemble des contractions musculaires est alors à l'origine du mouvement.	Plaque motrice	Delvigne, M., (2010), p.61-62.	
Élève *A partir de documents expérimentaux (historiques, réflexe myotatique,…) ou d'un logiciel de simulation (grenouille virtuelle), décrire et modéliser le trajet de l'arc réflexe médullaire.* **Professeur** Utiliser l'expérience de Sherrington. En 1924, un physiologiste, Sherrington, réalise des expériences sur un chat dont il a	Les **réflexes** (innés ou acquis) sont des réactions motrices automatiques, involontaires et prévisibles, qui se déroulent en réponse à une stimulation déterminée. Un **réflexe médullaire** ne demande l'intervention que de la moelle épinière comme centre nerveux. Un **réflexe myotatique** est la réaction motrice d'un muscle dont les récepteurs d'étirement ont été stimulés.	Réflexe Réflexe médullaire Réflexe myotatique	Cornet, M.,(2009), p. 65 à 82. http://www.canal-u.tv/video/universite_bordeaux_segalen_dcam/etude_de_l_action_reflexe_et_integrative_de_la_	**2P**

préalablement sectionné la moelle épinière (déconnection de l'encéphale). Il a isolé et attaché à un système de mesure de tension le muscle extenseur de la jambe, le laissant ainsi innervé. Ses observations lui ont permis d'observer le fléchissement de la jambe après stimulation par piqure ou pincement de la patte postérieure. Ce réflexe est qualifié de médullaire[7]. Proposer l'exemple suivant : Lorsque le médecin généraliste tape au moyen d'un petit marteau sur le tendon de la rotule en l'étirant, il s'agit d'une stimulation. Proposer l'analyse des résultats expérimentaux de Magendie. François Magendie (1783-1855), au cours d'une série d'expériences[8], mit en évidence les nerfs sensitifs et moteurs. Il a précisé la fonction des racines antérieures et postérieures de la moelle épinière.	**L'arc réflexe** englobe tout un trajet nerveux, du récepteur sensitif au muscle effecteur. Des récepteurs particuliers reçoivent l'information et le neurone sensitif va relayer l'information vers le centre nerveux (ici la moelle épinière). Celle-ci transmet une information à un neurone moteur qui va innerver un muscle (effecteur). Dans le cas du réflexe rotulien, la stimulation par le neurone moteur va permettre un étirement brutal des fibres du tendon.	Arc réflexe	moelle_epiniere_sur_la_grenouille_spinale.3458[9] (activité réflexe chez la grenouille) Delvigne, M., (2010), p. 145 (activité 2.5.) et p.146. (activité 2.8.)	
Élève *A l'aide de documents (par exemple : conséquence et suivi d'un AVC, entrainement*	L'organisation de l'aire somatosensorielle du cortex peut être modifiée par des facteurs environnementaux : on parle alors		Cornet, M., (2009),	**2P**

[7] Le détail de cette expérience est bien documenté dans de multiples références ce qui explique le simple résumé dans le programme.
[8] Les expériences de Magendie sont également très bien documentées.
[9] Ce film a été réalisé *in vivo*. Il s'agira au professeur de juger du bien-fondé de l'utilisation.

d'un musicien, langage …) expliquer la notion de plasticité cérébrale au cours d'un apprentissage. **Professeur** Par exemple, chez le rat, les vibrisses constituent un organe sensoriel essentiel dans l'exploration de son environnement. Chaque vibrisse possède sa propre aire de projection corticale. Si on supprime à la naissance une partie des vibrisses, on observe dans le cerveau de ce rat une réorganisation de son cortex somatosensoriel. Cette expérience prouve la possibilité de réorganisation du cerveau dans certaines circonstances. Autre exemple, chez l'Homme : Le cortex visuel des aveugles de naissance ne s'implique plus dans la vision mais plutôt dans le toucher. Ceci s'explique par la mobilisation du sens tactile par la reconnaissance du Braille et sous-entend que des réorganisations corticales ont eu lieu. Si on bande les yeux d'un sujet voyant à qui on enseigne la lecture du Braille, le cortex visuel pour la lecture de l'alphabet Braille s'active au bout de 5 jours. La plasticité existe donc toujours chez l'adulte et elle est rapidement réversible.	de **neuroplasticité**. Lorsque des neurones subissent des dégradations, certaines cellules indifférenciées peuvent les remplacer dans une certaine mesure. C'est surtout au début de la vie des mammifères, au cours de la mise en place de la structure du système nerveux, que des modifications peuvent entraîner des réorganisations neuronales. Cette capacité diminue au fil de la vie d'un individu.	Neuroplascicité	p.105 à 106. http://www.youtube.com/watch?v=W7gvyk4o2yo (plasticité du cerveau)	

Élève *Sur base de documents, identifier quelques facteurs qui peuvent influencer le fonctionnement du système nerveux (par exemple : manque de sommeil, stress, absence ou surplus d'activité physique, manque de lumière…).* *A partir de documents, expliquer l'impact de certaines substances (par exemple : alcool, drogues, médicaments,…) sur la transmission synaptique.* **Professeur** Proposer une liste de différents types de perturbateurs de la transmission du message nerveux par l'intermédiaire de la synapse et faire déduire leur mode d'action (voir outil-lien) Etudier le mode d'action d'un antalgique (voir UAA5) ou d'un anti-inflammatoire (voir outil-lien)	Les organes sensoriels peuvent parfois être endommagés par différents facteurs de l'environnement (excès de bruit, de lumière, substances chimiques,…). Une lésion des récepteurs empêche une réception correcte des messages nerveux. Certains centres nerveux peuvent également être altérés par des **substances** chimiques **psychotropes** (médicaments, alcools, drogues …) qui modifient la transmission synaptique. Les drogues peuvent altérer durablement l'action des messagers chimiques. Elles peuvent entraîner des dépendances et des lésions irréversibles du système nerveux. Les drogues peuvent agir de diverses façons : par imitation du neurotransmetteur (nicotine), par perturbation de la libération du neurotransmetteur (cannabis…), par stimulation de la synthèse du neurotransmetteur (cocaïne…), etc.	Substances psychotropes	Cornet, M., (2009), p.56 à 61. Delvigne, M., (2010), p. 56 à 58. Delvigne, M., (2009), p.26, 27. Delvigne, M., (2012), p.36. Delvigne, M., (2009), p.36. http://www.institut-sommeil-vigilance.org/tout-savoir-sur-le-sommeil http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article710 (mode d'action de l'ibuprofène)	**1P**

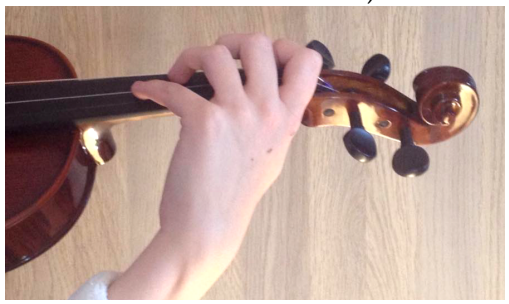
Évaluation formative R-C-D	**1P**
Évaluation sommative R-C-D	**1P**[10]

[10] Le nombre et le moment des évaluations restent du domaine de la liberté pédagogique du professeur et sont indiqués ici à titre indicatif.

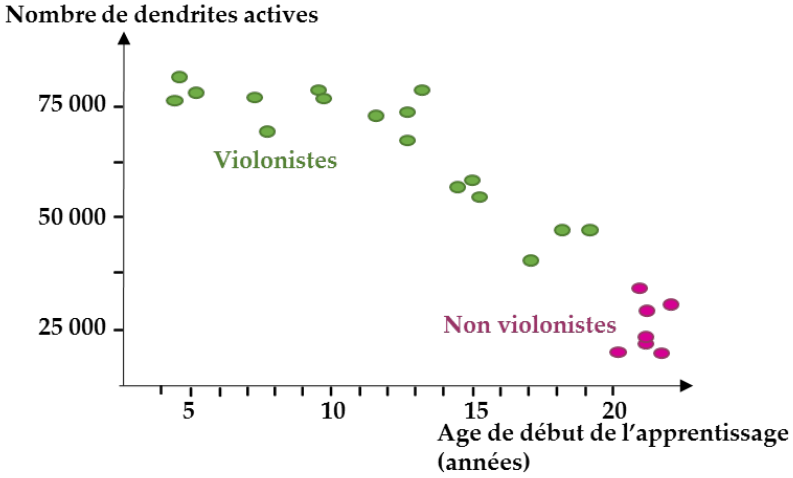
Exemple de mise en situation

Etude de l'évolution de la représentation corticale des doigts chez les violonistes

Les personnes droitières qui jouent d'un instrument à cordes tel le violon utilisent et stimulent les doigts de la main gauche plus fréquemment que les non musiciens (notamment l'annulaire et l'auriculaire).



Il est possible de déterminer le nombre de dendrites actives au niveau du cortex lors de l'activation de l'auriculaire gauche chez différents musiciens ayant appris plus ou moins tôt à jouer du violon. Ces valeurs sont comparées à celles obtenues chez des sujets non musiciens.



On constate qu'après une utilisation préférentielle d'un doigt, la représentation corticale de la zone du doigt stimulé augmente de sur face, ainsi que l'activité des neurones des zones concernées, mettant en évidence la plasticité cérébrale

Situation d'apprentissage

Mise en situation possible : adaptation d'une tâche complexe :
http://svt.site2.ac-strasbourg.fr/socle-commun/taches-complexes-4eme/item/338-4eme-perturbations-de-la-communication-nerveuse

« Mathieu a joué trop longtemps hier soir en ligne sur son ordinateur. Il a un cours de mathématiques pour commencer la journée ; il a du mal à rester concentré mais les mathématiques c'est facile pour lui. A 11h en français, il a du mal à garder les yeux ouverts… ! Sur le chemin du retour, il manque de vigilance sur son nouveau scooter et frôle l'accident. »

Question

Aide Mathieu à comprendre les raisons de ses ressentis et comportements de la journée en t'aidant des documents suivants :

Doc 1

Fatigue et somnolence au volant Sécurité routière Juillet 2004 : www.securite-routiere.gouv.fr/content/download/.../DP_28-07-04.pdf

Par exemple : Utiliser le graphique n° 1 : Nombre cumulé de lapses (temps intermédiaire entre chaque réaction) au cours du temps et lors de sessions de tests auprès de 10 jeunes (J) et 10 quinquagénaires (Q) reposés (- R) et privés de sommeil (- PS)

Doc 2

Effets de la fatigue	Moyens de lutter contre la fatigue
Raisonnement logique altéré Diminution de la mémoire à court terme Augmentation du nombre d'erreurs et diminution de la vitesse de traitement des informations par le cerveau Augmentation de d'irritabilité, chute des résultats scolaires Diminution de coordination motrice	Avoir un minimum de 8 à 9 heures de sommeil par nuit Avoir un sommeil régulier Eviter les stimulants (café, jeux vidéo,…) le soir Dormir dans une chambre calme et une température optimale

Doc 3

EEG d'un conducteur durant un long trajet
Par exemple utiliser le document suivant :
http://www.cddp95.ac-versailles.fr/route/IMG/pdf/Securite_routiere_et_Sciences_et_vie_de_la_Terre.pdf

Doc 4

De récentes études ont montré que le cerveau fait fonctionner certains réseaux de neurones durant la journée. Durant le sommeil nocturne, ces réseaux sont réactivés et les communications établies sont mémorisées. Tous les perturbateurs du sommeil (comme le bruit, la lumière, etc.) entraînent une diminution de la mémorisation et de la capacité d'apprentissage

Ressource :
http://sante.lefigaro.fr/dossier/se-reconcilier-avec-sommeil/bienfaits/limportance-sommeil-dans-lapprentissage-memoire

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Campbell, N. & Reece, J. (2007). Biologie 7e édition, Paris : France, Pearson Education.

Raven,P., Johnson.G.,, Losos.J. & Singer.S (2007).Biologie, Bruxelles : De Boeck.

Ouvrages pédagogiques

Cornet, M., (2009). Biologie 5e, Bruxelles : De Boeck.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2009), Bio 4 Référentiel Officiel, Louvain la Neuve : Van In.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, Verhaeghe, P. & Walravens E. (2010) Bio 5 Référentiel Libre. Louvain la Neuve : Van In.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2012) Bio 4 Cahier d'activités Officiel 5P . Louvain la Neuve : Van In.

Sitographie

Ben Brahim, M., L'influx nerveux, https://www.youtube.com/watch?v=cHA5aQH-oJc#t=69, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Bourbonnais,G., http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/biotlm/laboratoires/mouton5.htm
(dissection encéphale de mouton), [en ligne], consulté le 19/11/14.

C'est pas sorcier, du début à la min 4
http://www.youtube.com/watch?v=qWr8yA-ZhBI, [en ligne], consulté le 19/11/14.

Cosentino, P., http://philippe.cosentino.free.fr/productions/simulfibre/index.htm , [en ligne], consulté le 31/10/14.

Documentaire sur la plasticité du cerveau
http://www.youtube.com/watch?v=W7gvyk4o2yo , [en ligne], consulté le 11/11/14.

Fonctionnement d'une synapse
https://www.youtube.com/watch?v=nM_v114rjwo, [en ligne], consulté le 18/11/15.

http://www.dailymotion.com/video/x86ztp_encephale-de-mouton_tech, [en ligne], consulté le 11/11/14.

http://www.institut-sommeil-vigilance.org/tout-savoir-sur-le-sommeil, [en ligne], consulté le 18/11/15.

Laval Duchesne., www.cstfelicien.qc.ca/scinat/cours_biogen2/.../lab_cerveaumouton.doc, [en ligne], consulté le 19/11/14.

Mode d'action de l'ibuprofène
http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article710, [en ligne], consulté le 7/10/15.

Piron, A., Etude de l'action réflexe et intégrative de la moelle épinière sur la grenouille spinale,
http://www.canalu.tv/video/universite_bordeaux_segalen_dcam/etude_de_l_action_reflexe_et_integrative_de_la_moelle_epiniere_sur_la_grenouille_spinale.3458, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Biologie

Sciences générales

3e degré

UAA7
«La procréation humaine »

Durée prévue pour l'UAA (14 périodes) : de mars à juin de la 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« La procréation humaine »

Compétences à développer

- **Décrire les mécanismes principaux qui permettent la transmission de la vie chez l'être humain.**
- **Expliquer les principaux moyens qui permettent de maîtriser la procréation.**

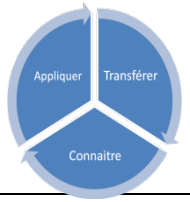
Processus

Appliquer

- A partir de documents, comparer le mécanisme d'action de quelques méthodes contraceptives (pilule, pilule du lendemain, préservatif,…).
- Sur base d'un calendrier pluri mensuel et des connaissances sur la régulation hormonale, établir les périodes de fécondité d'une femme.
- A partir des connaissances sur la régulation des hormones sexuelles chez l'homme et la femme, et de documents, schématiser les méthodes de procréation assistée (Fivete, ICSI,…).
- Sur base de documents, expliquer les facteurs déclenchant la parturition.

Transférer

- Lors d'un débat éthique ou à partir d'un document sur un sujet lié à l'usage des méthodes de procréation médicalement assistée (exemples de sujet : statut de l'embryon, clonage reproductif, recherche sur les embryons congelés,…), distinguer les considérations scientifiques des autres.
- A partir de données hormonales, décrire l'état physiologique d'une femme (par exemple : enceinte, sous contraceptifs hormonaux, ménopausée,…).



Ressources

Pré-requis

- Reproduction sexuée
- Organes reproducteurs masculin et féminin
- Cellules reproductrices

Savoirs disciplinaires

- Ovogenèse et spermatogenèse
- Etapes d'une grossesse :
  - fécondation
  - nidation
  - passage de l'état d'embryon à celui de fœtus
  - accouchement
- Puberté (caractères sexuels secondaires)
- Cycles sexuels chez la femme
- Ménopause
- Hormones et régulation hormonale
- Contraception, contragestion
- IVG
- PMA

Connaître

- Comparer l'ovogenèse et la spermatogenèse.
- Décrire de manière simple le fonctionnement du testicule et sa régulation hormonale.
- Mettre en parallèle les cycles~~,~~ utérins et ovariens au cours du temps et expliquer le mécanisme de leur régulation hormonale.
- Décrire le mécanisme de la fécondation, à partir de l'observation de documents.
- A partir de documents, mettre en évidence les principales étapes du développement embryonnaire, de la nidation et du développement fœtal.
- Expliquer le rôle du placenta et de l'amnios.
- Décrire de manière simple les différentes étapes d'une grossesse et son suivi (test de grossesse, échographie, choriocentèse, amniocentèse).

Savoir-faire disciplinaires

- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques (hormones, anticorps, …).
- Réaliser un schéma fonctionnel (régulation hormonale, …)
- Réaliser des observations au microscope optique.

Considérations pédagogiques

Remarque préalable : les contenus de la colonne « essentiel » sont donnés dans un certain ordre à titre d'exemple. Dans la construction de sa propre séquence d'apprentissage, chaque enseignant conserve la liberté pédagogique de leur articulation au sein de chaque unité.

Processus explicités	L'essentiel	Ressources (mots-clés)	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *Comparer l'ovogenèse et la spermatogenèse.* **Professeur** Faire réaliser par les élèves des schémas comparatifs des étapes la spermatogenèse et de l'ovogenèse.	**I. Ovogenèse et spermatogenèse** La **gamétogenèse** représente la différenciation des cellules reproductrices ou gamètes. La formation des gamètes mâles ou spermatozoïdes est la **spermatogenèse** et la formation des gamètes femelles ou ovules est l'**ovogenèse**. Ces processus se déroulent dans des organes spécialisés, les gonades : testicules ou ovaires et sont assez similaires sauf dans leur finalisation. Chez la femme, l'ovogenèse débute quand elle est encore un embryon ; à partir de la puberté (vers 12-13 ans en moyenne), les ovaires ont un fonctionnement cyclique (chaque cycle débutant par les menstruations) qui s'achève à la **ménopause**. Chez l'homme, la production de spermatozoïdes débute à la puberté (vers 13-14 ans en moyenne). La spermatogenèse et l'activité sexuelle ne sont pas cycliques, elles sont continues de la puberté à la mort (éventuel ralentissement de la production de spermatozoïdes en fin de vie : andropause).	gamétogénèse Spermatogenèse Ovogenèse Ménopause	http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/embrycours/EmbryCh01/EmbryCh01A210.htm (Schéma comparatif ovogenèse/ spermatogenèse) Cornet,M., (2009), p. 204 à 207, p. 225, 225. Delvigne,M., (2011). p.105 à 107.	**2P**

Proposer la dissection du ver de terre et la dilacération des vésicules séminales (voir outil-lien). Faire schématiser et commenter par les élèves différentes étapes de la méiose pour une cellule 2n =…	Dans les deux cas, la gamétogenèse commence par une phase de multiplication cellulaire durant laquelle les cellules germinales diploïdes (**spermatogonies** ou **ovogonies**) se divisent par mitoses. Lorsque les divisions cessent, la phase d'accroissement débute : ces cellules augmentent de volume par accroissement de leur cytoplasme et dupliquent leur ADN pour devenir des spermatocytes de premier ordre (**spermatocyte I**) ou des ovocytes de premier ordre (**ovocyte I**). Les ovocytes I resteront bloqués à ce stade jusqu'à la puberté. Ces spermatocytes I ou les ovocytes I vont ensuite subir la méiose qui consiste en deux divisions successives aboutissant à l'haploïdie des cellules formées (chacune contenant un chromosome de chaque paire, formé d'une seule chromatide), c'est la phase de maturation. Les processus de la méiose sont identiques dans la spermatogenèse et l'ovogenèse mais les résultats diffèrent : - Lors de la première division de méiose, un spermatocyte I donne naissance à 2 **spermatocytes II** (de deuxième ordre) puis, à l'issue de la deuxième division, à 4 **spermatides** morphologiquement identiques. Chaque spermatide se transforme ensuite en **spermatozoïde** au cours d'une phase de différenciation appelée spermiogenèse[1]. Au cours de cette spermiogenèse, la spermatide, cellule	Spermatogonies Ovogonies Spermatocyte I Ovocyte I Spermatocyte 2 Spermatide Spermatozoïde	http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/sperm-ver.htm (vésicules séminales du ver de terre)	

[1] Formation de l'acrosome et du flagelle

Montrer des photographies illustrant la spermiogenèse ainsi que la structure d'un spermatozoïde.	arrondie, va évoluer progressivement en une petite cellule flagellée à cytoplasme réduit, le spermatozoïde. - A partir de la puberté, un ovocyte I termine sa première division de méiose et produit deux cellules à n=23 (23 chromosomes différents à 2 chromatides). Ces deux cellules sont équivalentes sur le plan de leur répartition chromosomique mais pas sur le plan cellulaire : l'une des deux (**ovocyte II**) a reçu la majeure partie des constituants cellulaires tandis que l'autre (1er globule polaire) est de très petite taille et ne contient que le matériel génétique. Le **globule polaire** émis sera éliminé par la suite. L'ovocyte II n'achève pas immédiatement sa deuxième division de méiose : il reste bloqué en métaphase II. C'est à ce stade, vers le milieu du cycle, que l'ovocyte II qui représente le gamète femelle, est libéré : c'est l'**ovulation**[2] Une fois libéré, l'ovocyte II est recueilli par le pavillon et descend la trompe de Fallope. S'il ne rencontre pas de spermatozoïdes il est éliminé à l'état d'ovocyte II. S'il rencontre des spermatozoïdes, la fécondation déclenche la fin de la 2ème division de méiose : l'ovocyte II expulse un deuxième globule polaire qui va dégénérer puis il devient un **ovotide** ou ovule (contenant 23 chromosomes à 1 chromatide ; cellule	Ovocyte II Globule polaire Ovulation Ovotide	http://www.svtauclairjj.fr/spermiogenese/debut.htm (spermiogénèse)	

[2] En toute logique, le terme ovocytation serait plus approprié mais ce terme n'est pas encore entré dans l'usage

	à n=23). Ainsi l'ovogenèse ne se termine que s'il y a fécondation.			
Élève *Décrire de manière simple le fonctionnement du testicule et sa régulation hormonale.* **Professeur** Possibilité de faire effectuer une dissection par les élèves pour mettre en évidence les appareils génitaux mâle et femelle de la Souris. Faire observer une coupe transversale de testicule (image ou microscopie) Montrer le trajet des spermatozoïdes dans les voies génitales mâles.	**II. Le fonctionnement du testicule** L'intérieur de chaque testicule est constitué d'une multitude de canaux très fins et très longs pelotonnés les uns contre les autres : les **tubes séminifères**. C'est dans l'épaisseur de la paroi de ces tubes que se déroule la spermatogenèse (décrite précédemment). Les cellules germinales y sont associées à des cellules dites de Sertoli, grandes cellules allongées, qui ont un rôle nourricier et de soutien. Les spermatozoïdes produits sont finalement libérés dans la lumière des tubes séminifères et gagnent l'**épididyme** où ils sont stockés et où ils acquièrent leur mobilité. Au cours de leur transit dans l'appareil génital masculin, ils reçoivent les sécrétions des glandes annexes (**vésicules séminales, prostate**…) qui constituent 80 à 90 % du sperme émis lors de l'éjaculation. Le fait que les spermatozoïdes sont évacués par les voies génitales vers l'extérieur confère au testicule une fonction exocrine. En fait, les testicules sont des glandes mixtes car en plus de leur fonction exocrine, ils exercent une fonction endocrine. Les produits de sécrétion des glandes endocrines sont des **hormones** qui, déversées à très faible concentration dans la circulation sanguine, exercent leur action spécifique via des récepteurs sur un	Tubes séminifères Epididyme Vésicule séminale Prostate Hormones	http://www.youtube.com/watch?v=6EG6u-am-h0 (Animation spermatogenèse en anglais) Initiation à la dissection CTP Frameries Etude sommaire de la souris Cornet,M., (2009), p. 212 à 219. Delvigne,M., (2011).p. 127. http://www.chusa.jussieu.fr/pedagogie/pcem2/histo/10_1_Genital_masculin.pdf (TP histologie)	**6P**

Faire analyser par les élèves les résultats d'expériences d'ablation de testicules pour montrer leur rôle (activité endocrine). Par exemple utiliser l'expérience d'A. Berthold (castration de coqs) proposée par l'outil-lien.	ensemble de cellules cibles distantes de l'endroit où elles sont élaborées. La fonction endocrine du testicule est dévolue aux cellules interstitielles ou **cellules de Leydig** qui sécrètent une hormone stéroïde, la **testostérone.** Libérée dans la circulation sanguine, cette hormone est responsable : - chez le fœtus, de certaines étapes de la différenciation des voies génitales mâles ; - à la **puberté**, de la formation des tubes séminifères et production des spermatozoïdes, du développement des **caractères sexuels secondaires** (pilosité, timbre de voix plus grave…) - chez l'homme adulte, elle permet la spermatogenèse, le fonctionnement de l'appareil génital (érection et éjaculation), le maintien des caractères sexuels secondaires et de la libido. La testostérone est produite pendant la vie embryonnaire puis de la puberté à la mort. Sa synthèse est continue et contrôlée. On observe des variations de sa production au cours de la journée (produite en quantité plus élevée le matin). Son action est brève : elle est continuellement dégradée et resynthétisée. **III. Régulation hormonale du testicule** La fonction testiculaire est sous le contrôle du complexe hypothalamo-hypophysaire. Des neurones de l'hypothalamus sécrètent une neuro-hormone, la GnRH (Gonadotropine-	Cellules de Leydig Testostérone Puberté Caractères sexuels secondaires Régulation hormonale	http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/sexegene/2anotomie.htm (mise en place de l'appareil génital) http://svt220.free.fr/IMG/pdf/A2_eleve.pdf (expérience Berthold-castration des coqs) http://lewebpedagogique.com/arnaud/files/2009/06/quelles-sont-les-transformations-%C3%A0-la-pubert%C3%A911.doc. (Expérience du point 4 - injection de testostérone)	

Faire analyser par les élèves des expériences d'ablation de l'hypophyse et d'injections d'extraits hypophysaires (LH+FSH). Faire analyser par les élèves des documents permettant de mettre en évidence le rétrocontrôle du testicule sur la sécrétion des gonadostimulines.	Releasing Hormone), qui est entrainée par voie sanguine jusqu'à des récepteurs des cellules du lobe antérieur de l'hypophyse. Sa sécrétion est pulsatile. La GnRH agit sur l'hypophyse en induisant la sécrétion pulsatile de deux autres hormones : la LH et la FSH (gonadostimulines[3] ou gonadotrophines). Celles-ci sont libérées dans la circulation sanguine générale et agissent sur le testicule : - la LH agit sur les cellules interstitielles en stimulant leur activité endocrine et donc la sécrétion de testostérone ; - la FSH agit essentiellement sur les cellules de Sertoli des tubes séminifères (cellules de soutien qui assurent la nutrition des futurs spermatozoïdes) et par conséquent favorise la spermatogenèse. La sécrétion des gonadostimulines est contrôlée par le testicule lui-même. La testostérone exerce un rétrocontrôle négatif (action inhibitrice) sur le fonctionnement des neurones hypothalamiques en diminuant la fréquence des salves de potentiels d'action. Ceci a pour effet de diminuer la sécrétion de GnRH et par conséquent celle de LH (diminution des pulses). ⇒ La concentration de LH diminue donc quand la concentration de testostérone augmente et s'élève quand la concentration de testostérone diminue.	GnRH LH FSH Cellules de Sertoli	http://svtlagny.free.fr/IMG/pdf/Correction_DS1-2.pdf (Expériences sur l'hypophyse + correction) http://raymond.rodriguez1.free.fr/exercices/ts61c1.doc (Mise en évidence d'un rétrocontrôle) http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=3216 http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=577	

[3] Hormones qui stimulent l'activité et la sécrétion hormonale des gonades.

			(schémas utilisables)	
Élève *Sur base d'un calendrier plurimensuel et des connaissances sur la régulation hormonale, établir les périodes de fécondité d'une femme.* (voir lien) **Professeur** Faire observer des coupes d'ovaire (microscopie ou images) pour distinguer les différents stades folliculaires.	**IV. Fonctionnement cyclique de l'appareil reproducteur féminin** Chez la femme, l'ovogenèse (processus décrit au point I) débute à l'état embryonnaire. Dès la naissance, les ovaires contiennent déjà tous les ovocytes I qui entrent en première division de méiose et restent bloqués en prophase I (la méiose s'interrompt). Ces ovocytes I restent en dormance, entourés d'une enveloppe cellulaire, l'ensemble formant un stock de **follicules primordiaux**. La longue phase de repos durera jusqu'à la puberté. À la puberté, il y a reprise de l'activité ovarienne. Quelques ovocytes I seulement vont continuer leur évolution au cours des **cycles** ovariens parallèlement à celle du follicule qui les contient. Chez la femme 400 à 450 ovocytes I seulement (répartis dans les deux ovaires) continueront leur évolution, au cours des 400 à 450 cycles de la période féconde jusqu'à épuisement du stock (**ménopause**[4] naturelle). Au cours de chaque cycle, l'ensemble de l'appareil génital présente des transformations qui se reproduisent chaque mois, d'où le nom de cycle menstruel. Ces phénomènes cycliques ont pour fonction de préparer chaque mois l'organisme féminin à une éventuelle grossesse.	Follicules primordiaux Cycles sexuels chez la femme		

[4] La vitesse d'épuisement du stock est variable selon les femmes et peut aboutir pour diverse raisons à une ménopause précoce.

	La durée d'un cycle est d'environ 28 jours et conventionnellement, un cycle débute le premier jour des règles. **A. A. Le cycle ovarien** Chaque cycle ovarien se déroule en 3 phases successives : la **phase folliculaire**, l'ovulation et la **phase lutéale**. **1. La phase folliculaire (12 à 18 jours en moyenne)** Parmi les follicules primordiaux situés à la périphérie de l'ovaire, à chaque cycle et de façon alternative, entre dix et vingt follicules primordiaux achèvent leur maturation , en passant par le stade **primaire**, **secondaire**, jusqu'au stade **follicule tertiaire** Un follicule tertiaire grossit, se creuse d'une cavité et arrive à maturité, il sera appelé follicule mûr ou de DE Graaf . À l'intérieur des follicules, l'ovocyte I termine la première division de méiose et commence la deuxième pour se bloquer en métaphase II. Les **follicules mûrs ou de De Graaf** sont très gros. L'essentiel du follicule est occupé par l'antrum (antre folliculaire) entouré d'une mince couche de cellules folliculaires dans laquelle l'ovocyte II paraît minuscule. **2. L'ovulation** Vers le milieu du cycle, la fin de la phase folliculaire est marquée par l'ovulation. Elle se caractérise par l'éclatement du follicule mûr et par l'expulsion du gamète femelle : l'ovocyte II (ovocyte bloqué en	Phase folliculaire Phase lutéale Follicule primaire Follicule secondaire Follicule tertiaire Follicules mûrs ou de De Graaf	http://www.youtube.com/watch?v=l_wX285vrrU (Animation cycle menstruel) http://www.materna.ca/fr/calculateur-de-fertilit%C3%A9 (Calculatrice de fécondité) Cornet, M., (2009), p. 240, 241. http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryol	

	métaphase de deuxième division de méiose) entouré d'une couronne de cellules folliculaires. **3. La phase lutéale (de 13 à 14 jours)** Après expulsion du gamète, le follicule rompu se referme et se transforme en corps jaune. Ce dernier fonctionne pendant quelques jours puis régresse jusqu'à la fin du cycle s'il n'y a pas eu fécondation. En revanche, si l'ovocyte II est fécondé, le **corps jaune** persiste pendant les six premiers mois de grossesse. **B. Le cycle utérin** L'utérus, organe où se développe un éventuel embryon, est constitué d'un muscle, le myomètre, tapissé intérieurement par la muqueuse utérine (**endomètre**) qui borde la cavité utérine. Chaque mois, il subit des modifications cycliques subdivisées en 3 phases : La phase menstruelle (les règles) au cours de laquelle la muqueuse utérine se désagrège en provoquant des saignements qui durent 3 à 5 jours ; • La phase proliférative qui se déroule pendant la phase folliculaire, entre le 5e jour et le 14e jour, est caractérisée par un développement cellulaire important : la muqueuse utérine fine se reconstitue et s'épaissit de plusieurs millimètres. • La phase sécrétoire de l'endomètre (se déroulant durant la phase lutéale au niveau ovarien) est la phase durant laquelle la muqueuse utérine continue de s'épaissir et devient de plus en plus	Corps jaune Endomètre	ogie/Embry/EmbryCours/EmbryCh01/EmbryCh01A230.htm (Image ovocyte II bloqué en métaphase II) http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/EmbryCours/EmbryCh01/EmbryCh01A260.htm (Image ovulation) Delvigne, M., 2009), p.60. (activité cycle utérin)	
Professeur Faire observer un graphique montrant l'épaisseur de l'endomètre au cours du temps (28 jours c'est à dire un cycle) et demander aux élèves de décrire les variations d'épaisseur de l'endomètre et les autres				

modifications observées (voir outil-lien).	vascularisée ce qui prépare l'utérus à l'implantation éventuelle d'un embryon. De plus, les glandes qu'elle contient se développent et sécrètent un liquide riche en glycogène. Si aucun embryon ne s'est implanté dans la muqueuse utérine, la muqueuse se désagrège. Par convention, le premier jour des règles est le premier jour d'un nouveau cycle. La **glaire cervicale**, mucus sécrété au niveau du col de l'utérus, présente également une évolution cyclique. La glaire présente des « mailles » très serrées durant la phase folliculaire mais qui deviennent lâches en période ovulatoire facilitant le passage des spermatozoïdes vers la cavité utérine. **C. Régulation hormonale du cycle ovarien et utérin** L'ensemble de ces phénomènes cycliques est sous une dépendance essentiellement hormonale dont la direction est assurée, comme chez l'homme, par le complexe hypothalamo-hypophysaire. La GnRH produite par l'hypothalamus provoque la sécrétion pulsatile [5] des gonadotrophines anté-hypophysaires : - La FSH (« Follicle Stimulating Hormone » : Hormone Folliculostimulante), permet la croissance [6] des follicules ovariens et la sécrétion d'œstrogènes (œstradiol principalement) par les cellules folliculaires.	Glaire cervicale		

[5] La fréquence et l'amplitude des pulses ne sont pas constantes au cours du cycle.
[6] La FSH se fixe sur des récepteurs de cellules folliculaires immatures.

Élève *Mettre en parallèle les cycles utérins et ovariens au cours du temps et expliquer le mécanisme de leur régulation hormonale.*	La dose croissante d'œstrogènes constitue, durant la phase folliculaire, un stimulus hormonal provoquant l'épaississement de la muqueuse utérine. De cette façon, le cycle utérin est coordonné avec la phase folliculaire du cycle ovarien. - La LH (« Luteinizing Hormone » : Hormone Lutéinisante). La LH provoque la maturation finale du follicule de De Graaf. L'augmentation brusque de LH (pic de LH) déclenche l'ovulation puis la transformation du tissu folliculaire, resté dans l'ovaire, en un corps jaune sécréteur de **progestérone** et d'œstrogène. Ces deux hormones sécrétées par le corps jaune stimulent la suite du développement de la muqueuse utérine (grossissement des artérioles et croissance des glandes) et le maintien de celle-ci. La chute rapide de la concentration des hormones ovariennes pendant la dégénérescence du corps jaune provoque également la constriction des artérioles de la muqueuse utérine. Le manque d'irrigation sanguine induit la désagrégation des deux tiers intérieurs de la muqueuse utérine provoquant la compression des petits vaisseaux sanguins et la libération du sang qu'ils contenaient (accompagné de tissus muqueux). C'est la **menstruation**, c'est-à-dire la phase menstruelle du cycle utérin Les variations des hormones ovariennes exercent une rétroaction sur le centre hypothalamo-	Progestérone	http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1970 http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1188 http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=576 (schémas pour la régulation hormonale) Cornet, M., (2009), p. 234. Delvigne, M., (2011). p. 128 à 130. Delvigne, M., (2009).	

Professeur Faire analyser et interpréter par les élèves des expériences d'ablation des ovaires (voir outil-lien). A partir des résultats fournis par l'interprétation de différentes expériences (ou analyses graphiques), faire schématiser ou compléter un schéma de la régulation hormonale.	hypophysaire. Au fur et à mesure que les concentrations de progestérone et d'œstrogènes augmentent, leurs actions se combinent pour exercer un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'adénohypophyse. Cela entraîne une réduction de la sécrétion de LH et de FSH (taux très faibles) ce qui empêche un autre follicule de mûrir lorsqu'il y a eu fécondation. Vers la fin de la phase lutéale, les faibles concentrations de gonadotrophines font régresser le corps jaune. Par conséquent, les concentrations d'œstrogène et de progestérone diminuent fortement. Cette chute libère l'hypothalamus et l'adénohypophyse de l'inhibition exercée par ces hormones ovariennes (rétrocontrôle positif). L'adénohypophyse sécrète alors une quantité suffisante de FSH pour déclencher une nouvelle croissance folliculaire dans l'ovaire, marquant le début du cycle ovarien suivant. Chez la femme, entre 46 et 54 ans en général, la ménopause apparaît : l'ovulation et les menstruations s'arrêtent. Les gonadotrophines hypophysaires produites ne stimulent plus les ovaires. Il n'y a presque plus de production d'œstrogène et de progestérone.	Menstruation	p.62. (Cycle des hormones ovariennes-interprétation graphique) http://svtlycee.files.wordpress.com/2010/06/devoir-procreation.pdf (Ablation ovaires + dosage hormones) http://www.assistancescolaire.com/eleve/1ES/ens_sciences/travailler-sur-des-sujets-du-bac/hormones-sujet-zero-1_scirde09 (Exercices pouvant être utilisés) Cornet, M., (2009), p. 236 à 239, 242.	

			Delvigne, M., ( ) p.159, 160.	
Élève *Décrire de manière simple les différentes étapes d'une grossesse* *Décrire le mécanisme de la fécondation, à partir de l'observation de documents.*	**V. Les étapes d'une grossesse** **A. La fécondation** Lors de rapports sexuels humains, de 2 à 5 mL de sperme sont transférés dans le vagin (chaque millilitre renfermant 70 à 130 millions de spermatozoïdes). Le col de l'utérus est obstrué par un mucus épais : la glaire cervicale dont le maillage, plus lâche lors de l'ovulation, élimine 99% des spermatozoïdes notamment ceux qui présentent une forme anormale. Les quelques millions de spermatozoïdes qui franchissent le col utérin pénètrent dans la cavité utérine puis remontent les trompes. Cette remontée est très rapide (environ 5 min). La rencontre des gamètes a lieu dans le tiers supérieur des trompes. La durée de vie des spermatozoïdes, comme celle de l'ovocyte étant limitée, la rencontre de l'ovocyte avec les spermatozoïdes n'est possible que pendant une brève période féconde de quelques jours autour du moment de l'ovulation. La rencontre se déroule en plusieurs phases. D'abord les spermatozoïdes entrent en contact avec la zone pellucide en s'insinuant entre les cellules folliculaires. Ce contact nécessite une «reconnaissance» entre gamète mâle et gamète femelle de la même espèce. Il s'agit d'une	Etapes d'une grossesse Fécondation	http : //www.youtube.com/watch?v=L1QRdkyB0Ls (Film « le miracle de l'amour » Delvigne, M., (2011). p.109. Cornet, M., (2009), p.250, 251. http://www.youtube.com/watch?v=BFrVmDgh4v4 (Les étapes de la fécondation)	**3P**

	reconnaissance moléculaire entre des marqueurs situés sur la membrane du spermatozoïde, et des récepteurs protéiques disposés à la surface de la zone pellucide[7] de l'ovocyte. L'**acrosome** (structure spécifique recouvrant le noyau de la tête du spermatozoïde) contient des enzymes qui vont lui permettre une digestion locale de la **zone pellucide** de l'ovocyte et une pénétration à l'intérieur de celui-ci. La totalité du spermatozoïde s'introduit dans le cytoplasme de l'ovocyte II (la pièce intermédiaire et le flagelle sont progressivement incorporés puis disparaissent). Cette pénétration provoque 2 évènements majeurs : - l'achèvement de la maturation : le gamète femelle bloqué au stade ovocyte II achève sa méiose, expulse le deuxième globule polaire et devient ovule. - Des vésicules (les granules corticaux), présentes dans l'ovocyte, libèrent des substances qui rendent impénétrable la zone pellucide par les autres spermatozoïdes (cela empêche la polyspermie). Le contenu des granules modifie la composition de la zone pellucide ce qui bloque les autres spermatozoïdes présents en périphérie, la zone pellucide assure ainsi le contrôle de la monospermie. L'ovule contient à présent 2 noyaux, l'un provenant du spermatozoïde et l'autre de l'ovule. Les 2 noyaux	Acrosome Zone pellucide	http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/Embr	

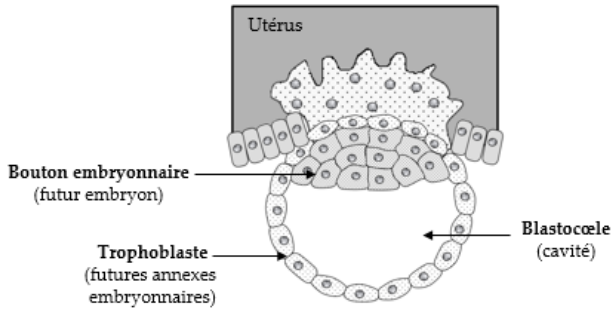
[7] La zone pellucide est une membrane composée de glycoprotéines (assemblage de protéines et de corps glucidiques) qui entoure l'ovocyte.

	commencent une synthèse d'ADN (réplication) tout en se rapprochant et fusionnent pour rétablir la diploïdie : c'est la caryogamie. La fusion des noyaux mâle et femelle (**caryogamie**) termine le processus de fécondation : on obtient alors une cellule œuf (zygote). Le mélange des chromosomes maternels et paternels forme le génome embryonnaire. Le caractère aléatoire de la fécondation par tel ou tel spermatozoïde, amplifie le brassage génétique réalisé par la méiose. Dès que la caryogamie est réalisée, la cellule œuf commence ses premières divisions par mitoses et forme les premiers stades du développement embryonnaire : c'est la segmentation durant laquelle, l'embryon descend les voies génitales de la femme jusqu'à l'utérus poussé par les cils de l'oviducte. La première mitose se déroule 24 h après la fécondation, le zygote donne naissance à un embryon à 2 cellules identiques appelées blastomères. À 48h, la 2e mitose donne un stade à 4 blastomères… Les divisions se succèdent, et aboutissent à la formation d'une masse sphérique : la **morula** (la cellule-œuf prend la forme d'une petite mûre constituée de 16 à32 blastomères). La morula se creuse ensuite pour donner un **blastocyste** (ou blastula) constitué d'une masse interne de cellules	Caryogamie Morula Blastocyste	yCours/EmbryCh01/EmbryCh01E10.htm (Images - caryogamie) http://www.youtube.com/watch?v=dwtFYOLFeNw (Animation ovulation + segmentation) http://umvf.univ-nantes.fr/histologie-et-embryologie-medicales/enseignement/embryo_2/site/html/2_3.html (début du développement embryonnaire)	
Professeur Montrer une animation/vidéo ou un schéma représentant les étapes de la segmentation dans les voies génitales femelles et faire décrire les différentes étapes aux élèves. Faire réaliser par les élèves des modèles en pâte à modeler illustrant des étapes du développement embryonnaire de la grenouille par exemple. **Élève** *A partir de documents, mettre en évidence les principales étapes du*				

développement embryonnaire, de la nidation et du développement fœtal.	volumineuses ou **bouton embryonnair**e [8] (futur embryon proprement dit), de cellules périphériques constituant le trophoblaste (placenta, futures annexes embryonnaires) et d'une cavité : le blastocœle. Chez la femme, à la fin de la segmentation, vers le 5e jour après la fécondation, le blastocyste se sépare de la zone pellucide : celle-ci se rompt sous l'influence d'une enzyme sécrétée par le trophoblaste. Il apparaît un orifice par lequel le blastocyste sort en se déformant : c'est l'éclosion. Cette phase est indispensable, car la persistance de la zone pellucide empêcherait la prise de contact entre le blastocyste et la muqueuse utérine. Le blastocyste s'implante au niveau de la muqueuse (endomètre) : c'est la **nidation** de l'embryon. Cette étape, vers le septième jour, marque le début de la gestation[9]. **B. La nidation** **La nidation** s'effectue au 21e jour du cycle menstruel, pendant la phase lutéale : la muqueuse utérine, « préparée » par les hormones ovariennes est alors épaisse, richement vascularisée, pourvue d'importantes quantités de glycogène. Le blastocyste y trouve donc les conditions favorables pour son implantation et sa nutrition. Il contient assez de nutriments dans son cytoplasme pour	Bouton embryonnaire Nidation	Delvigne, M., (2011), p. 112,113. Cornet, M., (2009), p. 254, 255. http://www.youtube.com/watch?v=BTDpdPI1Imw (à 4min26s : séparation du blastocyste et de la zone pellucide + nidation) Cornet, M., (2009), p. 252.	

[8] Les cellules du bouton embryonnaire isolées peuvent produire in vitro toutes sortes de types tissulaires en fonction des conditions de culture. Elles sont de ce fait appelées cellules souches embryonnaires.

[9] La gestation est la période de temps qui s'écoule entre la nidation et l'accouchement (propre à la femelle de vivipare qui porte son ou ses petits dans son utérus).

Élève *Expliquer le rôle du placenta.*	commencer à se diviser, mais pas suffisamment pour le développement de l'embryon : ce dernier doit donc trouver de la nourriture pour se développer. Il s'implante par son pôle embryonnaire et va former des replis ou villosités (dues à l'activité invasive du trophoblaste).  **La nidation.** Les villosités issues du **trophoblaste** s'enfoncent dans la paroi de l'utérus, à la recherche des vaisseaux sanguins de la mère : ces expansions de l'embryon vont former, dans la paroi de l'utérus, un nouvel organe : le **placenta**[10]**.** L'embryon est relié au placenta par le cordon ombilical, par lequel son sang se dirige vers le placenta et en revient. Les sangs maternels et fœtaux ne se mélangent jamais. C'est à son niveau que vont s'effectuer tous les échanges nutritifs entre le sang de la mère et celui de l'enfant qui puise des substances indispensables à	Trophoblaste Placenta	http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/embrycours/EmbryCh03/EmbryCh03B10.htm (Image nidation) http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-placenta-un-organe-ephemere-91.asp?1=1 (Emission allodocteur-le placenta)	

[10] Le placenta est un organe embryonnaire/fœtal et non un organe maternel. Sa durée de vie est limitée à environ 9 mois.

Décrire de manière simple le test de grossesse (voir outil-lien proposé).	sa croissance (nutriments, oxygène) et rejette des déchets (dioxyde de carbone, substances normalement contenues dans l'urine après la naissance : urée…). Le placenta joue également un rôle protecteur : durant la grossesse, il n'y a jamais de contact entre sang maternel et sang embryonnaire, ce qui permet d'éviter la contamination de l'enfant par les microbes de la mère. Toutefois, il ne filtre pas tout : des produits comme l'alcool, la nicotine, la cocaïne et d'autres drogues ou certains médicaments peuvent passer dans le sang de l'embryon, avec des conséquences parfois désastreuses. Certains microbes peuvent également infecter l'embryon ou le fœtus : le toxoplasme (protozoaire), le virus de la rubéole, le VIH… La femme enceinte doit donc être très vigilante sur son hygiène de vie durant toute sa grossesse. Le placenta est également une glande endocrine polyvalente qui produit des hormones à la grossesse. Il produit, par exemple, l'hormone **HCG** (hormone gonadotrophique Chorionique de Grossesse) au moment de la nidation. Cette hormone agit sur les cellules du corps jaune dont elle maintient l'activité endocrine. La concentration plasmatique de progestérone est maintenue, les règles n'ont pas lieu et la grossesse peut se poursuivre. Le sang contient	HCG	Cornet, M., (2009), p. 256, 257. Delvigne, M., (2011), p. 122. http://www.youtube.com/watch?v=EzJOTfnDBzw (Vidéo test de grossesse positif)	

	une telle concentration[11] de HCG qu'une certaine quantité de cette hormone est excrétée dans l'urine. Le test de grossesse décèle la HCG dans les urines. **C. Passage de l'état d'embryon à celui de fœtus** A la troisième semaine, l'embryon subit la gastrulation (blastocyste devient gastrula) qui aboutit à la mise en place de trois feuillets (ectoblaste, mésoblaste en endoblaste) précurseurs tissulaires à l'origine des différents organes. L'organogenèse est établie à partir des différents feuillets : l'ectoblaste donne l'**ectoderme** qui deviendra l'épiderme et le tissu nerveux ; le mésoblaste donne le **mésoderm**e qui donnera les muscles, le squelette, l'appareil circulatoire et urogénital ; l'endoblaste donne l'**endoderme** qui donnera les viscères (poumons, appareil digestif). Puis la **neurulation** (mise en place du système nerveux) se déroule entre le 18e et le 29e jour. L'ectoblaste s'épaissit pour former une plaque neurale puis les bords latéraux se relèvent creusant une gouttière centrale : la gouttière neurale. Ensuite, la partie supérieure des replis se soudent pour former le tube neural.	Passage de l'état d'embryon à celui de fœtus Ectoderme Mésoderme Endoderme Neurulation	Cornet, M., (2009), p. 253 à 255.	

[11] Le taux de HCG double tous les 2-3 jours au début de la grossesse pour atteindre un sommet, entre la 8e et la 10e semaine.

Expliquer le rôle de l'amnios. *Sur base de documents, expliquer les facteurs déclenchant la parturition.* **Professeur**	Au début du 2e mois, une enveloppe se forme délimitant une cavité dans laquelle l'embryon va poursuivre son développement. L'embryon et son cordon ombilical baignent dans un liquide appelé amniotique et sont enfermes dans une poche (la cavité amniotique) limitée par des membranes. Le **liquide amniotique** protège l'embryon. Après trois mois de grossesse, l'embryon possède tous ses organes, il prend alors le nom de **fœtus** jusqu'au terme des neuf mois. **D. Accouchement** La plupart des femmes accouchent entre 36 et 41 semaines après la fécondation. La future mère ressent généralement le début de l'accouchement par l'arrivée de contractions de l'utérus, de plus en plus fort et rapprochées. Elles sont dues au fait que le taux de progestérone, produite par le corps jaune de grossesse puis par le placenta, va chuter suite au vieillissement de celui-ci.	Liquide amniotique Amnios[14] Chorion[15] Foetus Accouchement	Delvigne, M., (2011), p. 120, 121. http://classes.midlandstech.edu/carterp/Courses/bio211/chap28/chap28.htm (images accouchement)	

[14] L'amnios est la membrane délimitant la cavité contenant le liquide amniotique (cavité amniotique) de l'embryon.

[15] En embryologie, le chorion est la membrane externe de l'œuf puis du fœtus. C'est à partir du chorion que se développent les villosités du placenta.

Cette partie du cours peut être construite avec les élèves en projetant l'animation sur l'accouchement (voir outil-lien proposé) et en demandant aux élèves de répondre à un questionnaire (préparé par le professeur). Pour gagner un peu de temps, on peut aussi fournir le lien aux élèves et leur demander de répondre aux questions pour le cours suivant.	L'ensemble des contractions qui vont expulser l'enfant hors de l'utérus constitue le travail. Le fœtus est poussé vers le col de l'utérus. Sa tête appuie sur le col de l'utérus provoquant la dilatation de ce dernier (le diamètre d'ouverture doit atteindre environ 10 cm). L'hypophyse libère de l'**ocytocine**, une hormone qui stimule également le myomètre et amplifie les contractions. La dilatation du col de l'utérus prend du temps, c'est la phase la plus longue de l'accouchement. Elle est généralement plus longue lors du premier accouchement, où elle dure en moyenne une dizaine heures. C'est à ce moment que se rompt le sac amniotique (poche des eaux) : le liquide qu'il contient s'échappe alors par le vagin, c'est la perte des eaux. La période de travail est terminée. L'étape suivante est l'expulsion du fœtus, elle est beaucoup plus rapide (environ 30 min). Une fois le col ouvert, la tête de l'enfant franchit le bassin. Ce passage étant très étroit, le crâne de l'enfant se déforme, s'allonge légèrement au cours de ce passage (il reprendra sa forme plus tard). Les poussées de la mère (contractant ses muscles abdominaux) et les contractions intenses de l'utérus font sortir la tête de l'enfant .Lorsqu'il y a une aide médicale à l'accouchement, la sage-femme ou le médecin (gynécologue) aide alors au dégagement de la tête, puis des épaules, le reste du corps sortant immédiatement sans difficulté : c'est la naissance.	Ocytocine	http://www.youtube.com/watch?v=0Y09lRW0424 (Animation accouchement) Delvigne, M., (2011), p.130. Cornet, M., (2009), p. 257 à 259.	

	À la naissance, l'enfant emplit ses poumons pour la première fois : il arrive alors qu'il crie. A partir de ce moment-là, il n'a plus besoin d'être relié à sa mère par le cordon ombilical puisqu'il assure seul son apport en oxygène. Le cordon ombilical se contracte, il devient blanc, on peut alors le couper. La cicatrice laissée par le cordon sur le ventre du bébé deviendra le nombril. L'accouchement n'est pas encore terminé pour la mère car quelques dizaines de minutes après la sortie du bébé, les contractions reprennent pour faire sortir le placenta, qui s'est détaché de lui-même de l'utérus et les vaisseaux maternels se rompent. C'est ce qu'on appelle la délivrance. L'utérus, vide, doit alors se contracter [12] complètement sur lui-même pour stopper les saignements des vaisseaux. **VI. Le suivi d'une grossesse** Le suivi médical de la mère et du fœtus durant la grossesse a pour but de détecter d'éventuels problèmes qui peuvent être décelables par des examens approfondis : • Les examens échographiques (**échographies**) sont préconisés une fois par trimestre durant la grossesse. Le premier (11e semaine de grossesse) permet de détecter une grossesse multiple éventuelle, de mesurer l'embryon pour déterminer	Echographie		

[12] Il s'agit d'une phase très délicate avec un enjeu vital pour la mère. Si l'utérus ne se contracte pas correctement, il peut se déclencher une hémorragie de la délivrance, qui peut s'avérer très grave.

Élève *Décrire de manière simple le suivi d'une grossesse (échographie, choriocentèse, amniocentèse).* **Professeur** Faire visionner des animations (voir outils-liens) et demander aux élèves de répondre à un questionnaire (préparé par le professeur).	l'âge de la grossesse et de s'assurer qu'il n'y a pas de malformation (en examinant la tête et l'espace entre la nuque et la colonne vertébrale : « clarté nucale », le tronc et les membres). Le 2e examen est réalisé entre la 19e et la 21e semaine de grossesse, le fœtus n'est plus visible entièrement et les organes développés sont vérifiés pour dépister des malformations ou des signes révélateurs d'anomalies chromosomiques. C'est à ce moment que l'on peut déterminer le sexe du fœtus. Le 3e bilan échographique (32e semaine) permet de préciser la localisation du placenta et de préciser la présentation du fœtus. On vérifie également le développement des organes comme le cœur, les reins et le cerveau. Si le risque le justifie (femme de plus de 38 ans, antécédents familiaux ou examen biologique ou échographique indiquant un risque de survenue d'anomalie chromosomique…) on réalise une **amniocentèse** à partir de la 16e-17e semaine de grossesse. Cet examen prénatal consiste à ponctionner du liquide amniotique (environ 20 mL) dans lequel baignent des cellules fœtales. L'établissement du caryotype [13] à partir de ces cellules permet de déceler des anomalies chromosomiques comme la trisomie 21.	amniocentèse	http://www.youtube.com/watch?v=8z7_CyV0hyU (Echographie) Cornet, M., (2009), p. 274. http://www.youtube.com/watch?v=vXyrqCFfWoY	

[13] Les cellules fœtales sont mises en culture et traitées pour interrompre la mitose en métaphase pour en extraire les chromosomes.

	• La **choriocentèse** est le prélèvement de villosités du futur placenta qui peut être réalisé dès les 10 e-11 e semaines de grossesse. C'est un acte médical qui, plus que l'amniocentèse, présente des risques de déclenchement d'un avortement. Les villosités prélevées permettent la réalisation d'un caryotype ou la détection de la présence d'allèles pour un gène donné. Un grand nombre de maladies génétiques peuvent être ainsi décelées.	choriocentèse	(Amniocentèse) http://www.youtube.com/watch?v=AdVyte6RQOY (Reportage sur l'amniocentèse) Cornet, M., (2009), p.205. http://www.youtube.com/watch?v=aQITPOmI9RM (Choriocentèse)	
Élève *A partir de documents, comparer le mécanisme d'action de quelques méthodes contraceptives (pilule, pilule du lendemain, préservatif,…).* **Professeur** A partir de l'analyse des différents documents demander aux élèves, par exemple, d'établir un schéma bilan reprenant toutes les diverses méthodes contraceptives et d'indiquer leur mode d'action. Voir annexe 2	**VII. Maîtrise de la procréation** **A. Diverses méthodes contraceptives** Certaines méthodes empêchent la rencontre des cellules reproductrices : Ce sont des méthodes mécaniques (préservatifs masculin, féminin et diaphragme). Certaines méthodes empêchent la formation et/ou la migration des cellules reproductrices dans les voies génitales. Ce sont des méthodes chimiques qui agissent par voie hormonale sur les organes reproducteurs (pilules, implant, anneau).	Contraception	Delvigne, M., (2011), p.168. Cornet, M., (2009), p. 270 à 273.	**1P**

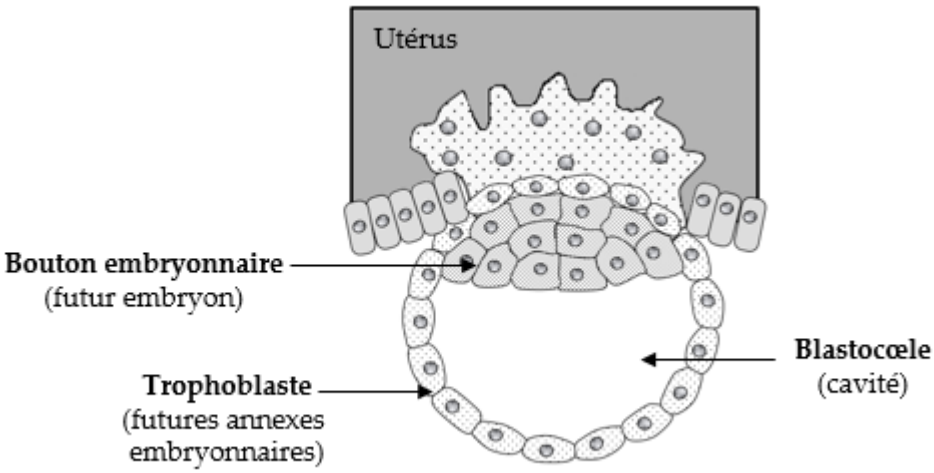
Professeur Par exemple, l' introduction du sujet de la contragestion peut se faire en faisant travailler les élèves par groupes sur l'analyse du sujet proposé en lien (mode d'action du RU 486) et faire suivre la mise en commun des réponses par une explication du rôle d'un contragestif. A partir de données hormonales, décrire l'état physiologique d'une femme (par exemple : enceinte, sous contraceptifs hormonaux, ménopausée,…).	**B. L'interruption de grossesse** (**contragestion**) L'Interruption Volontaire de Grossesse n'est pas une méthode contraceptive Il existe deux techniques d'**IVG** : l'IVG médicamenteuse ; l'IVG chirurgicale La méthode la plus courante d'IVG consiste à vider l'utérus au moyen d'une canule introduite dans le col de l'utérus qui a été préalablement dilaté. Cette canule, reliée à un système d'aspiration enlève l'œuf et la muqueuse utérine interne. L'IVG médicamenteuse consiste à administrer une substance (ex : « RU 486 » sous forme de comprimés) qui interrompt la grossesse en expulsant le jeune embryon. **C. Les techniques d'assistance médicale à la procréation** Un couple qui ne peut procréer naturellement dispose aujourd'hui de plusieurs techniques d'assistance médicale à la procréation (ou **PMA = procréation médicalement assistée**). • Pour pallier les problèmes d'infertilité masculine, on peut avoir recours à l'**insémination artificielle.** Cette technique consiste à déposer du sperme provenant du conjoint ou d'un donneur, au niveau du col de l'utérus ou dans l'utérus lui-même. En cas d'utilisation du sperme du conjoint, on aura	Contragestion IVG PMA Insémination artificielle	http://www.lemonde.fr/revision-du-bac/annales-bac/svt-terminale-s/mode-d-action-du-ru-486_t-trde93.html (Compétence-mode d'action du RU 486 - contragestif) Barret,F., ( ), p. 228. (Concentration sanguine des hormones ovariennes et hypophysaires chez une femme prenant ou non une pilule combinée). http://didac.free.fr/bac/ts0509metropole/doc3.htm (Compétence-Stérilité Mme X)	

Faire interpréter des expériences permettant de déduire des causes de stérilité (voir outil-lien) **Élève** *A partir des connaissances sur la régulation des hormones sexuelles chez l'homme et la femme, et de documents, schématiser les méthodes de procréation assistée (Fivete, ICSI,…).* *Lors d'un débat éthique ou à partir d'un document sur un sujet lié à l'usage des méthodes de procréation médicalement assistée (exemples de sujet : statut de l'embryon, clonage reproductif, recherche sur les embryons congelés,…), distinguer les*	au préalable sélectionné les spermatozoïdes les plus mobiles • La **stimulation ovarienne** permet de pallier les dysfonctionnements de l'ovaire, qui se traduisent souvent par l'absence d'ovulation. Dans ce cas, des injections d'hormones vont provoquer de façon artificielle la maturation des follicules et l'ovulation. • La **fécondation *in vitro*** et le transfert d'embryons, ou FIVETE, technique la plus lourde du point de vue médical, est indiquée dans le cas d'une obstruction des trompes. Cette méthode consiste à recueillir un ou plusieurs ovules chez une femme par ponction intra-abdominale, et à réaliser un contact *in vitro* (c'est-à-dire en laboratoire) de ces ovules avec des spermatozoïdes (du conjoint ou non). La fécondation se réalise spontanément et les embryons obtenus après quelques divisions de l'œuf sont transférés dans la cavité utérine. La réimplantation des embryons dans l'utérus étant souvent une cause d'échec de la méthode, il est usuel de réimplanter deux ou trois embryons simultanément pour optimiser les chances de grossesse. Ces embryons peuvent avoir été sélectionnés après un diagnostic préimplantatoire visant à ne retenir que les embryons dépourvus de toute anomalie génétique. Enfin, la dernière étape peut consister en une réduction embryonnaire, c'est-à-dire en une suppression des embryons excédentaires qui auraient commencé leur développement. Quant aux embryons conçus *in*	Stimulation ovarienne Fécondation in vitro	Cornet, M., (2009) ,276 à 279. http://www.youtube.com/watch?v=y0VsuHM7Xas (Animation fécondation in vitro) Barret,F., ( ),p.231. (schéma étapes de la FIVETE) Barret,F., (2001),p.241. (Question d'éthique: le diagnostic préimplantatoire)	

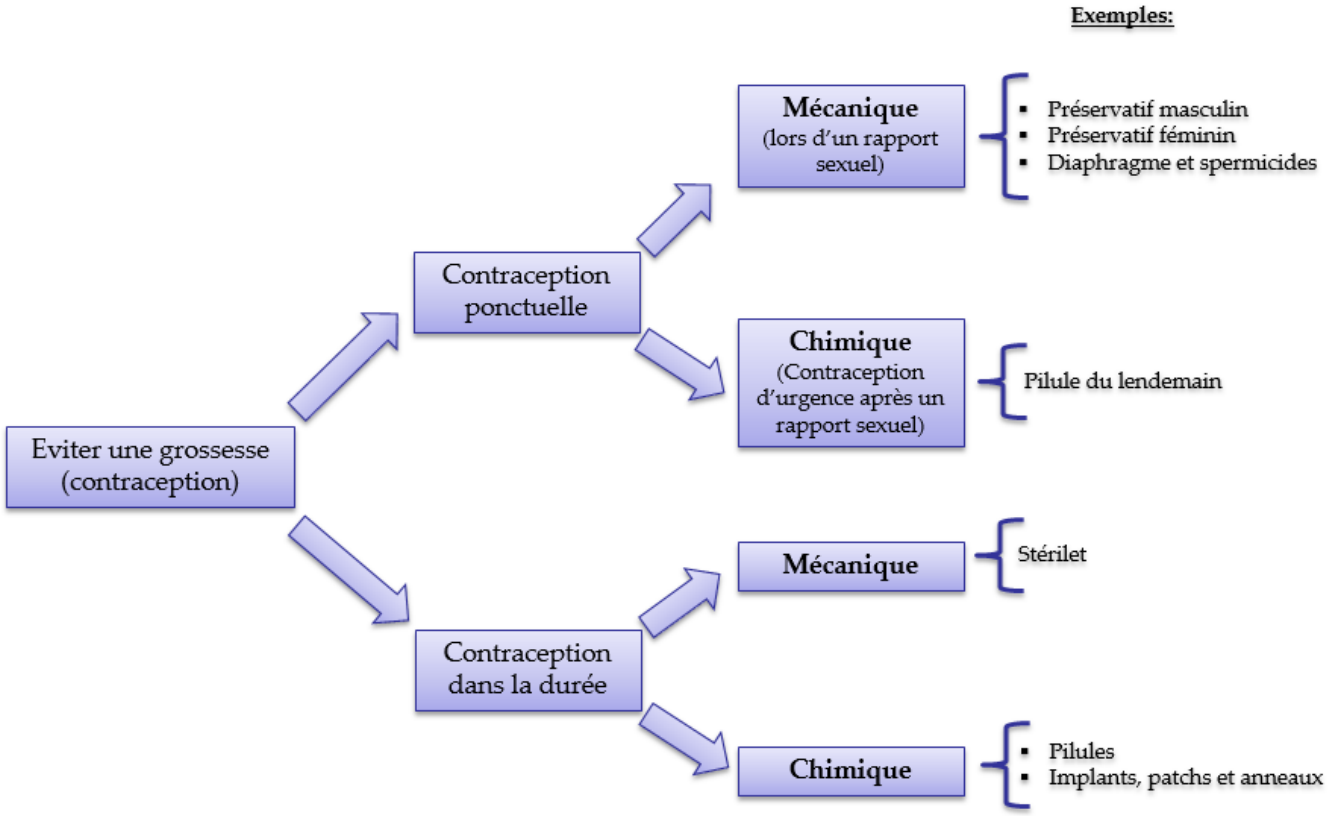
considérations scientifiques des autres.	*vitro* et non réimplantés, ils sont conservés dans l'azote liquide. • L'injection intraovocytaire de spermatozoïde ou ICSI (Intracytoplasmic Sperm Injection) est une technique qui consiste à injecter directement le spermatozoïde dans le cytoplasme de l'ovocyte II ce qui permet de pallier les anomalies des spermatozoïdes du conjoint (inaptitude à la fécondation, manque de mobilité). Elle peut être couplée à la FIVETE.			
Évaluation formative RCD				**1P**
Évaluation formative RCD				**1P**[16]

[16] Le nombre et le moment des évaluations restent du domaine de la liberté pédagogique du professeur et sont indiqués ici à titre indicatif.

Annexe 1



Annexe 2



Exemple de situation d'apprentissage

Dans la salle d'attente d'un gynécologue, plusieurs patientes d'âge différent attendent. Elles viennent toutes se faire prescrire un mode de contraception.
Dans chaque cas, le gynécologue devra réaliser un choix adapté.

Etape 1 :

Présentation du profil des différentes patientes (âge, situation affective, maternité ou pas,…)

Etape 2 :

Faire classer par les élèves, grâce à l'utilisation de supports documentaires, les différentes méthodes contraceptives, leurs caractéristiques, avantages, inconvénients, conseils d'utilisation…

Etape 3 :

Conseiller à chaque patiente la méthode la plus adaptée en justifiant scientifiquement le raisonnement.

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Campbell.N.,Reece.J.,(2004), Biologie 2e édition, Bruxelles :De Boeck.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Barret, F., Bringer,F., Busti,D., & al., (2001)SVT 1ère S, Paris , Belin

Cornet, M. (2009), Biologie 5e sciences générales, Bruxelles : De Boeck

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2009) Bio 4 cahier d'activités officiel , Louvain la Neuve : Van In.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2011) Bio 5 Louvain la Neuve : Van In.

Delvigne, M., Faway, M., Marchesini, RC.,Simon, X., Verhaeghe, P. & Walravens E. (2011) Bio 5 libre , Louvain la Neuve : Van In.

Sitographie

Animation accouchement
http://www.youtube.com/watch?v=0Y09lRW0424

Animation illustrant l'ovulation et la segmentation
http://www.youtube.com/watch?v=dwtFYOLFeNw, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Animation spermatogènèse
http://www.youtube.com/watch?v=6EG6u-am-h0,[en ligne], consulté le 5/11/14.

Animation sur le cycle menstruel
http://www.youtube.com/watch?v=l_wX285vrrU, [en ligne], consulté le 4/11/14.

Banque d'images de microscopie optique
http://www.chusa.jussieu.fr/pedagogie/pcem2/histo/10_1_Genital_masculin.pdf
[en ligne], consulté le 4/11/14.

Calculatrice de fécondité
http://www.materna.ca/fr/calculateur-de-fertilit%C3%A9, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Etapes du développement embryonnaire
http://www.youtube.com/watch?v=BTDpdPI1Imw, [en ligne], consulté le 9/11/14.
(à 4min26s : séparation du blastocyste et de la zone pellucide + nidation)

Emission « Allo docteur », le placenta
http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-placenta-un-organe-ephemere-91.asp?1=1, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Expérience de Berthold
http://svt220.free.fr/IMG/pdf/A2_eleve.pdf [en ligne], consulté le 4/11/14.
Expériences sur l'hypophyse de mammifères
http://svtlagny.free.fr/IMG/pdf/Correction_DS1-2.pdf, [en ligne], consulté le 4/11/14.
http://lewebpedagogique.com/arnaud/files/2009/06/quelles-sont-les-transformations-%C3%A0-la-pubert%C3%A911.doc, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Exercices sur la régulation hormonale
http://www.assistancescolaire.com/eleve/1ES/ens_sciences/travailler-sur-des-sujets-du-bac/hormones-sujet-zero-1_scirde09, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Film : le miracle de l'amour
http://www.youtube.com/watch?v=L1QRdkyB0Ls, [en ligne], consulté le 9/11/14.

FIVETE
http://www.youtube.com/watch?v=y0VsuHM7Xas, [en ligne], consulté le 9/11/14.

http://svtlycee.files.wordpress.com/2010/06/devoir-procreation.pdf, [en ligne], consulté le 9/11/14.

http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/embrycours/EmbryCh01/EmbryCh01A210.htm
(Schéma comparatif ovogenèse/ spermatogenèse), [en ligne], consulté le 9/11/14.

http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=3216
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=577
(Schémas illustrant les rétrocontrôles), [en ligne], consulté le 9/03/16.

http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1970
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1188
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=576
(Schémas pour la régulation hormonale), [en ligne], consulté le 9/03/16.

Image illustrant l'ovulation
http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/EmbryCours/EmbryCh01/EmbryCh01A260.htm, [en ligne], consulté le 4/11/14.

Images illustrant la caryogamie
http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/EmbryCours/EmbryCh01/EmbryCh01E10.htm, [en ligne], consulté le 9/11/14.

La choriocentèse
http://www.youtube.com/watch?v=aQITPOmI9RM, [en ligne], consulté le 9/11/14.

La nidation
http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Embry/embrycours/EmbryCh03/EmbryCh03B10.htm, [en ligne], consulté le 9/11/14.

L'accouchement
http://www.youtube.com/watch?v=0Y09lRW0424, [en ligne], consulté le 9/11/14.
L'amniocentèse
http://www.youtube.com/watch?v=vXyrqCFfWoY, [en ligne], consulté le 9/11/14.
http://www.youtube.com/watch?v=AdVyte6RQOY, [en ligne], consulté le 9/11/14.

L'échographie
http://www.youtube.com/watch?v=8z7_CyV0hyU, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Les étapes de la fécondation
http://www.youtube.com/watch?v=BFrVmDgh4v4, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Mise en évidence d'un rétrocontrôle
http://raymond.rodriguez1.free.fr/exercices/ts61c1.doc, [en ligne], consulté le 4/11/14.

Mise en place de l'appareil génital
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/sexegene/2anotomie.htm, [en ligne], consulté le 24/04/15.

Mode d'action du RU 486
http://www.lemonde.fr/revision-du-bac/annales-bac/svt-terminale-s/mode-d-action-du-ru-486_t-trde93.html, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Ovocyte II bloqué en métaphase II (image)

http://cvirtuel.cochin.univparis5.fr/embryologie/Embry/EmbryCours/EmbryCh01/EmbryCh01A230.htm, [en ligne], consulté le 4/11/14.

Première semaine du développement du zygote
http://umvf.univ-nantes.fr/histologie-et-embryologie-medicales/enseignement/embryo_2/site/html/2_3.html, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Spermiogénèse
http://www.svtauclairjj.fr/spermiogenese/debut.htm , [en ligne], consulté le 26/06/15.

Stérilité
http://didac.free.fr/bac/ts0509metropole/doc3.htm, [en ligne], consulté le 9/11/14.
Test de grossesse positif
http://www.youtube.com/watch?v=EzJOTfnDBzw, [en ligne], consulté le 9/11/14.

Biologie

Sciences générales

3e degré

UAA8
«De la génétique à l'évolution »

Durée prévue pour l'UAA (40 périodes) : de septembre à mars de la sixième année

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 8

« De la génétique à l'évolution »

Compétences à développer

- **Expliquer la relation entre phénotypes, structure des protéines et séquence d'ADN.**
- **Mettre en évidence quelques avantages et inconvénients liés aux champs d'application des biotechnologies.**
- **Décrire les principaux mécanismes qui expliquent l'évolution de la biodiversité.**
- **Distinguer un modèle (issu de faits scientifiques) d'une croyance pour expliquer l'apparition de la vie, l'évolution de la vie sur Terre et de la biodiversité.**
- **Expliquer que la classification moderne du vivant se fonde sur la théorie de l'évolution.**

Processus

Appliquer

Génétique

- A partir de l'interprétation de résultats de croisements (travaux de Mendel et de Morgan), identifier les principales causes de la variation du génome d'une génération à la suivante au sein d'une espèce.
- A partir d'un arbre généalogique humain, interpréter la transmission d'un caractère (par exemple : lié à une maladie génétique) et établir la relation entre les phénotypes et la séquence d'ADN.

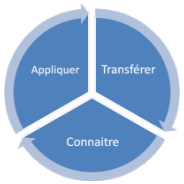
Evolution

- Retrouver des liens de parenté entre êtres vivants à partir de données anatomiques, embryologiques, moléculaires ou paléontologiques.
- A partir de documents, montrer l'importance des gènes homéotiques ou architectes (gènes Hox) dans le développement d'un être vivant (par exemple : l'Homme, la mouche,…).

Transférer

Génétique

Evolution



Ressources

Pré-requis

- Cellules et organites
- Méiose
- Biodiversité

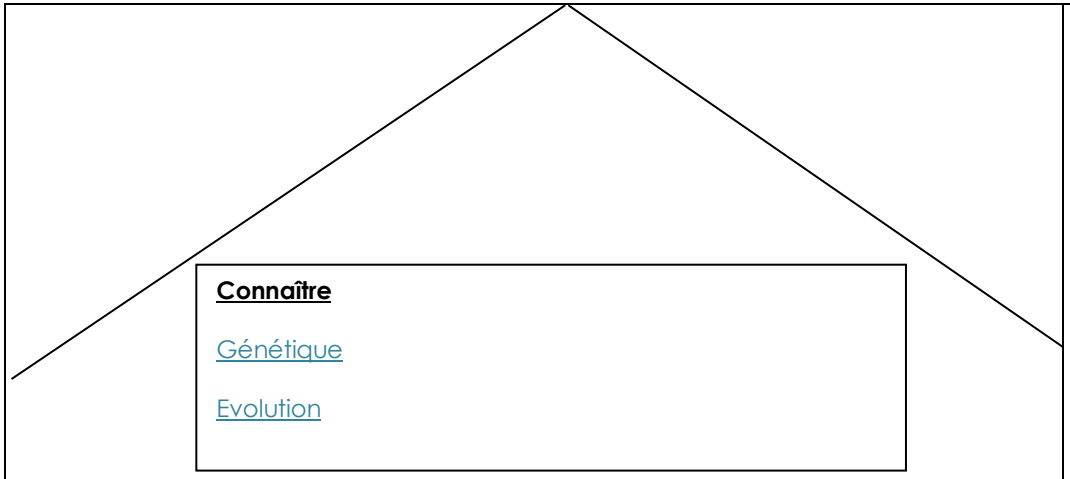
Génétique

Savoirs disciplinaires

- Approche historique :
- Monohybridisme, dihybridisme (les lois de Mendel)
  - gènes liés et crossing-over (les travaux de Morgan et Sturtevant)
  - structure de l'ADN (les travaux de Watson et Crick)
  - code génétique (les travaux de Jacob et Monod)
  - début des développements de la biologie moléculaire
- Phénotypes (macroscopique, cellulaire, moléculaire)
- Génotype
- Méiose : brassages inter-chromosomique, et intra-chromosomique
- Fécondation : brassage génétique
- Code génétique : propriétés
- Biosynthèse des protéines (transcription et traduction)
- Maladie génétique
- Maladie chromosomique
- Cancer (oncogènes et gènes suppresseurs de tumeurs)
- Ultrastructure cellulaire (noyau, ribosomes, ADN, ARNm, ARNt, protéines)

Savoir-faire disciplinaires

- Observer, recenser, organiser des informations relatives à la génétique.
- Réaliser un schéma fonctionnel (synthèse des protéines, …).



Evolution

Savoirs disciplinaires

- Espèce
- Spéciation
- Brassage génétique et mutation
- Sélection naturelle et dérive génétique
- Origine de la vie et chronologie de l'évolution
- Origine de la lignée humaine et origine du genre « Homo »
- Le néodarwinisme
- Lien de parenté entre les vivants
- Arbre phylogénétique (ancêtre commun hypothétique, caractère ancestral, innovation évolutive, clade)
- Ancêtre commun

Savoir-faire disciplinaires

- Observer, recenser, organiser des informations relatives à la génétique et à l'évolution, et formuler des hypothèses.
- Interpréter des graphiques et des tableaux relatifs à la génétique et à l'évolution.

Développé de l'hypertexte Transférer

Génétique

- Mettre en œuvre une démarche d'investigation pour découvrir l'implication de quelques gènes et l'influence de l'environnement lors du développement de certaines maladies.
- A partir de la lecture de différents documents, participer à un débat contradictoire argumenté scientifiquement (ou faire réaliser par les élèves un argumentaire scientifique) sur le développement des biotechnologies (avantages, inconvénients et problèmes éthiques liés par exemple à l'utilisation des OGM, au diagnostic prénatal des maladies héréditaires, à la thérapie génique chez l'Homme …).

Evolution

- A partir de l'analyse de documents décrivant un cas concret d'apparition d'une nouvelle espèce (par exemple : les pinsons de Darwin, les moustiques du métro de Londres, les souris de Madère, le lézard des ruines,…), mettre en évidence les mécanismes particuliers qui permettent d'expliquer l'apparition de ces nouvelles espèces.
- Expliquer à l'aide d'un arbre phylogénétique (par exemple : celui des vertébrés) que la classification scientifique actuelle des êtres vivants se fonde sur la théorie de l'évolution.
- A la lumière de la théorie néodarwinienne, critiquer les arguments développés dans des théories (par exemple : le fixisme, le créationnisme, le lamarckisme,…). qui tentent d'expliquer l'origine et l'évolution de la vie à la surface de la Terre.

Développé de l'hypertexte Connaître

Génétique

- A l'aide d'une approche historique, retracer les grandes étapes qui ont conduit de la génétique de Mendel à la génétique moléculaire.
- Expliquer la relation entre ADN (gènes) et structure primaire d'une protéine.
- Décrire le processus de synthèse des protéines (transcription et traduction).
- A partir de documents, montrer que plusieurs gènes peuvent intervenir dans la réalisation d'un même phénotype.
- Identifier, à partir de documents, les principales causes des mutations et leurs possibles conséquences (au niveau des cellules germinales et des cellules somatiques).
- A partir de documents, montrer l'influence de l'environnement sur le phénotype.
- Distinguer une maladie chromosomique d'une maladie génétique.
- A partir d'un document, décrire de manière simple une application concrète des biotechnologies (par exemple : production d'OGM, thérapie génique,…).

Evolution

- A partir de documents montrer que la biodiversité au niveau des écosystèmes et au niveau des espèces se modifie au cours des principales ères géologiques.
- Identifier les conditions probables qui ont permis l'apparition de la vie sur Terre.
- Expliquer, à l'aide d'une approche historique comment la théorie de Darwin est étayée par des faits (notamment les apports de la génétique) depuis 1859.
- A partir de l'analyse d'un document, ou d'une visite au musée, décrire et interpréter un arbre phylogénétique montrant la place de l'Homme au sein des vertébrés et parmi les primates.
- Identifier (à partir de documents, de visites de musées,…) des critères anatomiques d'appartenance à la lignée humaine.

Considérations pédagogiques

Remarque préalable : les contenus de la colonne « essentiel » sont donnés dans un certain ordre à titre d'exemple. Chaque enseignant conserve la liberté pédagogique de leur articulation au sein de chaque unité dans la construction de sa propre séquence d'apprentissage.

Processus explicités	L'essentiel	Ressources (mots-clés)	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *Expliquer, à l'aide d'une approche historique comment la théorie de Darwin est étayée par des faits (notamment les apports de la génétique) depuis 1859.* **Professeur** Attirer l'attention des élèves sur les similitudes entre les faits observés chez les animaux domestiques et ceux qui s'observent dans la nature. Utiliser différents exemples au choix (pigeons, chiens, voir colonne « outils-liens suggérés).	Charles Darwin[1] (1809-1882), publie « L'origine des espèces » en 1859. Le premier chapitre de cet ouvrage est consacré à une description de la variété entre individus et entre races pour les espèces domestiques (pigeon, le lapin,…) en se questionnant, plus globalement, sur l'apparition des différences entre les races domestiques d'animaux et de plantes. Darwin s'est particulièrement penché sur l'exemple du pigeon domestique en mettant en avant la plasticité des espèces qui donne aux éleveurs la possibilité de donner une orientation à leur sélection.		http://svt.ac-rouen.fr/biologie/darwin/darwin2009_exe.swf (études de Darwin sur les animaux domestiques…) http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/histoire-de-la-theorie-de-	**2P**

[1] Voir UAA4

Faire réfléchir les élèves à partir d'une question par exemple « Quelles variations l'Homme a-t-il cherché à favoriser pour passer du loup au chien ? » Cette partie de la matière peut être abordée au cours de la visite d'un musée d'histoire naturelle (voir exemple réalisé au Musée de Paris et référencé dans les outils-liens).	L'Homme a domestiqué des espèces qui l'intéressaient. Grâce à l'accumulation de variations, et ceci durant de nombreuses générations, ces espèces ont subi des modifications. Ainsi ont pu apparaître deux lignées différentes (que l'on nomme généralement la lignée domestique et la lignée sauvage) qui possèdent un ancêtre commun qui les relie. L'apparition des variations ne dépend pas de l'environnement ni des besoins des éleveurs ou des agriculteurs. Mais si elles présentent un « intérêt » pour ceux-ci, ils peuvent les sélectionner. Encouragé par ces constatations, Darwin va étudier la variabilité des espèces à l'état naturel et s'intéresser aux circonstances les plus favorables à la variation. En effet, des variations apparaissent également chez les espèces sauvages. Dans le cas d'une variation favorable, elle sera sélectionnée.		levolution/page-single-videos/article/darwin-sur-les-traces-de-levolution.html http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=392 (comprendre la démarche de Darwin) http://blogsciencesnat.blogspot.be/2013/01/ts-theme-1a-domestication-du-chien-et.html (évolution du loup au chien) http://www.hominides.com/html/actualites/loup-origine-chien-	

			domestique-0769.php	
Élève *A partir de l'analyse de documents décrivant un cas concret d'apparition d'une nouvelle espèce (par exemple : les pinsons de Darwin, les moustiques du métro de Londres, les souris de Madère, le lézard des ruines,…), mettre en évidence les mécanismes particuliers qui permettent d'expliquer l'apparition de ces nouvelles espèces.* **Professeur** L'exemple des pinsons est mentionné, les autres exemples peuvent également être développés par exemple en situation d'apprentissage (voir outils-liens suggérés).	Au cours de son voyage tout autour du monde, en octobre de l'année 1835, Darwin captura des oiseaux dans les îles Galápagos, pensant qu'il s'agissait de variétés différentes d'une même espèce. Confiant ses découvertes à un ornithologue (Gould), celui-ci lui apprit que chaque oiseau était d'une espèce distincte des autres. L'origine de ces oiseaux, appelés par Darwin des pinsons, était sans aucun doute l'Amérique du Sud. On peut en conclure que 14 espèces nouvelles se sont différenciées à partir de l'espèce américaine ; la caractéristique la plus remarquable étant la forme du bec des oiseaux en relation avec le type de régime alimentaire (insectes, graines de formes différentes, etc.) Ainsi, le lieu de vie, la végétation, tout ce qui influe le régime alimentaire de l'espèce est en lien direct avec certaines caractéristiques comme la forme du bec. Pour expliquer ces observations, Darwin avança que la pression sélective associée avec l'isolement géographique ont mené à la fixation de caractères, à la spéciation des oiseaux.		http://education.francetv.fr/videos/darwin-adaptation-et-transformation-des-especes-v108639 (les pinsons des Galápagos-courte vidéo) http://www.jpb-imagine.com/Sharjah/0tnouv/0t1aGeneEvol/doc0t1a/TD135_F3_SelectionNat_Pinsons.pdf (exercice sur les pinsons des îles Galápagos) http://www.svt.	**2P**

	Rappel de l'UAA4[2] Les concepts principaux de la théorie de Darwin: les espèces d'organismes peuplant la Terre descendent d'espèces ancestrales ; il existe une **variabilité** naturelle au sein des espèces, et ces variations sont héritables ; l'évolution s'effectue par **sélection naturelle** qui mène à l'**adaptation**. La théorie de Darwin sur la sélection naturelle se répandit et le mode de transmission des caractères devint une question importante. Comprendre le mécanisme de cette transcription permettrait d'appréhender le secret de la variation des espèces.	Variabilité Sélection naturelle Adaptation	ac-aix-marseille.fr/ancien_site/expoconf/darwin/les_pinsons_de_Darwin.pdf http://www.exobiologie.info/manuelSVT4sur4.pdf https://svtlyceedevienne.files.wordpress.com/2013/10/souris-de-madc3a8re.pdf (les souris de Madère) Fortin,C., (2009) ,p. 354 à 355. http://www.hominides.com/html/theories/pre	

[2] Ce rappel est indispensable car la matière a été envisagée dans l'UAA4 de quatrième

			uve-evolution-lezard.php (Les lézards de Pod Mrcaru)	
Élève *A l'aide d'une approche historique, retracer les grandes étapes qui ont conduit de la génétique de Mendel à la génétique moléculaire.* **Professeur** Attirer l'attention des élèves sur le fait que les scientifiques n'ont pas toujours communiqué de façon immédiate leurs découvertes, n'ont pas forcément établi des relations interdisciplinaires, ce qui a entraîné une progression plus lente dans l'avancement et l'enrichissement des théories Darwiniennes. Mettre en évidence l'importance des découvertes de Mendel dans le	À l'époque de Darwin, des travaux de pionniers en la matière ont eu lieu. Darwin s'est vu confronté à des difficultés pour faire admettre la théorie de la modification des espèces au moyen de la sélection naturelle du temps de son vivant. La difficulté d'expérimenter posait problème et deux éléments importants étaient encore à découvrir : - La génétique, dont la redécouverte des lois de Mendel ; - les causes des variations au sein des populations (voir plus haut). Après sa publication en 1859, la théorie darwinienne fut complétée plusieurs fois. Auguste Weismann (1834-1914) donna naissance au **néodarwinisme** en remettant en cause l'hérédité des caractères acquis. Weissmann reprit des idées de Darwin (sélection naturelle, compétition). Il montra que les cellules de la **lignée somatique** sont susceptibles d'acquérir des caractères mais ne peuvent transmettre ceux-ci aux descendants. Lorsqu'il effectua ses expériences d'amputations de la queue de souris	Néodarwinisme Lignée somatique	A. Weismann, *Essai sur l'hérédité et la sélection naturelle*, Paris, Reinwald, 1892 A. Weismann,	**6P**

contexte des théories darwiniennes.	(caractère « acquis »), il montra que cette perte de queue n'était jamais transmise à la descendance. Le néo-darwinisme fut ensuite enrichi par les **lois de Mendel** (1822-1884). Les facteurs héréditaires, supposés par les lois statistiques de Mendel, furent identifiés aux gènes des chromosomes. Ainsi, la théorie de l'Evolution fut enrichie et devint une synthèse de multiples disciplines. Mendel a poursuivi ses expériences[6] sur le pois en étudiant la transmission simultanée de plusieurs caractères.	Lois de Mendel	« La prétendue transmission héréditaire des mutilations », in *Essais sur l'hérédité et la sélection naturelle, op. cit.*, p. 424-426. (travaux de Weissmann)	
Élève *A partir de l'interprétation de résultats de croisements (travaux de Mendel et de Morgan), identifier les principales causes de la variation du génome d'une génération à la suivante au sein d'une espèce.* **Professeur** Rappeler les étapes de la méiose vues dans l'UAA3 de 4e afin d'interpréter les résultats de Mendel.	Les phénomènes décrits jusqu'à présent (monohybridisme voir UAA3) ne concernaient que des **lignées** parentales **pures** se distinguant par un seul caractère. Voyons maintenant ce qu'il en est lorsqu'elles diffèrent par deux caractères distincts. **<u>Travaux de Mendel sur le dihybridisme</u>** : <u>les pois</u> Reprenons les expériences de Mendel effectuées à partir de pois (*Pisum sativum*), il réalise le croisement entre des plantes d'une lignée pure à graines lisses et jaunes avec des plantes d'une lignée pure à graines ridées et vertes. Mendel obtient les résultats suivants : - En F1, 100% des graines sont lisses et jaunes ce	Lignées pures Dihybridisme		

[6] La transmission d'un seul caractère (monohybridisme) a été étudiée dans l'UAA3 de 4e

Dans le cas du dihybridisme de gènes non liés, on étudie les résultats de croisements concernant l'expression de deux gènes autosomaux[3] différents et indépendants[4]. Chaque caractère est sous la dépendance d'un couple d'allèles et chaque gène est localisé sur des chromosomes différents autres que les chromosomes sexuels.	qui permet d'établir que les allèles dominants sont ceux qui correspondent au phénotype lisse (L) et au phénotype jaune (J) ; En F2, issue de l'autofécondation de 15 plants de pois obtenus à partir des graines de F1, les résultats sont très différents du monohybridisme : il obtient 4 types de graines dans les quantités suivantes : • 315 lisses et jaunes ; • 108 lisses et vertes ; • 101 ridées et jaunes ; • 32 ridées et vertes. Il constate non seulement la réapparition d'associations primitives d'allèles (pois jaunes et lisses, pois verts et ridés), mais aussi la présence de phénotypes constituant de nouvelles associations (pois jaunes et ridés, pois verts et lisses). Les génotypes correspondants sont constitués entre autres par l'association de deux couples d'allèles qui appartenaient l'un et l'autre aux génotypes initiaux de la génération P: $\frac{J}{J}\frac{L}{L}$ et $\frac{j}{j}\frac{l}{l}$. Ceci illustre la troisième loi de Mendel ou loi de ségrégation des allèles stipulant que "lorsqu'on croise deux lignées pures différant par plusieurs caractères, on voit apparaître, à partir			

[3] Un gène autosomal est un gène dont le locus se situe sur un autosome.

[4] Des **gènes indépendants** sont des gènes dont les locus sont situés sur des chromosomes non homologues.
Chaque paire de chromosomes (appelés chromosomes homologues) possède les allèles d'un même gène en un même endroit précis appelé *locus* (pluriel : loci).

Utiliser le document fourni en annexe 10 (croisement de pois)	de la seconde génération, des lignées différentes présentant des nouvelles combinaisons de caractères par rapport à celles existant chez les lignées de départ". L'échiquier de Punnett adapté au croisement dihybride des F1 montre la disjonction de façon indépendante des couples d'allèles relevant l'un de la couleur, l'autre de l'aspect de la graine. Les quatre phénotypes observés apparaissent dans les proportions correspondantes : 9/16 de lisses et jaunes 3/16 de lisses et verts 3/16 de ridés et jaunes 1/16 de ridés et verts Ces résultats, obtenus également pour d'autres croisements impliquant d'autres caractères ont permis à Mendel d'établir trois lois liées à ses expériences : **Loi d'uniformité des hybrides de première génération** (première génération homogène) : ils présentent le même phénotype et le même génotype. Si les hybrides présentent un caractère intermédiaire entre les deux parents, on parle de codominance.	Loi d'uniformité des hybrides de première génération		

Présenter les résultats de Cuénot (voir outil-lien)	**Loi de disjonction des caractères en F2** (les allèles d'un même couple se disjoignent lors de la formation des gamètes). Les individus de la F2 diffèrent les uns des autres et cela s'explique par la disjonction des allèles au moment de la formation des gamètes. **Loi d'indépendance des caractères** : les phénotypes observés montrent la disjonction indépendante pour les couples d'allèles. Les résultats de Cuénot (croisements de souris) en 1902 ont permis de généraliser les lois de Mendel à l'hérédité animale. Mendel ignorait les mécanismes de la méiose et l'existence des chromosomes. Il a basé ses lois de l'hérédité suite à des expériences réalisées sur les plans de pois (voir UAA3). A l'époque, ses conclusions sont passées inaperçues. C'est vers le début du 20e siècle que les techniques d'observation ont permis de visualiser les chromosomes et de formuler l'hypothèse qu'ils sont le support de l'information. **<u>Travaux de Morgan sur les drosophiles</u>** En 1908, Thomas H. Morgan (1866-1945) a étudié le développement d'une petite mouche des fruits,	Loi de disjonction des caractères Loi d'indépendance des caractères	Gilliquet.V.,(2009), p.27.	

Utiliser, par exemple, la situation d'apprentissage 1 pour aborder la matière	la Drosophile (*Drosophila melanogaster*) ou mouche du vinaigre. C'est un matériel expérimental favorable dans la mesure où sa petite taille facilite l'élevage, chaque accouplement produit 200 à 300 œufs et les générations se succèdent tous les 15 jours. De nombreuses lignées existent, le **phénotype « sauvage »** pour chaque caractère étant le plus répandu. Les autres phénotypes sont dus à des mutations spontanées. Leur équipement chromosomique est simple : 2n=8. Les drosophiles possèdent trois paires d'autosomes et une paire de chromosomes sexuels XX chez la femelle et XY chez le mâle. Femelle Mâle  Morgan réalisa des croisements et, pour plusieurs caractères, il arriva aux mêmes conclusions que Mendel tant pour la transmission d'un seul caractère que de deux.	Phénotype sauvage		

	<u>Hérédité liée au sexe</u> En étudiant la couleur des yeux chez les drosophiles Morgan réussit à isoler une mouche mâle aux yeux blancs en croisant deux parents aux yeux rouges. Cette découverte s'expliquait par la loi de la dominance dans un croisement de monohybridisme. Selon cette loi, le rapport entre les drosophiles à yeux rouges et les drosophiles à yeux blancs est de 3 :1. La couleur rouge (allèle R) est dominante par rapport à la couleur blanche (allèle r). Morgan n'a pas réussi, en croisant un mâle aux yeux blancs avec une femelle aux yeux rouges, à obtenir une drosophile femelle aux yeux blancs. Il a émis l'hypothèse que le message génétique correspondant à la couleur des yeux chez la drosophile était porté par le chromosome X. Il a conclu que les yeux de couleur blanche devaient être dus à un caractère récessif. Pour un croisement entre un mâle aux yeux blancs (génotype X^rY) et une femelle aux yeux rouges (génotype X^RX^R), le mâle transmet le chromosome Y (qui ne porte pas le gène de la couleur des yeux) à tous les descendants mâles. La femelle transmet le chromosome X aux descendants mâles. Le chromosome X, chez toutes les descendantes provient du mâle; les deux chromosomes X portent l'allèle associé aux			

Utiliser par exemple la situation d'apprentissage 3	yeux rouges. Par rapport aux autosomes : les allèles sont inscrits sur le chromosome X si le caractère est lié à X, et aucun allèle n'est inscrit sur le chromosome Y. Les gènes présents sur le chromosome X n'ont pas d'allèle sur le Y. Ces gènes sont uniques chez l'homme (XY), mais en double chez la femme (XX), ce sont les **gènes liés au sexe**. <u>Les gènes liés</u> Morgan croisa des drosophiles de lignées pures : des drosophiles sauvages aux yeux rouges et à corps gris, avec des drosophiles aux yeux écarlates (*scarlett*) et corps ébène (*ebony*). Il observa au cours du croisement test réalisé avec un mâle de première génération et une femelle de phénotype récessif, la formation par le mâle de deux types de gamètes au lieu de quatre. La non-disjonction indépendante entre couple d'allèles fut ainsi mise en évidence. Les gènes qui déterminent ces caractères sont appelés **gènes liés**. Des gènes liés sont donc des gènes dont les loci sont situés sur un même chromosome en ce qui concerne les cellules haploïdes et sur la même paire de chromosomes homologues pour les cellules diploïdes.	Gènes liés au sexe Gènes liés		

	<u>Les crossing-over ou enjambements</u> Au cours d'un croisement de drosophiles sauvages aux ailes normales et corps gris avec des drosophiles de corps noir (*black*) et ailes atrophiées (*vestigial*), le croisement test d'une femelle F1 avec un mâle de phénotype récessif donna naissance cette fois aux types parentaux mais également à des types recombinés montrant d'autres combinaisons que celles des parents. Afin d'expliquer ce résultat, Morgan a repris la suggestion d'un cytologiste, Janssens (1909), ayant identifié des zones de contact au cours de la prophase 1 de la méiose entre les chromatides des chromosomes homologues. Les chromatides s'entrecroisent et forment des **enjambements** ou **crossing-over**. Les chromatides se cassent et il y a échange de fragments. Ainsi, tous les gènes portés par un chromosome ne sont pas forcément transmis «en bloc» à la descendance; ils peuvent être «brassés» grâce au crossing-over. Ce phénomène de crossing-over permet d'obtenir deux types de chromosomes : • Des chromosomes dont les combinaisons d'allèles sont identiques à celles présentes dans la cellule mère des gamètes (gamètes parentaux) ;	Enjambement ou crossing-over		

Comment déterminer si les gènes sont indépendants ou liés[5] ? Le croisement de la F1 avec un double homozygote récessif, il s'agit d'un test cross, nous permet de répondre à cette question. Si ce croisement donne quatre génotypes et quatre phénotypes en proportions égales alors les gènes sont indépendants Si les gènes étudiés étaient liés, c'est-à-dire portés par le même chromosome, les allèles resteraient associés chez les descendants comme ils le sont chez les parents. Les résultats du *test cross* montreraient alors deux types de descendants en proportions égales à 50 %.	• des chromosomes dont les combinaisons d'allèles sont différentes de celles présentes dans la cellule mère des gamètes (gamètes recombinées). Le crossing-over engendre donc de nouvelles combinaisons d'allèles en les recombinants à l'intérieur d'un chromosome. Ce **brassage intrachromosomique** (brassage concernant des chromosomes homologues d'une même paire) précède le **brassage interchromosomique** (répartition aléatoire des chromosomes homologues dans les gamètes, voir UAA 3) dans le déroulement de la méiose : les deux brassages se cumulent aboutissant à un nombre de combinaisons d'allèles supérieur à celui de chaque brassage réuni Il n'y a pas de crossing-over dans toutes les cellules engagées dans la méiose. Pour deux gènes donnés, il y a des méioses avec crossing-over et d'autres sans. Fréquence de recombinaison : $\frac{\text{nombres de recombinés}}{\text{nombre total de descendants}} \times 100$	Brassage intrachromosomique Brassage interchromosomique		

[5] Certains gènes liés sont tellement éloignés qu'ils se comportent comme des gènes non liés

	La **fréquence de recombinaisons** entre deux gènes liés dépend notamment de leur position respective sur le chromosome. Plus les *loci* de deux gènes sont éloignés sur un chromosome, plus la fréquence de recombinaison est grande. Morgan et ses collaborateurs établissent ainsi des cartes représentant les positions respectives des gènes évaluées à partir des pourcentages de recombinaisons. Morgan présente avec Alfred Sturtevant en 1913 la première carte génétique Le **centimorgan**[7] (**cM**) est l'unité de mesure de distance entre deux gènes liés. Il représente la fréquence de recombinaison lors de la méiose, entre deux gènes dont les locus sont sur un même chromosome. **1 cM = 1 % de recombinaison** (1 enjambement ou crossing-over en moyenne sur cette distance pour 100 méioses). Exemple : Fréquence de recombinaison : $\% \text{ Recombinés} = \frac{391}{2300} \text{ X } 100 = \mathbf{17\%}$ $\Rightarrow$ d (b, vg) = 17 cM	Fréquence de recombinaisons Centimorgan		
Élève	La **théorie synthétique de l'évolution** (≅1950) est		Carette,.V.,	**2P**

[7] Le centimorgan a été nommé en l'honneur du généticien Thomas Hunt Morgan par un de ses étudiants Alfred Sturtevant. On estime que 1 cM correspond à environ 1000 kilobases sur la molécule d'ADN (un million de nucléotides).

A partir de l'analyse de documents décrivant un cas concret d'apparition d'une nouvelle espèce (par exemple : les pinsons de Darwin, les moustiques du métro de Londres, les souris de Madère, le lézard des ruines,…), mettre en évidence les mécanismes particuliers qui permettent d'expliquer l'apparition de ces nouvelles espèces. **Professeur** Montrer à l'aide de documents le caractère aléatoire des mutations par rapport à leur « utilité » éventuelle (voir outils-liens proposé). Utiliser les modélisations du mécanisme de dérive génétique.	actuellement reconnue comme l'une des théories scientifiques les plus solides par la communauté des scientifiques. Elle reprend le principe des variations induites par les mutations, la nature chromosomique de l'hérédité et la théorie de la sélection naturelle. Les mutations sont aléatoires : elles peuvent à n'importe quel endroit dans la séquence d'ADN et elles ont lieu de façon spontanée, souvent dans les cellules en division (erreurs de réplication, agents mutagènes voir UAA3). La génétique des populations permet d'étudier la distribution et les changements de la fréquence des allèles dans les populations et leurs variations dans le temps. Des facteurs aléatoires interviennent dans la **dérive génétique**[8]. Lorsqu'un petit groupe d'individus s'approprie un territoire nouveau, on observe un effet fondateur. En effet l'ensemble des allèles de la population d'origine ne sera pas forcément	Théorie synthétique de l'évolution Dérive génétique	Wolfs.,J.,Outils pour enseigner les mécanismes de l'évolution, service des sciences de l'Education-ULB : Bruxelles. http://pst.chez-alice.fr/mutation.htm (de la mutation au problème de la variation) http://raymond.rodriguez1.free.fr/Textes/1s12.htm (variabilité génétique et mutations) http://www.snv.jussieu.fr/vie/d	

[8] Dérive génétique : processus par lequel les fréquences alléliques changent dans les petites populations à cause de biais aléatoires d'échantillonnage dans la transmission des allèles d'une génération à l'autre. http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/evolution/evol/tridiv_1.html
Ce processus complexe qui comprend l'effet fondateur peut être approfondi mais cette démarche reste un choix de l'enseignant.

	représenté dans le groupe fondateur (certains allèles peuvent être perdus). De même, lorsque des facteurs comme des catastrophes naturelles et des modifications environnementales s'exercent, la diversité génétique peut se voir réduite et on parle alors d'effet d'étranglement. **<u>Spéciation</u>** Si on maintient séparées des populations identiques au départ, elles vont diverger les unes des autres car les individus varient au cours du temps sous l'action de la microévolution par dérive génétique et sélection naturelle. Si à un moment, une barrière empêche des populations d'échanger leurs gènes (isolement reproductif), le principe de divergence va impliquer que les individus ne se reconnaîtront plus comme partenaires sexuels. Il existe deux types de **spéciation** : - La spéciation allopatrique a lieu lorsque des populations sont isolées géographiquement lorsque l'habitat se fragmente (obstacle) ou s'il y a migration. Apparaît alors un isolement reproductif, l'interfécondité étant compromise par		ossiers/evolution/evol/tridiv_2.html#IIB http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/derive_genetique/derive_genetique.html svt.ac-dijon.fr/schemassvt/dw2_out.php?id=5925 http://www.ac-nice.fr/svt/productions/freeware/derive/index.htm (modélisation de la dérive génétique) Dérive génétique et évolution Delvigne.M., (2012), p.66.	
Professeur Proposer l'exemple de *Zerinthia cassandra* et *Zerinthia polyxena*				

Proposer l'exemple des Cichlides du lac Apoyo au Nicaragua	une ou plusieurs différences morphologiques, génétiques ou comportementales ; - la spéciation sympatrique se fait par apparition d'une nouvelle espèce sur une aire de répartition chevauchante avec celle de l'espèce d'origine. Comme les deux groupes sont en contact, une barrière à la reproduction doit apparaître L'isolement reproductif semble trouver différentes causes comme l'isolement géographique, temporel, éthologique, etc.		Gilliquet.V.,(2009), p.196, 197, 199. svt.ac-dijon.fr/schemassvt/IMG/zerynthia.doc Spéciation allopatrique de Zerynthia cassandra et Zerynthia polyxena. http://www.maxicours.com/se/fiche/1/4/395841.html/ts (2 types de spéciations) http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2960 (schémas	

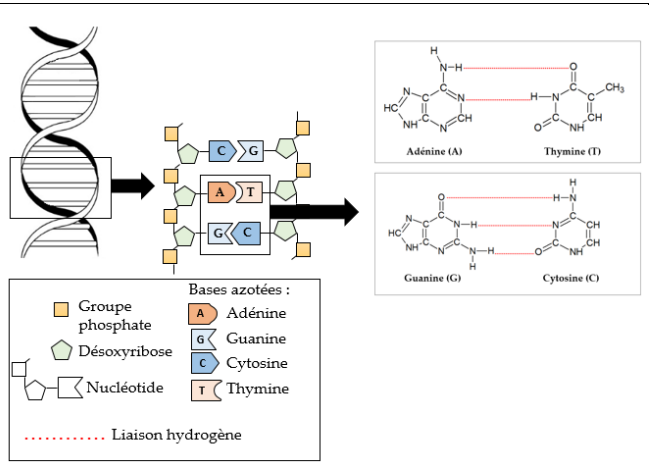
			Cichlidés)	
Élève *Expliquer la relation entre ADN (gènes) et structure primaire d'une protéine.* **Professeur** : Rappeler la structure d'une protéine et citer des exemples. Ex : insuline, hémoglobine. Rappeler la structure d'un acide aminé et expliquer éventuellement comment s'établit la liaison peptidique entre deux acides aminés. Analyser et interpréter, par exemple, l'expérience de G. Beadle et E. Tatum (1940) sur la voie de biosynthèse de l'arginine chez *Neurospora crassa* (voir outil-lien proposé) et en déduire qu'un gène contrôle la synthèse d'une enzyme et donc d'une protéine (lien entre ADN et structure primaire d'une protéine).	**La synthèse des protéines** À tout moment, selon les besoins de l'organisme, de nombreuses protéines cellulaires sont fabriquées rapidement et en quantité. Certaines protéines, en raison de leurs propriétés enzymatiques, sont des éléments essentiels du métabolisme cellulaire c'est-à-dire des réactions chimiques se déroulant au sein des cellules. Ce sont des molécules organiques très importantes dans la vie cellulaire. Le rôle principal de l'ADN est de servir de "livre de recettes" pour construire toutes les protéines nécessaires au bon fonctionnement des cellules et qui sont, pour la plupart responsable du phénotype de l'individu. Les « recettes » ou gènes sont des fragments d'ADN responsables de la synthèse de protéines spécifiques : la séquence nucléotidique des gènes déterminent le nombre, la nature et l'ordre d'enchaînement des acides aminés définissant la séquence ou **structure primaire** des protéines. L'ensemble des gènes constitue le génome, caractéristique d'une espèce donnée. Le génome de l'espèce humaine est ainsi composé d'environ 20000 à 25000 gènes.	Ultrastructure des protéines	http://www.medecine.unige.ch/enseignement/dnaftb/16/animation/fs.html (expérience des Beadle et Tatum)	**6P**

	L'expression des gènes codant pour des protéines se déroule en 2 grandes étapes : la transcription et la traduction. **. Les molécules impliquées dans la synthèse des protéines[10]** **L'acide désoxyribonucléique : ADN (rappels et un peu plus…)** L'ADN (acide désoxyribonucléique) est situé dans le noyau des cellules eucaryotes. C'est la molécule de l'hérédité. La molécule d'ADN est formée par deux « brins », d'où l'appellation de molécule bicaténaire, torsadés en double hélice. La structure en double hélice de l'ADN est élucidée par **Watson et Crick** en 1953 (ils reçurent le prix Nobel en 1962 pour leur découverte[11]). L'ADN est un polymère de nucléotides. Chaque nucléotide est constitué par : - une molécule d'acide phosphorique (P) ; - un sucre, le désoxyribose ; - une base organique azotée. Il existe quatre bases différentes : deux sont dites puriques (la guanine G et l'adénine A), les deux autres sont pyrimidiques (la cytosine C et la thymine T).	Approche historique : structure de l'ADN (les travaux de Watson et Crick)		

[10] Les molécules et les organites impliqués dans la synthèse des protéines peuvent être vus en même temps que le processus

[11] La découverte de Watson et Crick est principalement due à l'interprétation des clichés de diffraction aux rayons X d'ADN cristallisé de Rosalind Franklin et Maurice Wilkins du King's College. Ces clichés montrent une figure en croix, caractéristique des structures en hélice.

	Les nucléotides peuvent se lier les uns aux autres grâce à des liaisons chimiques « solides» ou liaisons covalentes, réunissant l'acide phosphorique d'un nucléotide et le désoxyribose du nucléotide suivant. C'est au niveau des bases azotées que les deux brins d'ADN sont reliés entre eux grâce à des interactions entre atomes que l'on nomme liaisons hydrogène (liaisons transversales plus fragiles). Ces liaisons ne se font pas n'importe comment : la thymine se lie toujours à l'adénine et la cytosine se lie toujours à la guanine. La base azotée adénine peut former deux liaisons hydrogène (illustrées par des pointillés) avec la base thymine. La base azotée guanine peut former trois liaisons hydrogène avec la base cytosine. Annexe 1	Ultrastructure de l'ADN	BD « James Watson et Francis Crick les deux larrons » Science et vie Junior HS - n°70 / octobre 2007 (P34 -35).	

Montrer une micrographie de la surface du noyau prise au MEB (voir lien proposé). Insister sur le fait que l'enveloppe nucléaire est percée de nombreux pores dont le diamètre est suffisant pour permettre le passage de l'ARN mais pas de l'ADN.	 Les deux brins de l'ADN sont dits antiparallèles : l'un des brins est orienté dans le sens 3′ → 5′ tandis que l'autre est orienté dans le sens 5′→ 3′. Le dernier atome de carbone situé au bout du squelette désoxyribose-phosphate est un carbone 3', non lié à un groupement phosphate. Il s'agit de l'extrémité 3' de la molécule. À l'autre bout, le squelette désoxyribose-phosphate se termine par le groupement phosphate lié à l'atome de carbone 5' du dernier nucléotide. Il s'agit de l'extrémité 5'. Bien que l'information génétique contenue dans le noyau soit transmise dans la cellule, l'ADN ne quitte jamais le noyau. L'enveloppe qui entoure le noyau possède des pores mais l'ADN ne sortira jamais du noyau par ces ouvertures. La seule	Ultrastructure de l'ARNm	http://raymond.rodriguez1.free.fr/Documents/Cellule-genome/noyau2.jpg (Noyau observé au MEB)	

Faire analyser et interpréter par les élèves l'expérience de Brachet (1951, voir outils-liens proposés) ou l'expérience sur les acétabulaires pour montrer l'existence d'une molécule (ARNm) assurant la liaison entre l'ADN et les protéines (voir liens proposés).	façon d'obtenir les précieuses « recettes » qui se trouvent dans « ce livre » (ADN), c'est de copier celles dont l'organisme a besoin à un moment déterminé et de faire sortir ces copies dans le cytoplasme (lieu de fabrication des protéines). **L'acide ribonucléique – ARNm** Annexe 2 (tableau comparatif ADN/ARNm) L'intermédiaire entre ADN et protéines est un deuxième acide nucléique porteur du message génétique : il est appelé pour cela ARN messager (ARNm). Le processus de synthèse de l'ARNm s'appelle la **transcription** (la séquence d'ADN du gène est transcrite en une séquence d'ARN) et se déroule dans le noyau. L'intérêt de la transcription sera de faire sortir l'information génétique hors du noyau. L'ARN messager (ARNm) est, comme l'ADN, un acide nucléique, c'est-à-dire une molécule formée par l'enchaînement de nucléotides. Cependant, l'ARNm présente plusieurs différences avec l'ADN : Le sucre de chaque nucléotide de l'ARNm est du ribose ($C_5H_{10}O_5$) et non du désoxyribose ($C_5H_{10}O_4$). Il comporte des nucléotides à Cytosine (C), à Guanine (G) et à Adénine (A) mais les nucléotides	Transcription	http://dboudeau.fr/site/?page_id=412 (expériences sur les acétabulaires) http://sibille.svt.1s.free.fr/1s-controles/1s_cntsvt_2012_11_17.pdf	

	à Thymine (T) sont remplacés par les nucléotides à Uracile (U). La molécule d'ARN est constituée par une seule chaîne de nucléotides (1 seul brin) et non par deux. **Les ribosomes et l'ARNr**	Ultrastructure des ribosomes	(Expérience de Brachet p2) http://sibille.svt.1s.free.fr/1s-controles/1s_cntsvt_2011_11_16_corrig%E9.pdf (interprétation de l'expérience de Brachet p 3-4)	
Comparer la structure de la molécule d'ARN à celle de l'ADN (par exemple à l'aide du logiciel Rastop[9]) et établir un tableau comparatif ADN-ARNm. Voir annexe 2	Les ribosomes sont de véritables usines à polypeptides. Ils peuvent être libres dans le cytoplasme ou être fixés au REG. Ce sont des molécules très complexes, formées de deux sous-unités, une petite et une grande. Ces deux sous-unités[12] sont composées d'ARN et de protéines. Les ARN qui se trouvent dans les ribosomes sont des ARN ribosomal (ARNr). Au cours de la synthèse protéique, l'ARNr représente le site d'assemblage des polypeptides (la liaison peptidique s'effectue dans les profondeurs de l'ARNr principales unités catalytiques et le rôle des protéines ribosomales est structural). La petite sous-unité s'insère dans une dépression superficielle de la grande. La synthèse des protéines implique trois sites principaux à la surface du ribosome, les sites E, P et A.		Gilliquet, V., (2009) p. 86 (ARNm intermédiaire) https://online.science.psu.edu/sites/default/files/biol011/Fig-7-14-Ribosome-Structure.jpg (Structure d'un ribosome)	
Insister sur le fait que l'ARNr et l'ARNt présentent les mêmes différences avec l'ADN que l'ARNm mais leur fonction diffère de ce dernier.	**Les ARNt**	Ultrastructure de l'ARNt		

[9] Lien : http://acces.inrp.fr/acces/logiciels/externes/rastop

[12]La petite sous-unité renferme plus de 20 protéines et un brin d'ARN et la grande sous-unité contient plus de 30 protéines et deux brins d'ARN.

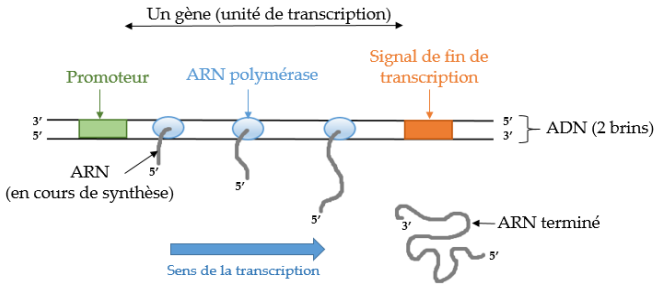
	Un ARN de transfert est constitué d'une petite chaîne de 70 à 80 nucléotides (alors qu'un ARNm en comporte plusieurs centaines). De plus, cette chaîne est repliée dans l'espace grâce à des appariements entre bases complémentaires. La molécule d'ARNt est globulaire : cette configuration spatiale de la molécule ménage deux sites permettant à l'ARNt de remplir deux fonctions distinctes : - fixer un acide aminé spécifique, auquel il se lie par covalence[13] ; - « reconnaître » une séquence déterminée de l'ARNm (un codon, celui qui correspond précisément à l'acide aminé fixé) : cette reconnaissance est assurée par un anticodon complémentaire du codon de l'ARNm. L'anticodon permet à l'ARNt de reconnaître le codon grâce à l'appariement des bases complémentaires.		http://cours.francocite.ca/coursslaf/SBI3U_web/SBI3U_web_unite1/arnt.jpg (Structure d'un ARNt)	
Élève *:* *Décrire le processus de synthèse des protéines (transcription et traduction)*	**Le processus de synthèse des protéines** Chez certains unicellulaires comme les bactéries, la transcription et la traduction sont couplées : les ARNm sont traduits en polypeptides au fur et à mesure de leur synthèse (transcription).	Transcription	http://www.snv	

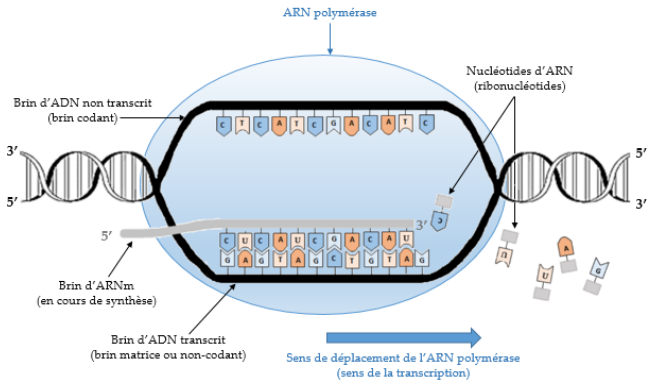
[13] La réaction qui consiste à lier de façon covalente un acide aminé à « son » ARNt est catalysée par une famille d'enzymes apparentées appelée aminoacyl-ARNt-synthétase. Il existe une forme d'aminoacyl-ARNt synthétase pour chacun des 20 acides aminés.

	Par contre, chez les eucaryotes, l'ARN messager, transcrit et maturé dans le noyau, est transféré dans le cytoplasme avant d'être traduit. **Première étape de la synthèse protéique : la transcription** La première étape de la synthèse des protéines est le transfert de l'information de l'ADN. La transcription se déroule en trois étapes : l'initiation, l'élongation et la terminaison de la chaîne d'ADN. **L'initiation** Au niveau de l'ADN, des séquences particulières de nucléotides marquent le début et la fin de la transcription du gène. La transcription débute par l'union d'un complexe enzymatique dont l'enzyme principale est une **ARN polymérase**[14], à un site précis de l'ADN appelé promoteur[15]. Un promoteur est une courte séquence qui n'est pas elle-même transcrite par l'ARN polymérase, mais s'y unit.	Initiation ARN polymérase	.jussieu.fr/vie/dossiers/ADN_Prot/ADN_ARN/ADN_ARN2.html (Animation sur la transcription)	

[14] Les eucaryotes possèdent en fait trois enzymes différentes pour effectuer toutes les transcriptions de leurs ARN dans le noyau: l'**ARN polymérase I** est spécialisée dans la transcription de l'ARNr et reconnaît les promoteurs propres à cette enzyme, l'**ARN polymérase II** est spécialisée dans la transcription de tous les ARNm et l'**ARN polymérase III** transcrit l'ARNt. La structure de son promoteur est aussi spécifique.

[15] Un promoteur des cellules eucaryotes comprend souvent une séquence nucléotidique appelée « boîte TATA » qui contient des bases T et A à répétition.

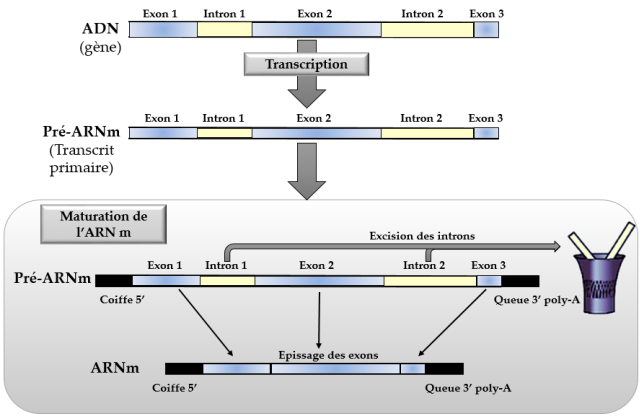
Professeur Donner la séquence double brin d'une portion de gène (par	Une fois unie au promoteur, l'ARN polymérase II commence à dérouler l'hélice d'ADN en brisant les liaisons entre bases azotées (liaisons hydrogène). Les deux brins de l'ADN se séparent : - le brin orienté 3'→5' est appelé brin transcrit (ou brin matrice) ; - le brin orienté 5'→3' est appelé brin codant (ou non transcrit). Annexe 3  **L'élongation** L'ARN polymérase se déplace le long de l'ADN et place des ribonucléotides (libres dans le noyau) en face des désoxyribonucléotides du brin transcrit de l'ADN, par complémentarité des bases. L'ARNm en cours de formation, s'allonge dans le sens 5'→ 3'.	Elongation	http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-	

exemple à partir du logiciel « anagène ») ainsi que la séquence de l'ARNm correspondant et faire comparer cette dernière avec celle des brins 1 et 2 de l'ADN. Faire déduire aux élèves comment obtenir la séquence nucléotidique de l'ARNm à partir de chacun de ces deux brins : La séquence de l'ARNm est identique à celle du brin codant de l'ADN sauf que l'on retrouve des U (uraciles) à la place des T (thymines) ; La séquence de l'ARNm est complémentaire à celle du brin transcrit. Faire observer, par exemple, une	Annexe 4  **La terminaison** À l'extrémité du gène se trouve un site de terminaison (séquence « signal de fin de transcription »). À la fin du message, l'ARN polymérase se détache de l'ADN ainsi que l'ARNm et les deux brins de l'ADN se referment. Un même gène peut être transcrit simultanément par plusieurs ARN polymérases d'où partent des filaments d'ARNm en cours de formation : leur longueur reflète la distance parcourue par l'enzyme depuis le site promoteur. Ce mécanisme	Terminaison	svt/telechargement-logiciel-anagene-2-pour-analyser-les-sequences-nucleotidiques-du-gene-et-d-acides-amines-de-la-proteine-/53304 (logiciel « anagène 2 ») http://raymond.	

micrographie représentant le mécanisme de transcription (voir lien proposé) : insister sur le fait que plusieurs ARNm sont synthétisés en même temps. Ce type de structure est dit en « arbre de Noël ». Le « tronc » de l'arbre est constitué de l'ADN et les « branches » sont autant de molécules d'ARN en cours de synthèse (ce qui nécessite de l'énergie cellulaire sous forme d'ATP).	permet à la cellule une production accrue de la protéine correspondante. **La maturation de l'ARN messager chez les eucaryotes** Dans les cellules eucaryotes, la transcription du gène produit des ARN prémessagers dits primaires car ils doivent être «traités » avant d'être libérés du noyau : la maturation de l'ARN[16] qui consiste en des modifications post-transcriptionnelles, donne la version définitive de l'ARNm. Tout d'abord, les deux extrémités du transcrit primaire subissent des modifications. **La coiffe 5'** Une structure inhabituelle s'ajoute à l'extrémité 5' des ARNm transcrits chez les eucaryotes : c'est la coiffe 5'. Cette coiffe est ajoutée au cours de la transcription. Elle protège l'extrémité 5' de l'ARNm de la dégradation et elle intervient aussi dans l'initiation de la traduction. **La queue poly-A 3'**. Une série de nucléotides à adénine (A) s'ajoute à l'extrémité 3' de l'ARNm formant la queue poly-A 3'. Elle paraît intervenir dans la stabilité de l'ARNm en le protégeant de la dégradation.		rodriguez1.free.fr/Documents/Cellule-genome/adn-arn2.jpg (MET-micrographie de gènes en cours de transcription). https://www.youtube.com/watch?v=wu4Ksonj90g (vidéo transcription et maturation)	

[16] Cela concerne également les ARN qui ne sont pas traduit en protéine (ARNr, ARNt).

Par exemple, illustrer l'épissage alternatif en utilisant le gène de la calcitonine (voir outil-lien proposé).	Puis la structure même de l'ARN prémessager est modifiée. **Epissage de l'ARNm** Chez les eucaryotes, les gènes sont dits morcelés car des séquences codantes appelées exons sont interrompus par des séquences non codantes, les introns. Au commencement, la plupart des transcrits primaires eucaryote (pré-ARNm) sont donc des mosaïques de régions codantes (exons) et de régions non codantes (introns). Avant que l'ARNm ne sorte du noyau par les pores de l'enveloppe nucléaire pour devenir ARNm cytoplasmique mûr, les introns doivent être précisément enlevés (excisés) du transcrit primaire de l'ARNm et les exons doivent être regroupés ensembles. Ce dernier processus est l'épissage de l'ARN.		http://acces.ens-lyon.fr/evolution/logiciels/anagene/programmes-de-1ere-s-2011/expression-de-linformation-genetique/epissage-alternatif/index_html (épissage alternatif)	

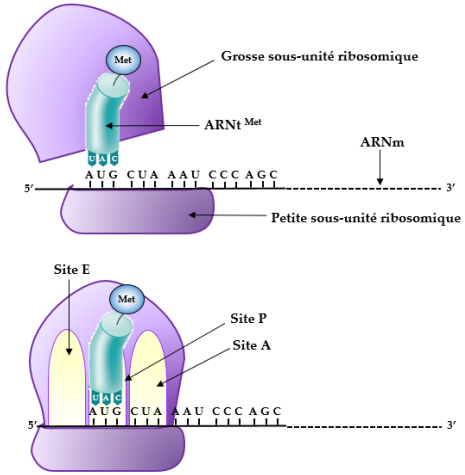
Décrire et interpréter l'expérience de Niremberg et Matthaei (1961, voir outil-lien proposé) pour faire déduire aux élèves qu'une combinaison de 3 nucléotides code pour un acide aminé. Cette expérience ouvre la voie au déchiffrage du code génétique. Comparer la séquence d'un ARNm	Annexe 5  Le morcellement des gènes d'eucaryotes a conduit à réviser le dogme « un gène/une protéine » car les exons d'un ARN pré-messager ne sont pas toujours épissés de la même façon : cela donne naissance à des ARN messagers matures composés d'exons différents et donc à plusieurs protéines. C'est ce qu'on appelle l'épissage alternatif*. Les modifications post-transcriptionnelles produisent une molécule d'ARNm prête pour la deuxième étape de la synthèse protéique. **Deuxième étape de la synthèse protéique : la traduction**	Traduction	http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2984 (expérience de Niremberg et Matthaei https://www.youtube.com/watch?v=Ikq9AcBcohA (vidéo - traduction)	

avec celle de la protéine correspondante pour faire déduire les propriétés du code génétique.	La traduction consiste à « lire » le message génétique de l'ARNm pour construire la protéine correspondante. L'ARNm est donc le support d'une « information » de même nature que celle codée dans le gène : c'est sa séquence nucléotidique qui détermine la séquence c'est-à-dire l'ordre d'enchaînement des acides aminés d'une protéine. Cela se déroule dans le cytoplasme lors de la deuxième étape de la synthèse protéique appelée **traduction (**la séquence des nucléotides de l'ARNm est traduite en séquence d'acides aminés dans la protéine)**.** Pour pouvoir établir une correspondance entre les 20 acides aminés et les 4 nucléotides de l'ARNm symbolisés par l'initiale de leur base azotée (A, U, C, G), il faut considérer des combinaisons de 3 nucléotides, appelées **codons**. Chaque codon code pour un acide aminé. Le code génétique est la table de correspondance entre les 64 codons potentiels (4^3) et les 20 acides aminés universellement répandus dans le monde vivant. Ce **code génétique** présente des **propriétés** : Il est redondant car plusieurs triplets peuvent avoir la même signification, c'est-à-dire coder pour le même acide aminé. Certains codons ne correspondent à aucun acide aminé, ce sont les codons « stop » ou « non-	Code génétique : propriétés	http://www.snv.jussieu.fr/vie/documents/codegenet/# (code génétique - animation à télécharger)	

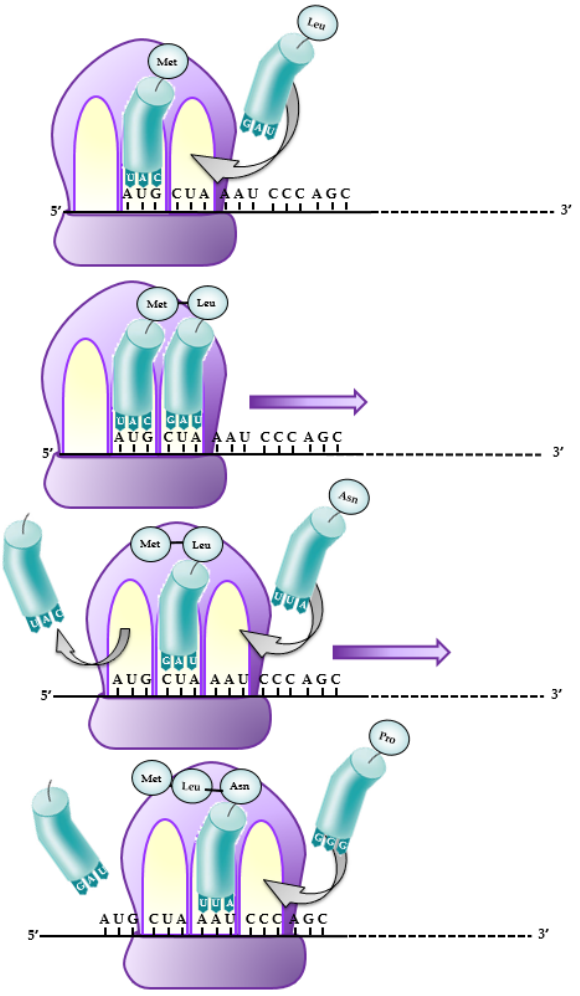
	sens ». Il est universel car un même triplet correspond à un même acide aminé pour tous les êtres vivants (sauf quelques exceptions[17]). Annexe 6 - code génétique C'est grâce à cette universalité du code que des réalisations du génie génétique telles que les transferts de gènes sont possibles. Des gènes peuvent être transférés d'un organisme à un autre. Beaucoup de produits commerciaux, comme l'insuline, utilisée dans le traitement du diabète, sont aujourd'hui fabriqués en introduisant des gènes humains dans des bactéries, qui jouent ainsi le rôle de minuscules usines et produisent des quantités prodigieuses d'insuline. La traduction se déroule en trois étapes principales : l'initiation, l'élongation et la terminaison (les noms des étapes sont les mêmes que ceux de la transcription). **L'initiation** L'initiation débute toujours au niveau d'un codon AUG appelé codon initiateur[18] qui détermine l'assemblage d'un ribosome (grosse + petite sous-unité) sur l'ARNm.			

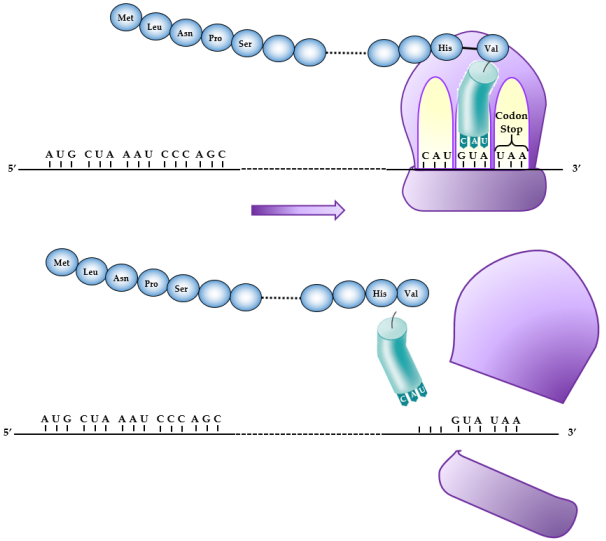
[17] Dans les génomes mitochondriaux, UAG, qui aurait dû être un codon « stop », code le tryptophane, AUA code la méthionine au lieu de l'isoleucine, AGA et AGG ne codent pas l'arginine, mais sont des « stop ». Il y a également de petites différences par rapport au code universel dans les génomes des chloroplastes et des ciliés (groupe de protistes).

[18] Le codon initiateur représente le signal «départ» marquant le début de la traduction dans le message de l'ARNm.

	Une molécule d'ARNt portant une méthionine (notation : $ARNt^{Met}$) se place à la surface du ribosome au site P et la synthèse de la protéine ou du polypeptide démarre. A proximité, deux autres sites: le site A où les ARNt porteurs des acides aminés se fixeront, et le site E (« Exit », site de sortie) où les ARNt « déchargés » (sans leur acide aminé) quitteront le ribosome. Annexe 7 – L'initiation  **L'élongation** Une nouvelle molécule d'ARNt possédant l'anticodon approprié se fixe au codon de l'ARNm au site A. Quand le deuxième ARNt s'unit au		https://www.youtube.com/watch?v=YjsxooFWqFY (synthèse protéique)	

	ribosome, il place son acide aminé directement à côté de la méthionine initiale, encore fixée à sa molécule d'ARNt, elle-même encore attachée au ribosome. Les deux acides aminés subissent une réaction chimique catalysée par la grosse sous-unité ribosomale, qui libère la méthionine initiale de son ARNt et la fixe au deuxième acide aminé par une **liaison peptidique**. Par un processus de translocation, le ribosome avance ensuite de trois nucléotides (un codon) le long de la molécule d'ARNm dans le sens 5'→3'. Ce déplacement pousse le premier ARNt au site E et l'éjecte du ribosome, il place la chaîne polypeptidique en croissance (formé, à ce moment, de deux acides aminés) au site P et il expose le codon suivant de l'ARNm au site A. Quand apparaît une molécule d'ARNt qui reconnaît ce codon, elle s'y unit au site A et place son acide aminé près de la chaîne en croissance. La chaîne fixe ensuite le nouvel acide aminé et tout le processus se répète.	Liaison peptidique		

	Annexe 8 – L'élongation  	Elongation		

	La terminaison L'élongation se poursuit de cette façon jusqu'à l'exposition d'un codon stop (par exemple UAA comme dans le schéma suivant) au niveau du site A du ribosome. Il n'existe pas d'anticodon complémentaire à ce codon stop. Cela met fin à la traduction : le ribosome se dissocie et la protéine est libérée dans le cytoplasme. Annexe 9 – La terminaison  Dans les cellules eucaryotes, les ribosomes peuvent être libres ou liés. Tous les ribosomes	Terminaison		

	sont identiques et ils peuvent passer de l'état libre à l'état lié. Les ribosomes libres sont en suspension dans le cytoplasme et synthétisent surtout des protéines intracellulaires (qui restent dans le cytoplasme où elles remplissent leurs fonctions). Les ribosomes liés sont fixés à la face cytoplasmique du réticulum endoplasmique rugueux (RER), ou à celle de l'enveloppe nucléaire ; ils synthétisent les protéines des membranes intracellulaires (membrane plasmique, membranes de l'enveloppe nucléaire, membranes de l'appareil de golgi…) ainsi que celles qui doivent être sécrétées à l'extérieur de la cellule (comme l'insuline). Toutes les protéines à exporter de la cellule suivent le même trajet : RER → vésicules de transport → appareil de Golgi → vésicules de sécrétions → expulsion de la protéine par exocytose.			
Élève *Identifier, à partir de documents, les principales causes des mutations et leurs possibles conséquences (au niveau des cellules germinales et des cellules somatiques).*	Certaines mutations[19] ont pour cible les gènes. Lorsqu'elles ne modifient pas la nature de l'acide aminé correspondant, on les considère comme silencieuses. Ceci est possible grâce à la redondance du code génétique. Il n'y aura donc aucune conséquence.			**4P**

[19] Les origines des mutations ont été abordées dans l'UAA3

Distinguer une maladie chromosomique d'une maladie génétique. **Professeur** Illustrer la mutation non-sens par l'exemple de l'allèle o (voir outil-lien).	D'autres mutations aboutissant à l'absence d'AA à cause d'un codon stop (mutation non-sens), et résultant du remplacement ou de la délétion de nucléotides, modifient fortement la chaîne des acides aminés, l'allongent ou la raccourcissent. Si ces mutations touchent les cellules non sexuelles (mutations somatiques), seul l'individu ou la cellule sera touché. Si les mutations touchent les cellules sexuelles (mutations germinales), elles peuvent donner naissance à un nouvel allèle, le nouvel allèle sera transmis à la descendance. Ces mutations peuvent être à l'origine de maladies héréditaires (**maladies génétiques**). Au cours de la méiose, des erreurs peuvent toucher les chromosomes. Il peut s'agir de cassures (**délétions**), d'**insertions** de fragments, d'échanges entre chromosomes non homologues (**translocations**), de **duplications** ou **inversions** au sein d'un même chromosome. Ces erreurs peuvent engendrer de nombreuses pathologies. Dans d'autres cas, les lots de chromosomes	Maladie génétique Délétion Insertion Translocation Duplication Inversion Polyploïdie	http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/dyna/adn-du-genotype-au-phenotype/le-phenotype-groupes-sanguins/enseigner/comparaiso	

Montrer aux élèves des exemples de maladies génétiques (voir exemple de la drépanocytose de l'UAA3). Faire analyser par les élèves des caryotypes de patients touchés par des anomalies chromosomiques.	peuvent être modifiés. La **polyploïdie** est la présence de plusieurs lots de chromosomes. Chez l'Homme, la cause est souvent due à une fécondation par deux spermatozoïdes et elle aboutit à un avortement spontané. L'**aneuploïdie** est caractérisée par l'absence d'un chromosome ou la présence d'un chromosome surnuméraire. Chez l'Homme, ces cas sont associés à des anomalies importantes (exemples : la trisomie 21, le syndrome de Klinefelter…). On parle de **maladies chromosomiques**.	Aneuploïdie Maladie chromosomique	n-des-alleles-de-a-b-et-o	
Élève *A partir de documents, montrer que plusieurs gènes peuvent intervenir dans la réalisation d'un même phénotype.* **Professeur** Parler de la couleur de la peau (plusieurs gènes et environnement) **Elève** *A partir de documents, montrer*	Certains caractères sont sous la dépendance d'un seul gène (ex : cas de la drépanocytose…). Lorsqu'un caractère subit l'influence de plusieurs gènes différents on parle de **polygénisme**. Ces gènes peuvent agir avec des effets additifs, comme par exemple dans la détermination de la couleur de la peau chez l'Homme. Des allèles de certains gènes peuvent également masquer l'expression d'un allèle d'un autre gène (on parle d'épistasie), c'est le cas notamment pour l'expression des gènes de la couleur du pelage de la souris. En fonction de l'environnement, plusieurs phénotypes peuvent correspondre à un même génotype. Par exemple, on peut observer des variations de couleur à différents endroits du	Polygénisme	http://www.cstfelicien.qc.ca/Scinat/101nya/labos/lignage/caractereconnus.htm#Peau. Couleur de la peau.	**2P**

l'influence de l'environnement sur le phénotype. *Mettre en œuvre une démarche d'investigation pour découvrir l'implication de quelques gènes et l'influence de l'environnement lors du développement de certaines maladies.*	corps de certains animaux, comme les chats siamois. Un même allèle contrôle ces couleurs mais il va s'exprimer de manière différente selon la température de la peau. L'allèle concerné contrôle la synthèse d'une enzyme, la tyrosinase, intervenant dans la synthèse de la mélanine. Cette enzyme est thermosensible. Aux endroits les plus chauds du corps, le pelage des animaux sera clair, par contre, dans les zones les plus froides, il se colorera. D'autres facteurs comme l'alimentation, les conditions physico-chimiques, l'exposition à la lumière du soleil peuvent exercer également des influences sur les phénotypes. Le **cancer** est une maladie génétique des cellules somatiques. Il s'agit d'une multiplication sans contrôle d'une cellule somatique, jusqu'à la formation d'une tumeur et éventuellement de métastases (ensemble de cellules cancéreuses qui, issues d'un organe, migre vers un autre organe). La cellule se cancérise si plusieurs gènes sont déréglés. Les proto-oncogènes agissent positivement sur la croissance et la division cellulaire. Lorsqu'ils sont mutés, on les appelle **oncogènes**. Les **gènes suppresseurs de tumeurs** contribuent normalement à l'élimination des tumeurs (régulateurs négatifs de la prolifération cellulaire).	Cancer Oncogènes Gènes suppresseurs de tumeurs		

Élève *A partir d'un arbre généalogique humain, interpréter la transmission d'un caractère (par exemple : lié à une maladie génétique) et établir la relation entre les phénotypes et la séquence d'ADN.*	La notion de **phénotype** peut se définir à l'échelle de l'organisme (**macroscopique**), à l'échelle **cellulaire** et au niveau **moléculaire**. Par exemple, pour le cas de la drépanocytose La drépanocytose est une maladie qui touche des millions d'individus dans le monde. Ses principales manifestations sont une anémie chronique et des crises d'anémie aigüe. La mortalité est élevée chez les enfants car les fonctions de la rate sont atteintes. L'adulte souffre de thromboses et d'infections pulmonaires. Il existe des individus sains ou malades, les différences cellulaires se marquant au niveau de l'aspect des globules rouges. Si on observe au microscope électronique à balayage les hématies des individus atteints de drépanocytose, elles présentent une forme de faucille, d'où le nom de cette maladie (en grec : *drepanon* = serpe). Les hématies en faucille sont fragiles, elles se cassent fréquemment (anémie) .Elles sont moins déformables et peuvent se bloquer dans des capillaires. L'hémoglobine des individus atteints présente un changement au niveau du sixième acide aminé de la chaîne β. Ce sont les protéines qui déterminent en général le phénotype. Une variation de phénotype est le résultat d'une variation de la protéine qui lui correspond et cette variation est héréditaire (rappel mutations de l'UAA3).	Phénotype macroscopique, cellulaire, moléculaire		**2P**

Élève *A partir de documents, montrer l'importance des gènes homéotiques ou architectes (gènes Hox) dans le développement d'un être vivant (par exemple : l'Homme, la mouche,…).* **Professeur** Envisager l'exemple de la polydactylie (voir outil-lien)	Les **gènes homéotiques** ou gènes du développement, appelés aussi gènes architectes interviennent dans la mise en place du plan d'organisation des êtres vivants (axes antéro-postérieur, dorso-ventral, place des organes et membres). D'abord identifiés chez la drosophile ou mouche du vinaigre, leur présence a été révélée également chez les vertébrés. Ce sont des fragments d'ADN assez longs qui comprennent des séquences d'environ 180 nucléotides appelées homéoboîtes qui codent pour des protéines de 60 acides aminés (homéodomaines) qui peuvent se fixer précisément sur l'ADN et peuvent donc en contrôler l'expression (activer ou inhiber la transcription de l'ADN). Certaines mutations de ces gènes du développement (mutations homéotiques) peuvent entraîner le changement d'une partie du corps en une autre.	Gènes homéotiques	http://acces.ens-lyon.fr/evolution/evolution/accompagnement-pedagogique/accompagnement-au-lycee/terminale-2012/diversification-genetique-des-etres-vivants/genes-du-developpement-et-evolution-morphologique/polydactylie/polydactylie-application-pedagogique	**2P**
Élève *A partir d'un document, décrire de manière simple une application concrète des biotechnologies (par exemple : production d'OGM, thérapie génique,…).*	Les **OGM** (organismes génétiquement modifiés) sont issus du transfert d'un gène étranger dans un organisme (**transgénèse**). Ce transfert a lieu par exemple par intégration du transgène dans un plasmide bactérien. *Escherichia coli* (bactérie présente dans notre intestin) fut la première bactérie utilisée mais cette pratique a été étendue	OGM transgénèse	Gilliquet.V., (2009), p. 116 à 126. Delvigne.M., (2012), p.46 à 54.	**2P**

A partir de la lecture de différents documents, participer à un débat contradictoire argumenté scientifiquement (ou faire réaliser par les élèves un argumentaire scientifique) sur le développement des biotechnologies (avantages, inconvénients et problèmes éthiques liés par exemple à l'utilisation des OGM, au diagnostic prénatal des maladies héréditaires, à la thérapie génique chez l'Homme …).	à d'autres microorganismes. Les plasmides ont la propriété de se multiplier très rapidement et de se transmettre d'une bactérie à l'autre. Pour réaliser une transgénèse, il est nécessaire d'identifier le gène d'intérêt à transférer et de l'isoler. Une enzyme spécifique va découper l'ADN de l'espèce en plusieurs fragments. Les fragments d'ADN sont séparés et triés afin d'isoler le gène d'intérêt. Une autre enzyme ouvre le plasmide de la bactérie « receveuse ». Une autre enzyme encore, l'ADN ligase permet de souder le gène dans le plasmide. Celui-ci va devenir le vecteur du gène. En cultivant les bactéries sur un milieu nutritif, celles-ci se multiplient et permettent la reproduction rapide du gène. Cette technique élargie a permis la production à grande échelle de protéines comme l'insuline (utilisée pour soigner les diabétiques) ou des enzymes à usage alimentaire. Les applications utilisant des OGM se retrouvent dans le domaine biotechnologique pharmaceutique ou agricole. Par exemple, un gène a été introduit chez certaines espèces végétales, essentiellement le maïs, afin de leur conférer une résistance par l'intermédiaire d'une protéine pouvant tuer la larve dévastatrice d'un insecte, la pyrale (*Ostrilia nubilalis*). Grâce à cette technique, on peut faire synthétiser une brebis par		http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/therapie_genique/therapie_genique.htm http://www.ligue-cancer.net/article/7495_la-therapie-genique https://www.youtube.com/watch?v=jAo-iZXV2VM (transgénèse-souris verte)	

	exemple, des protéines humaines comme le facteur de coagulation humain qui sera ensuite récupéré dans le lait. D'autres organismes voient certaines de leurs productions modifiées (meilleure qualité du lait, croissance plus rapide, etc.). Néanmoins, de nombreux points d'interrogation persistent quant aux effets des OGM sur la rentabilité du système, l'impact sur l'environnement voire la santé des consommateurs même si dans ce dernier cas il n'y a encore aucune donnée scientifique… De plus, certaines grandes multinationales qui produisent des herbicides et des pesticides se sont approprié le marché des OGM et la vente de graines génétiquement modifiée ce qui rend les agriculteurs dépendants. Les applications médicales de la transgénèse sont nombreuses. Elles permettent par exemple la diminution des risques de rejets lors de xénogreffes sur les humains. La **thérapie génique** se base sur l'utilisation de la transgénèse dans le but de soigner certaines maladies génétiques. La thérapie génique somatique consiste à agir sur l'individu malade notamment grâce à des virus modifiés, capables de transférer un gène fonctionnel mais incapables de se reproduire dans les cellules. Des maladies comme la mucoviscidose pourraient voir leur	Thérapie génique		

	traitement s'améliorer grâce à ces méthodes encore en test. La thérapie génique *ex vivo* consiste en un prélèvement de cellules chez un individu malade et une modification génétique de ces cellules grâce à des vecteurs. Elles sont ensuite réimplantées.			
Élève *A la lumière de la théorie néodarwinienne, critiquer les arguments développés dans des théories (par exemple : le fixisme, le créationnisme, le lamarckisme,…). qui tentent d'expliquer l'origine et l'évolution de la vie à la surface de la Terre.* **Professeur** A l'époque de Darwin, il existait très peu d'éléments de « transition » parmi les fossiles. Actuellement, on dispose de beaucoup plus d'indices pour étayer sa thèse. Le travail pourra se concevoir à partir d'une recherche documentaire et la réalisation d'un travail par les élèves ainsi qu'une	Les sciences naturelles sont nées à une époque où dominait la pensée fixiste. Cette pensée prend son origine chez Aristote. Elle stipule que les espèces ont été créées par la main divine et sont immuables. Elle met l'Homme au-dessus de tout. La théorie du **fixisme** trouve chez Linné (1707-1778) son plus célèbre représentant, qui considère que toutes les espèces ont été créées en l'état et que l'Homme est la créature parfaite. La systématique de Linné veut rendre intelligible le plan de la création. Au 18e siècle, on remarque l'abandon du fixisme au profit du **transformisme**. Jean-Baptiste Monet, chevalier de Lamarck (1744-1829) est l'auteur de la première théorie basée sur le transformisme : le **Lamarckisme**. Il affirme que : L'emploi d'un organe chez un animal le développe, son défaut d'utilisation au contraire l'affaiblit ; les changements acquis par les corps des êtres vivants peuvent se transmettre à leur descendance (loi de caractères acquis). De nombreux scientifiques de l'époque, dont	Fixisme Transformisme Lamarckisme	http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/histoire-de-la-vie-histoire-de-la-terre.html http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/ancien_site/outils/evoluti3/theories.htm http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1357400437792/0/fiche___ressourcepedagogique/&RH=1353523659957	**2P**

présentation orale sous forme de débat. Rappeler les expériences de Weismann avec des souris à queue amputée	Cuvier (1769-1832), le fondateur de la paléontologie et de l'anatomie comparée s'opposèrent aux idées émises par Lamarck. Pour Cuvier par exemple, les fossiles ont complètement disparu de la nature et ne sont pas rattachables aux espèces actuelles. Il explique les changements de faune par des catastrophes. Quelques penseurs, scientifiques ou philosophes eurent, durant la deuxième moitié du 18e siècle, des intuitions transformistes, comme Buffon, Erasmus Darwin… Cinquante ans après la publication de Lamarck paraît « *De l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle* » » de Charles Darwin. Darwin s'est vu confronté à des difficultés pour faire admettre la théorie de la modification des espèces au moyen de la sélection naturelle du temps de son vivant. À cette époque, la difficulté d'expérimenter posait problème et deux éléments importants étaient encore à découvrir : la génétique, dont la redécouverte des lois de Mendel , les causes des variations au sein des populations. Depuis sa publication en 1859, la théorie darwinienne fut complétée plusieurs fois. Auguste Weismann (1834-1914) donna naissance au **néodarwinisme** en remettant en cause l'hérédité des caractères acquis. Le néodarwinisme fut ensuite enrichi par les lois	Néodarwinisme	Delvigne.M., (2012), p. 60 à 65. Fortin.C.,(2009), p.23 à 26. Gilliquet.V., (2009), p.186,187. Fortin.C., (2009), p 26 à 53. http://crdp.ac-bordeaux.fr/sciences/reformeLyc/svt/precurseurs.pdf,	

	de Mendel (1822-1884). Les facteurs héréditaires, supposés par les lois statistiques de Mendel, furent identifiés comme étant portés par des chromosomes. Autour de Thomas H Morgan (1866-1945), des généticiens identifièrent les mutations comme source potentielles de variations. La génétique des populations permet d'étudier la distribution et les changements de la fréquence des allèles dans les populations et leurs variations dans le temps sous l'influence de pressions évolutives. Ainsi, la théorie de l'évolution fut enrichie et devint une synthèse de multiples disciplines. La théorie synthétique de l'évolution (≅1950) est actuellement reconnue comme l'une des théories scientifiques les plus solides par la communauté des scientifiques. Elle reprend le principe des variations induites par les mutations, la nature chromosomique de l'hérédité et la théorie de la sélection naturelle. Elle continue à être enrichie par les découvertes actuelles.			
Élève *A partir de documents montrer que la biodiversité au niveau des écosystèmes et au niveau des espèces se modifie au cours des principales ères géologiques.*	Rappel : les grandes extinctions ont été abordées dans l'UAA4. Depuis le commencement de la vie (3,5 milliards d'années), la croissance de la biodiversité a pu	Crises biologiques	http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/histoire-de-la-vie-	**2P**

Professeur Faire construire une échelle de temps à partir de quelques données chiffrées (voir outil-lien proposé) **Professeur** Par exemple, utiliser le cas de l'évolution des cétacés (voir outils-liens proposés) **Élève** *Identifier les conditions probables qui ont permis l'apparition de la vie sur Terre.* **Professeur** Faire commenter les expériences d'Oparine et Haldane, Miller et Urey, etc.	être mise en évidence. Néanmoins, des extinctions massives (**crises biologiques**) ont modifié la biodiversité au cours de certaines périodes. Si nous considérons la biodiversité à son stade actuel, on peut constater que seulement une très petite partie des espèces ayant existé sur la terre n'est représentée par les animaux actuels De l'Antiquité jusqu'au milieu du 19e siècle, les savants ont éprouvé énormément de difficultés à aborder objectivement le sujet de l'origine de la vie. Pendant des siècles, la seule théorie admise a été celle de la génération spontanée. Louis Pasteur, en 1860, démontra, par l'intermédiaire de la stérilisation, que la vie ne pouvait venir spontanément de la matière inanimée. **L'origine de la vie** est encore l'objet de spéculations quant aux premières synthèses entre les éléments CHONPS menant à la formation de molécules à squelette d'atomes de carbone et par la suite à des molécules plus complexes. La Terre se forme vers - 4600 millions d'années (MA). Oparin et Haldane mirent en évidence dans les années 1920, l'importance de la composition de l'atmosphère primitive de la Terre. Elle aurait été composée de gaz comme le CH_4, l'H_2O, le NH_3, le CO_2, et le H_2S.	Origine de la vie	histoire-de-la-terre/page-single-articles/article/origine-et-causes-des-extinctions.html (causes des extinctions) http://www.academie-en-ligne.fr/Ressources/7/SN20/AL7SN20TEPA0011-Sequence-05.pdf http://www.maxicours.com/se/fiche/8/6/124268.html/3e (construction d'une échelle de temps) http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/geoscie	

	Les radiations UV venant du soleil, les décharges électriques que sont les éclairs, ainsi que les volcans, ont fourni une source énergétique entraînant par l'intermédiaire de réactions complexes la formation de nouvelles molécules, composées de C-H-O-N (carbone-hydrogène-oxygène-azote), des molécules qu'on dit organiques. C'est le bouillon primitif, la soupe primitive. Dans cette soupe primitive, les molécules organiques ont évolué vers les molécules du vivant. En 1953 Stanley Miller et Harold Urey, prix Nobel de chimie, à l'Université de Chicago reconstituèrent en laboratoire les conditions postulées par Oparine et Haldane pour l'apparition des molécules de la vie (production de 4 acides aminés). Ces molécules plus complexes se sont sans doute formées vers -3800MA. Parmi les milieux présentant des conditions potentiellement favorables à la synthèse et au maintien des molécules organiques, on relève les sources hydrothermales et les météorites aux alentours de 4000MA. Les acides nucléiques, pouvant se répliquer sans intervention d'enzymes et catalyser les réactions menant à la synthèse des protéines apparaissent. Ensuite, l'ADN devient la molécule conservant l'information génétique.		nces/biosphere/Liens/Lien%20Origine%20vie/Lien%20origine%20vie.htm http://www.nirgal.net/ori_life1.html (origine de la vie, expériences) http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/a-la-recherche-des-parentes/page-single-videos-dvd/article/les-pattes-des-baleines.html https://sites.google.com/site/svtlagrangeleclerc/activite-3eme/des-	

	Entre 3800 et 3500 MA apparaît la vie sans doute par la formation de petites vésicules. Ce sont les diverses voies métaboliques apparues qui ont sans doute permis l'évolution métabolique par l'intermédiaire de l'ATP apparu librement dans l'environnement. LUCA (Last Universal Common Ancestor) est considéré comme l'ancêtre commun de tous les organismes actuels. Espèce d'espèce Les molécules prébiotiques[20] auraient peut-être d'abord utilisé un mécanisme qui leur aurait permis d'user des produits organiques du milieu : le mécanisme de la fermentation. Un second mécanisme serait apparu, la photosynthèse, utilisant comme source d'énergie, l'énergie solaire. Néanmoins, il existe des bactéries qui réalisent des photosynthèses sans production de dioxygène. Le dioxygène aurait été utilisé lors d'un troisième mécanisme : la respiration aérobie. Le dioxygène va s'accumuler dans l'atmosphère et la couche d'ozone va se former, protégeant la vie des radiations UV. Entre 2 et 1,2 milliards d'années apparaissent les cellules eucaryotes par l'intermédiaire de la perte de la paroi, l'augmentation de la taille de la cellule, la formation de vésicules d'endocytose		cetaces-fossiles-et-actuels (exercice sur les cétacés) http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/ http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s4/diversification.vie.html Delvigne.M., (2012), p .92 à 97. Gilliquet.V., (2009), p.214 à 217. Fortin.C., (2009), p.503 à 515. http://www.cnd	

[20] Une molécule prébiotique qualifie une molécule organique formée sans l'intervention d'êtres vivants

	pouvant avoir donné naissance au RE et à l'enveloppe nucléaire et des associations endosymbiotiques[21] engendrant les mitochondries et les chloroplastes. Les pluricellulaires seront présents vers 1000MA		p.fr/evolution-des-especes/a-la-recherche-des-parentes/page-single-videos-dvd/article/dvd-nbspespeces-despecesnbspnbspnbspluca-lancetre-commun.html	
Élève *Expliquer à l'aide d'un arbre phylogénétique (par exemple : celui des vertébrés) que la classification scientifique actuelle des êtres vivants se fonde sur la théorie de l'évolution.* **Professeur** Utiliser par exemple l'arbre fourni en annexe. Sur base de recherches documentaires sur quelques	Les organismes anciens présentent entre eux des structures ressemblantes appelées **structures homologues**. Elles ne sont pas forcément explicables par des nécessités fonctionnelles et peuvent aussi être altérées ou moins visibles chez certaines formes. L'homologie suivant la définition darwinienne est considérée comme une structure identique partagée par deux organismes sous-entendant l'existence d'un ancêtre commun. Le fait que les organes homologues ne sont pas pour autant identiques implique donc la « descendance avec modification », concept de base de la théorie de l'évolution. La paléontologie a permis la mise à jour d'organismes qui sont probablement très proches des **ancêtres communs**	Arbre phylogénétique Structures homologues Ancêtre commun	Gilliquet.V., (2009), p.236 à 251. Delvigne.M., (2012),p.81, 82. http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Vie/Evolution/Fossile-Evolution.pdf http://darkantoi	**2P**

[21] L'**endosymbiose** est la coopération mutuellement bénéfique entre deux organismes vivants, donc une forme de symbiose, où l'un est contenu par l'autre

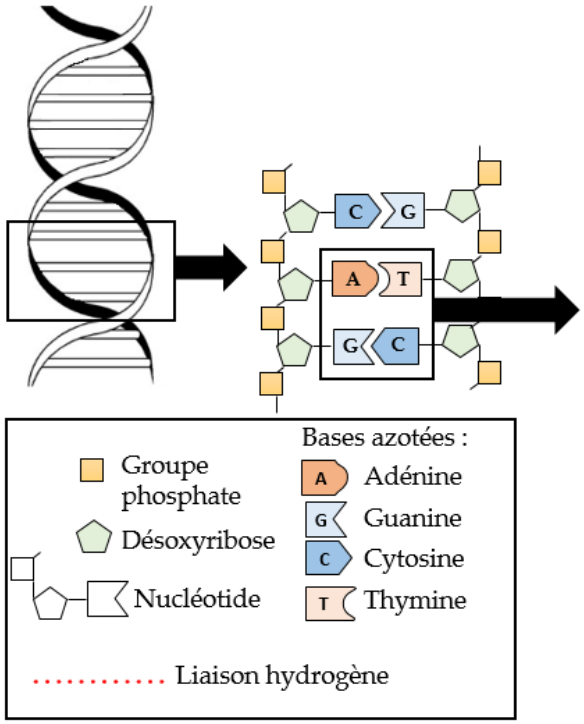
membres de la lignée humaine (par ex : Tumaï , *Autralopithecus* (Lucy), *Homo habilis, Homo erectus, Homo sapiens*…) établir un tableau comparatif (morphologie, mode de vie,…) **Elève** *Retrouver des liens de parenté entre êtres vivants à partir de données anatomiques, embryologiques, moléculaires ou paléontologiques.* **Professeur** Faire réaliser des observations en visitant, par exemple, un musée	**hypothétiques**. L'abondance de certains groupes de fossiles présents dans les sédiments montre d'importantes variations de diversité, avec certains événements d'extinctions importants que l'on peut attribuer à des modifications du milieu, mais également avec une augmentation de la diversité (dont une spéciation) intensive sur des durées géologiquement brèves. La paléontologie est une science descriptive importante pour argumenter la théorie de l'Évolution. Elle ne peut pas mettre en évidence les mécanismes internes (au point de vue génétique et dans la traduction du génotype en un phénotype) de l'Évolution. Mais elle renseigne sur la dimension temporelle que l'étude des organismes actuels n'apporte pas. Malgré des différences importantes, qui peuvent être marquées en début et en fin de développement, il existe un stade de développement embryonnaire où les vertébrés sont semblables. Au cours de l'évolution, un caractère peut se transformer, c'est-à-dire passer d'un état (dit **ancestral**) à un autre (dit dérivé). L'état dérivé est donc une **innovation évolutive** qui, si elle confère un avantage à son porteur, sera transmise à tous les descendants. L'innovation évolutive est donc une innovation génétique (*mutation*) fixée dans	hypothétique Caractère ancestral Innovation évolutive	ne.free.fr/cours/SVT-Partie1-Chap1.pdf	

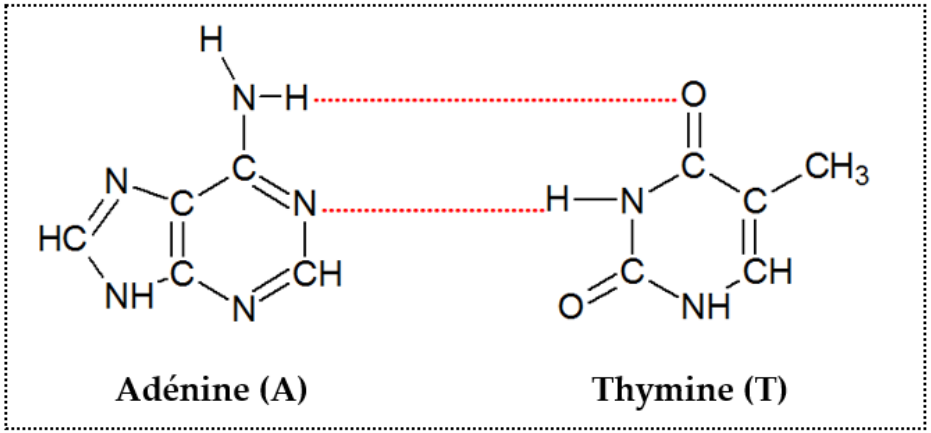
d'histoire naturelle, grâce à ces dissections (membres antérieurs de vertébrés,…).	une population ou une *espèce* parce qu'elle constitue une modification d'un caractère (phénotype) qui va apporter un avantage à son porteur par rapport à l'état de caractère ancestral. La présence de cette innovation évolutive est une signature de parenté. Par exemple, l'écaille est un état ancestral qui a évolué soit vers la plume chez les oiseaux soit vers le poil chez les mammifères. Le fait de posséder des poils est donc un signe de parenté. Un **clade** regroupe **l'ancêtre commun** avec tous ses descendants qui possèdent une même innovation évolutive.	Clade Ancêtre commun		
Élève *A partir de l'analyse d'un document, ou d'une visite au musée, décrire et interpréter un arbre phylogénétique montrant la place de l'Homme au sein des vertébrés et parmi les primates.*	L'homme est un primate (ongles plats, pouce opposable aux autres doigts, appareil visuel adapté à une excellente perception du relief (position des yeux permettant une vision stéréoscopique)). On appelle lignée humaine (hominidés) un ensemble de formes issues d'un ancêtre commun aux hominoïdes. Cette histoire est jalonnée par de nombreux restes fossiles mais reste néanmoins lacunaire. On situe dans une fourchette de 6,6 à 9 millions d'années la divergence entre la lignée humaine et celle des autres hominoïdes (chimpanzés, bonobos). On constate que l'évolution de la lignée humaine est buissonnante: les différentes espèces d'hominidés connues ne sont pas les ancêtres les unes des autres, plusieurs espèces ont vécu au	Primate Lignée humaine Evolution buissonnante	http://svt.lycee-desfontaines.eu/IMG/UserFiles/Images/TSobligatoire2013-2014/1A-GENETIQUE%20ET%20EVOLUTION/chapitre4/chapitre%204%20-%20homme%20parmi%20les%20primates.docx	**2P**

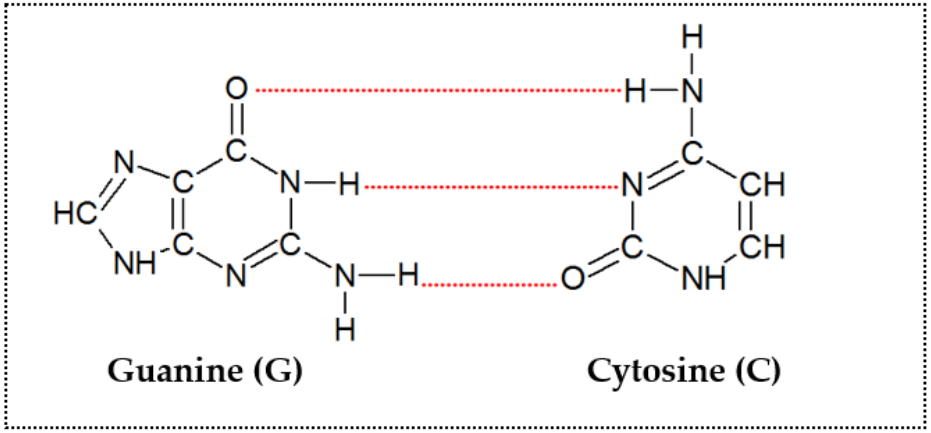
Identifier (à partir de documents, de visites de musées,…) des critères anatomiques d'appartenance à la lignée humaine.	même moment Par ailleurs, on peut relever, dans la lignée humaine : - des caractères liés au perfectionnement de la bipédie comme la forme du bassin ; - - un développement plus grand des os du membre inférieur par rapport aux membres supérieurs ; - un trou occipital en position avancée ; - une augmentation du volume crânien en lien avec le développement du cerveau ; - des modifications de la mâchoire et l'aplatissement du squelette de la face…		http://jeanvilarsciences.free.fr/?page_id=667 (Evolution des espèces et unité du vivant)	
Évaluation formative R-C-D				**1P**[22]
Evaluation certificative R-C-D				**1P**

[22] Le nombre et le moment des évaluations restent du domaine de la liberté pédagogique du professeur et sont indiqués ici à titre indicatif.

Annexe 1*- Structure de l'ADN

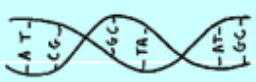




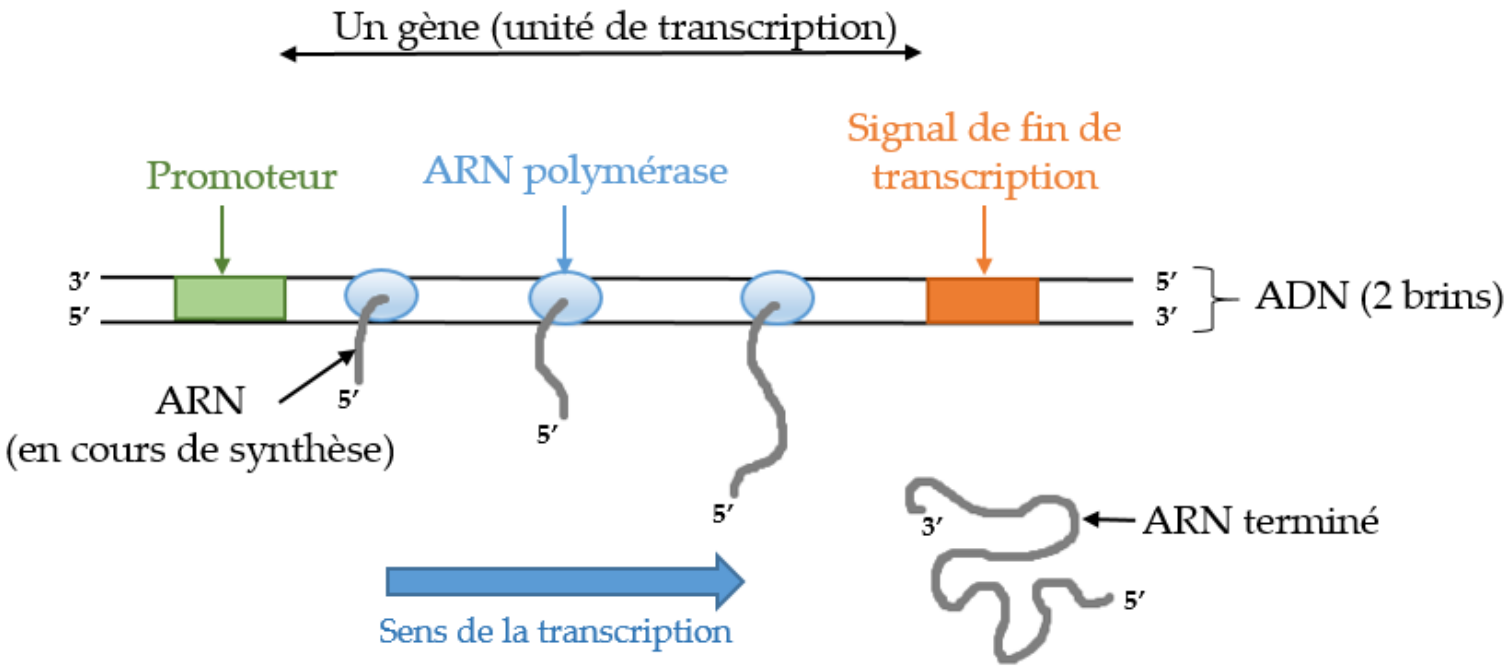


* Les formules des différentes bases azotées sont représentées à l'aide du logiciel ACD /Chemsketch (logiciel gratuit de chimie à télécharger).

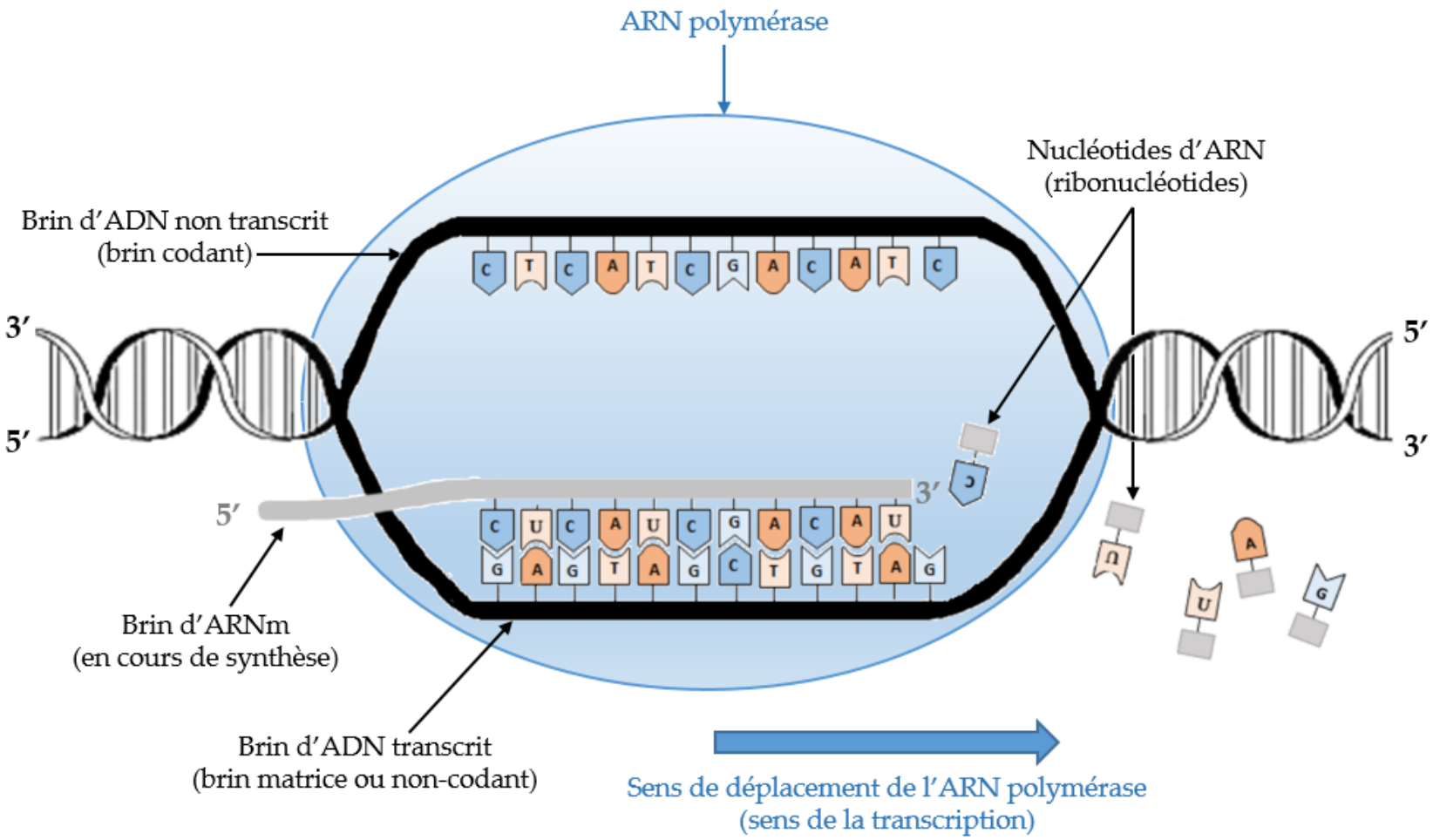
Annexe 2 – Tableau comparatif ADN/ARNm

Caractéristiques	ADN	ARN_m
Sucre (Glucide)	désoxyribose ($C_5H_{10}O_4$)	ribose ($C_5H_{10}O_5$)
Bases azotées	Cytosine (C), Guanine (G), Adénine (A) et **Thymine** (T)	Cytosine (C), Guanine (G), Adénine (A) et **Uracile** (U).
Structure	Bicaténaire (2 brins) 	Monocaténaire (1 brin) 
Nombre de nucléotides	10^6 à 10^8 nucléotides par chromosome	100 à 200 nucléotides
Processus de synthèse	Réplication semi-conservative à partir d'un modèle ADN	Transcription à partir d'un modèle ADN
Fonctions	Contient l'information génétique nécessaire à la synthèse des protéines	Transmission de l'information génétique de l'ADN au cytoplasme pour la traduction

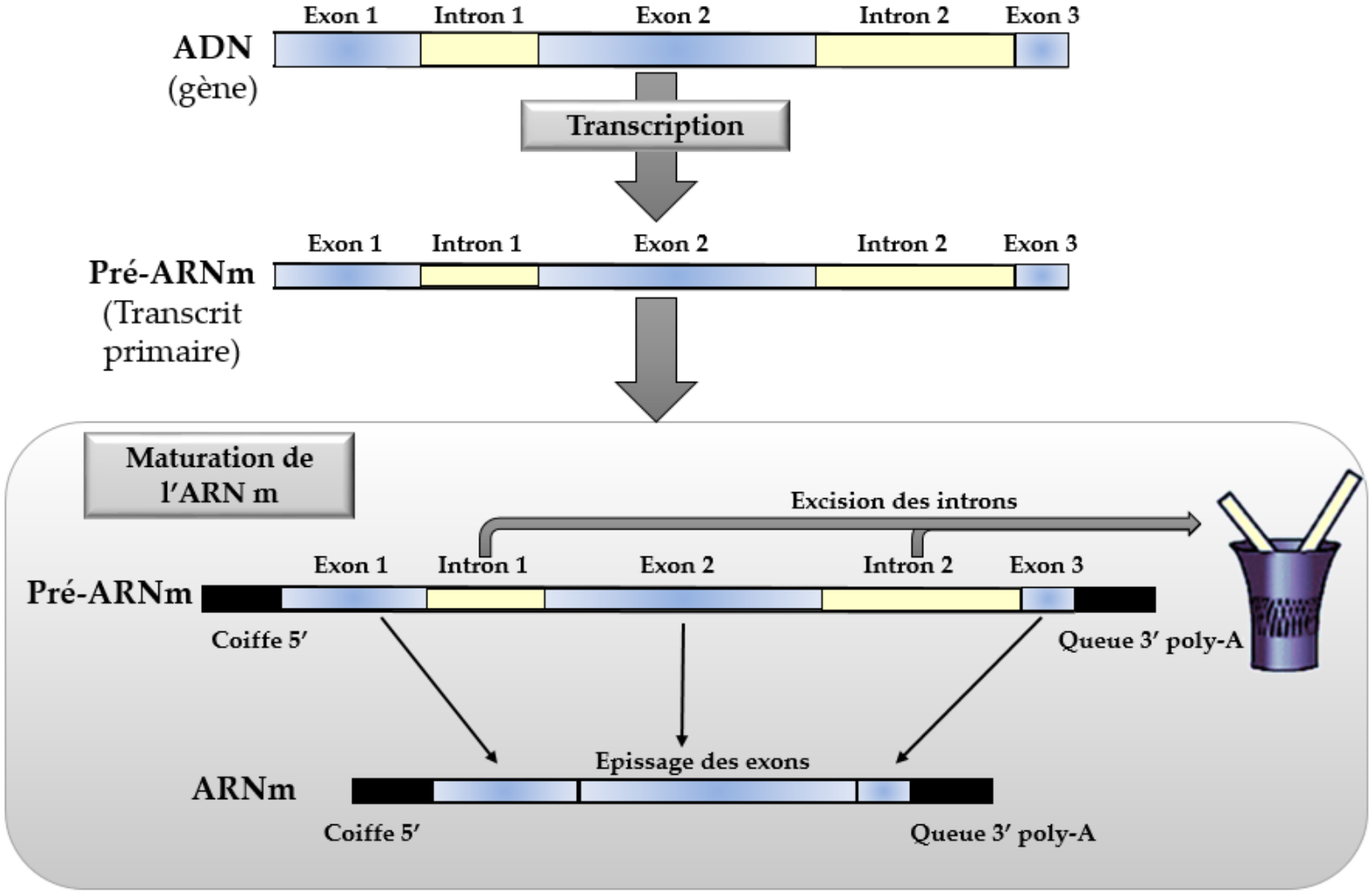
Annexe 3 - la transcription d'un gène



Annexe 4 - l'élongation de la transcription



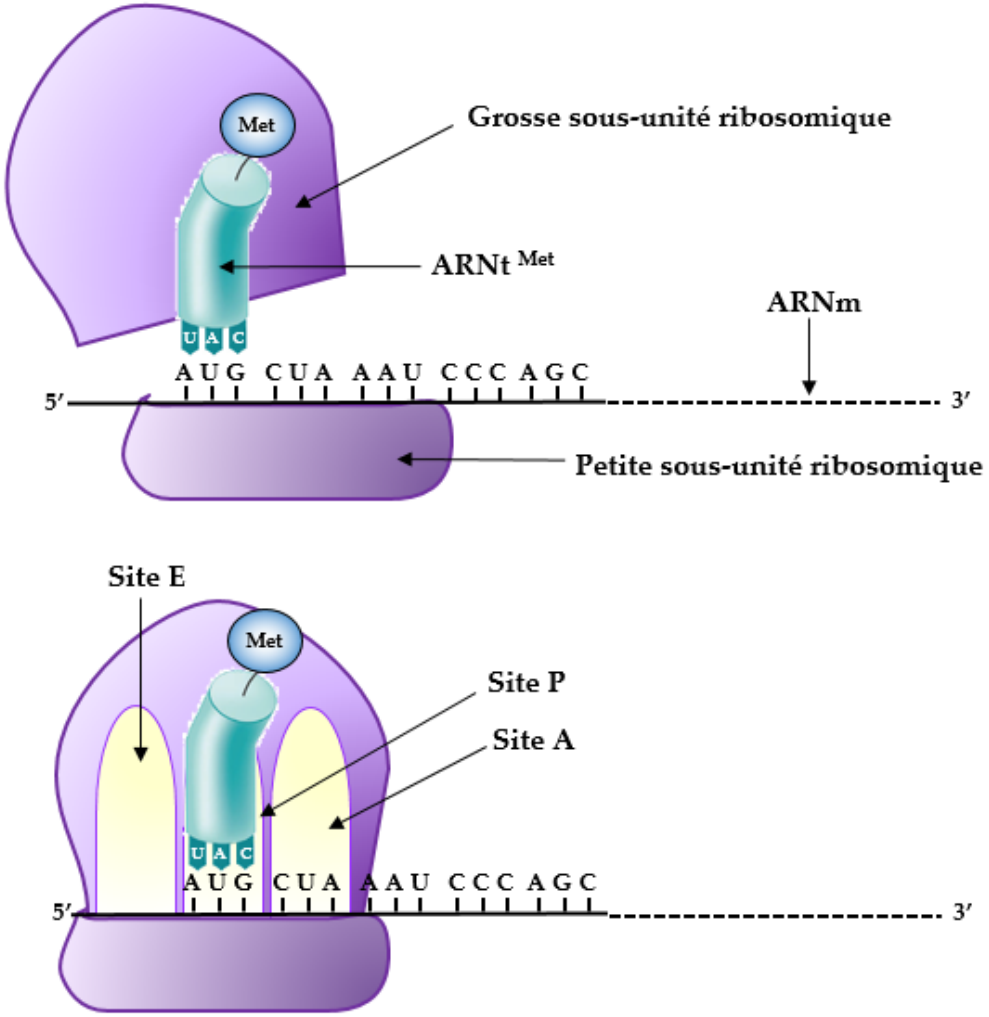
Annexe 5 - les modifications post-transcriptionnelles.



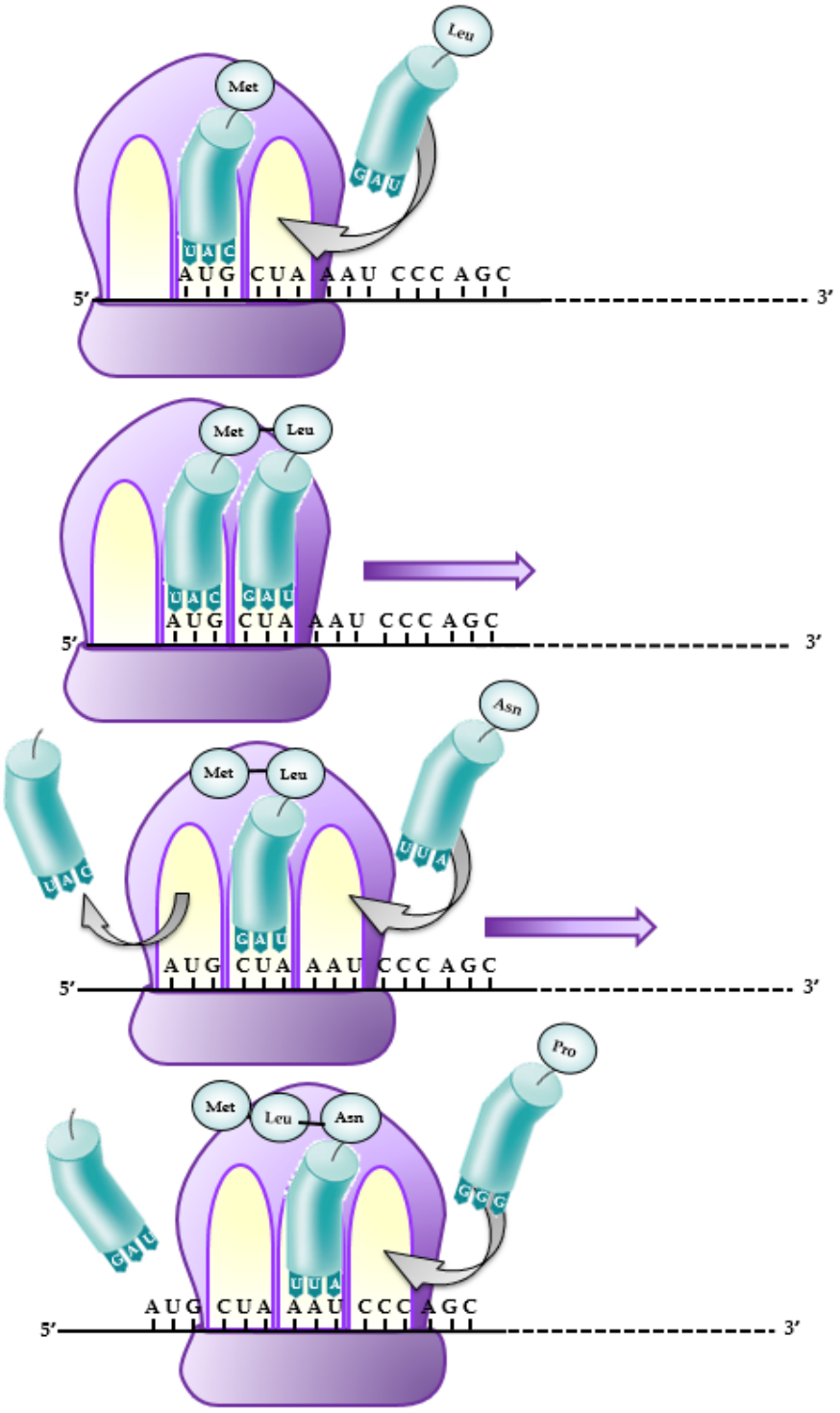
Annexe 6 – Le code génétique

1re base	2e base				3e base
	U	C	A	G	
U	Phénylalanine Phénylalanine Leucine Leucine	Sérine Sérine Sérine Sérine	Tyrosine Tyrosine Codon stop Codon stop	Cystéine Cystéine Codon stop tryptophane	**U** **C** **A** **G**
C	Leucine Leucine Leucine Leucine	Proline Proline Proline Proline	Histidine Histidine Glutamine Glutamine	Arginine Arginine Arginine Arginine	**U** **C** **A** **G**
A	Isoleucine Isoleucine Isoleucine Méthionine	Thréonine Thréonine Thréonine Thréonine	Asparagine Asparagine Lysine Lysine	Sérine Sérine Arginine Arginine	**U** **C** **A** **G**
G	Valine Valine Valine Valine	Alanine Alanine Alanine Alanine	Acide aspartique Acide aspartique Acide glutamique Acide glutamique	Glycine Glycine Glycine Glycine	**U** **C** **A** **G**

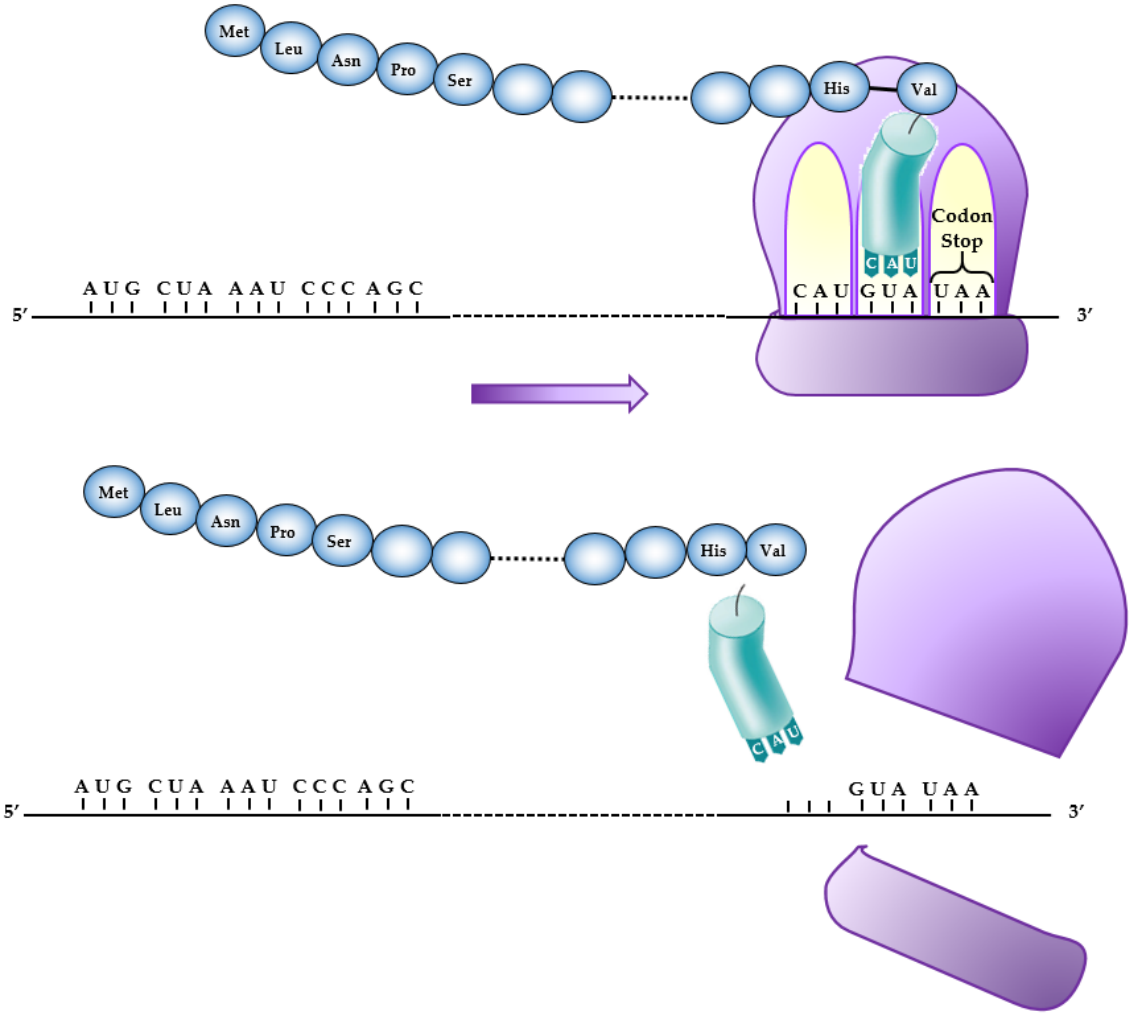
Annexe 7 – L'initiation de la traduction



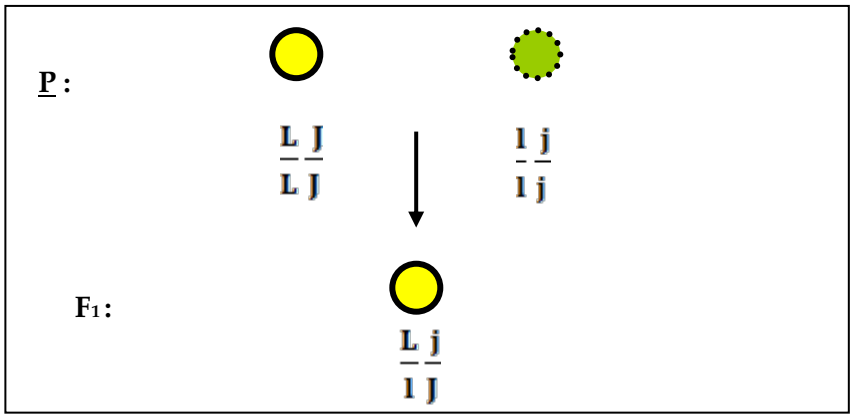
Annexe 8 – L'élongation de la traduction



Annexe 9 – La terminaison de la traduction



Annexe 10



$F_1 \times F_1$

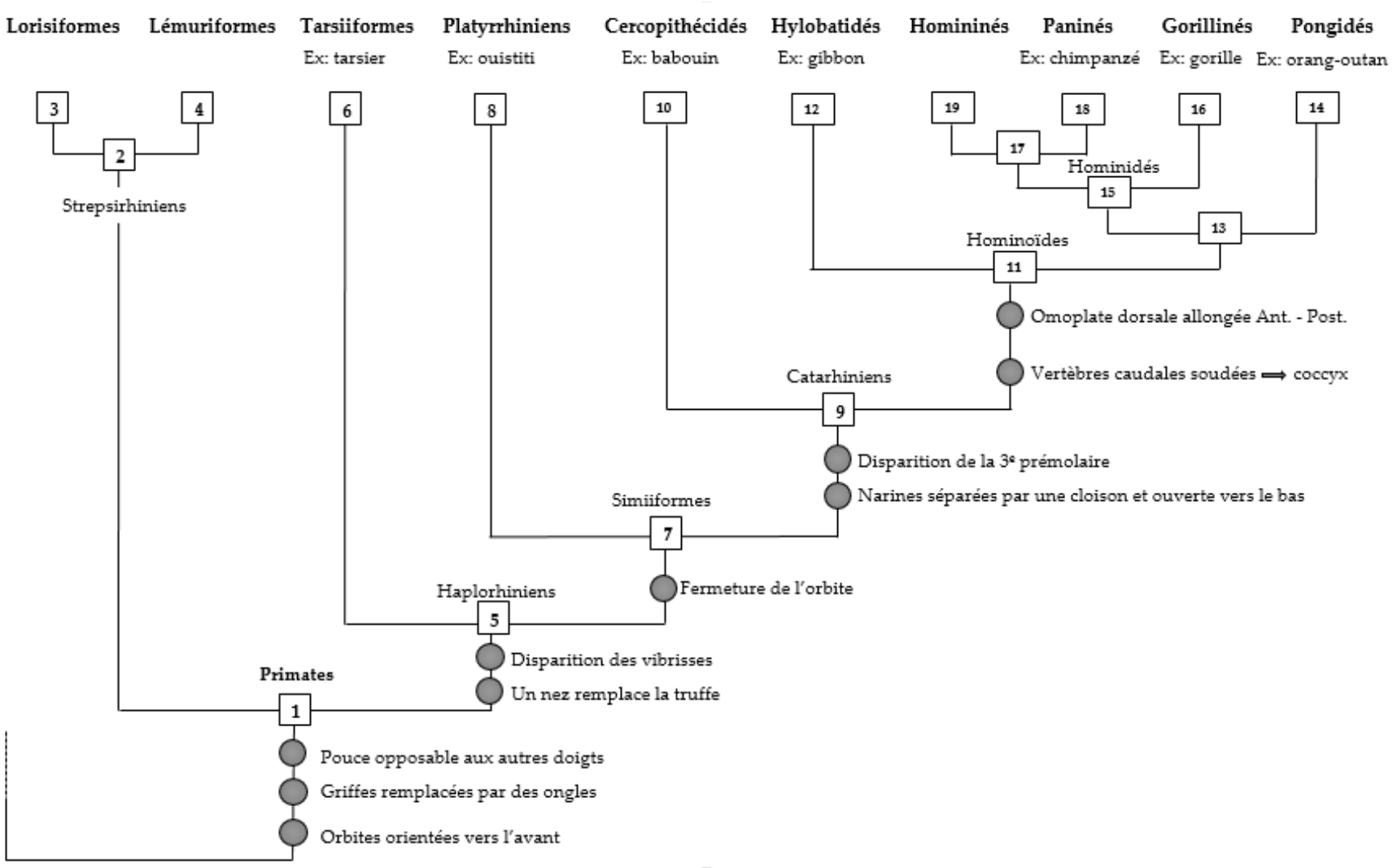
F_2 :

	L J	L j	l J	l j
L J	L J / L J	L j / L J	l J / L J	l j / L J
L j	L J / L j	L j / L j	l J / L j	l j / L j
l J	L J / l J	L j / l J	l J / l J	l j / l J
l j	L J / l j	L j / l j	l J / l j	l j / l j

9/16 3/16 3/16 1/16

Proportions 9/16, 3/16, 3/16, 1/16 caractéristiques du « dihybridisme

Annexe 11


Lorisiformes
Lémuriformes
Tarsiiformes
Ex: tarsier
Platyrrhiniens
Ex: ouistiti
Cercopithécidés
Ex: babouin
Hylobatidés
Ex: gibbon
Homininés
Paninés
Ex: chimpanzé
Gorillinés
Ex: gorille
Pongidés
Ex: orang-outan
3
4
2
Strepsirhiniens
6
8
10
12
19
18
17
16
14
Hominidés
15
13
Hominoïdes
11
Omoplate dorsale allongée Ant. - Post.
Vertèbres caudales soudées ⟹ coccyx
Catarhiniens
9
Disparition de la 3e prémolaire
Narines séparées par une cloison et ouverte vers le bas
Simiiformes
7
Fermeture de l'orbite
Haplorhiniens
5
Disparition des vibrisses
Un nez remplace la truffe
Primates
1
Pouce opposable aux autres doigts
Griffes remplacées par des ongles
Orbites orientées vers l'avant

Exemple de mise en situation

La mucoviscidose



Lisa est atteinte de la mucoviscidose alors que ses parents et son frère n'en sont pas atteint.

a) Trouver et expliquer le génotype de Lisa puis calculer la probabilité pour ses parents d'avoir un enfant malade.

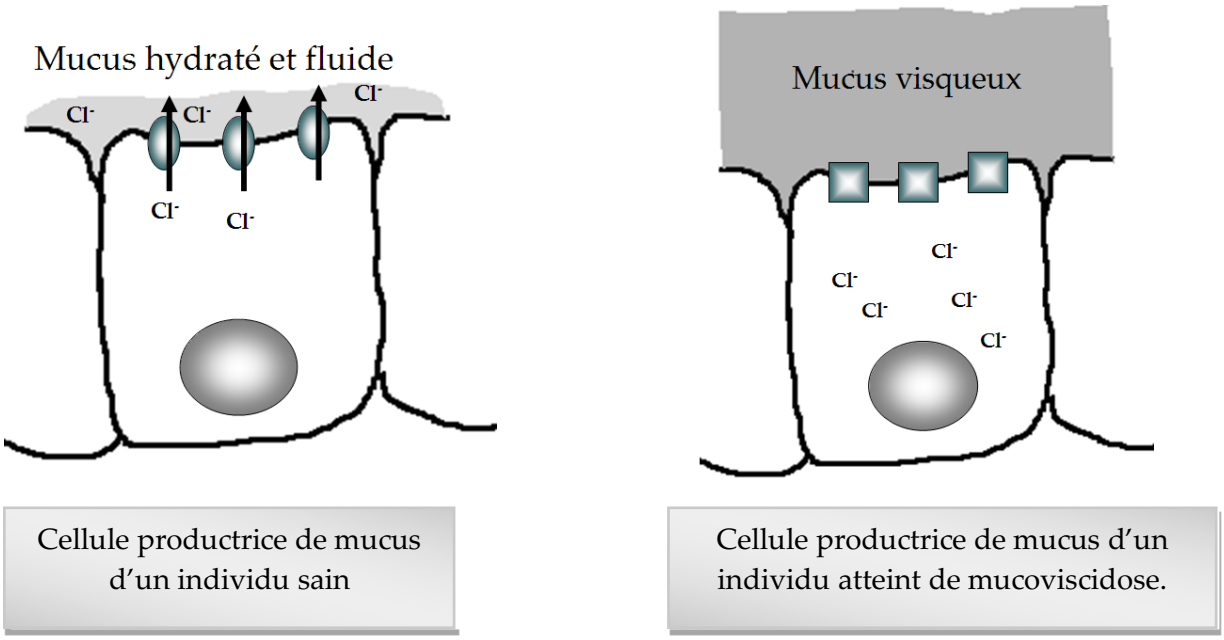
b) A l'aide des documents suivants, expliquer l'origine de cette maladie et établir le lien entre génotype et phénotype.

Document 1 :

La mucoviscidose est la plus fréquente des maladies génétiques graves, elle touche environ un nouveau-né sur 2500 en Belgique. Le mot dérive de "*mucus* " et de "visqueux". Le corps de chacun d'entre nous produit du mucus, substance fluide qui tapisse et humidifie les canaux de certains organes de notre corps (poumons, pancréas etc.). Chez une personne atteinte de la mucoviscidose, le mucus des sécrétions bronchiques et pancréatiques est anormalement épais ce qui obstrue les voies respiratoires supérieures, prédisposant le sujet aux infections répétées. Peu à peu les poumons se détruisent, l'insuffisance respiratoire s'aggrave.

Document 2:

On a récemment localisé le gène responsable de cette maladie, sur la paire de chromosomes.7. Ce gène est responsable de la synthèse d'une protéine : la protéine CFTR (Cystic Fibrosis Transmembrane conductance Regulator) qui se trouve dans la membrane plasmique des cellules sécrétrices de mucus (cellules bronchiques, biliaires, pancréatiques, etc.). Celle-ci a plusieurs fonctions. Avant tout, elle régule les quantités de sel en sortant les ions chlore Cl^- de la cellule. La sortie des Cl^- est accompagnée d'une sortie d'eau au sein des sécrétions. Chez les personnes atteintes de mucoviscidose, la protéine est anormale, les flux de Cl^- sont perturbés (rétention au sein de la cellule) ce qui empêche la sortie d'eau d'où la sécrétion d'un mucus épais qui s'évacue difficilement.



Cellule productrice de mucus d'un individu sain

Cellule productrice de mucus d'un individu atteint de mucoviscidose.

Document 3 : comparaison des séquences d'ADN du gène CFTR chez un individu sain et un individu malade.

ADN (1 brin) sujet sain : …TTT CTT TTA TAG TAG AAA CCA CAA…

ADN (1brin) sujet malade: …TTT CTT TTA TAG TAA CCA CAA…

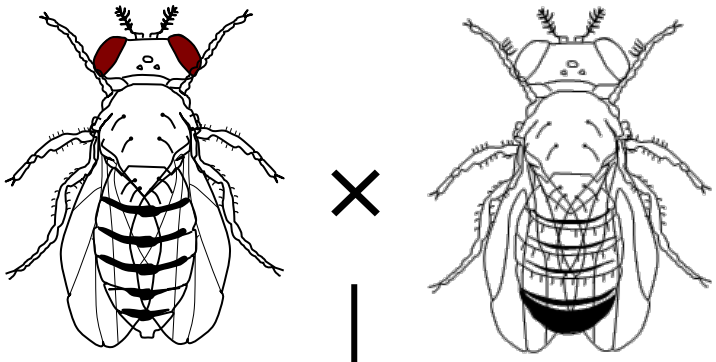
http://www.ladissertation.com/Sante-et-Culture/Exercice-1--MUCOVISCIDOSE-/111023.html

Situation d'apprentissage 1

Morgan a croisé 2 races pures de drosophiles différant par la coloration de l'œil. Une première race (sauvage) possède des **yeux rouges,** une deuxième race (mutée) possède des **yeux blancs**.

➢ **1er croisement :**

Croisons une femelle à yeux rouges avec un mâle à yeux blancs. En F_1 nous observons 100 % d'individus à yeux rouges dont statistiquement 50 % de femelles et 50 % de mâles.



♀ à yeux rouges × ♂ à yeux blancs

100% de mouches à yeux rouges { 50% de ♀ ; 50% de ♂

Quel est l'allèle dominant ? .....

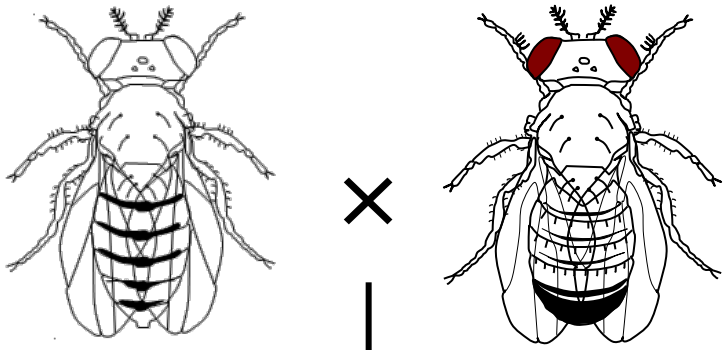
Interprétation :

.....

♀ \ ♂		

➢ **2e croisement :**

Effectuons le même croisement mais en prenant une femelle à yeux blancs et un mâle à yeux rouges (croisement réciproque). En F_1, nous observons deux phénotypes : 50 % d'individus à yeux rouges (tous femelles), 50 % d'individus à yeux blancs (tous mâles)



♀ à yeux blancs ♂ à yeux rouges

50% de mouches ♀ à yeux rouges

50% de mouches ♂ à yeux blancs

Interprétation :

.....

.....

♀ / ♂		

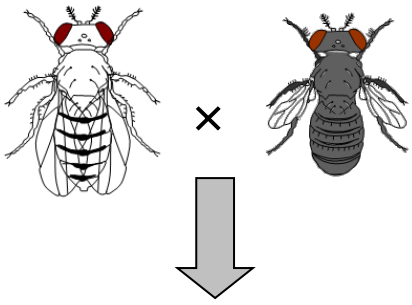
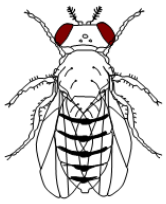
Situation d'apprentissage 3

Morgan croise des drosophiles de lignée pure de type sauvage avec des drosophiles aux ailes vestigiales et au corps noir.

On admet que la différence phénotypique entre les parents est due à un seul gène pour chaque caractère (longueur des ailes et couleur du corps). Pour écrire les génotypes des mouches, on utilise le symbolisme suivant pour les allèles :

- vg^+ = aile normale (allèle dominant), vg = aile vestigiale
- b^+ = corps gris (allèle dominant), b = corps noir.

1er croisement :

P :  **F1 :** 

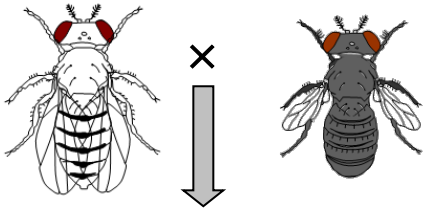
Le résultat du premier croisement permet d'établir les relations entre les allèles des deux gènes : dominance et récessivité.

À ce stade (1er croisement), on ne peut écrire les génotypes car on ne sait pas si les gènes concernés sont liés ou non.

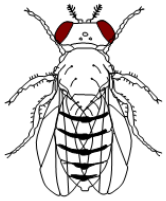
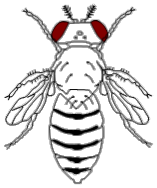
2e croisement :

Le deuxième croisement est un test-cross.

♀ **F1 × ♂ double récessif :**



F2 :

			
965 corps gris - ailes normales (type sauvage)	944 corps noir - ailes vestigiales	206 corps gris - ailes vestigiales	185 corps noir - ailes normales

Individus de type parental **Individus recombinés**

(de type non parental)

Puisque les mâles présentent les deux phénotypes récessifs, ils sont obligatoirement homozygotes et ne produisent que des gamètes b,vg. En conséquence, les phénotypes de la descendance traduisent les génotypes et les proportions des gamètes produits par les mouches F1, soit :

b+ vg+ = 965 = ……. %

b vg = 944 = ……. %

Gamètes de type parentaux

b+vg = 206 = ……. %

b vg+ = 185 = ……%

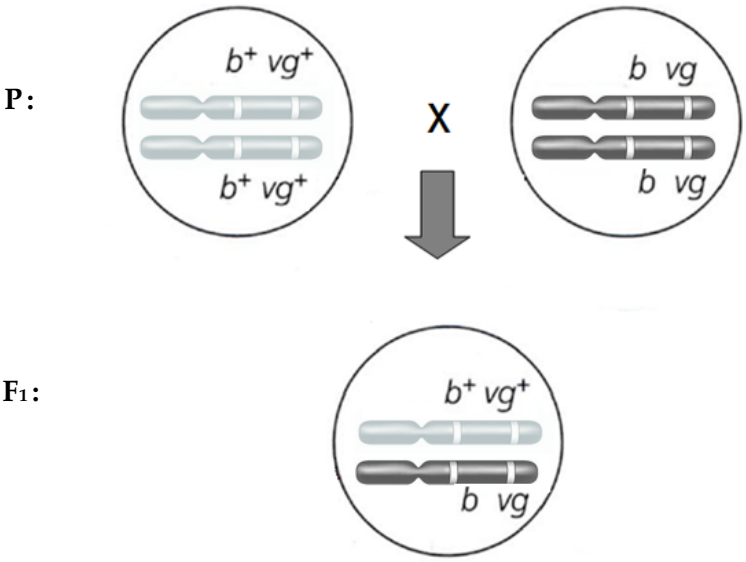
Gamètes recombinés

(de type non parentaux)

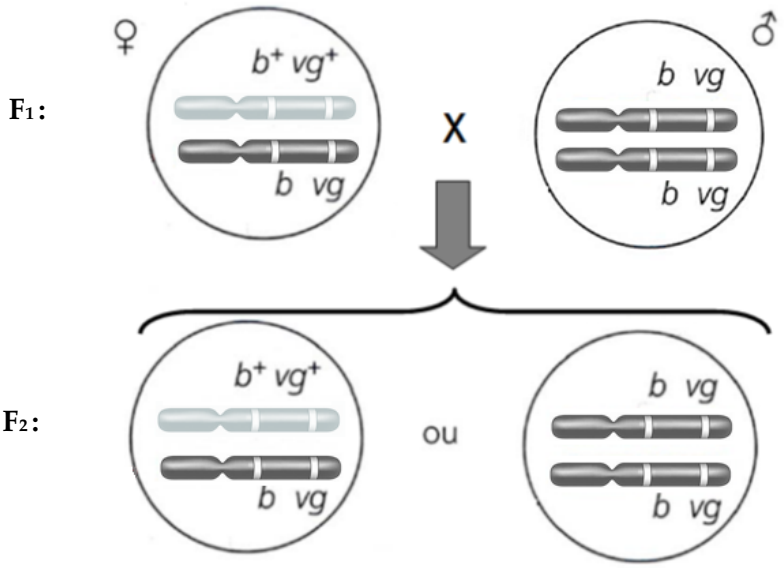
Les femelles hybrides F_1 ont donc produit beaucoup plus de gamètes parentaux (83 %) que de gamètes recombinés (17 %). Cela signifie que les **allèles des deux gènes fournis par chaque parent de l'hybride F_1 tendent à rester associés lors des méioses de l'hybride**. Cela ne s'explique que si **les deux gènes sont situés sur le même chromosome**.

Le génotype des F_1 peut alors s'écrire :

Interprétation du 1er croisement :



Interprétation du 2e croisement :



♀ \ ♂		

Comment expliquer la production de gamètes recombinés b^+vg et $b\,vg^+$ *?*

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Campbell, N. & Reece, J. (2007). Biologie 7e édition, Paris : France, Pearson Education.

Raven,P., Johnson.G.,, Losos.J. & Singer.S (2007).Biologie, Bruxelles : De Boeck.

Fortin.C., Guillot.G., Lecointre.G., Le Rouarn-Bonnet.M-L., (2009), Guide critique de l'évolution, Paris :Belin.

A. Weismann, Essai sur l'hérédité et la sélection naturelle, traduction de Henry de Varigny, Paris, Reinwald, 1892 ; The Germ-Plasm, a theory of heredity, traduction anglaise de W. Newton Parker et Harriet Rönnfeldt, London, Walter Scott Ltd, 1893.

A. Weismann, « La prétendue transmission héréditaire des mutilations », in Essais sur l'hérédité et la sélection naturelle, op. cit., p. 424-426.

Manuels scolaires (élèves)

Delvigne.M., Faway.M., Marchesini.R.C., Verhaege.P., Walravens.E., (2012), Bio 6, Louvain-la-Neuve : Van In.

Gilliquet.V., (2009), Biologie 6e, Bruxelles : De Boeck

Delvigne.M., Faway.M., Marchesini.R.C., Verhaege.P., Walravens.E., (2011), Bio 5, Louvain-la-Neuve : Van In.

BD « James Watson et Francis Crick les deux larrons
Science et vie Junior HS - n°70 / octobre 2007
»

Sitographie

Animation sur la transcription
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/ADN_Prot/ADN_ARN/ADN_ARN2.html, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Boucher,B., http://www.svt.ac-versailles.fr/test/genetique2/drepanocytose.swf, [en ligne], consulté le 31/10/14.

Bourque, P-A., http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s4/diversification.vie.html, [en ligne], le 1/11/14.

Causes des extinctions
http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/histoire-de-la-vie-histoire-de-la-terre/page-single-articles/article/origine-et-causes-des-extinctions.html

CNED, académie en ligne, http://www.academie-en-ligne.fr/Ressources/7/SN02/AL7SN02TEPA0213-Sequence-06.pdf
[en ligne], consulté le 1/11/14.

Code génétique - animation à télécharger
http://www.snv.jussieu.fr/vie/documents/codegenet/#, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Comprendre la démarche de Darwin
http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=392, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Construction d'une échelle de temps)
http://www.maxicours.com/se/fiche/8/6/124268.html/3e

Dérive génétique et évolution
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/evolution/evol/tridiv_2.html#IIB
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/derive_genetique/derive_genetique.html, [en ligne] consulté le 20/03/15.
svt.ac-dijon.fr/schemassvt/dw2_out.php?id=5925, [en ligne] consulté le 20/03/15.

De la mutation au problème de la variation
http://pst.chez-alice.fr/mutation.htm, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Dossier « Evolution » du CNRS
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/, [en ligne], consulté le 1/11/14.

Epissage alternatif
http://acces.ens-lyon.fr/evolution/logiciels/anagene/programmes-de-1ere-s-2011/expression-de-linformation-genetique/epissage-alternatif/index_html, [en ligne] consulté le 9/10/15.

Evolution du loup au chien
http://blogsciencesnat.blogspot.be/2013/01/ts-theme-1a-domestication-du-chien-et.html
http://www.hominides.com/html/actualites/loup-origine-chien-domestique-0769.php, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Expérience de Brachet
http://sibille.svt.1s.free.fr/1s-controles/1s_cntsvt_2012_11_17.pdf, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Expériences sur les acétabulaires
http://dboudeau.fr/site/?page_id=412, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Exercice sur les cétacés
https://sites.google.com/site/svtlagrangeleclerc/activite-3eme/des-cetaces-fossiles-et-actuels

Expérience de Niremberg et Matthaei
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2984

Evolution des espèces et unité du vivant
http://jeanvilarsciences.free.fr/?page_id=667

http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-la-couleur-dans-la-peau_1012.html, [en ligne], consulté le 04/05/15.

http://www.cstfelicien.qc.ca/Scinat/101nya/labos/lignage/caractereconnus.htm#Peau. Couleur de la peau. , [en ligne], consulté le 04/05/15.

http://www.ligue-cancer.net/article/7495_la-therapie-genique, [en ligne], consulté le 1/11/14.

http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/a-la-recherche-des-parentes/page-single-videos-dvd/article/dvd-nbspespeces-despecesnbspnbspnbspluca-lancetre-commun.html, [en ligne] consulté le 1/11/14.

http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/dyna/adn-du-genotype-au-phenotype/le-phenotype-groupes-sanguins/enseigner/comparaison-des-alleles-de-a-b-et-o,[en ligne] consulté le 24/04/15.

http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/ancien_site/outils/evoluti3/theories.htm, [en ligne], consulté le 1/11/14.

http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1357400437792/0/fiche___ressourcepedagogique/&RH=1353523659957, [en ligne], consulté le 1/11/14.

http://crdp.ac-bordeaux.fr/sciences/reformeLyc/svt/precurseurs.pdf, [en ligne], consulté le 1/11/14.

http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/a-la-recherche-des-parentes/page-single-videos-dvd/article/les-pattes-des-baleines.html

http://darkantoine.free.fr/cours/SVT-Partie1-Chap1.pdf, [en ligne], consulté le 1/11/14.

http://svt.lycee-desfontaines.eu/IMG/UserFiles/Images/TSobligatoire2013-2014/1A-GENETIQUE%20ET%20EVOLUTION/chapitre4/chapitre%204%20-%20homme%20parmi%20les%20primates.docx
[en ligne], consulté le 1/11/14.

http://www.cndp.fr/evolution-des-especes/histoire-de-la-vie-histoire-de-la-terre.html

http://www.academie-en-ligne.fr/Ressources/7/SN20/AL7SN20TEPA0011-Sequence-05.pdf

Ibarrondo,F., http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/therapie_genique/therapie_genique.htm [en ligne], consulté le 1/11/14.
.
Langlois,C., http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Vie/Evolution/Fossile-Evolution.pdf, [en ligne], consulté le 1/11/14.

Le créationnisme scientifique ou la confusion des genres, par J.-C. de Biseau (ULB) https://www.youtube.com/watch?v=UMSFck6VeB0 , [en ligne] consulté le 25/03/15.

Les souris de Madère
https://svtlyceedevienne.files.wordpress.com/2013/10/souris-de-madc3a8re.pdf, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Les lézards de Pod Mrcaru
http://www.hominides.com/html/theories/preuve-evolution-lezard.php , [en ligne] consulté le 20/03/15.

Logiciel « anagène 2 »

http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/telechargement-logiciel-anagene-2-pour-analyser-les-sequences-nucleotidiques-du-gene-et-d-acides-amines-de-la-proteine-/53304, [en ligne], consulté le 9/10/15.

MET-micrographie de gènes en cours de transcription
http://raymond.rodriguez1.free.fr/Documents/Cellule-genome/adn-arn2.jpg, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Modélisation de la dérive génétique
http://www.ac-nice.fr/svt/productions/freeware/derive/index.htm, [en ligne] consulté le 25/03/15.

Noyau observé au MEB
http://raymond.rodriguez1.free.fr/Documents/Cellule-genome/noyau2.jpg, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Origine de la vie, expériences
http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/geosciences/biosphere/Liens/Lien%20Origine%20vie/Lien%20origine%20vie.htm , [en ligne] consulté le 04/05/15.
http://www.nirgal.net/ori_life1.html, [en ligne] consulté le 04/05/15.

Types de spéciations
http://www.maxicours.com/se/fiche/1/4/395841.html/ts, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Structure de l'ADN
http://www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick.pdf,[en ligne] consulté le 31/10/14.
http://modelisationsvt.free.fr/activites/adn_epistemologie/adn_epistemologie.html,[en ligne] consulté le 31/10/14.

Spéciation allopatrique de Zerynthia cassandra et Zerynthia polyxena.
svt.ac-dijon.fr/schemassvt/IMG/zerynthia.doc, [en ligne] consulté le 20/03/15

Schémas cichlidés
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2960, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Structure d'un ribosome
https://online.science.psu.edu/sites/default/files/biol011/Fig-7-14-Ribosome-Structure.jpg, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Structure d'un ARNt
http://cours.francocite.ca/courslaf/SBI3U_web/SBI3U_web_unite1/arnt.jpg, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Synthèse protéique
https://www.youtube.com/watch?v=YjsxooFWqFY

Transgénèse-souris verte
https://www.youtube.com/watch?v=jAo-iZXV2VM

Vidéo transcription et maturation
https://www.youtube.com/watch?v=wu4Ksonj90g, [en ligne] consulté le 20/03/15. , [en ligne] consulté le 20/03/15.

Vidéo -traduction
https://www.youtube.com/watch?v=Ikq9AcBcohA, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Variabilité génétique et mutations
http://raymond.rodriguez1.free.fr/Textes/1s12.htm, [en ligne] consulté le 20/03/15.

Biologie

Sciences générales

3e degré

UAA 9

« Les impacts de l'homme sur les écosystèmes »

Durée prévue pour l'UAA : (10) périodes : de mars à décembre de la sixième année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 9

« Les impacts de l'Homme sur les écosystèmes »

Compétences à développer

- **Identifier et expliquer l'impact significatif d'activités humaines sur un écosystème.**
- **Développer une argumentation scientifique pour critiquer une action de l'être humain sur un écosystème, puis proposer des solutions préventives et curatives.**

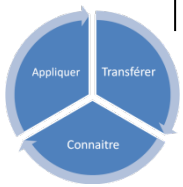
Processus

Appliquer

- A partir d'une recherche documentaire, comparer les caractéristiques de la « 6e extinction de masse » vécue actuellement par rapport aux 5 grandes extinctions du passé.
- Par l'observation d'écosystèmes, montrer la nécessité de les préserver en mettant en évidence les services qu'ils rendent.
- Expliquer que certaines activités humaines peuvent modifier le fonctionnement d'un écosystème :(par exemple : le déversement de lisier, l'introduction d'une espèce invasive, la surpêche…).
- Calculer son empreinte écologique (en fonction de son alimentation, de ses déplacements, de sa consommation, …).

Transférer

- Expliquer comment certaines activités humaines favorisent le développement, le maintien ou la restauration de la biodiversité (par exemple : maillages vert et bleu, transhumance du mouton sur les pelouses calcaires, protection de sites et d'espèces (hotspots et projets « life »), sylviculture diversifiée …).
- Participer à un débat scientifiquement argumenté pour proposer, en tant que citoyen responsable, des pistes de solutions, afin de protéger les écosystèmes (par exemple : changement des habitudes de consommation, lutte contre la surconsommation d'eau douce, choix énergétique, valorisation des déchets,…).



Ressources

Pré-requis

- Ecosystème (réseaux trophiques, transferts de matière et d'énergie)

Savoirs disciplinaires

- Les 5 causes principales de la diminution de la biodiversité (La surexploitation des ressources, la fragmentation des habitats, la pollution, les invasions biologiques, les changements climatiques)
- Empreinte écologique et dette écologique
- Services rendus par les écosystèmes (au niveau production, régulation et bien-être)

Connaître

- A partir de documents, identifier quelques causes pouvant être à l'origine d'une diminution de la biodiversité dans un écosystème.
- Décrire à partir d'un exemple (tétras-lyre, cigognes noires,…), les caractéristiques biologiques qui font qu'une espèce est menacée.
- Décrire à partir d'un exemple (balsamine de l'Himalaya, berce du Caucase, coccinelle asiatique, Caulerpa taxifolia, …), les caractéristiques biologiques d'une espèce invasive.
- Expliquer les notions d'empreinte écologique et de dette écologique.

Savoir-faire disciplinaires

- Construire une argumentation scientifique dans le contexte du développement durable.

Considérations pédagogiques

Remarque préalable : les contenus de la colonne « essentiel » sont donnés dans un certain ordre à titre d'exemple. Chaque enseignant conserve la liberté pédagogique de leur articulation au sein de chaque unité dans la construction de sa propre séquence d'apprentissage. Il faut noter que la présentation de cette UAA de sciences générales est identique à l'UAA6 de sciences de base. Le nombre de périodes à y consacrer étant différent, il offre donc la possibilité de mettre en place des pratiques de terrain différentes en fonction du temps disponible.

Processus explicités	L'essentiel	Ressources (mots-clés)	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *A partir de documents, identifier quelques causes pouvant être à l'origine d'une diminution de la biodiversité dans un écosystème.* **Professeur** Envisager divers exemples de perturbations, naturelles ou d'origine humaine (voir exemples dans « l'essentiel ») et discuter de l'importance relative de leurs impacts respectifs.	Au cours de l'évolution, la **biodiversité** a connu des variations, celles-ci étant plus marquées au cours de périodes qualifiées d'extinctions massives (lorsque des espèces qui disparaissent en un temps très court à l'échelle des temps géologiques). La biodiversité est en continuel renouvellement. Les perturbations que peuvent subir les **communautés biologiques** peuvent être de différentes origines (tempêtes, incendies, inondations, sécheresses…). Ces perturbations n'ont pas toujours un effet négatif sur les communautés. On considère même que des perturbations de niveau « moyen » peuvent engendrer des situations qui favorisent une plus grande diversité spécifique que certaines considérées comme de niveau faible ou élevé.	Biodiversité Communautés biologiques	Raven, (2014), p.1256 à 1278. http://www.notre-planete.info/environnement/biodiversite/extinctions_massives.php (extinctions massives de la	**3P**

Élève *A partir d'une recherche documentaire, comparer les caractéristiques de la « 6e extinction de masse » vécue actuellement par rapport aux 5 grandes extinctions du passé.* **Professeur** Faire envisager les cinq grandes extinctions du passé dans les « grandes lignes ». La liberté pédagogique est laissée à l'enseignant quant à l'importance du développement accordé à la description de ces extinctions. La sixième extinction de masse n'est pas encore énormément documentée. Par contre, des articles de journaux peuvent servir de point de départ pour la réflexion.	En effet, si la perturbation est de niveau faible, elle peut diminuer la diversité spécifique en favorisant les espèces compétitives dominantes. D'autre part, les perturbations de niveau élevé engendrent des perturbations dans l'environnement qui dépassent le seuil de tolérance des espèces. Suivant l'avis de certains scientifiques, il est considéré que nous traversons la sixième extinction massive (disparition à un rythme de 1000 à 10000 fois supérieur aux extinctions précédentes). Beaucoup d'extinctions récentes se sont produites sur des îles à cause notamment de l'introduction de prédateurs ou de maladies par l'Homme. Néanmoins, tous les continents sont à présent concernés par la crise. Il apparaît que l'Homme constitue l'élément principal responsable de cette extinction massive actuelle. De plus, la destruction par l'Homme des habitats pour sa propre utilisation rend les ressources vitales indisponibles pour le rétablissement d'une nouvelle biodiversité. Le milieu naturel procure normalement aux organismes vivants : une source de nourriture variée ; des zones d'habitat ; des conditions favorables à la reproduction. Certaines activités humaines peuvent		biodiversité) http://www.francetvinfo.fr/sciences/la-sixieme-extinction-massive-serait-en-cours-a-cause-de-l-homme_658539.html (6ème extinction massive)	

Élève *Expliquer que certaines activités humaines peuvent modifier le fonctionnement d'un écosystème :(par exemple : le déversement de lisier, l'introduction d'une espèce invasive, la surpêche,…).* **Professeur** Les exemples proposés au sein du processus (ou d'autres proposés par le professeur) serviront à amener les contenus de la colonne « l'essentiel ». Par exemple aborder la problématique du blanchissement des coraux (voir outil-lien proposé).	constituer une menace pour la biodiversité en perturbant les **écosystèmes** : le développement de l'agriculture, de l'industrie, de l'urbanisation constituent des causes de disparition ou de **fragmentation de l'habitat**. Entre autres, des barrières écologiques s'opposant aux échanges (exemple : routes) apparaissent. Lorsqu'une espèce est exploitée par l'Homme (par exemple besoins de nourriture, applications médicales, pêche), au point de ne plus pouvoir se régénérer, on parle de **surexploitation des ressources**. La qualité de l'eau ou de la nourriture, les conditions de vie (exemples : mauvaise oxygénation de l'eau, **pollution**) peuvent être des causes de souffrance ou de mortalité pour une espèce. Lorsque des espèces qualifiées d'invasives sont introduites, elles deviennent des concurrentes ou des prédatrices pour les espèces préexistantes. On parle **d'invasion biologique**. Les **changements climatiques** affectent actuellement la biodiversité et les prévisions pour l'avenir ne sont pas rassurantes. Parmi les conséquences observées, on peut citer des changements dans la répartition des organismes, un taux d'extinction en augmentation, des modifications des périodes de reproduction. Quelques espèces se révèlent plus vulnérables que d'autres (par exemple les	Écosystème Fragmentation des habitats Surexploitation des ressources Pollution Invasions biologiques Changements climatiques	http://lewebpedagogique.com/arnaud/2013/11/28/coraux-menaces-pollution-climat/	

	éléphants d'Afrique, déjà menacés par une chasse intensive sont confrontés à des périodes sèches de plus en plus longues et à la diminution de leurs espaces habitables).		(blanchissement des coraux) https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-fr.pdf (diversité biologique et changements climatiques)	
Elève *Expliquer comment certaines activités humaines favorisent le développement, le maintien ou la restauration de la biodiversité (par exemple : maillages vert et bleu, transhumance du mouton sur les pelouses calcaires, protection de sites et d'espèces (hotspots et projets « life »), sylviculture diversifiée, …).* **Professeur** Le choix des exemples développés relevant de la liberté pédagogique du professeur, il conviendra de veiller à ce que ceux-ci correspondent au processus concerné.	Par ailleurs, l'Homme a développé certaines activités favorisant le développement, le maintien ou la restauration de la biodiversité. Développement de quelques exemples[1] Par exemple, le maillage vert constitue à créer des espaces verts là où ils étaient absents ou présents en quantité insuffisante. Il est également prévu de relier entre eux ces espaces, apporter des arbres ou de la verdure en ville, dans l'optique de permettre à certaines espèces de se déplacer d'une espace vert à un autre. Le maillage bleu vise à séparer les eaux		Colmant,L., (2004). http://www.environnement.brussels/uploadedfiles/Site/Particuliers/Th%C3%A8me_-_Espaces_verts,_faune_et_flore/Maillage_vert_bleu_FR.pdf?langtype=2060 (maillages vert et bleu à Bruxelles)	**2P**

[1] Les exemples du processus ont été tous développés pour information. Le professeur garde la possibilité d'en choisir d'autres.

	propres des eaux usées, à agir sur le débit des rivières, sur les étangs et les zones humides, à diminuer les quantités d'eau à traiter en station d'épuration afin d'améliorer la qualité des eaux de surface Une pelouse calcaire possède les caractéristiques suivantes : une roche qui permet une bonne infiltration d'eau, une bonne qualité d'exposition au soleil, un sol d'une faible épaisseur et peu fertile et un faible embroussaillement. Elle abrite souvent des espèces rares et protégées. Le pâturage ovin est un mode de gestion ancestral. Il est à privilégier par rapport à l'abandon et l'embroussaillement, l'intensification de l'agriculture, l'aménagement de transports, les pratiques touristiques, afin de préserver la richesse de la biodiversité existante. Une **espèce endémique** à une région ne se trouve dans la nature que dans une seule aire géographique. Les hotspots ou « points chauds » de biodiversité sont des endroits de concentration importante d'espèces endémiques dans des régions particulières. 25 de ces points chauds ont été identifiés qui accueillent environ la moitié des espèces terrestres. Leur répartition est inégale sur les continents mais leur identification est importante car elle permet une prise de conscience du public ainsi que la préservation	Espèce endémique	http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1524 (pelouses calcaires)	

	des espèces et des territoires en diminuant l'impact de l'Homme. Les projets LIFE sont des projets qui visent à restaurer les biotopes et les habitats d'espèces visés par les directives « Natura 2000 ». Ils sont cofinancés par l'Europe. Ils peuvent permettre de restaurer un équilibre de production dans des zones très humides, tourbeuses, des sols superficiels. Par exemple[2], on peut citer, en Wallonie des projets en cours comme : - Herbage : la restauration des prés et des pâturages du Sud de la Lorraine et de l'Ardenne ; - Bocage : la restauration des habitats et des espèces des bocages de Fagne et de Famenne,…		http://biodiversite.wallonie.be/fr/projets-life.html?IDC=3260 (projets LIFE en Wallonie)	
Élève *Décrire à partir d'un exemple (tétras-lyre, cigognes noires,…), les caractéristiques biologiques qui font qu'une espèce est menacée.* **Professeur** Exploiter les documents (par exemple les outils-liens proposés) pour discuter des critères envisagés.	L'IUCN est l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources. Les Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN se veulent un système simple et facile à comprendre pour classer les espèces qui risquent de s'éteindre à l'échelle mondiale. Pour effectuer les classifications, plusieurs critères sont pris en compte comme la taille de la population (le nombre total d'individus d'un taxon), le nombre d'individus matures (nombre, connu, estimé ou déduit d'individus en mesure de se reproduire), etc.		http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_fr.pdf (catégories et critères de la liste rouge de l'IUCN) http://biodiver	

[2] Il s'agit encore une fois d'exemples, le professeur choisira en fonction de sa région, de ses connaissances ou affinités avec l'un ou l'autre cas.

	À partir de ces critères, l'IUCN établit les catégories suivantes comme : éteint, en danger critique, vulnérable, etc. Par la suite, les autres instances, comme les régions, peuvent réévaluer la catégorie dans laquelle un taxon peut se qualifier sur le territoire concerné, puisque ces données sont valables à l'échelle mondiale. Il convient donc d'être très prudent lorsqu'on s'exprime en termes « espèces menacées » et de préciser le contexte. Par exemple : le Tétra lyre (*Tetrao tetrix*) a le statut pour l'IUCN de préoccupation mineure mais en Belgique est considéré comme espèce menacée (modification de l'habitat, prédateurs, changements climatiques, les maladies, concurrence d'autres animaux comme le sanglier pour les couvées par exemple) ; la cigogne noire (*Ciconia nigra*) a également le statut de préoccupation mineure pour l'IUCN mais est considérée en Belgique comme menacée (bouleversement des sites de nidification,…)		site.wallonie.be/fr/ciconia-nigra.html?ID D=50334071&I DC=314 (la biodiversité en Wallonie) http://biodiversite.wallonie.be/fr/tetrao-tetrix.html?ID D=50334106&I DC=316 (la biodiversité en Wallonie)	
Élève *Décrire à partir d'un exemple (balsamine de l'Himalaya, berce du Caucase, coccinelle asiatique, Caulerpa taxifolia, …), les*	Les espèces invasives sont des espèces exotiques qui ont été déplacées par l'Homme, de façon intentionnelle ou pas, de l'aire de		AlterIAS, des alternatives	

caractéristiques biologiques d'une espèce invasive. **Professeur** Lorsqu'on introduit la matière en utilisant les exemples, rappeler les caractéristiques biologiques qui permettent de déterminer que ces espèces sont invasives (voir colonne « l'essentiel »). Le choix des exemples développés relevant de la liberté pédagogique du professeur, il conviendra de veiller à ce que ceux-ci correspondent au processus concerné.	distribution à laquelle elles appartenaient (transport par avion, bateau…). Dans de nombreux cas, ce sont des plantes ornementales cultivées qui sont sorties des jardins publics ou privés. Si les prédateurs, les agents pathogènes, les parasites ne limitent pas leur multiplication, ces espèces peuvent se répandre très rapidement. Ces espèces peuvent entraîner une perturbation par prédation ou rivalité avec les espèces indigènes. Par exemple : La balsamine de l'Himalaya (*Impatiens glandulifera*) est une plante envahissante pour les bords des cours d'eau. On peut néanmoins prévenir son expansion par une bonne gestion (le maintien de la végétation indigène sur les berges, l'arrachage manuel, la fauche, la mise sous eau, le pâturage) ; La berce du Caucase (*Heracleum mantegassianum*) est une plante ornementale qui envahit les bords des routes, les prairies, les lisières…). Elle concurrence la flore indigène et est à l'origine de brûlures graves au contact avec la peau. Pour lutter contre sa prolifération, il existe également des solutions (coupe sous le collet, fauche répétée, labour profond, pâturage, lutte chimique) ;		aux invasives Cahier pédagogique Coordonné par l'Unité Biodiversité et Paysage de l'Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech Carbonnelle S. & Goffinet J-E (2016) - Les espèces exotiques envahissantes. Les carnets du naturaliste. Cercles des Naturalistes de Belgique ASBL.	

	La coccinelle asiatique a occasionné un déclin de plusieurs espèces de coccinelles indigènes en Belgique, en Angleterre, en Suisse et en France. Elle entre en compétition avec les espèces de coccinelles indigènes pour les ressources en nourriture (pucerons); de plus, en l'absence de pucerons, elle devient prédatrice d'œufs et de stades larvaires d'autres espèces de coccinelles. La *Caulerpa taxifolia* surnommée « algue tueuse » a été introduite au Musée Océanographique de Monaco en 1982 en vue d'être cultivée comme nourriture pour les poissons tropicaux. En 1989, on la retrouve en mer, près du Musée, sur un hectare. Elle atteint les côtes italiennes et espagnoles en 1992, les côtes croates en 1995 et est présente actuellement sur les côtes tunisiennes. C'est une plante très résistante qui se multiplie par bouturage (mode de multiplication de certaines plantes consistant à donner naissance à un nouvel individu) de fragments de feuilles ou de tiges. Elle constitue notamment un danger en prenant le pas sur les posidonies, plantes à fleurs de l'écosystème méditerranéen. Jusqu'ici, la lutte s'est limitée à la prévention (élimination des algues dans les ancres)			
Elève *Par l'observation d'écosystèmes, montrer la*	**Services écosystémiques, services**			**1P**

nécessité de les préserver en mettant en évidence les services qu'ils rendent. **Professeur** Dans la mesure du possible, sortir sur le terrain. Exploiter des situations du vécu des élèves, en fonction de leur mode de vie (consommation de combustibles, de nourriture, d'eau,…) Certaines problématiques sont plus spécifiquement d'actualité : dangers qui menacent les abeilles, OGM, effets présumés du réchauffement climatique, limitations de vitesse des véhicules polluants dans le cadre de la préservation de la qualité de l'air,…	**environnementaux ou services écologiques** Ces services rendus par la biodiversité sont divers et nombreux : - l'approvisionnement en nourriture : les cultures, l'élevage, l'aquaculture… - L'approvisionnement en fibres : bois, coton… - L'approvisionnement en biomasse combustible : bois de chauffe, matières premières pour la fabrication de biocarburants… -L'approvisionnement en eau douce ; -l'approvisionnement en ressources génétiques : introduction de gènes de résistance chez les végétaux par exemple ; - l'approvisionnement en médicaments et autres substances à usages commerciaux ou domestiques ; - la régulation de la qualité de l'air, du climat, des eaux, de l'érosion, le contrôle des maladies, des ravageurs ; -la pollinisation ; - les services culturels : les loisirs (écotourisme), la préservation de valeurs éthiques (sensibilisation du public à l'importance de la préservation du milieu)… - Les services de soutien : production primaire (algues,…), cycle de l'eau.			
Elève	**L'empreinte écologique** correspond à la	Empreinte	http://www.ce	**1P**

Expliquer les notions d'empreinte écologique. *Calculer son empreinte écologique (en fonction de son alimentation, de ses déplacements, de sa consommation, …)* **Professeur** Utiliser des logiciels pour effectuer les calculs, après avoir expliqué le principe général et comparer les résultats des élèves entre eux afin de dégager des pistes d'amélioration	surface de la Terre nécessaire pour rendre possible notre mode de vie. Celle-ci est liée à des nécessités comme l'accès à la nourriture, combustibles, vêtements, transports, etc. Pour chaque pays, la surface totale des eaux et des terres indispensables pour produire les ressources que l'Homme consomme et assimiler les déchets qu'il produit est calculée. Six catégories ont été répertoriées pour effectuer ce calcul : les terres agricoles ; les océans ; les pâturages ; les forêts ; les milieux riches en réserves d'énergie fossile ; les territoires aménagés. La superficie du territoire est convertie en hectares par personne. Le calcul donne approximativement un résultat de 2,3 ha/personne de moyenne mondiale et 7,5 pour la Belgique (rapport « Planète vivante 2014). La préservation de l'environnement nécessiterait une réduction de cette empreinte à une valeur de 1,7 ha/personne.	écologique	stlepied.be/ (l'empreinte écologique) http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Particuliers/Informer.aspx?id=1768 (calculer son empreinte : Bruxelles environnement)	
Élève *Participer à un débat scientifiquement argumenté pour proposer, en tant que citoyen responsable, des pistes de solutions, afin de*	La matière développée sera fonction du choix des documents exploités par les élèves et de la thématique choisie.		http://les.cahiers-developpemen	**1P**

protéger les écosystèmes (par exemple : changement des habitudes de consommation, lutte contre la surconsommation d'eau douce, choix énergétique, valorisation des déchets,…). **Professeur** Exploiter de la documentation mise à disposition des élèves ou faire réaliser une recherche par les élèves préalablement au débat.			t-durable.be/vivre/t1-p1-cha3-monde-pour-demain/ (cahier du développement durable : quel monde pour demain ?)	
Évaluation formative RCD				1P[3]
Évaluation sommative RCD				1P

[3] Le nombre et le moment des évaluations restent du domaine de la liberté pédagogique du professeur et sont indiqués ici à titre indicatif.

Exemple de situation d'apprentissage

L'article de presse suivant t'a interpellé :

http://www.lesoir.be/666962/article/demain-terre/2014-09-29/belgique-est-cinquieme-plus-gros-pollueur-du-monde, [en ligne], consulté le 1/11/14.

Pour te permettre d'aller plus loin, ton professeur te guide vers le lien du rapport WWF dont il est fait mention et dans lequel tu peux lire :

« **La Belgique est le cinquième pays du monde présentant l'empreinte écologique la plus élevée** par habitant ! Dès lors, si chaque personne dans le monde avait le même mode de vie qu'un Belge, nous aurions besoin de **4.3 planètes** ! »

Lien concerné :

http://www.wwf.be/fr/que-faisons-nous/reduire-notre-impact/rapport-planete-vivante-2014/1043?gclid=CP-j4-vw2cECFSsTwwod_hkAzA#en-belgique, [en ligne], consulté le 1/11/14.

Exploite la documentation mise à ta disposition, réalise une recherche complémentaire afin d'élaborer un débat sur cette thématique.

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Campbell, N. & Reece, J. (2007). Biologie 7e édition, Paris : France, Pearson Education.

Raven,P., Johnson.G.,, Losos.J. & Singer.S (2007).Biologie, Bruxelles : De Boeck.

Ouvrages pédagogiques

AlterIAS, des alternatives aux invasives, Cahier pédagogique, Coordonné par l'Unité Biodiversité et Paysage de l'Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech.

Carbonnelle S. & Goffinet J-E (2016) - Les espèces exotiques envahissantes. Les carnets du naturaliste. Cercles des Naturalistes de Belgique ASBL. 36p.

Colmant,L., Decocq,O., Delescaille, L-M., Dewitte, T., Duvigneaud, J., Henry,A., Hofmans,K., Saintenoy-Simon, J.
(2004). Les pelouses calcicoles de la Région wallonne, Vierves-sur-Virouin : Léon Woué- Entente Nationale pour la Protection de la Nature.

Sitographie

Annick Cockaerts, http://www.cestlepied.be/, [en ligne], consulté le 29/10/14.

Blanchissement des coraux
http://lewebpedagogique.com/arnaud/2013/11/28/coraux-menaces-pollution-climat/, [en ligne], consulté le 14/11/14.

Bruxelles environnement IBGE, calculer son empreinte,
http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Particuliers/Informer.aspx?id=1768, [en ligne], consulté le 29/10/14.

Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN, catégories et critères de la liste rouge de l'IUCN,
http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_fr.pdf[en ligne]consulté le 29/10/14.

http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/t1-p1-cha3-monde-pour-demain/, [en ligne], consulté le 29/10/14.

http://www.francetvinfo.fr/sciences/la-sixieme-extinction-massive-serait-en-cours-a-cause-de-l-homme_658539.html, [en ligne], consulté le 26/11/14.

http://www.notre-planete.info/environnement/biodiversite/extinctions_massives.php,[en ligne], consulté le 26/11/14.

La diversité biologique et les changements climatiques,
https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-fr.pdf, [en ligne], consulté le 29/10/14.

Maillages vert et bleu à Bruxelles
http://www.environnement.brussels/uploadedfiles/Site/Particuliers/Th%C3%A8me_-_Espaces_verts,_faune_et_flore/Maillage_vert_bleu_FR.pdf?langtype=2060, [en ligne], consulté le 17/11/15.

Pelouses calcaires
http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1524

Portail Environnement FWB,
http://biodiversite.wallonie.be/fr/ciconia-nigra.html?IDD=50334071&IDC=314 [en ligne]consulté le 29/10/14.
http://biodiversite.wallonie.be/fr/tetrao-tetrix.html?IDD=50334106&IDC=316 [en ligne]consulté le 29/10/14.

CHIMIE

CHIMIE

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA5

« Liaisons chimiques et configuration spatiale des espèces chimiques »

Durée prévue pour l'UAA5 (17 périodes) : de septembre à octobre en 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 5

Liaisons chimiques et configuration spatiale des espèces chimiques

Compétences à développer

- A partir du modèle de Lewis et d'informations du tableau périodique des éléments, représenter une molécule avec ses liaisons.
- Expliquer comment la configuration spatiale d'une espèce chimique en détermine des comportements.

Processus

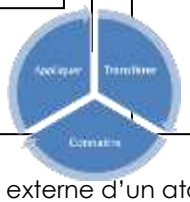
Appliquer

- Construire une représentation d'une molécule à partir du modèle de Lewis des atomes constitutifs sur base des informations extraites du tableau périodique des éléments.
- Caractériser une liaison à partir de l'électronégativité des atomes constitutifs.
- Ecrire l'équation de dissociation d'un sel.

Transférer

- Représenter la configuration spatiale d'espèces chimiques dont H_2O, CH_4, NaCl, CO_2, O_2, au moins, et prévoir leur comportement dans l'eau.
- Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour les situations suivantes :
  - dureté et conductivité électrique du diamant contrairement au graphite ;
  - ductilité et conductivité électrique des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques ;
  - solubilité des sels ioniques ;

  et montrer comment l'homme en tire profit.



Connaître

- Décrire la structure électronique externe d'un atome à partir de sa position dans le tableau périodique des éléments et en déduire la valence.
- Expliquer que les éléments absorbent et émettent des énergies lumineuses correspondant à des couleurs spécifiques. Décrire les impacts de ce constat dans plusieurs domaines (par exemple : les couleurs des lampes et des feux d'artifice, l'application à l'analyse spectrale, la composition des étoiles, …).
- Montrer les limites du modèle de Lewis (par exemple pour le sulfate d'hydrogène, le nitrate d'hydrogène, les chlorites, chlorates et perchlorates).
- Décrire l'action des molécules d'eau sur la solvatation de sels.
- Décrire le rôle des liaisons hydrogène dans l'eau pure.

Ressources

Savoirs disciplinaires

- Modèle de Lewis
- Electron de valence
- Liaison ionique
- Liaison covalente pure et liaison covalente polarisée
- Solvatation
- Liaison hydrogène
- Liaison métallique

Savoir-faire

- Extraire les informations (valence, état d'oxydation, électronégativité) du tableau périodique des éléments.
- Représenter une molécule en 3D.
- Représenter la structure de Lewis d'un atome à l'aide du tableau périodique des éléments.

Stratégies transversales

- Visualiser une forme dans l'espace.
- Estimer la valeur d'un angle dans un polygone.

Considérations pédagogiques

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils - Liens suggérés	Timing suggéré
Professeur Proposer une révision sur les concepts suivants : - modèle de Bohr y compris le remplissage des couches électroniques ; - comparaison atome/ion ; - métaux, non-métaux ; - électronégativité (χ) ; - relation entre les propriétés chimiques et le nombre d'électrons de la dernière couche électronique ; - structure (configuration) électronique de l'ion monoatomique identique à celle du gaz noble le plus proche[1]. Faire associer, par les élèves, la position de l'élément dans le tableau périodique avec la charge des ions monoatomiques et rappeler la notion de nombre d'oxydation des métaux. **Élève** *Décrire la structure électronique externe d'un atome à partir de sa position dans le tableau périodique des éléments et en déduire* le nombre d'oxydation. Extraire du tableau périodique les informations utiles pour modéliser un atome ou un ion selon le modèle de Bohr.	**Structure de l'atome** **1. Rappels** Les électrons périphériques des éléments des familles a, aussi appelés **électrons de valence**, sont les électrons de la dernière couche occupée. Le numéro de famille a est égal au nombre d'électron(s) de la dernière couche occupée.	Électron périphérique (ou électron de valence)		1P

[1] Tous les ions des métaux des familles a n'ont pas la structure électronique d'un gaz noble (Ex. : Ga^{3+}).

Extraire du tableau périodique l'électronégativité d'un élément. Déduire la charge d'un ion monoatomique à partir de la position de l'élément dans le tableau périodique. Déduire le nombre d'oxydation d'un élément métallique à partir de sa position dans le tableau périodique. Identifier le gaz noble ayant la même structure électronique qu'un ion monoatomique.				
Professeur Pulvériser dans la flamme bleue d'un bec Bunsen différentes solutions aqueuses de sels (Ex. : sels de sodium, de calcium, de potassium, de cuivre, de strontium …) pour mettre en évidence l'émission de lumière par des éléments métalliques. **Élève** *Expliquer que les éléments absorbent et émettent des énergies lumineuses correspondant à des couleurs spécifiques. Décrire les impacts de ce constat dans plusieurs domaines (par exemple : les couleurs des lampes et des feux d'artifice, l'application à l'analyse spectrale, la composition des étoiles, …).* Interpréter les expériences à l'aide du modèle de Bohr.	**2. Émission de lumière par les sels chauffés** Dans le modèle de Bohr, les électrons sont répartis sur des couches électroniques, en fonction de leur énergie. Lorsque l'on communique de l'énergie calorifique à un élément, on permet à un électron d'occuper une couche électronique plus éloignée du noyau. L'élément est alors dans un état excité instable. Il retourne dans son état initial (état fondamental) en restituant l'énergie calorifique reçue sous forme d'énergie lumineuse. Comme la différence d'énergie entre deux couches électroniques données est liée au nombre atomique Z, l'énergie lumineuse restituée dépend de l'élément métallique excité, ce qui se traduit par une émission de lumière de couleur différente.			3P

Professeur Introduire le schéma de Lewis. **Élève** Mettre en relation le nombre d'électrons périphériques (électrons de valence) et le numéro de la famille a de l'élément. Établir la relation entre le numéro de la famille a de l'élément et le schéma de Lewis. Distinguer électron célibataire et paire (doublet) d'électrons. Mettre en relation le schéma de Lewis avec la stabilité chimique.	**Schéma et représentation de Lewis** **Le schéma de Lewis** d'un élément est une représentation simplifiée, en deux dimensions, de la répartition des électrons périphériques sur leur couche électronique. Dans le schéma de Lewis figurent des **électrons célibataires** et, si le nombre d'électrons est supérieur à 4, des **doublets électroniques (paires d'électrons)**. Dans le schéma de Lewis, un électron célibataire est représenté par un point et une paire d'électrons par un tiret. Tous les éléments d'une même famille a ont le même schéma de Lewis. Ce dernier se trouve dans le tableau périodique, en haut de chaque famille a. (Ex. : les alcalins ) À l'exception de l'hélium, la stabilité chimique des gaz nobles est liée à la présence de huit électrons sur leur couche électronique externe. Ces huit électrons constituent un **octet électronique**. Une **représentation de Lewis** est une représentation d'un atome par son symbole entouré de points et de tirets pour indiquer la répartition des électrons périphériques sur leur couche électronique.	Schéma de Lewis Électron célibataire Doublet électronique Paire d'électrons Octet électronique Représentation de Lewis		

Professeur Réaliser, par exemple, un test de conductibilité électrique sur l'eau déminéralisée et présenter une capsule vidéo montrant l'électrolyse du sel de cuisine fondu, dans le but de montrer l'existence de substances ioniques et de substances moléculaires. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation ionique/moléculaire.* Interpréter les expériences pour déduire la nature des espèces chimiques présentes dans les deux liquides. Déduire la nature des espèces chimiques dans le sel de cuisine à l'état solide. Classer l'eau et le sel de sodium en substance moléculaire et en substance ionique. **Professeur** Montrer le modèle de la structure microscopique de la glace et celui de la structure microscopique du sel de cuisine. **Élève** Comparer les deux modèles et distinguer à l'échelle microscopique une substance ionique d'une substance moléculaire.	**Distinction substances ioniques/ substances moléculaires** **1. Conductibilité électrique** La présence d'ions dans un liquide lui confère les qualités de conducteur de courant électrique. Les **substances moléculaires** sont constituées de molécules tandis que les **substances ioniques** sont constituées d'ions de signe contraire. À l'état liquide, une substance ionique conduit le courant électrique alors qu'une substance moléculaire ne le conduit pas. **2. Structure microscopique** La **structure microscopique** est la disposition des éléments chimiques d'un corps à l'échelle microscopique. Un solide à structure microscopique ordonnnée est un solide cristallin. À l'état solide, la structure microscopique d'une substance moléculaire est différente de celle d'une substance ionique (deux espèces chimiques pour les substances ioniques, une seule pour les substances moléculaires).	Substance moléculaire Substance ionique Structure microscopique	Capsule vidéo du sel de cuisine en fusion https://www.youtube.com/watch?v=NfNIn4R8tg41	2P

Professeur Présenter un tableau[2] de substances binaires, ioniques et moléculaires, pour permettre à l'élève d'établir la relation entre le caractère ionique ou moléculaire d'une substance binaire et : - la composition chimique de la substance ; - la différence d'électronégativité entre les éléments. **Élève** Mettre en relation le caractère ionique ou moléculaire d'une substance binaire avec la composition chimique de la substance et la différence d'électronégativité entre les éléments.	**3. Composition chimique** Une substance binaire est de type ionique lorsque la différence d'électronégativité entre les deux éléments est supérieure ou égale, par convention[3], à 1,7. C'est en général le cas lorsque la substance binaire implique un métal et un non-métal.[4] Une substance binaire est de type moléculaire lorsque la différence d'électronégativité entre les deux éléments est inférieure à 1,7. C'est en général le cas en l'absence d'élément métallique.[5]			
Professeur Proposer une liste de substances ioniques binaires (Ex. NaCl, KI, $CaBr_2$ …) **Élève** Identifier les ions d'une substance ionique. Interpréter la formation des ions d'une substance ionique à partir des atomes correspondants, en utilisant les schémas de Lewis ou les représentations de Lewis des	**Substances ioniques** **1. Liaison ionique** Lors de la formation d'une substance binaire impliquant un métal et un non-métal (rappel : l'oxygène est un non-métal), l'élément métallique de plus faible électronégativité cède un (ou des) électron(s) à l'élément non métallique de plus grande électronégativité.			**2 P**

[2] Tableau à quatre colonnes : les deux premières (formule chimique de substances binaires ioniques et moléculaires & type de chaque substance (ionique ou moléculaire)) sont complétées par le professeur et les deux dernières (formule générique & différence d'électronégativité) sont à compléter par l'élève.

[3] En référence à la valeur de la charge partielle $\delta = 0{,}5$ qui correspond à une différence d'électronégativité entre les deux éléments égale à 1,7

[4] Cependant, des substances telles que $BeCl_2$ et $AlCl_3$ sont classées dans les substances moléculaires ($\Delta\chi<1{,}7$). En effet, les éléments métalliques situés à la frontière entre les métaux et les non-métaux ainsi que les métaux situés en haut d'une colonne (Ex. : Be) présentent un comportement métallique moins marqué.
Les hydrures métalliques ne sont pas au programme de ce cursus.

[5] Des exceptions existent (Ex. : SiF_4 et HF sont des substances moléculaires ($\Delta\chi>1{,}7$)).

éléments. Déduire, dans le cas d'un anion monoatomique, le nombre d'oxydation négatif d'un élément non métallique. Établir la relation entre le N.O. négatif du non-métal et la position du non-métal dans le tableau périodique.	L'élément métallique devient un ion positif dont la structure électronique est semblable à celle du gaz noble le plus proche et l'élément non métallique devient un ion négatif dont la structure électronique est également semblable à celle du gaz noble le plus proche. L'**ionisation** par transfert d'électron(s) de l'élément métallique vers l'élément non métallique stabilise des éléments chimiques dont le nombre d'électron(s) sur la dernière couche n'est pas égal à huit en leur permettant d'atteindre l'octet électronique et acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche. Les ions formés, de charges électriques opposées, s'attirent et se disposent les uns par rapport aux autres, dans les trois directions de l'espace, pour former un solide cristallin. Dans le solide cristallin, des **liaisons ioniques** lient les ions de charges opposées. Une **liaison ionique** est une attraction électrique entre deux ions de charges électriques opposées, dans un solide cristallin. La formation de liaisons ioniques entre éléments métalliques et éléments non métalliques libère de l'énergie.	Ionisation Liaison ionique		

Professeur Présenter un tableau [6] de substances moléculaires et de substances ioniques afin de déterminer l'état physique des substances ioniques et moléculaires dans les conditions de température et de pression de la classe. **Élève** Déduire que les substances ioniques sont toujours des solides dans les conditions de température et de pression de la classe alors que les substances moléculaires peuvent être des solides, des liquides ou des gaz. Déterminer les formules chimiques des espèces chimiques constituant les substances ioniques et les substances moléculaires. **Professeur** Montrer des cristaux de sel de cuisine et le modèle de sa structure microscopique. **Élève** *Représenter la configuration spatiale d'espèces chimiques dont NaCl.* Observer la forme cristalline du sel. Faire le lien entre la forme des cristaux et la maille cristalline cubique. Faire le lien entre la formule des ions et la formule chimique de la substance ionique.	**2. Propriétés des substances ioniques** **a. État physique** À 20 °C et à la pression atmosphérique, toutes les substances ioniques sont solides. Les solides ioniques sont des solides cristallins. On parle de « **cristaux ioniques** ». Un **cristal** est un solide à structure microscopique ordonnée. Les substances ioniques ternaires sont également des substances comportant un élément métallique[7]. Les substances ioniques quaternaires sont également des substances comportant un élément métallique. Les sels d'ammonium sont également des substances ioniques.	Cristal ionique Cristal	UAA5 F1[8]	

[6] 6 colonnes : formule chimique (composés binaires, ternaires et quaternaires, sels d'ammonium et substances simples) – type de substance (ionique ou moléculaire) – température de fusion – température d'ébullition – état physique à 20 °C à la pression atmosphérique – formule chimique des espèces chimiques. Les deux dernières colonnes sont à compléter par les élèves.

[7] Cependant, il existe des substances ternaires et quaternaires comportant plusieurs éléments métalliques (Ex. : $KMnO_4$)

[8] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Rappeler la légende du tableau qualitatif de la solubilité dans l'eau de différentes substances ioniques (cf UAA4). **Élève** *Écrire l'équation de dissociation d'un sel.* À partir du nom ou de la formule chimique d'une substance ionique, trouver le caractère soluble ou non dans l'eau. Écrire l'équation de dissociation ionique d'un sel binaire et ternaire en solution aqueuse (y compris les sels d'ammonium). **Professeur** Rappeler la propriété de conductibilité électrique des substances ioniques à l'état fondu. Tester la conductibilité électrique des substances ioniques (Ex. : sel de cuisine) à l'état solide et en solution aqueuse. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour* la *conductivité électrique de sels ioniques.* Interpréter les expériences. **Professeur** Marteler des cristaux de gros sel. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour des sels ioniques.* Interpréter l'expérience.	**b. Solubilité des substances ioniques dans l'eau** Toutes les substances ioniques ne sont pas solubles dans l'eau à température ordinaire (25 °C). **c. Conductibilité des substances ioniques dans l'eau** Les substances ioniques sont des électrolytes à l'état fondu et en solution aqueuse. **d. Caractère cassant des substances ioniques** Les substances ioniques sont cassantes. Soumises à des forces pressantes, les couches d'ions se déplacent. Lorsque des ions de même signe sont en vis-à-vis, le cristal ionique casse.			

Élève *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire et montrer comment l'homme en tire profit.*	**e. Exploitation des propriétés des substances ioniques au quotidien** Ex. : - Marais salants - Charcuteries - Sels pour adoucisseurs d'eau - …			
Professeur Interroger les élèves sur la manière dont, par exemple, deux atomes d'hydrogène se lient pour former la molécule H_2 et comment deux atomes de chlore se lient pour former la molécule Cl_2 (en utilisant le modèle de Lewis). **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation moléculaire.*	**Substances moléculaires** **1. Liaison covalente** Le **modèle de Lewis** est le premier modèle de la liaison chimique. Selon ce modèle, deux atomes peuvent mettre des électrons en commun pour acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche et donc se stabiliser. Une liaison entre deux atomes est assurée par un doublet d'électrons partagés. Dans le modèle de Lewis, la formation de molécules par **liaison covalente** permet à des atomes dont la différence d'électronégativité est, par convention, inférieure à 1,7 et dont le nombre d'électron(s) sur la dernière couche n'est pas égal à 8, d'atteindre l'octet électronique et donc de se stabiliser en acquérant la structure électronique du gaz noble le plus proche. C'est généralement le cas lorsque la liaison implique des non-métaux et/ou l'hydrogène. L'atome d'hydrogène se stabilise par liaison covalente pour atteindre la structure	Modèle de Lewis Liaison covalente	UAA5 F2[15] Expérience proposée lors de la journée "Foire aux idées" (ULG 1995) par Roger FRANCOIS, Professeur de chimie p.85 Doc Pierre Collette 4e	4P

[15] http://www.sciences-wbe.be

	électronique de l'hélium, gaz noble le plus proche. Une liaison covalente est une liaison par mise en commun de deux électrons célibataires dits « **électrons liants** »[10]. Cette mise en commun d'électrons s'oppose à la répulsion électrique entre les noyaux des deux atomes et les maintient unis tout en stabilisant les deux atomes par un réarrangement électronique qui leur permet d'atteindre la structure électronique du gaz noble le plus proche. La **formule de Lewis** (ou **structure de Lewis**) est une représentation en deux dimensions de la structure électronique externe des atomes composant une molécule. Dans la structure de Lewis (formule de Lewis), les liaisons covalentes et les paires d'électrons non liants sont représentées par des traits. La manière dont les éléments chimiques se lient pour se stabiliser dépend donc : - de la différence d'électronégativité ; - de la nature des éléments (M, M' ou H) qui se lient.[11]	Électrons liants Formule/structure de Lewis		

[10] Le dépassement de l'octet sera abordé plus loin dans le cours.

[11] Il existe deux façons d'aborder la liaison chimique, soit à partir de la différence d'électronégativité, soit à partir de la composition chimique. La démarche est laissée au choix de l'enseignant, chacune ayant ses limites.

Professeur Réaliser l'expérience de la déviation d'un filet d'eau déminéralisée par un bâton électrisé. Répéter l'expérience avec, par exemple, de l'heptane. **Élève** *Expliquer un comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire.* Interpréter les phénomènes observés.	**2. Molécules polaires/apolaires** Les molécules qui, à l'état liquide, subissent l'influence d'un corps électrisé sont des **molécules polaires** ou **dipôles électriques**. Elles sont schématisées : (+ -) . Les substances constituées de molécules polaires sont appelées **substances covalentes polaires**. Les molécules qui, à l'état liquide, ne subissent pas l'influence d'un corps électrisé sont des **molécules apolaires**. Les substances constituées de molécules apolaires sont appelées **substances covalentes apolaires**.	Molécule polaire Dipôle électrique Substance covalente polaire Molécule apolaire Substance covalente apolaire		
Professeur Introduire la notion de liaison covalente pure et de liaison covalente polarisée à partir, par exemple, du dihydrogène et du chlorure d'hydrogène en utilisant la différence d'électronégativité. Introduire la notion de charges partielles électriques pour les liaisons covalentes polarisées. **Élève** *À partir du modèle de Lewis et d'informations du tableau périodique des éléments, représenter une molécule avec ses liaisons.*	**3. Liaison covalente pure et liaison covalente polarisée**[12] Une **liaison covalente pure** est une liaison qui résulte de la mise en commun de deux électrons célibataires entre deux atomes de même électronégativité. Elle est représentée par un trait entre les deux atomes. Une **liaison covalente polarisée** est une liaison résultant de la mise en commun de deux électrons célibataires entre deux atomes d'électronégativité différente. Une liaison covalente polarisée est à l'origine de **charges partielles** sur les éléments : - δ^- (delta moins) sur l'élément le plus	Liaison covalente pure Liaison covalente polarisée Charges partielles δ^+ et δ^-		

[12] Les qualificatifs polaire et apolaire se rapportent aux noms « substance » et « molécule », tandis que l'adjectif polarisé précise l'expression « liaison covalente ».

Construire une représentation d'une molécule à partir du modèle de Lewis des atomes constitutifs sur base des informations extraites du tableau périodique des éléments. *Caractériser une liaison à partir de l'électronégativité des atomes constitutifs. Décrire la structure électronique externe d'un atome à partir de sa position dans le tableau périodique des éléments et en déduire la valence.* Déduire que dans les molécules H_2 et HCl, l'hydrogène a la structure électronique de l'hélium et dans HCl, le chlore celle de l'argon. Représenter les liaisons dans les molécules H_2O, CO_2, CH_4, NH_3 … sans tenir compte de la configuration spatiale. **Professeur** Interroger les élèves sur « leur » représentation spatiale de la molécule d'eau. **Élève** *Expliquer comment la configuration spatiale d'une espèce chimique en détermine des comportements.* Proposer des représentations spatiales de la molécule d'eau. Confronter les propositions avec l'interprétation de l'expérience où le filet	électronégatif ; - δ^+ (delta plus) sur l'élément le moins électronégatif. La liaison covalente polarisée est représentée non seulement par un trait entre les deux éléments mais aussi par la présence de charges partielles de signe contraire sur chacun des deux éléments liés. Dans une molécule, la somme des charges partielles positives est égale à la somme des charges partielles négatives. $\sum \delta^+ = \sum \delta^-$ Les deux électrons d'une liaison covalente sont appelés électrons liants. La **valence**[13] est le nombre de liaisons qu'un élément réalise. **4. Configuration spatiale des molécules** La **configuration spatiale** est la disposition des atomes de la molécule, les uns par rapport aux autres. La configuration spatiale d'une molécule de type AB_x dépend du nombre d'atomes périphériques (B) liés à l'atome central (A) et de la présence d'électrons non liants sur l'atome central. Configuration spatiale des molécules : - linéaire - angulaire ou coudée	Valence Configuration spatiale		

d'eau est dévié par la tige électrisée. Introduire le modèle moléculaire de la molécule CH_4, de la molécule O_2 et des molécules NH_3 et BF_3[9]. Dessiner la configuration spatiale des différentes molécules avec les conventions d'écriture des traits pour représenter les liaisons. **Élève** *À partir du modèle de Lewis et d'informations du tableau périodique des éléments, représenter une molécule avec ses liaisons.* *Représenter la configuration spatiale d'espèces chimiques dont H_2O, CH_4, CO_2, O_2, au moins.* **Élève** À partir des modèles des molécules CH_4, O_2, CO_2, NH_3 et BF_3, déterminer leur caractère polaire ou apolaire. Déduire que la différence d'électronégativité entre deux éléments n'est pas le seul facteur déterminant le caractère polaire d'une molécule.	- tétraédrique - triangulaire - pyramidale à base triangulaire **5. Détermination du caractère polaire/apolaire** Une molécule est polaire : - si elle est constituée d'éléments d'électronégativité différente ; ET - si la géométrie de la molécule est telle que barycentre[14] des charges partielles positives ne coïncide pas avec			

[13] Plusieurs définitions de la valence : « *nombre de liaisons que peut contracter un élément (covalence) - Charge de l'ion libre (électrovalence)* » (de Menten, 2013, p.305) …

[9] Dans la molécule BF_3 l'atome de bore ne réalise pas l'octet électronique.

[14] On considère un ensemble de charges électriques globalement neutre constitué de n charges positives et de p charges négatives.
Le barycentre (N) des n charges positives est un point de l'espace où une charge égale à la somme des n charges aurait le même effet à elle seule que les n charges qu'elle remplace.
Le barycentre (P) des p charges négatives est un point de l'espace où une charge égale à la somme des p charges aurait le même effet à elle seule que les p charges qu'elle remplace.
Lorsque les points N et P ne coïncident pas, on modélise le système par deux charges ponctuelles –q et +q séparée par une distance NP.
Dans le cas d'une molécule, cette situation est celle d'une molécule polaire.
Lorsque les points N et P coïncident, la molécule est apolaire.

Déterminer la configuration spatiale et le caractère polaire ou apolaire de molécules diatomiques et de molécules de type AB_2, AB_3 et AB_4. **Professeur** Reprendre le tableau « substances moléculaires/substances ioniques » pour mettre en évidence l'état physique des substances moléculaires dans les conditions de température et de pression de la classe. **Élève** Déduire l'état physique des substances moléculaires. **Professeur** Présenter un modèle microscopique de la glace et présenter la forme des cristaux de neige. **Élève** Mettre en relation la forme hexagonale des cristaux avec la maille cristalline hexagonale.	barycentre des charges partielles négatives. Une molécule apolaire est : - soit une molécule constituée d'éléments de même électronégativité ; - soit une molécule constituée d'éléments d'électronégativité différente dont la géométrie est telle que barycentre des charges partielles positives coïncide avec barycentre des charges partielles négatives. **6. Propriétés des substances covalentes** **a. État physique** À 20 °C, à la pression atmosphérique, les substances covalentes peuvent être des solides, des liquides ou des gaz. L'état physique dépend de l'importance de l'attraction intermoléculaire. Une substance covalente (ou moléculaire) qui à l'état solide présente une structure microscopique ordonnée, est un « **cristal moléculaire** ».	Cristal moléculaire	UAA5 F1[16]	

[16] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Présenter, par exemple, un tableau dans lequel figurent les formules moléculaires de substances covalentes polaires et de substances covalentes apolaires en précisant pour chacune d'entre elles le caractère polaire ou apolaire, la solubilité dans l'eau, l'ionisation (dans l'eau) éventuelle et la solubilité dans un solvant apolaire. **Élève** *Représenter la configuration spatiale d'espèces chimiques et prévoir leur comportement dans l'eau.* Déduire de l'expérience avec la déviation du filet d'eau et de l'analyse du tableau, la relation entre le caractère polaire/apolaire du solvant et le caractère polaire/apolaire du soluté ainsi que l'ionisation dans l'eau de certaines substances covalentes polaires (Ex. : les acides). **Professeur** Proposer une séance d'exercices pour déterminer le caractère soluble ou très peu soluble dans l'eau, d'une molécule inorganique de type AB_x avec x = 1, x = 2, x = 3 et x = 4. **Élève** À partir de la formule chimique d'une molécule, trouver son caractère polaire ou apolaire, prévoir le caractère soluble ou très peu soluble dans l'eau. Pour les acides, écrire l'équation d'ionisation	**b. Solubilité des substances covalentes** Les **solvants polaires** tels que l'eau sont de très bons solvants des substances covalentes polaires mais dissolvent très peu les solutés covalents apolaires. Toutes les substances covalentes polaires ne sont pas ionisées en solution aqueuse. Les acides sont ionisés en solution aqueuse. Par contre, les **solvants apolaires** sont de très bons solvants des substances covalentes apolaires mais dissolvent très peu les solutés covalents polaires.	Solvant polaire Solvant apolaire	UAA5 F3[15]	

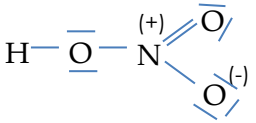
dans l'eau.	**c. Conductibilité électrique des substances covalentes** À l'état liquide, une substance covalente ne conduit pas le courant électrique, contrairement aux substances ioniques. En solution aqueuse, certaines substances covalentes polaires sont des électrolytes (Ex. : les acides) alors que d'autres ne le sont pas (Ex. : éthanol, saccharose …). Les solutions aqueuses d'électrolytes conduisent le courant électrique.			
Professeur Présenter un graphique montrant l'évolution des températures de changement d'état des composés hydrogénés de la famille VIa en fonction de la masse moléculaire (relative). **Élève** *Décrire le rôle des liaisons hydrogène dans l'eau pure.* Interpréter le graphique. **Professeur** Introduire la notion de pont H.	**Propriétés dissolvantes de l'eau** **1. Ponts (liaisons) H** À l'exception de l'eau, les températures de fusion et d'ébullition des composés hydrogénés des éléments de la famille VIa augmentent avec la masse des molécules. Il existe donc un type d'**attraction intermoléculaire** qui augmente avec la masse des molécules. L'eau, la plus légère des molécules du graphique, possède des températures d'ébullition et de fusion anormalement élevées. Entre les molécules d'eau, s'ajoute un autre type d'attraction intermoléculaire appelé liaisons « hydrogène » (**ponts H**). Le pont H est une attraction électrique entre l'hydrogène δ+ d'une molécule d'eau et une paire d'électrons non liants de l'atome O d'une autre molécule d'eau.	Attraction intermoléculaire Pont H		2P

Professeur Présenter un schéma du mécanisme de la dissolution des substances ioniques dans l'eau. **Élève** *Décrire l'action des molécules d'eau sur la solvatation de sels.* *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation ionique pour* la *solubilité des sels ioniques.*	**2. Solvatation** Le mécanisme de la dissociation ionique dans l'eau comprend deux étapes : - l'extraction des ions du solide ionique par les molécules d'eau ; - la disposition des molécules d'eau autour des ions extraits. C'est la **solvatation** des ions appelée **hydratation** lorsque le solvant est l'eau.	Solvatation Hydratation		
Professeur Proposer une liste de substances covalentes, ioniques et métalliques, de gaz nobles et de solides covalents. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire.* Repérer les substances ioniques et les substances covalentes. Classer les substances restantes en catégories. **Professeur** Présenter l'Atomium comme la maille cristalline du fer. Présenter la structure d'un métal comme un réseau de cations entre lesquels voyagent des électrons. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour* la *conductivité électrique des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques.* Faire le lien entre la structure microscopique du métal et la conductibilité électrique des	**Les autres catégories de substances** À côté des substances ioniques et des substances covalentes (moléculaires), il existe trois autres catégories de substances : - les métaux - les **solides covalents** - les gaz nobles. **1. Les métaux** Les métaux sont constitués de cations ordonnés entre lesquels circulent des électrons. **Propriétés des métaux** Le déplacement ordonné des électrons à l'aide d'un générateur de courant continu est à l'origine du courant électrique. Dans les métaux, l'attraction entre les cations et les électrons est une liaison forte appelée **liaison métallique.** Les températures de fusion et d'ébullition	Solide covalent Liaison métallique		

métaux. **Professeur** Présenter les températures de fusion de quelques métaux. **Élève** Déduire que, dans les métaux, l'attraction entre les électrons et les cations est importante. **Professeur** Marteler une barre de fer. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour* la *situation suivante :* o *ductilité et conductivité électrique des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques.* Observer et interpréter les observations.	des métaux sont généralement élevées. À l'exception du mercure, tous les métaux sont solides à 20 °C, à la pression atmosphérique. Contrairement aux substances ioniques, les métaux se déforment mais ne cassent pas lorsqu'ils sont soumis à des forces pressantes. Contrairement aux substances ioniques, les métaux sont : - conducteurs du courant électrique à l'état solide ; - ductiles. Ces propriétés sont dues à la structure microscopique particulière des métaux. **Les métaux dans la vie courante** Ex. - Cuivre dans les circuits électriques - Métaux précieux en orfèvrerie - Catalyseurs en industrie - …			

Professeur Présenter le modèle de la structure microscopique des fullerènes, du diamant et du graphite. **Élève** *Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour* la *situation suivante :* ○ *dureté et conductivité électrique du diamant* et du *graphite.* Interpréter les propriétés particulières de ces corps en relation avec la structure microscopique.	**2. Les solides covalents** Diamant, graphite et fullerènes sont les variétés allotropiques du carbone. « *L'**allotropie** est l'existence pour un élément dans un état physique donné de plusieurs formes ayant une structure et un arrangement atomique propres* » (de Menten, 2013). Le **diamant**, le **graphite** et les **fullerènes** sont des solides covalents. Dans le cas du diamant, les atomes de carbone sont maintenus ensemble par des liaisons covalentes, dans un réseau cristallin (structure microscopique ordonnée) tridimensionnel illimité. Par conséquent, il n'y a pas de molécules distinctes. Chaque atome de carbone est au centre d'un tétraèdre dont les sommets sont occupés par quatre autres atomes de carbone. La dureté du diamant s'explique par cette structure microscopique compacte. Le diamant n'est pas un conducteur électrique car les quatre électrons de valence du carbone sont utilisés dans les liens covalents. La structure microscopique du graphite fait apparaître des plans d'atomes maintenus ensemble par des liaisons faibles. Dans chaque plan, les atomes de carbone utilisent trois de leurs quatre électrons célibataires pour former des liaisons covalentes, faisant ainsi apparaître une structure hexagonale. Les électrons non utilisés dans les liaisons covalentes sont à l'origine de la	Allotropie Diamant Graphite Fullerènes		

	conductibilité électrique du graphite et permettent un glissement des feuillets de carbone les uns par rapport aux autres (Ex. : crayon "à papier" ou "crayon noir » → traces de graphite). Les fullerènes sont des molécules constituées de dizaines d'atomes de carbone (voire plus) pouvant prendre une forme géométrique rappelant celle d'une sphère, d'un ellipsoïde, d'un tube ou d'un anneau. Leur conductibilité électrique est due à la non-utilisation d'un des quatre électrons de valence du carbone pour former des liens covalents. **Usage des variétés allotropiques du carbone dans la vie courante** - Diamant pour la découpe des vitres, pour les têtes de forage … - Fullerène pour son usage en électronique, dans la construction des panneaux photovoltaïques … - Graphite pour les crayons noirs, les électrodes …			

	3. Les gaz nobles Qualifiés aussi d'inertes ou de rares, les gaz nobles sont des gaz remarquables par leur absence de réactivité, cette inertie n'est cependant pas absolue. **Usage dans la vie courante** - Enseignes lumineuses - Ballons gonflés à l'hélium - … -		UAA1 F1.d[17]	
Professeur Présenter des modèles moléculaires aux élèves (Ex.: SO_2, SO_3, PCl_5, SF_6 …). **Élève** Représenter la formule de Lewis des molécules présentées. **Professeur** Présenter des modèles moléculaires aux élèves (Ex.: H_2SO_4, $HClO_2$, H_3PO_4 …) et le modèle de la molécule HNO_3. **Élève** *Montrer les limites du modèle de Lewis (par exemple pour le sulfate d'hydrogène, le nitrate d'hydrogène, les chlorites, chlorates et perchlorates).* Représenter la formule de Lewis des molécules montrées.	**Limites du modèle de Lewis** Les éléments qui possèdent des paires d'électrons sur la dernière couche électronique (familles Va, VIa et VIIa) et qui dans le tableau périodique sont classés au-delà de la deuxième période, peuvent dépasser l'octet lors de la formation des liaisons covalentes. **Cas particulier : l'azote** Comme l'azote ne peut dépasser l'octet puisqu'il appartient à la deuxième période du tableau périodique, dans la molécule HNO_3 [18], la paire d'électrons de l'azote constitue les deux électrons liants d'une liaison entre l'azote et un oxygène.  			2P

[17] http://www.sciences-wbe.be

[18] C'est aussi le cas dans N_2O_5 par exemple.

Professeur Présenter une série de formules de Lewis de substances moléculaires et de substances ioniques. Introduire la notion de représentation fictive. Donner la définition du nombre d'oxydation **Élève** Énoncer les règles de calcul des nombres d'oxydation. Utiliser ces règles dans le calcul de nombre d'oxydation.	**Règles de calcul des N.O.** Une **représentation fictive** d'une substance est une formule de Lewis dans laquelle les liaisons covalentes polarisées sont considérées comme des liaisons ioniques. Le N.O. est la valeur algébrique de la charge de l'élément dans la représentation fictive. Contrairement aux métaux dont le ou les N.O. sont positifs, la plupart des non-métaux possèdent plusieurs N.O. positifs et un N.O. négatif.	Représentation fictive	UAA5 F4[19]	
Élève Déduire l'activité du chimiste.	**Que fait donc le chimiste ?** Il exploite la relation entre la structure microscopique et les propriétés de la matière pour créer de nouveaux matériaux.			
Évaluation formative RCD				½ P
Évaluation sommative RCD				½ P

[19] http://www.sciences-wbe.be

Situation d'apprentissage

Prendre un morceau de tuyau en PVC, le frotter à l'aide d'un morceau de laine puis l'approcher d'un filet d'eau.
Observer et interpréter le phénomène.

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). Chimie générale. Paris : Pearson Education.

Charlot Chimie analytique quantitative, Volume 1

Menten, P. (2013). .Dictionnaire de chimie. Une approche étymologique et historique. Bruxelles : De Boeck.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Blender, A., Rabbe, C. (2011). « La chimie est un jeu ». Paris : Librio.

Collette, P. & al. (1997). Chimie 2e - fiches professeur & Chimie 4e. Frameries : CTP.

Collette, P. & al. (1997). Chimie 4e. Frameries : CTP.

Depover, P., Koot, A. (2012). « À la découverte de la chimie ». Louvain-La-Neuve : De Boeck

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA6

« Caractériser un phénomène chimique »

Durée prévue pour l'UAA6 (6 périodes) : de novembre à décembre en 5e année

Référentiel

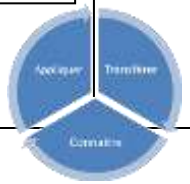
Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 6

« Caractériser un phénomène chimique »

Compétences à développer

- **Caractériser la vitesse de réaction sur base de critères qualitatifs.**
- **Caractériser l'effet thermique d'un phénomène chimique.**

Processus	Ressources

Appliquer
Calorimétrie
• Suivre un protocole expérimental pour déterminer la chaleur molaire associée à une dissociation ionique.
• Représenter sous forme d'un diagramme une transformation chimique exothermique, endothermique ou athermique, les réactifs et les produits étant en solution, puis interpréter ce diagramme
 	
Transférer
Calorimétrie
• Elaborer un protocole et mener l'expérience de calorimétrie pour déterminer la quantité de chaleur molaire associée à une réaction chimique.
• Analyser une situation de la vie courante sous l'angle thermodynamique (par exemple, choisir un combustible selon sa capacité ou son pouvoir calorifique).
Vitesse de réaction
• Analyser une situation de la vie courante sous l'angle cinétique par exemple :
  ○ expliquer pourquoi le frigo permet une meilleure conservation des aliments ;
  ○ expliquer pourquoi une bûche brûle moins vite que la même quantité de bois sous forme de brindilles.
Calorimétrie et vitesse de réaction
• Décrire un phénomène chimique en distinguant les aspects thermodynamique et cinétique.
 	
 
	Pré-requis
	UAA 5 de chimie
	
	Savoirs disciplinaires
	• Chaleur
	• Réactions exothermiques, endothermiques
	• Enthalpie et ΔH
	• Capacité calorifique et pouvoir calorifique d'une substance
	• Relation liée au changement de température ($Q = c\ m\ \Delta T$)
	• Chaleur massique d'une substance
	• Chaleur molaire
	• Facteurs influençant la vitesse d'une réaction
	• Catalyseur
	
	Savoir-faire disciplinaires
	• Mesurer une température.
	• Tracer un diagramme représentant le ΔH des réactifs et le ΔH des produits.
	• Utiliser la relation $Q = c\ m\ \Delta T$.

Connaître

Calorimétrie

- Montrer que le réarrangement des éléments impliqués dans toute réaction chimique n'est pas énergétiquement neutre.
- Sur base de critères observables, distinguer une transformation chimique endothermique, exothermique ou athermique.
- Distinguer chaleur et température.

Vitesse de réaction

- Classer des phénomènes de la vie courante, des applications industrielles, des phénomènes biochimiques ou écologiques selon leur vitesse de réaction.
- Comparer la cinétique de différentes réactions de combustion (de lente à explosive).
- Expliquer le rôle d'un catalyseur au travers de phénomènes de la vie courante (exemples : pot catalytique – enzyme).
- Décrire les facteurs influençant la vitesse d'une réaction.

Considérations pédagogiques

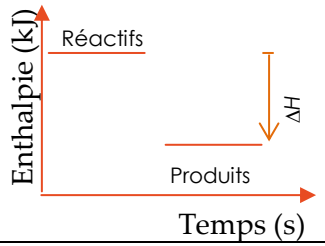
Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils-liens suggérés	Timing suggéré
Élève *Distinguer chaleur et température.*	**Calorimétrie** **1. Chaleur et température** La chaleur est une forme d'énergie appelée énergie thermique. La température d'un corps est une grandeur qui exprime le niveau thermique de ce corps. Cette grandeur est basée sur une comparaison : plus chaud que…, moins chaud que… Pour uniformiser les comparaisons, on a besoin de recourir à une échelle, donc de déterminer deux repères. Repérer la température d'un corps, c'est situer son niveau thermique sur l'échelle choisie par rapport aux deux repères.		Température d'une flamme d'allumette et utilisation de cette flamme pour chauffer une grande casserole d'eau (Kotz, p.17-18)	3P
Élève *Caractériser l'effet thermique d'un phénomène chimique.* *Sur base de critères observables, distinguer une transformation chimique endothermique, exothermique ou athermique.* Expérimenter, par groupe, une réaction	**2. Réactions endo, exo et athermiques** Au cours d'une réaction chimique, de l'énergie chimique contenue dans les réactifs peut être convertie en énergie thermique transférée au milieu extérieur. De même, au cours d'une réaction chimique, de l'énergie thermique peut être transférée du milieu extérieur aux réactifs		UAA6 F1[1]	

[1] http://www.sciences-wbe.be

chimique : - endothermique par exemple : ➢ $Ba(OH)_2 . 8H_2O_{(s)} + NH_4SCN_{(s)}$ ➢ dissolution $NH_4NO_{3\,(s)}$ dans l'eau ➢ $NaHCO_{3\,(s)}$ + vinaigre - exothermique par exemple : ➢ $Zn_{(s)} + HCl_{(aq)}$ ➢ $CaO_{(s)} + H_2O_{(l)}$ ➢ $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)}$ - athermique par exemple : ➢ $AgNO_{3\,(aq)} + KI_{(aq)}$ ➢ $CuSO_{4\,(aq)} + NaOH_{(aq)}$ Mesurer la température avant et après la réaction. Classer les phénomènes selon l'effet thermique associé (exothermique, endothermique, athermique). É**c**rire l'équation chimique pondérée de chaque réaction en y indiquant l'aspect énergétique (chaleur libérée ou absorbée).	pour être convertie en énergie chimique dans les produits. Une **réaction chimique exothermique** est une réaction qui dégage de l'énergie thermique. Une **réaction chimique endothermique** est une réaction qui absorbe de l'énergie thermique. Une **réaction chimique athermique** est une réaction qui ne dégage ni absorbe de l'énergie thermique.	Réaction chimique : ✓ exothermique ✓ endothermique ✓ athermique		
Professeur Introduire la notion d'enthalpie d'une substance et de variation d'enthalpie d'une réaction chimique.	**3. Enthalpie et graphique « variation d'enthalpie en fonction du temps »** L'**enthalpie** d'une substance est la somme de son énergie interne[2] et du produit pV[3]. L'enthalpie est ramenée à une mole de substance. Elle est symbolisée par ***H*** et son unité est le kJ/mol.	Enthalpie *H*		

[2] L'énergie interne est la somme de différentes energies : énergie des noyaux, énergie des électrons, énergie de translation, énergie de rotation, énergie de vibration…

[3] V : volume de la substance et p : la pression extérieure

Élève À partir des expériences réalisées ci-dessus et des relevés des températures, *représenter sous forme d'un diagramme une transformation chimique exothermique, endothermique ou athermique, les réactifs et les produits étant en solution, puis interpréter ce diagramme.* Tracer un diagramme représentant la variation d'enthalpie pour les réactions endo-, exo- et athermiques.	L'enthalpie d'une substance ne peut être mesurée. Une réaction chimique $aA + bB \rightarrow cC + dD$ est caractérisée par une **variation d'enthalpie** notée $\Delta H = H_P - H_R$ avec : H_R : enthalpie des réactifs H_P : enthalpie des produits L'unité de la variation d'enthalpie (ΔH) est kJ. Pour une réaction chimique réalisée à pression constante , la variation d'enthalpie de la réaction chimique (ΔH) est égale à la quantité de chaleur (Q_r) échangée entre le système chimique et le milieu extérieur. $\Delta H = Q_r$ **Graphiques « variation d'enthalpie en fonction du temps »** pour les réactions exothermique, endothermique et athermique Ex. Réaction exothermique  	Variation d'enthalpie (ΔH) en kJ/mol Graphique « variation d'enthalpie en fonction du temps »		

Professeur Réaliser des réactions de dissolution (Ex. de substances ioniques telles que NaOH (dissolution exothermique) et NH_4NO_3 (dissolution endothermique). **Élève** *Montrer que le réarrangement des éléments impliqués dans toute réaction chimique n'est pas énergétiquement neutre.* Utiliser le mécanisme de dissolution des substances ioniques pour interpréter l'effet thermique observé. Montrer que le réarrangement des éléments impliqués dans toute réaction de combustion (Ex. méthane) n'est pas énergétiquement neutre. Déduire l'origine de l'énergie libérée.	L'effet thermique observé lors de la dissociation dans l'eau d'une substance ionique est le bilan énergétique de l'extraction des ions (processus endothermique) et de l'hydratation des ions (processus exothermique). Dans le cas de la combustion, l'énergie libérée provient de la différence entre l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des réactifs et l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des produits.			
Professeur Introduire la notion de capacité calorifique massique et de calorimètre adiabatique. **Élève** *Suivre un protocole expérimental pour déterminer la chaleur molaire associée à une dissociation ionique.*	**4. Calorimétrie** La **capacité calorifique massique**[4] **(*c*)** d'un corps pur est la quantité de chaleur requise pour élever d'un Kelvin[5] (un degré Celsius) la température d'un kilogramme de ce corps. Elle est définie en Joule par kilogramme et	Capacité calorifique massique d'un corps pur (*c*)		

[4] Capacité calorifique massique ou chaleur massique
La capacité calorifique d'un corps pur est la quantité de chaleur à fournir pour élever sa température de 1°C (ou 1 K). Elle est donc égale au produit c.m (m : masse du corps et c : capacité calorifique massique du corps).

[5] Il faut introduire la relation entre la température en Kelvin et la température en degrés Celsius (De Boeck, À la découverte de la chimie. p.34).

Elaborer un protocole et mener l'expérience de calorimétrie pour déterminer la quantité de chaleur molaire associée à une réaction chimique. Déterminer expérimentalement au moyen du calorimètre adiabatique la chaleur molaire de, par exemple, la dissolution dans l'eau de NaOH et la dissolution dans l'eau de NH_4NO_3 …	par Kelvin (ou degré Celsius) (J/kg. K) (S.I.). En pratique, l'unité utilisée est souvent : kilojoule/gramme.degré Celsius (kJ/g.°C) Un **calorimètre adiabatique** est un calorimètre qui n'échange ni chaleur ni matière avec le milieu extérieur. $Q_{cal} = c \cdot m \cdot \Delta T$ avec : Q_{cal} : quantité de chaleur reçue (réaction exothermique) ou perdue (réaction endothermique) par le calorimètre c : capacité calorifique massique du calorimètre (J/kg. °C) m : masse du calorimètre (kg) $\Delta T = T_f - T_i$ Avec : T_f : température finale en Kelvin T_i : température initiale en Kelvin La quantité de chaleur reçue ou perdue par le calorimètre est égale à la quantité de chaleur donnée ou absorbée par la réaction chimique, elle-même égale à la variation d'enthalpie de la réaction. D'où : $Q_{cal} = -\Delta H$	Calorimètre adiabatique	UAA6 F2[6]	

[6] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Introduire la notion de pouvoir calorifique d'un combustible. **Élève** *Analyser une situation de la vie courante sous l'angle thermodynamique (par exemple, choisir un combustible selon sa capacité ou son pouvoir calorifique).* Exploiter un tableau de pouvoirs calorifiques, en vue d'expliquer, par exemple, l'intérêt du passage du charbon aux hydrocarbures (pétrole).	Le **pouvoir calorifique d'un combustible (*PC*)** est l'énergie dégagée, sous forme de chaleur, par la réaction de combustion de 1 kg de ce corps. Elle est définie en Joule par kilogramme. En pratique, l'unité utilisée est souvent le mégajoule par kilogramme (MJ/kg).	Pouvoir calorifique d'un combustible *PC*	UAA6 F3[7]	

[7] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Effectuer des réactions, analyser des documents … en vue de faire émerger le concept de vitesse de réaction sur base de critères qualitatifs. Introduire la notion de vitesse de réaction. **Élève** *Caractériser la vitesse de réaction sur base de critères qualitatifs.* *Classer des phénomènes de la vie courante, des applications industrielles, des phénomènes biochimiques ou écologiques selon leur vitesse de réaction.* **Élève** *Comparer la cinétique de différentes réactions de combustion (de lente à explosive).* Comparer la cinétique de, par exemple, la combustion du dihydrogène et la combustion de l'éthanol sur les crêpes flambées.	**Vitesse de réaction** **1. Vitesse d'une réaction chimique** La **vitesse d'une réaction chimique** est la vitesse à laquelle les réactifs se transforment en produits. Toutes les réactions chimiques ne se produisent pas à la même vitesse. On distingue : - réactions instantanées : explosions, transformation des gaz polluants dans le pot d'échappement catalytique, réaction de précipitation entre $PbCl_2$ et KI en solution aqueuse … ; - réactions lentes : digestion des aliments, synthèse industrielle de l'ammoniac … ; - réactions très lentes : vinification, formation de la rouille, formation du diamant, formation du pétrole … Les réactions de combustion peuvent être lentes ou explosives.	Vitesse d'une réaction chimique		2P

Professeur Réaliser des expériences mettant en évidence l'influence de différents facteurs sur la vitesse d'une réaction, par exemple : - la dissolution[8] d'un cachet effervescent[9] broyé ou non dans l'eau (ou réaction entre la même masse, par exemple de zinc en poudre ou en grenailles, et de l'acide chlorhydrique de même concentration) pour le facteur surface de contact entre les réactifs ; - la dissolution du cachet effervescent dans l'eau (ou réaction entre Zn et HCl) à différentes températures pour le facteur température ; - la réaction entre une solution aqueuse de thiosulfate de sodium à différentes concentrations et une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène pour le facteur concentration des réactifs ; - la décomposition de l'eau oxygénée en présence de MnO_2 et SiO_2 pour le facteur catalytique : MnO_2 est un catalyseur de cette réaction ; par contre SiO_2 ne l'est pas. **Élève** *Décrire les facteurs influençant la vitesse d'une réaction*. Observer les expériences. Mettre en évidence les différents facteurs influençant la vitesse d'une réaction et exprimer l'influence de ces différents facteurs sur la vitesse.	**2. Facteurs influençant la vitesse d'une réaction** Facteurs influençant la vitesse d'une réaction : - la température, - la concentration des réactifs, - la surface de contact entre les réactifs, - la présence d'un catalyseur. Un **catalyseur** est un corps pur ou un mélange qui modifie la vitesse d'une réaction chimique. Il est spécifique d'une réaction donnée. Il se retrouve inchangé en fin de réaction et il ne s'écrit donc pas dans les membres de l'équation chimique.	Catalyseur	UAA6 F4[10]	

[8] Cette dissolution est le résultat d'une transformation chimique entre les composés du cachet.
[9] Vérifier la compréhension par les élèves du terme « effervescent ».
[10] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Présenter des phénomènes de la vie courante pour que l'élève en fasse une interprétation sous l'angle de la cinétique. **Élève** *Expliquer le rôle d'un catalyseur au travers de phénomènes de la vie courante (exemples : pot catalytique – enzyme).* *Analyser une situation de la vie courante sous l'angle cinétique par exemple :* ○ *expliquer pourquoi le frigo permet une meilleure conservation des aliments ;* ○ *expliquer pourquoi une bûche brûle moins vite que la même quantité de bois sous forme de brindilles.*	**3. Cinétique et phénomènes de la vie courante**			
Élève *Décrire un phénomène chimique en distinguant les aspects thermodynamique et cinétique.* Ex. Brindilles et bûche de même masse ⇨ Aspect cinétique : la réaction est plus rapide dans le cas des brindilles que dans le cas de la bûche ⇨ Aspect thermodynamique : les deux réactions sont exothermiques et produisent la même quantité d'énergie (même ΔH).	**4. Aspects thermodynamique et cinétique d'un phénomène chimique** Tout phénomène chimique peut s'envisager sous l'angle thermodynamique et sous l'angle cinétique.			
Évaluation formative RCD				½ P
Évaluation sommative RCD				½ P

Exemple de situation d'apprentissage

1. Tu es ingénieur chimiste et on te demande de choisir la réaction chimique qui permettra à l'airbag de se gonfler au moment du choc.
   Quels sont les facteurs de la réaction dont il faut tenir compte pour que l'airbag soit efficace à la fois au niveau de la protection et de la sécurité des passagers ?

Exemple de situation d'apprentissage

UAA6 : « Caractériser un phénomène chimique »

- Caractériser la vitesse de réaction sur base de critères qualitatifs.

Le dispositif vise à rendre l'élève capable

d'analyser une situation de la vie courante sous l'angle cinétique.

Situation d'apprentissage :

disciplinaire

Cours concernés

Chimie 5e année sciences générales

Prérequis

- UAA1 à UAA5 de chimie sciences générales
- Vitesse d'une réaction chimique

Scénario de contextualisation

Interroger les élèves : qu'est-ce qu'un pot catalytique ? Pourquoi les voitures en sont-elles équipées ?

Les tâches

Professeur

Réaliser des expériences mettant en évidence l'influence de différents facteurs sur la vitesse d'une réaction, par exemple :

- la dissolution d'un cachet effervescent broyé ou non dans l'eau (ou réaction entre la même masse, par exemple de zinc en poudre ou en grenailles, et de l'acide chlorhydrique de même concentration) pour le facteur surface de contact entre les réactifs ;
- la dissolution du cachet effervescent dans l'eau (ou réaction entre Zn et HCl) à différentes températures pour le facteur température ;
- la réaction entre une solution aqueuse de thiosulfate de sodium à différentes concentrations et une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène pour le facteur concentration des réactifs ;
- la décomposition de l'eau oxygénée en présence de MnO_2 et SiO_2 pour le facteur catalytique : MnO_2 est un catalyseur de cette réaction ; par contre SiO_2 ne l'est pas.

Élève

Décrire les facteurs influençant la vitesse d'une réaction.

- Observer les expériences, mettre en évidence les différents facteurs influençant la vitesse d'une réaction et exprimer l'influence de ces différents facteurs sur la vitesse.

Évaluation

Formative

Supports et matériels pédagogiques

http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/qr/d/automobile-sert-pot-catalytique-pot-echappement-571/
http://physiquemathsenligne.free.fr/A%20QUOI%20SERT%20LE%20POT%20CATALYTIQUE.pdf

Conditions matérielles

Connexion Internet
Conditions du laboratoire

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). Chimie générale. Paris : Pearson Education.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e - Fiches professeur. Frameries : CTP.

Depovere, P., Koot, A.(2012), « À la découverte de la chimie », Louvain-La-Neuve : de boeck.

Blender, A., Rabbe, C.(2011), « La chimie est un jeu », Librio, Paris.

Collette, P. &al. (1997). Chimie 2e fiches élève. Frameries : CTP.

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA7

« Les équilibres chimiques »

Durée prévue pour l'UAA6 (13 périodes) : de janvier à février en 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« Les équilibres chimiques »

Compétences à développer

- **Prévoir le sens d'évolution d'une réaction réversible.**
- **Résoudre des problèmes d'équilibre chimique.**

Processus

Appliquer

- Utiliser une table des constantes d'équilibre pour distinguer une réaction complète d'une réaction limitée à un équilibre.
- Expliquer pourquoi certaines réactions chimiques sont réversibles et d'autres pas.
- Prévoir le sens spontané d'évolution suite à une perturbation (incluant des variations de pression, de concentration et de température) d'une réaction initialement en équilibre.
- Calculer la constante d'équilibre K_c ou K_p associée à une transformation chimique.
- Prévoir la concentration d'une espèce chimique présente dans un milieu réactionnel en équilibre en utilisant la valeur de la constante d'équilibre K_c ou K_p associée.

Transférer

- Expliquer l'évolution d'une situation concrète sur base du principe de Le Châtelier (par exemple : caisson hyperbare, stages en altitude, synthèse industrielle de l'ammoniac, …).



Connaître

- Distinguer expérimentalement un phénomène chimique réversible d'un phénomène chimique irréversible.
- A partir d'expériences, induire la loi de Le Châtelier.

Ressources

Prérequis

UAA 5 et 6 de chimie

Savoirs disciplinaires

- Désordre (ne pas parler d'entropie ni d'énergie libre)
- Loi de Guldberg et Waage
- Loi de Le Châtelier
- Réactions complète et limitée à un équilibre
- C_a et [A]
- K_c, K_p, (ne pas démontrer la relation entre K_c et K_p)

Savoir-faire disciplinaires

- Extraire des informations dans une table de données thermodynamiques
- Utiliser une équation du 1er ou du 2ème degré pour résoudre un exercice d'équilibre chimique.
- Respecter un protocole expérimental permettant d'identifier la réversibilité d'un phénomène chimique

Considérations pédagogiques

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils - Liens suggérés	Timing suggéré
Professeur Réaliser une réaction irréversible, par exemple, la combustion d'une bougie, et une réaction réversible, par exemple, la déshydratation de $CuSO_4 . 5H_2O$. **Élève** *Distinguer expérimentalement un phénomène chimique réversible d'un phénomène chimique irréversible.* Comparer les réactions pour définir le caractère réversible ou irréversible d'une réaction. **Professeur** Réaliser la réaction irréversible entre, par exemple, le magnésium et l'acide chlorhydrique pour mettre en évidence la transformation complète du magnésium. Réaliser la réaction réversible entre, par exemple, le chlorure de fer (III) et le thiocyanate de potassium, pour mettre en évidence la transformation incomplète des ions Fe^{3+} et SCN^-.	**L'équilibre chimique** Une **réaction réversible** est une réaction qui se produit dans les deux sens. Dans l'équation : $\rightleftharpoons$ Une **réaction irréversible** est une réaction qui ne se produit que dans un seul sens. Dans l'équation : $\rightarrow$ Une réaction irréversible consomme complètement au moins un de ses réactifs. Elle peut être qualifiée de **réaction complète**. Une réaction réversible ne consomme complètement aucun de ses réactifs. Elle peut être qualifiée de **réaction incomplète**.	Réaction réversible Réaction irréversible Réaction complète Réaction incomplète	Fiche UAA7 F1[3]	3P

[3] http://www.sciences-wbe.be

Élève *Distinguer expérimentalement un phénomène chimique réversible d'un phénomène chimique irréversible.* *Expliquer pourquoi certaines réactions chimiques sont réversibles et d'autres pas.* Interpréter les réactions chimiques. Déduire qu'une réaction réversible est une réaction qui ne consomme complètement aucun de ses réactifs tandis qu'une réaction irréversible consomme complètement au moins un de ses réactifs.	Une même réaction chimique peut être réversible ou irréversible selon les conditions expérimentales (Ex. : la thermolyse du calcaire en vase clos est réversible alors que la thermolyse en système ouvert est irréversible).			
Professeur Pour différentes réactions réversibles, montrer au moyen de graphiques que les concentrations des réactifs restants et des produits formés n'évoluent plus après un certain temps.	Un **état d'équilibre** est atteint lorsque les concentrations des produits formés et les concentrations des réactifs restants n'évoluent plus au cours du temps.	État d'équilibre		
Élève Analyser et interpréter les graphiques pour en déduire la notion d'équilibre chimique entre les concentrations des produits formés et les concentrations des réactifs restants.				
Professeur À partir des graphiques précédents, introduire le graphique montrant l'évolution au cours du temps des vitesses de la réaction directe et de la réaction inverse.				
Élève Déduire du graphique que l'état d'équilibre est atteint lorsque les vitesses des deux	L'état d'équilibre est dû à l'égalité des vitesses des deux réactions inverses.			

réactions inverses l'une de l'autre deviennent et restent égales. **Professeur** Introduire la notion de désordre. Relier le désordre et la variation d'enthalpie au caractère spontané (réaction réversible, réaction irréversible) ou non d'une transformation chimique. **Élève** *Expliquer pourquoi certaines réactions chimiques sont réversibles et d'autres pas.* Prévoir le caractère réversible ou irréversible d'une réaction chimique.	Pour prévoir le caractère spontané (réversible ou irréversible) ou non d'une réaction, il faut prendre en compte les facteurs variation d'enthalpie et variation du **désordre**. 1° Si les deux facteurs sont favorables ($\Delta H < 0$ et augmentation du désordre), la réaction est spontanée et irréversible. 2° Si un des facteurs est favorable et l'autre défavorable : - soit $\Delta H < 0$ et diminution du désordre[1], - soit $\Delta H > 0$ et augmentation du désordre[2], la réaction est spontanée et réversible. 3° Si les deux facteurs sont défavorables ($\Delta H > 0$ et diminution du désordre), la réaction est impossible.	Désordre		
Professeur Donner une série d'équations chimiques de réactions réversibles et demander aux élèves selon quel(s) critère(s) ils pourraient les classer.	On distingue les **équilibres en phase homogène** (en solution aqueuse, en phase gazeuse) où toutes les substances sont sous le même état physique et les **équilibres en**	Équilibre en phase homogène Équilibre en phase		

[1] Surtout vérifié à basse température
[2] Surtout vérifié à haute température

Élève Classer les réactions en fonction des états physiques des substances.	**phase hétérogène** où les substances sont sous des états physiques différents.	hétérogène		
Professeur Pour différentes réactions réversibles, montrer au moyen de graphiques, que les concentrations à l'équilibre des produits formés et des réactifs restants dépendent des concentrations initiales des réactifs. Proposer différentes expressions mathématiques impliquant les concentrations à l'équilibre pour introduire la constante d'équilibre. **Élève** *Calculer la constante d'équilibre K_c associée à une transformation chimique.* Choisir l'expression mathématique donnant le même résultat quelles que soient les concentrations à l'équilibre des produits formés et des réactifs restants. Déduire la constante d'équilibre K_c. **Professeur** Généraliser l'expression de la constante d'équilibre. **Élève** Donner l'expression d'une constante d'équilibre K_c associée à un équilibre chimique.	**Constante d'équilibre pour les équilibres en phase homogène** Les concentrations à l'équilibre des produits formés et des réactifs restants dépendent des concentrations initiales des substances mélangées. Une **constante d'équilibre** notée $\boldsymbol{K_c}$ est associée à un état d'équilibre en solution aqueuse ou en phase gazeuse. L'expression de K_c est un quotient entre : - le produit des concentrations à l'équilibre des produits formés exposant leur coefficient stœchiométrique respectif ET - le produit des concentrations à l'équilibre des réactifs restants exposant leur coefficient stœchiométrique respectif. $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ [4]	Constante d'équilibre : K_c		6P

[4] Les lettres minuscules représentent les coefficients stœchiométriques et les lettres majuscules les formules chimiques des réactifs et produits.

Professeur Introduire la constante d'équilibre K_P associée à un équilibre en phase gazeuse. **Élève** Donner l'expression d'une constante d'équilibre K_P associée à un équilibre chimique.	$$K_c = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$$ (5) Unité de K_c : $(mol/L)^{(c+d)-(a+b)}$ Une **constante d'équilibre** notée $\boldsymbol{K_P}$ est associée à un état d'équilibre en phase gazeuse. L'expression de K_P est un quotient entre : - le produit des pressions à l'équilibre des produits formés exposant leur coefficient stœchiométrique respectif ET - le produit des pressions à l'équilibre des réactifs restants exposant leur coefficient stœchiométrique respectif. $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ (6) $$K_p = \frac{P_C^c.P_D^c}{P_A^a.P_B^b}$$ Unité de K_P[7] : $atm^{(c+d)-(a+b)}$ avec P en atm[8]. Pour une réaction donnée : - la valeur d'une constante d'équilibre (K_c ou K_P) ne dépend que de la	Constante d'équilibre : K_P		

[5] [A] = concentration à l'équilibre de la substance A

[6] Les lettres minuscules représentent les coefficients stœchiométriques et les lettres majuscules les formules chimiques des réactifs et produits.

[7] Dans le système international, l'unité de la pression est le pascal et l'unité de K_p est $Pa^{(c+d)-(a+b)}$

[8] Dans la loi des gaz parfaits : PV = nRT si P en atm, V en L, n en mol et T en K alors R = 0,082 L.atm/mol.K

Professeur Faire le lien entre la valeur de la constante d'équilibre (K_c ou K_p) et le caractère réversible ou irréversible de la réaction. **Élève** *Utiliser une table des constantes d'équilibre pour distinguer une réaction complète d'une réaction limitée à un équilibre.* *Expliquer pourquoi certaines réactions chimiques sont réversibles et d'autres pas.* **Élève** *Résoudre des problèmes d'équilibre chimique.* *Calculer la constante d'équilibre Kc ou Kp associée à une transformation chimique.* *Prévoir la concentration d'une espèce chimique présente dans un milieu réactionnel en équilibre en utilisant la valeur de la constante d'équilibre K_c ou K_p associée.* À partir des concentrations ou des pressions des espèces chimiques à l'équilibre, calculer une constante d'équilibre. À partir d'une constante d'équilibre, calculer	température ; - à une température donnée, il y a une infinité d'équilibres chimiques correspondant à une même valeur de la constante d'équilibre (K_c ou K_P). Selon la valeur de la constante d'équilibre la réaction sera considérée comme réversible ou irréversible dans un sens ou dans l'autre. Si la valeur de la constante d'équilibre est très grande ($> 1.10^{10}$), la réaction directe est considérée comme complète [9] et donc irréversible. Si la valeur de la constante d'équilibre est très petite ($< 1.10^{-10}$), la réaction inverse est considérée comme complète et donc irréversible. Si $1.10^{-10} \leq K \leq 1.10^{10}$, la réaction est incomplète et donc réversible.			

[9] D'après Hill (2011), il est difficile de préciser ce que veut dire « très grande » mais les valeurs de $K > 1.10^{10}$ sont considérées comme telles (à ce stade, K désigne K_c, K_P).

la concentration ou la pression à l'équilibre des espèces chimiques ou leur concentration ou pression initiale.				
Professeur Introduire les constantes d'équilibre K_c, K_p pour des équilibres en phase hétérogène. **Élève** *Résoudre des problèmes d'équilibre chimique.* *Calculer la constante d'équilibre Kc ou Kp associée à une transformation chimique.* *Prévoir la concentration d'une espèce chimique présente dans un milieu réactionnel en équilibre en utilisant la valeur de la constante d'équilibre K_c ou K_p associée.* Donner l'expression d'une constante d'équilibre K_c, K_p pour un équilibre en phase hétérogène. À partir des concentrations ou des pressions des espèces chimiques à l'équilibre, calculer une constante d'équilibre. À partir d'une constante d'équilibre, calculer la concentration ou la pression à l'équilibre des espèces chimiques ou leur concentration ou pression initiale.	**Constante d'équilibre pour les équilibres en phase hétérogène[10]** Dans toute expression d'une constante d'équilibre, les phases condensées (solides et liquides) n'interviennent pas.			

[10] L'équilibre entre un solide très peu soluble dans l'eau et sa solution aqueuse saturée sera abordé dans cette partie.

Professeur Montrer expérimentalement les différents facteurs (température, concentration, pression) permettant de déplacer un équilibre chimique et leur effet sur la position de l'équilibre chimique. **Élève** *Prévoir le sens d'évolution d'une réaction réversible.* *Prévoir le sens spontané d'évolution suite à une perturbation (incluant des variations de pression, de concentration et de température) d'une réaction initialement en équilibre.* *À partir d'expériences, induire la loi de Le Châtelier.* **Professeur** Énoncer le principe de Le Chatelier. **Élève** *Expliquer l'évolution d'une situation concrète sur base du principe de Le Châtelier (par exemple : caisson hyperbare, stages en altitude, synthèse industrielle de l'ammoniac …).* Utiliser le principe de Le Chatelier pour prévoir le sens d'évolution d'une réaction réversible sous l'effet d'une contrainte. Calculer un quotient réactionnel et prévoir le	**Déplacement d'un équilibre chimique** **Principe de Le Chatelier** Si on impose une modification à un système chimique en équilibre, le système évolue vers un nouvel état d'équilibre de manière à s'opposer à la modification imposée.	Principe de Le Chatelier	UAA7 F2[11] UAA7 F3[12]	2P

[11] http://www.sciences-wbe.be
[12] http://www.sciences-wbe.be

sens d'évolution d'une réaction réversible. Expliquer, par exemple : • la préparation des sportifs de haut niveau à une compétition par la réalisation d'un stage en altitude ; • l'utilisation d'un caisson hyperbare lors d'une intoxication au monoxyde de carbone. • …			* UAA7 F4[13]	
Évaluation formative RCD				1P
Évaluation sommative RCD				1P

[13] http://www.sciences-wbe.be

Exemple de situations d'apprentissage

On ouvre une bouteille d'eau pétillante.
Interpréter le phénomène observé.

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie*. Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). Chimie générale. Paris : Pearson Education.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e fiches professeur. Frameries : CTP.

Depovere, P., Koot, A.(2012), « A la découverte de la chimie », Louvain-La-Neuve : de boeck.

Blender, A., Rabbe, C.(2011), « La chimie est un jeu », Librio, Paris.

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e fiches élève. Frameries : CTP.

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA8

« La molécule en chimie organique »

Durée prévue pour l'UAA8 (19 périodes) : de mars à juin en 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 8

La molécule en chimie organique

Compétences à développer

- **Evaluer l'importance des substances organiques dans l'environnement quotidien du consommateur responsable.**
- **Décrire des spécificités de la chimie du carbone**

Processus

Appliquer

Combustion

- A l'aide des pouvoirs calorifiques, comparer l'énergie libérée par une masse identique de différents combustibles (en se référant à une unité commune comme la TEP).
- Comparer les quantités de dioxyde de carbone produites par différents combustibles pour une même quantité d'énergie libérée.

Propriétés physiques des alcools

- A partir de tables (solubilité et températures d'ébullition), expliquer le comportement des alcools sur base de la polarité de la molécule et des liaisons hydrogène.

Estérification et saponification

- Fabriquer un savon.

Transférer

Combustion

- Calculer l'énergie libérée par la combustion d'un alcane
  - à partir de tables d'enthalpie de formation,
  - à partir des énergies de liaison,

  et comparer les résultats obtenus.
- Mener une recherche documentaire pour identifier des arguments scientifiques permettant de gérer sa consommation énergétique domestique.
- Mener une recherche documentaire afin d'évaluer les impacts sur la santé de la présence d'un conservateur (acides carboxyliques).

Estérification et saponification

- Mener une expérience d'estérification et déduire l'équation chimique à partir d'observations et de la nature des réactifs.
- Comparer estérification et saponification.



Ressources

Prérequis

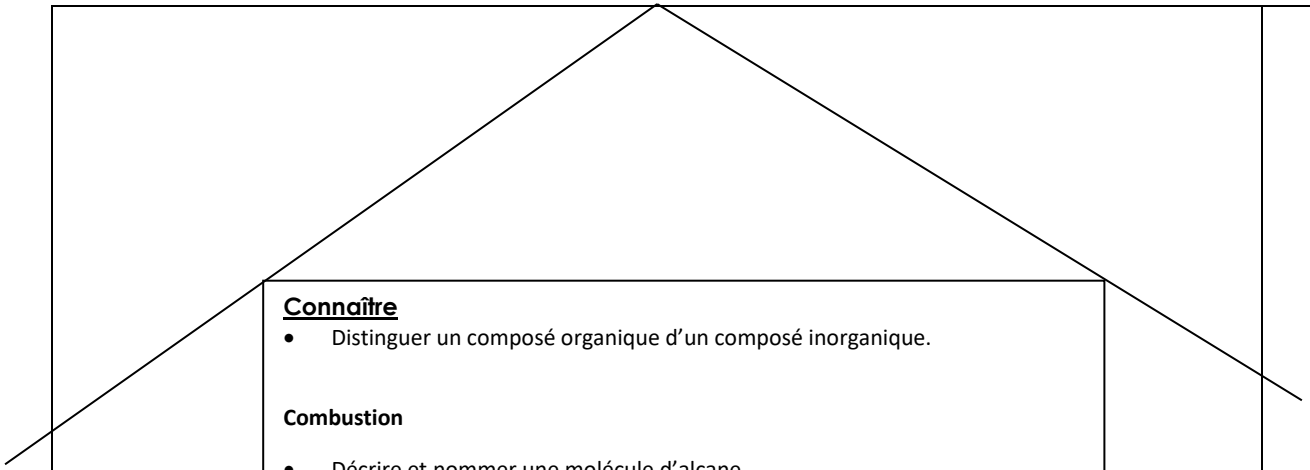
UAA 5 à 7 de chimie

Savoirs disciplinaires

- Composé organique
- Alcane,
- Isomère de position
- Combustible, comburant, combustion
- Pouvoir calorifique
- Enthalpies de formation, énergies de liaison
- Alcool
- Acide carboxylique
- Ester
- Caractères hydrophile et hydrophobe.
- Micelle
- Estérification
- Saponification

Savoir-faire disciplinaires

- Extraire des informations dans une table de pouvoirs calorifiques, de températures d'ébullition, de solubilité.
- Appliquer un protocole expérimental en respectant des consignes de sécurité spécifiques à la chimie organique.



Connaître

- Distinguer un composé organique d'un composé inorganique.

Combustion

- Décrire et nommer une molécule d'alcane.
- Représenter les isomères d'un alcane présent dans un carburant automobile
- Décrire un phénomène de combustion.
- Retracer les étapes du processus industriel qui permet de produire des carburants automobiles.

Estérification et saponification

- Représenter une molécule d'alcool, d'acide carboxylique, d'ester.
- Repérer la présence et le rôle d'alcools, d'acides carboxyliques et d'esters dans l'environnement quotidien.
- Expliquer le mode d'action d'un savon.

Considérations pédagogiques

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils - Liens suggérés	Timing suggéré
Professeur Chauffer plusieurs matières organiques pour mettre en évidence, de manière directe ou indirecte, la présence de carbone. **Élève** *Distinguer un composé organique d'un composé inorganique.*	**Définition de la chimie organique** La **chimie organique** est la chimie des composés carbonés[1], qu'ils soient d'origine **naturelle** (Ex. : la laine) ou **synthétique** (Ex. : le caoutchouc fabriqué à partir du pétrole ou le caoutchouc fabriqué par vulcanisation de la sève de l'hévéa).	Chimie organique Composé naturel Composé synthétique	Mise en évidence directe : chauffer du sucre, de la farine, du plastique (→ résidu de carbone). Mise en évidence indirecte : chauffer dans un tube à essai un mélange d'amidon et d'oxyde de cuivre (II). Identifier le dioxyde de carbone formé au moyen de l'eau de chaux.	**4 P**
Professeur Retracer l'histoire de la chimie organique depuis la préhistoire jusqu'à nos jours et mettre en évidence son importance dans la société d'aujourd'hui. Partir de l'élève « tout nu » pour envisager ses constituants organiques puis l'habiller en analysant les constituants de ses habits et examiner son entourage immédiat pour une prise de conscience de l'apport de la chimie organique au quotidien.	**Substances organiques dans la vie quotidienne** On trouve des substances organiques dans, par exemple : - les êtres humains (glucides, lipides, protéines, vitamines, ADN, ARN …) ; - les fibres textiles naturelles (soie, laine …) et synthétiques (nylons, polyesters …) ; - les végétaux (bois, feuilles…) et les animaux ; - les cosmétiques ; - les carburants et les biocarburants ; - les détergents, les savons ;		L'histoire de la chimie en bande dessinée Ghigliano (1984) Casterman ISBN 2-203-35401-1 Fédichem : Podium	

[1] Le dioxyde de carbone, les (hydrogéno)carbonates … sont étudiés plus spécifiquement en chimie minérale.

Élève *Évaluer l'importance des substances organiques dans l'environnement quotidien du consommateur responsable.* Sur base de documents, mettre en évidence l'impact positif des substances organiques dans notre vie quotidienne.	- les plastiques, les caoutchoucs ; - de nombreux médicaments ; - les pesticides ; - les colles, les peintures ; - …			
Professeur Présenter, par exemple sous forme d'une vidéo, l'origine du pétrole, sa composition et son raffinage. Présenter l'utilisation actuelle du pétrole essentiellement axée sur la production d'énergie. Insister sur les défis à relever en matière d'énergie pour réserver le pétrole à la pétrochimie.	**Le pétrole** **1. Origine du pétrole** Le **pétrole** est issu de la transformation de substances organiques provenant principalement du plancton sédimenté, grâce à l'action combinée de bactéries anaérobies, de la pression et de la température. **2. Composition du pétrole** Le pétrole est un mélange composé principalement d'**hydrocarbures**, substances dont les molécules sont constituées uniquement des éléments carbone et hydrogène. Actuellement, 93 % du pétrole est utilisé pour la production d'énergie et 7 % pour la **pétrochimie** (4 % pour la partie matière et 3 % pour la partie énergie nécessaire à la production de cette matière). L'industrie pétrochimique exploite les molécules du pétrole pour élaborer des composés à haute valeur ajoutée (des	Pétrole Hydrocarbure Pétrochimie	http://old.iupac.org/didac/Didac%20Fr/Didac02/frame%20Didac02.htm	

Élève *Évaluer l'importance des substances organiques dans l'environnement quotidien du consommateur responsable.* *Retracer les étapes du processus industriel qui permet de produire des carburants automobiles.* Décrire et donner le rôle des différentes étapes de production des carburants, par exemple au départ d'échantillons de produits pétroliers. **Professeur** Présenter, par exemple, des échantillons de produits pétroliers. **Élève** Mettre en relation les propriétés des différents produits pétroliers observés (Ex. : viscosité, combustion, inflammabilité, volatilité…) avec leur composition en hydrocarbures.	détergents, des médicaments, des textiles, des plastiques [GSM, ordinateurs …], des peintures …). Il est important d'encourager le développement d'autres sources d'énergie (Ex. : solaire, éolienne…) afin de réserver le pétrole à la pétrochimie. **3. Raffinage du pétrole** Étapes du **raffinage** du pétrole : - la **distillation fractionnée** : processus de séparation du pétrole brut en différentes fractions en fonction des températures d'ébullition et donc du nombre d'atomes de carbone des molécules d'hydrocarbures. Chaque fraction est un mélange d'hydrocarbures dont les températures d'ébullition sont proches ; Rôle : obtenir différentes fractions (Ex. : **essence**, **diesel**, kérosène, bitume …). - la **désulfuration** : procédé permettant de retirer les molécules soufrées de différentes fractions ; Rôle : lutter contre la pollution atmosphérique due au dioxyde de soufre. - le **craquage** : procédé industriel permettant de fragmenter les molécules d'hydrocarbures à nombre d'atomes de carbone élevé en molécules à nombre d'atomes de carbone plus petit ; Rôles : augmenter la fraction « essence» pour répondre à la demande du marché	Raffinage Distillation fractionnée Essence Diesel Désulfuration Craquage	http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/tous-les-zooms/le-petrole-chiffres-cles-2012 Exemples d'échantillons de produits pétroliers : mazout (diesel, fuel domestique...), essence, huile de moteur, paraffine, white spirit, vaseline … http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/raffinage-petrolier	

	et fournir les matières premières à la pétrochimie. - le **reformage** : procédé industriel permettant de transformer les hydrocarbures à chaîne linéaire en hydrocarbures à chaîne ramifiée ou cyclique. Rôle : augmenter la performance des carburants. Pour obtenir les carburants automobiles, le pétrole est d'abord distillé. L'essence est obtenue par craquage de fractions lourdes (grosses molécules) et reformage de fractions plus légères essences/naphta (petites molécules)[2]. Le diesel est produit à partir de fractions plus lourdes désulfurées.	Reformage		
Professeur Présenter des modèles moléculaires d'hydrocarbures de type alcane, à chaîne linéaire, à chaîne ramifiée (certaines molécules seront des isomères) et à chaîne cyclique. **Élève** *Décrire des spécificités de la chimie du carbone.* Classer les hydrocarbures en fonction du	**Hydrocarbures** **1. Types de chaînes carbonées** Un **alcane** est un hydrocarbure comportant uniquement des liaisons simples carbone-carbone. Les **chaînes carbonées** des alcanes peuvent être **linéaires, ramifiées ou cycliques**. Dans ces chaînes, le carbone se lie à lui-même un très grand nombre de fois. C'est	Alcane Chaîne carbonée Linéaire – ramifiée – cyclique		4 P

[2] Les essences provenant du craquage de fractions lourdes sont également désulfurées.

type de chaîne.

limitant aux alcanes à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée. Faire déduire la formule générale d'un alcane à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée. **Élève** *Décrire et nommer une molécule d'alcane.* *Représenter les isomères d'un alcane présent dans un carburant automobile.* Déduire les règles de nomenclature. À partir de la formule moléculaire d'un alcane, écrire les formules développées et semi-développées des différents isomères et nommer les molécules. À partir du nom d'un alcane, écrire les formules développée et semi-développée.	ane (Ex. : pentane C_5H_{12}). - alcanes à chaîne ramifiée 1. La **chaîne principale** est la chaîne carbonée la plus longue. Elle reçoit le nom de l'alcane à chaîne linéaire comportant le même nombre d'atomes C. 2. Le nom des **groupements alkyles** (chaînes latérales) s'écrit devant le nom de la chaîne principale. Leur nom se compose d'un préfixe dépendant du nombre d'atomes de carbone (méth-, éth-, prop- …) et du suffixe yl (Ex. : méthyl-, éthyl- …). Les groupements alkyles différents sont cités par ordre alphabétique. S'il y a plusieurs fois le même groupement alkyle, son nom est précédé du préfixe di-, tri-, tétra-… dont on ne tient pas compte dans l'énumération par ordre alphabétique. 3. La numérotation de la chaîne principale se fait dans le sens qui aboutit à la plus petite somme des indices de position des groupements alkyles. Les indices de position précèdent les noms des groupements alkyles auxquels ils se rapportent. Les indices de position sont séparés du nom du groupement alkyle par un tiret et entre eux par une virgule.	Chaîne principale Groupement alkyle		

Professeur Introduire les formules topologiques des alcanes. **Élève** Écrire les formules topologiques d'alcanes à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée à partir de formules développées ou semi-développées et inversement.	La **formule générale** d'un alcane à chaîne linéaire ou à chaîne ramifiée est C_nH_{2n+2}. Une **formule topologique** est une formule dans laquelle les atomes de carbone se trouvent à l'intersection de deux traits ou à l'extrémité d'un trait, lequel représente une liaison C-C.	Formule générale Formule topologique		
Élève À partir, par exemple, de la distillation fractionnée et d'un tableau où figurent les températures de fusion et d'ébullition d'hydrocarbures de type alcane à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée, mettre en évidence l'influence du nombre d'atomes de carbone et, pour un même nombre d'atomes de carbone de la forme de la chaîne carbonée, sur les températures de fusion et d'ébullition. Déduire à partir d'une situation de la vie courante (Ex. : paraffine, marée noire…), la faible solubilité des alcanes dans l'eau, leur caractère apolaire et leur densité.	**Propriétés physiques des hydrocarbures** Les températures de fusion et d'ébullition des alcanes augmentent avec le nombre d'atomes de carbone, donc avec la masse moléculaire. Pour un même nombre d'atomes de carbone, les températures de fusion et d'ébullition d'un alcane à chaîne linéaire sont supérieures à celles des isomères à chaîne ramifiée. Les molécules d'alcane sont apolaires, donc très peu solubles dans l'eau. Leur densité est < 1.			

Professeur Réaliser une expérience de combustion complète (Ex. : flamme bleue du bec Bunsen) pour mettre en évidence la formation de dioxyde de carbone et d'eau. Réaliser une expérience de combustion incomplète (Ex. : bougie, flamme jaune du bec Bunsen) pour mettre en évidence la formation de carbone et d'eau. **Élève** *Décrire un phénomène de combustion.* Écrire les équations chimiques correspondant aux expériences de combustion complète et incomplète proposées par le professeur.	**Combustion des hydrocarbures** **1. Réactions de combustion** Une combustion est une réaction entre - un combustible (la matière qui brûle - Ex. : carburants, paraffine de la bougie (ex. : $C_{25}H_{52}$), gaz naturel, mazout de chauffage …) et - un comburant (Ex. : le dioxygène de l'air). Il faut une source d'énergie pour permettre au combustible d'atteindre sa température d'inflammabilité. Triangle du feu - source d'énergie - combustible - comburant  Équations de réactions de combustion Ex. : **Combustion complète** $C_{25}H_{52\,(s)} + 38\,O_{2(g)} \rightarrow 25\,CO_{2(g)} + 26\,H_2O_{(g)}$ $CH_{4(g)} + 2\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(g)}$ **Combustion incomplète** $C_{25}H_{52\,(s)} + 13\,O_{2(g)} \rightarrow 25\,C_{(s)} + 26\,H_2O_{(g)}$ $CH_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow C_{(s)} + 2\,H_2O_{(g)}$	Combustion Combustion complète Combustion incomplète	UAA8 F2[6]	

[6] http://www.sciences-wbe.be/

Discuter du risque d'intoxication au monoxyde de carbone produit par la combustion incomplète due notamment au mauvais réglage de certains appareils de chauffage. Écrire l'équation de la réaction de combustion incomplète produisant le tueur silencieux. **Professeur** Placer une fine tige de fer (Ex. : manche de cuillère à combustion) dans la flamme bleue et dans la flamme jaune d'un bec Bunsen. **Élève** Sur base de cette expérience, comparer la quantité d'énergie dégagée par chacune des flammes. *Mener une recherche documentaire pour identifier des arguments scientifiques permettant de gérer sa consommation énergétique domestique.* **Professeur** Présenter un tableau des pouvoirs calorifiques de différents combustibles et de leur émission de dioxyde de carbone. **Élève** *À l'aide des pouvoirs calorifiques, comparer l'énergie libérée par une masse identique de différents combustibles (en se référant à une unité commune comme la TEP).* *Comparer les quantités de dioxyde de carbone*	Formation du tueur silencieux $2\,C_{25}H_{52\,(s)} + 51\,O_{2(g)} \rightarrow 50\,CO_{(g)} + 52\,H_2\,O_{(g)}$ $2\,CH_{4(g)} + 3\,O_{2(g)} \rightarrow 2\,CO_{(g)} + 4\,H_2O_{(g)}$ **2. Pouvoir calorifique et TEP** Pour un même combustible, une combustion complète libère plus d'énergie qu'une combustion incomplète. Le **TEP** (**T**onne d'**É**quivalent **P**étrole) est une unité d'énergie. Elle est utilisée notamment dans l'industrie et l'économie. Selon l'Agence internationale de l'énergie, 1 TEP équivaut à 41,87 10^9 J ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole de composition moyenne. Elle ne fait pas partie du système international d'unités où l'énergie s'exprime en joule[5].	**TEP** (**T**onne d'**É**quivalent **P**étrole)		

[5] La calorie est l'unité usuelle qui correspond à 4,184 J.

produites par différents combustibles pour une même quantité d'énergie libérée.				
Professeur Introduire la loi de Hess à partir d'une situation problème. **Élève** Calculer la variation d'enthalpie d'une réaction lorsqu'elle n'est pas accessible par calorimétrie en utilisant la loi de Hess[7]. **Professeur** Présenter une table des enthalpies standards molaires de formation des corps purs et attirer l'attention des élèves sur la valeur égale à zéro pour les substances pures simples et différentes de zéro pour les substances composées ainsi que sur la valeur de la température égale à 298,15 K. Introduire la notion d'état standard. Introduire la notion d'enthalpie standard molaire de formation d'une substance notée ΔH_f^0. Donner une réaction chimique, par exemple la combustion du méthane, et demander à	**Effets thermiques des réactions chimiques** **1. Loi de Hess** La variation d'enthalpie d'une réaction ne dépend que de l'état initial et de l'état final et non pas de la manière dont la réaction est effectuée. **2. État standard et calcul d'une variation d'enthalpie standard de réaction à partir des enthalpies standards[8] molaires de formation des substances** L'**état standard** d'une substance est l'état physique le plus stable de cette substance à la pression de 1 bar (1 bar = 10^5 Pa). L'enthalpie standard molaire de formation d'une substance pure à une température donnée est la variation d'enthalpie de la réaction de formation d'une mole de cette substance pure à l'état standard à partir des substances pures simples correspondantes, également choisies à l'état standard, à la température considérée. Elle est notée ΔH_f^0 et s'exprime en kJ/mol. Les valeurs sont habituellement données à une température de 298,15 K.	État standard ΔH_f^0		**5 P**

[7] À ce stade, les enthalpies standards molaires de formation ne sont pas encore abordées.

[8] L'adjectif « standard » peut être considéré comme invariable ou non.

l'élève de calculer la variation d'enthalpie standard (notée $\Delta H°$) en utilisant les ΔH_f^0 des substances impliquées dans la réaction. **Élève** *Calculer l'énergie libérée par la combustion d'un alcane à partir de tables d'enthalpie de formation.* Donner l'équation des différentes réactions auxquelles se rapportent les ΔH_f^0 utilisés. Déduire la relation entre le $\Delta H°$ d'une réaction et les ΔH_f^0 des substances impliquées dans la réaction. Calculer le $\Delta H°$ de la réaction, par exemple de la combustion du méthane. Calculer le $\Delta H°$ d'autres réactions. **Professeur** À partir d'un tableau de valeurs des énergies de liaison, introduire la notion d'énergie de liaison. **Élève** *Calculer l'énergie libérée par la combustion d'un alcane :* ○ *à partir de tables d'enthalpie de formation,* ○ *à partir des énergies de liaison,* *et comparer les résultats obtenus.*	a. Substances pures composées Ex. : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H° = \Delta H_f^o\ (CO_{2(g)})$ Les valeurs de ΔH_f^o sont données à 298,15 K. b. Substances pures simples Ex. : $O_{2(g)} \rightarrow O_{2(g)}$ $\Delta H° = \Delta H_f^o\ (O_{2(g)}) = 0$ à 298,15 K Les $\Delta H°$ d'autres réactions à 298,15 K, Ex. : aA + bB → cC + dD sont calculées en utilisant les ΔH_f^o des substances pures par la relation : $\Delta H° = [c\Delta H_f^o(C) + d\Delta H_f^o(D)] - [(a\Delta H_f^o(A) - b\Delta H_f^o(B)]$ qui peut également s'écrire sous la forme $\Delta H^o = \sum \Delta H_f^o$ (produits) - $\sum \Delta H_f^o$ (réactifs) **3. Énergie de liaison et calcul de la variation d'enthalpie standard d'une réaction** La variation d'enthalpie d'une réaction résulte de la rupture et de la formation de liaisons chimiques. La rupture d'une liaison chimique nécessite de l'énergie tandis que la formation d'une liaison libère de l'énergie.		Table d'enthalpies standards molaires de formation : UAA8 F3[10] Table des énergies de liaison : UAA8 F4[10]	

[10] http://www.sciences-wbe.be

Calculer l'énergie libérée, par exemple, par la combustion du méthane, à partir des énergies de liaison. Dans l'exemple choisi, utiliser les énergies de liaison et la loi de Hess, pour trouver la relation entre la variation d'enthalpie standard d'une réaction et les énergies de liaison des réactifs et des produits. Comparer le résultat obtenu par les énergies de liaison à celui obtenu par la méthode des ΔH_f^0. Appliquer la relation entre la variation d'enthalpie standard d'une réaction et les énergies de liaison, à d'autres réactions.	L'**énergie de liaison** est l'énergie à fournir à une mole de molécules à l'état gazeux, à l'état standard, pour les dissocier en leurs atomes constitutifs à l'état gazeux à l'état standard. L'énergie de liaison est symbolisée par ***D*** et son unité est le **kJ/mol**. Les valeurs des énergies de liaison sont habituellement données à une température de 298,15 K. Les énergies de liaison permettent de calculer le $\Delta H°$ de réactions chimiques à 298,15 K, en utilisant la relation : $\Delta H^0 = \sum D$ (réactifs) - $\sum D$ (produits) [9]	Énergie de liaison D (kJ/mol)		
Professeur Interroger les élèves sur la présence et l'utilisation des hydrocarbures au quotidien. **Élève** *Évaluer l'importance des substances organiques dans l'environnement quotidien du consommateur responsable.*	**Hydrocarbures au quotidien** Les hydrocarbures sont utilisés comme sources d'énergie thermique et mécanique. Ils constituent aussi des matières premières pour la pétrochimie. Par exemple, les hydrocarbures sont exploités pour des applications telles que la conservation des aliments (emballages plastiques, paraffine…). Les hydrocarbures font parfois la une des journaux notamment lors des marées noires. Les principes de dépollution des zones polluées par les hydrocarbures exploitent les propriétés de ceux-ci (densité, inflammabilité, insolubilité dans l'eau …).		Transparent chez Didac http://old.iupac.org/didac/Didac%20Fr/Didac02/frame%20Didac02.htm	

[9] Cette relation ne s'applique que si les produits et les réactifs sont des gaz.

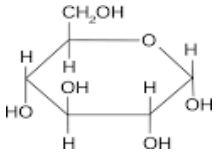
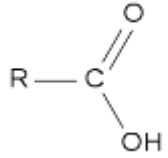
Professeur Présenter des formules, par exemple semi-développées, de molécules organiques (Ex. : acide formique, acide acétique, méthanol, éthanol, acide citrique, propanoate d'éthyle (odeur d'ananas), méthanoate de propyle (odeur de pomme), l'acide acétylsalicylique (©aspirine)…). Présenter, s'il échet, les modèles moléculaires correspondants. **Élève** Écrire les formules développées correspondantes. Dans chaque molécule, repérer les groupements d'atomes qui les différencient des hydrocarbures. Classer ces molécules selon leurs fonctions chimiques. **Professeur** Nommer les fonctions chimiques [11] en relation avec le groupement d'atomes correspondant.	**Quelques fonctions organiques** Une fonction est caractérisée par un groupement d'atomes déterminé appelé groupement fonctionnel. Une molécule peut comporter un ou plusieurs groupements fonctionnels identiques ou différents.			
Professeur Présenter des produits de la vie quotidienne contenant des alcools (Ex. : parfum, alcool dénaturé, alcool à brûler…). **Élève** *Repérer la présence et le rôle d'alcools dans l'environnement quotidien.*	**Alcools** **1. Fonction alcool** Les alcools possèdent un groupement hydroxyle –OH. **Formule générale des alcools : R-OH** avec R = radical ou groupement alkyle.	Fonction alcool Formule générale des alcools : R-OH		**2 P**

[11] Toutes les fonctions peuvent être citées à ce stade mais seuls les acides, les alcools et les esters seront développés dans cette UAA.

Professeur Introduire la fonction alcool sur base de modèles moléculaires, par exemple, du méthane et du méthanol d'une part et de l'éthane et de l'éthanol d'autre part. **Élève** *Représenter une molécule d'alcool.* Identifier le groupement d'atomes caractéristique de la fonction alcool. Écrire la formule moléculaire, la formule développée, la formule semi-développée et la formule topologique des alcools correspondant à des modèles moléculaires montrés. À partie d'un type de formule, trouver les autres types de formule. **Professeur** Donner la formule semi-développée et le nom de quelques alcools. **Élève** Déduire les règles de nomenclature. À partir du nom d'un alcool, trouver les différents types de formule. À partir d'un type de formule, trouver le nom. **Professeur** Présenter un tableau des températures d'ébullition et de la solubilité des alcools et des alcanes correspondants.	**2. Nomenclature** Le nom des alcools à chaîne linéaire se construit à partir du nom de l'alcane correspondant duquel le « e » terminal est élidé et remplacé par le suffixe « ol » (Ex. : méthanol, éthanol …) précédé de l'indice de position du groupement -OH qui doit être le plus petit possible et placé entre tirets. **3. Propriétés physiques des alcools** Le groupement hydroxyle -OH des alcools rend les molécules polaires et permet à ces dernières d'établir des liens[12] H entre elles et avec les molécules d'eau.			

[12] Lien, pont ou liaison peuvent être utilisés dans la même acception

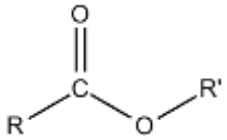
Élève Comparer et tirer des conclusions. *À partir de tables (solubilité et températures d'ébullition), expliquer le comportement des alcools sur base de la polarité de la molécule et des liaisons hydrogène.*	Dès lors, les températures d'ébullition des alcools sont toujours plus élevées que celles des alcanes correspondants. Dans chaque molécule d'alcool, on distingue une région **hydrophobe**, la chaîne hydrocarbonée, et une région **hydrophile** le groupement OH. Les molécules d'alcools contenant un nombre limité d'atomes de carbone sont solubles dans l'eau. Par contre, leur solubilité diminue lorsque la taille de la chaîne hydrocarbonée (partie hydrophobe) augmente. **4. Alcools au quotidien**	Hydrophobe Hydrophile		
Professeur Évoquer les dangers du méthanol.	Le **méthanol**, appelé également **alcool à brûler**, est utilisé comme combustible dans les chauffe-plats. Il est, à tort, régulièrement utilisé pour réactiver les feux des barbecues. Il est aussi utilisé comme solvant pour le nettoyage de certaines taches. Dangers du méthanol : - très inflammable - toxique par ingestion (létal)	Méthanol (alcool à brûler)		
Professeur Évoquer les inconvénients de l'excès de l'éthanol.	L'**éthanol** est un solvant, utilisé par exemple en parfumerie. Il est aussi utilisé comme désinfectant (Ex. : alcool chirurgical). L'éthanol est l'alcool présent dans les boissons alcoolisées. Celles-ci sont souvent fabriquées par fermentation. La fonction alcool est aussi présente dans des molécules telles que le glycérol, les glucides	Éthanol		

	(Ex. : glucose, saccharose, cellulose, amidon …) ... Structure du glucose : 			
Professeur Interroger les élèves sur la transformation du vin en vinaigre. Présenter des étiquettes d'aliments (vinaigre, margarine, biscuit, bonbon Napoléon© …) comportant, par exemple, la mention « aceto balsamico », « acide gras ». **Élève** *Repérer la présence d'acides carboxyliques dans l'environnement quotidien.* Relever la mention « acide ». **Professeur** Introduire la fonction acide carboxylique sur base de modèles moléculaires, par exemple, de l'acide acétique, de l'acide formique … **Élève** *Représenter une molécule d'acide carboxylique.* Écrire la formule moléculaire, la formule développée, la formule semi-développée et la formule topologique des acides carboxyliques correspondant aux modèles moléculaires montrés. Identifier le groupement d'atomes caractéristique de la fonction acide carboxylique.	**Acides carboxyliques** **1. Fonction acide carboxylique** Les **acides carboxyliques** possèdent un groupement carboxyle –COOH.  L'hydrogène du groupement carboxylique est responsable du caractère acide des solutions aqueuses des acides carboxyliques.	Acide carboxylique		**1 P**

Découvrir expérimentalement le caractère acide du vinaigre avec des indicateurs colorés. **Professeur** Donner la formule semi-développée et le nom de quelques acides carboxyliques. **Élève** Déduire les règles de nomenclature. À partir du nom d'un acide carboxylique, trouver les différents types de formule. À partir d'un type de formule, trouver les autres types de formule et le nom. **Professeur** Présenter un tableau des températures de fusion et d'ébullition des alcools et des acides carboxyliques correspondants. **Élève** Comparer les températures et tirer une conclusion. **Professeur** Évoquer les dangers de l'excès des acides gras. Évoquer les avantages et les inconvénients des acides gras. **Élève** *Mener une recherche documentaire afin d'évaluer les impacts sur la santé de la présence d'un*	**2. Nomenclature** Le nom des acides carboxyliques à chaîne linéaire se compose du mot « acide » suivi du nom de l'alcane correspondant dont le « e » terminal est remplacé par le suffixe « oïque » (Ex. : acide méthanoïque, acide éthanoïque (ou acide acétique), acide propanoïque…). **3. Propriétés physiques des acides carboxyliques** Le groupement carboxyle –COOH des acides carboxyliques rend les molécules polaires et leur permet de faire des liens H entre elles et avec les molécules d'eau. Les molécules d'acide carboxylique sont souvent associées sous forme de dimère. Cela leur confère une température de fusion plus élevée que celle de l'alcool correspondant. **4. Acides carboxyliques au quotidien** Parmi les acides carboxyliques, on trouve : - des agents conservateurs (Ex. : E260 = vinaigre, E200 = acide sorbique, E210 = acide benzoïque, E270 = acide lactique, E280 = acide propanoïque …) ; - des agents antioxydants (Ex. : E300 = acide ascorbique ou vitamine C, E330 = acide citrique…).			

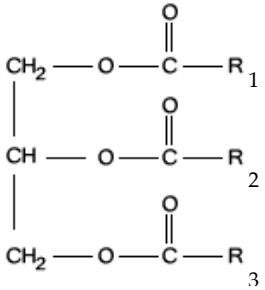
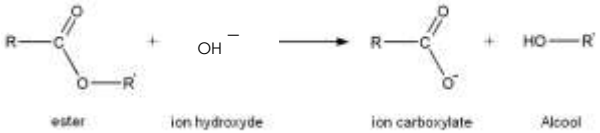
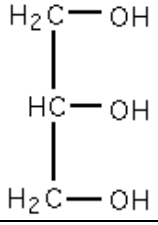
conservateur (acides carboxyliques). *Repérer la présence et le rôle d'acides carboxyliques dans l'environnement quotidien.* Mettre en évidence que dans les additifs alimentaires correspondant aux mentions « numéros E » du règlement du parlement européen, figurent des colorants mais aussi des agents conservateurs et des antioxydants.	Au quotidien, les acides carboxyliques sont aussi évoqués dans : - les régimes alimentaires (acide gras dont la molécule comporte entre 12 et 24 atomes de carbone) ; - les analyses sanguines (acide urique) ; - … **5. Additifs alimentaires : distinction entre agents conservateurs et antioxydants** Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées aux produits alimentaires de base dans le but d'en améliorer la conservation, la couleur, le goût et la texture. Les agents conservateurs ralentissent les réactions de dégradation des aliments et inhibent la multiplication des microorganismes. Les agents antioxydants protègent les aliments des altérations dues à l'oxygène de l'air, à la lumière, aux traces de métaux ou à certaines enzymes.			
Élève *Mener une expérience d'estérification et déduire l'équation chimique à partir d'observations et de la nature des réactifs.* Préparer un ester à partir d'un acide carboxylique (Ex. : acide acétique, acide butanoïque…) et d'un alcool linéaire.	**Esters** Équation d'estérification[13] : 			**1 P**

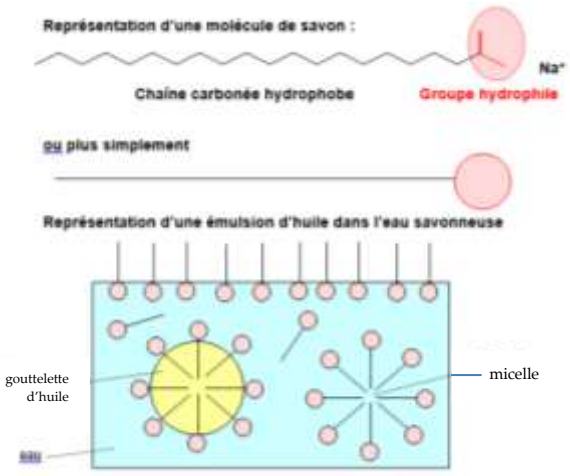
[13] Le groupement OH de l'acide carboxylique se combine avec l'hydrogène de la fonction alcool pour former une molécule d'eau.

Constater la différence d'odeur entre les réactifs et les produits. **Professeur** Écrire l'équation de la réaction observée. Introduire la fonction ester sur base de modèles moléculaires en les comparant aux modèles moléculaires de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondant. **Élève** Identifier la fonction ester. *Représenter une molécule d'ester.* **Professeur** Donner le nom de l'ester ainsi formé et le placer dans le tableau des arômes de fruits. **Élève** Déduire les règles de nomenclature des esters et compléter le tableau des arômes de fruits. Donner la formule semi-développée, la formule topologique et le nom de quelques esters du tableau des arômes des fruits. Donner le nom, la formule semi-développée et la formule topologique de l'alcool et de l'acide correspondant à un ester. **Professeur** Présenter des étiquettes de margarines mentionnant les quantités de lipides et de triglycérides et les résultats d'analyses sanguines les mentionnant aussi.	**1. Fonction ester** Les **esters** possèdent un groupement fonctionnel : –COOR'.  **2. Nomenclature** Le nom de l'ester est formé du qualificatif du nom de l'acide dans lequel le suffixe « oïque » est remplacé par « oate », suivi de la préposition « de » ou « d' » et du radical correspondant au nombre d'atomes de carbone de l'alcool (Ex. : éthanoate de méthyle). **3. Les esters au quotidien** Les esters confèrent leurs arômes à de nombreux fruits, fleurs … Ils entrent dans la composition de parfums, produits cosmétiques et produits alimentaires.	Ester	https://jameskennedymonash.wordpress.com/2013/12/13/infographic-table-of-esters-and-their-smells/ UAA8 F5[14] UAA8 F6[15]	

[14] http://www.sciences-wbe.be/

[15] http://www.sciences-wbe.be/

Faire le lien entre ces substances et leur structure d'ester. **Élève** *Repérer la présence d'esters dans l'environnement quotidien.*	Les lipides sont des molécules complexes. Certains d'entre eux (Ex. : triglycérides, phospholipides…) comportent une ou plusieurs fonctions ester d'acides gras. Formule générale d'un **triglycéride** :  **4. Saponification** La saponification est une transformation chimique permettant d'obtenir un savon (sel d'acide gras) à partir d'un ester d'acide gras et d'une base hydroxyde. Équation ionique de saponification :  ester ion hydroxyde ion carboxylate Alcool Lorsqu'un savon est préparé à partir d'un triglycéride, l'alcool obtenu est le **glycérol** aussi appelé glycérine. 	Triglycéride Glycérol	UAA1 F1e[15]	
Élève *Fabriquer un savon* à base d'huile végétale (Ex. : huile d'olive). **Professeur** Amener les élèves à écrire l'équation de la réaction de saponification. **Élève** *Comparer estérification et saponification.*				

Professeur Amener l'élève à identifier la tête hydrophile et la queue hydrophobe d'un savon. Questionner l'élève sur les interactions entre l'eau et les matières grasses. **Élève** Mettre en relation les éléments mis en évidence. *Expliquer le mode d'action d'un savon.*	Action d'un savon 			
Évaluation formative RCD				1 P
Évaluation sommative RCD				1 P

Exemple de situation d'apprentissage

Présenter une bougie allumée sous cloche, en présence d'eau de chaux et d'une solution basique additionnée d'un indicateur coloré (φφ)
Observer et interpréter l'expérience présentée.

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Schore, N.E. Vollhardt, K.P.C. , (2015), *Traité de chimie organique*, Louvain-la-Neuve : De Boeck

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). *Chimie générale*. Paris : Pearson Education.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Arnould,P & Furnémont,J. (1996). Chimie organique, Frameries : Centre technique. Réf : C05,99

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e fiches professeur. Frameries : CTP.

Collette, P. &al. (2002).Chimie organique- livre-cahier. Tihange : CAF.

Ghigliano, C. &Novelle, L. (1984). L'histoire de la chimie en bande dessinée. Milan : Casterman

Depovere, P. (2012), « La chimie organique en BD », Louvain-La-Neuve : de boeck.

Ghigliano (1984), L'histoire de la chimie en bande dessinée. Casterman

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA9

« La macromolécule en chimie organique »

Durée prévue pour l'UAA9 (12 périodes) : de septembre à octobre en 6e année

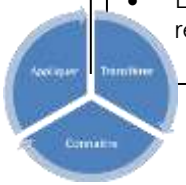
Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 9

« La macromolécule en chimie organique »

Compétence à développer

- Evaluer l'importance des macromolécules dans notre environnement.

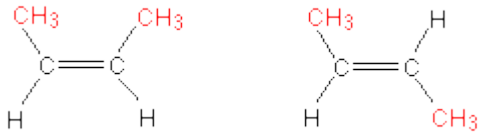
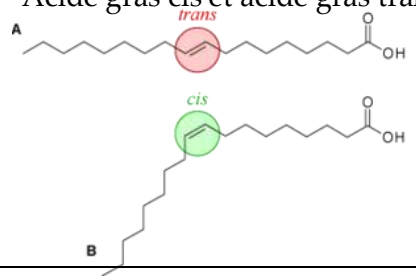
Processus	Ressources
Transférer • Mener une recherche permettant de classer les polymères selon leurs propriétés physiques (par exemple : thermoplastique, thermodurcissable, élastomère, …). • Mettre en évidence l'impact positif des polymères synthétiques sur notre société. • Expliquer un processus de recyclage des matières plastiques.  **Connaître** • Décrire le principe d'une réaction de polymérisation d'un alcène sans spécifier le mécanisme. • Décrire des macromolécules synthétiques obtenues par polymérisation. • Décrire la synthèse chimique des protéines et la liaison peptidique. • Décrire la diversité des polymères synthétiques à partir des pictogrammes d'identification.	**Prérequis** UAA 5 à 8 de chimie **Savoirs disciplinaires** • Alcène • Monomère, polymère • Amine, amide • Acide aminé • Liaison peptidique • Protéine • Pictogrammes d'identification de polymères

Considérations pédagogiques

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils - Liens suggérés	Timing suggéré
Professeur Montrer le modèle moléculaire de, par exemple : deux alcanes (butane et méthylpropane [1]) et trois alcènes (éthène, propène et méthylpropène).[2] **Élève** Classer les molécules en alcanes ou en alcènes. **Professeur** Rappeler les règles de nomenclature des alcanes à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée. Faire déduire les règles de nomenclature des alcènes en se limitant aux alcènes à chaîne linéaire et à chaine ramifiée porteurs d'une seule double liaison. **Élève** Déduire les règles de nomenclature. À partir d'une formule moléculaire[3], écrire les formules développées, semi-développées et topologiques, puis nommer les molécules. À partir du nom, écrire les différentes formules.	**Alcènes** **1. Définition** Un alcane est un hydrocarbure ne comportant que des liaisons simples carbone-carbone. Un **alcène** est un hydrocarbure comportant au moins une double liaison carbone-carbone. **2. Nomenclature[4] des alcènes** **a. Alcène à chaîne linéaire** C_2H_4 éthène (nom usuel : éthylène) C_3H_6 propène (nom usuel : propylène) C_4H_8 but-1-ène et but-2-ène … Règle L'indice de position de la double liaison doit être le plus petit possible et doit être placé, entre tiret, avant le suffixe ène.	Alcène		3P

[1] Notation : pas de tiret entre le nom du groupement alkyle et le nom de la chaîne principale
[2] Se limiter aux alcènes comportant une seule double liaison.
[3] Se limiter aux alcanes et aux alcènes à chaîne linéaire ou à chaîne ramifiée.
[4] L'objectif n'est pas de faire de la nomenclature exhaustive (éviter cas particuliers, pièges …).

Professeur Faire déduire la formule générale d'un alcène à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée comportant une seule double liaison et la comparer à celle des alcanes. **Élève** Déduire la formule générale d'un alcène à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée et la comparer à celle des alcanes.	**b. Alcène à chaîne ramifiée** La chaîne principale est la plus longue chaîne carbonée de la molécule comportant la double liaison. L'indice de position de la double liaison doit être le plus petit possible. Le nom des groupements alkyles précède le nom de la chaîne principale. L'indice de position de chaque groupement alkyle précède le nom du groupement et est séparé de celui-ci par un tiret. Lorsque plusieurs groupements alkyles différents sont présents, ils sont écrits dans l'ordre alphabétique et séparés par un tiret. Lorsque plusieurs groupements alkyles identiques sont présents dans la molécule, le nom du groupement est précédé du préfixe di-, tri-, tétra-… celui-ci n'intervient pas dans l'ordre alphabétique. Lorsque plusieurs groupements alkyles identiques sont présents dans la molécule, les indices (même identiques) sont séparés par une virgule, le dernier étant séparé du préfixe di-, tri-, tétra-… par un tiret. **3. Formule générale d'un alcène porteur d'une seule double liaison** $\mathbf{C}_n\ \mathbf{H}_{2n}$	$C_n\ H_{2n}$		

Professeur Faire construire plusieurs modèles moléculaires correspondant, par exemple, au but-2-ène par les élèves. **Élève** Observer que les modèles construits ne sont pas tous superposables, donc identiques. Établir la distinction entre les deux types d'isomères. **Professeur** Introduire la notion d'isomères géométriques et d'isomérie cis-trans. **Professeur** Présenter des étiquettes alimentaires signalant la présence d'acide gras trans. **Élève** Faire le lien avec le quotidien. À partir d'une recherche documentaire, dégager la signification des termes « oméga 3 » et « oméga 6 » et mettre en évidence quelques effets de ces deux types de substances sur la santé. **Professeur** Induire un regard critique sur la composition des différentes huiles et sur les informations publicitaires concernant la richesse des huiles en oméga 3-6-…	**4. Isomérie cis-trans** L'isomérie cis-trans est une **isomérie géométrique**. Pour qu'un composé comportant une double liaison carbone-carbone existe sous la forme d'isomères cis et trans, chacun des carbone de cette double liaison doit être lié à un atome d'hydrogène et à un substituant (élément chimique autre que l'hydrogène ou groupe d'éléments). L'**isomère** est appelé **trans** si les deux substituants sont placés de part et d'autre de la double liaison. L'**isomère** est appelé **cis** si les deux substituants sont placés du même côté de la double liaison.  cis-but-2-ène trans-but-2-ène Les isomères cis et trans sont des isomères géométriques. Acide gras cis et acide gras trans 	Isomérie géométrique Isomère trans Isomère cis	UAA1 F1f[5]	

[5] http://www.sciences-wbe.be

Élève Trier un ensemble de plastiques apportés en classe sur base de critères choisis par les élèves eux-mêmes. Manipuler ces plastiques pour mettre en évidence certaines de leurs propriétés physiques (Ex. : dureté, malléabilité …). Découvrir sur les objets en plastique les pictogrammes d'identification. *Décrire la diversité des polymères synthétiques à partir des pictogrammes d'identification.* *Evaluer l'importance des macromolécules dans notre environnement.* **Professeur** Nommer les plastiques correspondant aux pictogrammes d'identification. **Élève** Analyser le nom pour distinguer la notion de monomère et polymère. **Professeur** Utiliser, par exemple, une chaîne d'attache-tout (trombones), pour modéliser la réaction de polymérisation sans spécifier le mécanisme. **Élève** *Décrire le principe d'une réaction de polymérisation sans spécifier le mécanisme.*	**Polymères** **1. Monomères et polymères** Un **polymère** est une macromolécule constituée par la répétition d'unités toutes identiques ou par la répétition de quelques unités différentes (le plus souvent 2 à 3). Les unités à l'origine du polymère sont appelées **monomères**. On distingue les polymères d'addition des polymères de condensation selon la réaction chimique à l'origine de leur formation. **2. Réaction de polymérisation** Une **réaction de polymérisation** est une réaction au cours de laquelle se forme un polymère au départ de monomères.	Polymère Monomère Réaction de polymérisation	 Podium Un dossier éducatif sur les plastiques et Les Plastiques Aujourd'hui et demain (FECHIPLAST)	6P

Professeur

Faire associer des objets de la vie quotidienne à des polymères précis (Ex. : polyéthylène, polypropylène, PVC…).

Élève

Décrire le principe d'une réaction de polymérisation d'un alcène sans spécifier le mécanisme.

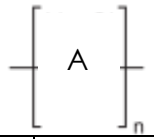
Décrire des macromolécules synthétiques obtenues par polymérisation.

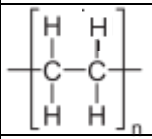
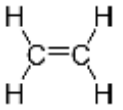
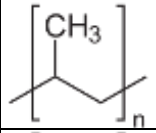
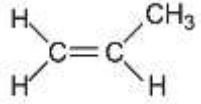
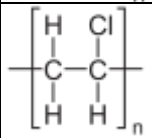
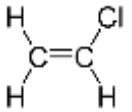
Représenter la structure des polymères rencontrés.

3. Polymères d'addition

Un **polymère d'addition** est caractérisé par la répétition d'un motif A issu du monomère de départ.

La formule générique d'un polymère est :



Nom	Motif	Monomère
Polyéthylène		
Polypropylène		
PVC		

Polymère d'addition

4. Polymères de condensation

Polymère de condensation

Professeur

Donner les formules de, par exemple, six acides aminés.

Repérer les différentes fonctions et entourer dans une même couleur les fonctions identiques.

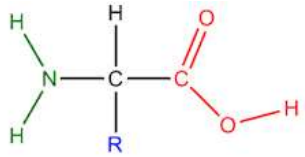
Introduire la fonction amine.

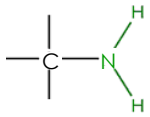
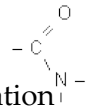
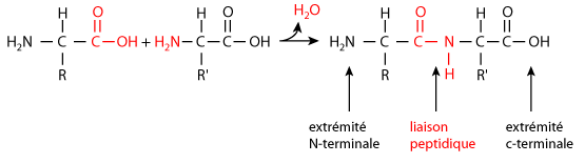
Faire déduire la formule générale d'un acide aminé.

a. Biopolymères

Fonction amine – Acides aminés

Un acide aminé est une molécule comportant à la fois une fonction acide carboxylique et une fonction amine.



Professeur Présenter les modèles moléculaires par exemple de la méthylamine et de l'acide acétique. Introduire la réaction entre la fonction amine et la fonction acide. Introduire la fonction amide **Élève** Reconnaitre et représenter une fonction amide.	La fonction amine[6] est caractérisée par le groupement d'atomes :  **Fonction amide – liaison peptidique** La fonction amide se caractérise par la présence du groupement d'atomes :  Équation de la réaction de condensation $R\text{-}COOH + H_2N\text{-}R' \rightarrow R\text{-}CONH\text{-}R' + H_2O$ Les protéines sont des polymères biologiques. Les monomères des protéines sont les acides aminés.  La **liaison peptidique** n'est rien d'autre qu'une fonction amide.	Liaison peptidique	UAA7 F1[7] Site didac (onglet « Pétrochimie ») http://old.iupac.org/didac/Didac%20Fr/Didac02/frame%20Didac02.htm	

[6] La fonction amine représentée ici correspond uniquement aux amines primaires, amines constitutives de tous les acides aminés naturels à l'exception de la proline.
[7] http://www.sciences-wbe.be/

Professeur Présenter deux acides aminés et demander à l'élève de les lier. **Élève** *Décrire la synthèse chimique des protéines et la liaison peptidique.* Décrire la réaction de formation d'une protéine au départ des acides aminés. **Élève** Faire une recherche documentaire sur d'autres polyamides (Ex. : nylon, Kevlar…). Faire une recherche documentaire sur d'autres polymères de condensation tels que les polyesters. **Élève** *Mener une recherche permettant de classer les polymères selon leurs propriétés physiques (par exemple : thermoplastique, thermodurcissable, élastomère, …).* **Professeur** Faire associer des objets de la vie quotidienne à des polymères précis (Ex. : polyéthylène, polypropylène, PVC…). **Élève** *Décrire des macromolécules synthétiques obtenues par polymérisation.* Représenter la structure des polymères rencontrés. *Mettre en évidence l'impact positif des polymères*	**b. Polymères de synthèse** Outre les biopolymères il existe des polymères de synthèse basés sur la fonction amide : nylons, Kevlar … Tout comme la fonction amide est à la base des polyamides, la fonction ester est à la base des polyesters. Ces deux types de polymères sont à l'origine de nombreuses fibres synthétiques (Ex. : textiles, confection de matériaux d'isolation …). **5. Différentes catégories de polymères** Selon leurs propriétés, on distingue : - les **thermoplastiques**, polymères qui se ramollissent lorsqu'ils sont chauffés au-dessus d'une certaine température et qui redurcissent en refroidissant. La transformation est réversible. - Les **thermodurcissables**, polymères qui, sous l'action de la chaleur, durcissent progressivement. La réaction est irréversible. - Les **élastomères,** polymères qui présentent des propriétés « élastiques ». Ils supportent de très grandes déformations avant rupture. - Les mousses - Les fibres synthétiques	Thermoplastique Thermodurcissable Élastomère		

synthétiques sur notre société. *Evaluer l'importance des macromolécules dans notre environnement.* **Élève** *Expliquer un processus de recyclage des matières plastiques.* Sur base de documents, présenter en groupe un processus de recyclage des matières plastiques.	**6. Recyclage des matières plastiques** Les procédés de recyclage du plastique sont : a. le recyclage matière : un objet en plastique usagé est transformé en un autre objet en plastique (Ex. : bouteille → polar) ; b. le recyclage chimique : l'objet en plastique est transformé en monomère, en combustible ou en gaz (Ex. : polystyrène en monomère ; plastique en mélange d'hydrocarbures ; plastique oxydé en mélange gazeux (CO et H_2)) ; c. le recyclage énergétique (Ex. : le plastique est brûlé dans un incinérateur et l'énergie libérée est exploitée) ; d. la biodégradabilité ; …			
Évaluation formative RCD				1P
Évaluation sommative RCD				1P

Exemple de situation d'apprentissage

Présenter deux objets en plastique différent.

Faire observer les sigles d'identification des polymères.

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Schore, N.E. Vollhardt, K.P.C. , (2015), *Traité de chimie organique*, Louvain-la-Neuve : De Boeck

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). Chimie générale. Paris : Pearson Education.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Arnould,P & Furnémont,J. (1996). Chimie organique, Frameries : Centre technique. Réf : C05,99

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e fiches professeur. Frameries : CTP.

Depovere, P. (2012), « La chimie organique en BD », Louvain-La-Neuve : de boeck.

Collette, P. &al. (1997).Chimie 2e fiches élève. Frameries : CTP.

Ghigliano (1984), L'histoire de la chimie en bande dessinée. Casterman

Chimie

Sciences générales

3e degré

UAA10

« Les réactions avec transfert : les réactions acide-base et d'oxydoréduction »

Durée prévue pour l'UAA10 (38 périodes) : de novembre à juin en 6e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 10

« Les réactions avec transfert : les réactions acide-base et d'oxydoréduction »

Compétences à développer

- **Décrire, expliquer et prévoir un phénomène chimique relevant d'une réaction de transfert à l'aide de modèles scientifiques.**
- **Décrire une réaction acide -base comme un transfert de protons, une oxydoréduction comme un transfert d'électrons.**

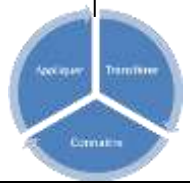
Processus

Appliquer

- Déterminer l'état d'oxydation d'un atome constitutif d'une molécule ou un ion.
- Utiliser les états d'oxydation pour pondérer une équation d'oxydoréduction en milieux neutre et acide.
- Calculer le pH d'une solution d'acide fort, d'acide faible, de base forte.
- Construire et traiter des tableaux, tracer des courbes de titrage d'un monoacide en vue de déterminer l'indicateur à utiliser et la concentration du titré.
- Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle d'acido-basicité afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques.
- Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle d'acido-basicité pour interpréter des situations de la vie courante (par exemple : les correcteurs d'acidité, l'anodisation, la galvanoplastie).

Transférer

- Mener des expériences permettant de construire une échelle relative de potentiels d'oxydoréduction des métaux (cuivre, zinc, fer).
- Comparer l'électrolyse de l'eau et le fonctionnement de la pile à combustible.
- Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels, … .
- Associer le pH d'un milieu présent dans l'environnement de l'élève (par exemple : boissons, engrais, piscines, milieux biologiques,) à certains comportements et à certaines propriétés de ce milieu.
- Utiliser une échelle des Ka pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels,...)
- Elaborer un protocole et mener une expérience permettant de doser un composé à l'aide d'un titrage (acide-base ou oxydoréducteur).



Ressources

Pré-requis

- UAA 5 à 8 de chimie
- Logarithmes en base 10

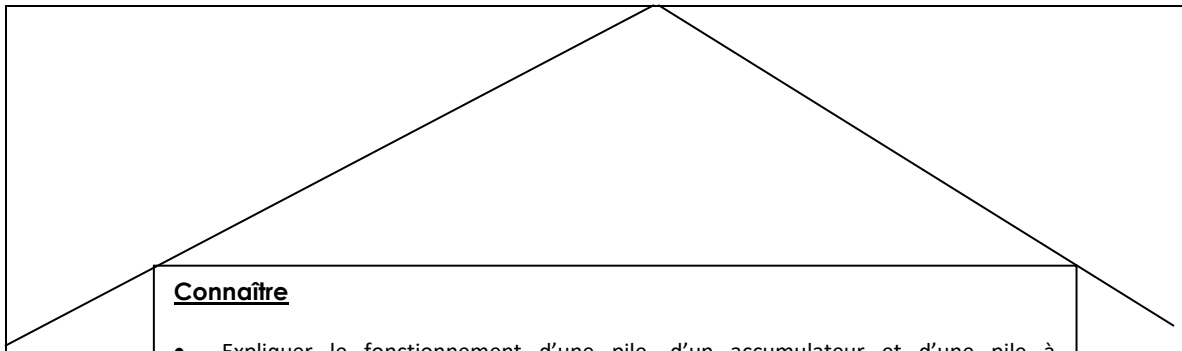
Savoirs disciplinaires

Réactions acide-base

- Acide et base de Brönsted
- Autoprotolyse de l'eau
- pH
- Couple acide/base, pKa
- Titrage, titrant, titré
- Indicateur
- Point d'équivalence

Réactions d'oxydo-réduction

- Etat d'oxydation
- Oxydant, réducteur
- Oxydation, réduction
- Couple oxydant/réducteur
- Table de potentiels
- Pile, accumulateur, pile à combustible
- Électrode, anode, cathode
- Pont électrolytique



Connaître

- Expliquer le fonctionnement d'une pile, d'un accumulateur et d'une pile à combustible à partir de la réaction d'oxydoréduction.
- Décrire un phénomène de corrosion comme une oxydoréduction.
- Décrire et illustrer les caractéristiques de l'échelle de pH.
- Modéliser une réaction acide-base selon Brönsted et comparer avec le modèle d'Arrhenius.

Savoir-faire disciplinaires

- Extraire des informations d'une table (potentiel d'oxydoréduction, couples acide-base).
- Extraire des informations (valence, état d'oxydation, masse atomique relative, électronégativité) du tableau périodique des éléments.
- Déterminer la charge d'un ion à l'aide du tableau périodique des éléments.
- Tracer un graphique pH = f(*V*).
- Respecter un protocole expérimental caractéristique de la chimie.

Considérations pédagogiques

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils - Liens suggérés	Timing suggéré
Professeur Tester la conductibilité électrique de solutions aqueuses, par exemple, de HCl, H_2SO_4, NaOH, KOH, NaCl… c = 0,1 mol/L. Présenter une expérience, par exemple, l'addition de bleu de bromothymol dans ces solutions aqueuses de HCl, H_2SO_4, NaOH, KOH, NaCl… Revoir la notion d'indicateurs colorés, de solutions aqueuses acides, de solutions aqueuses basiques et de solutions aqueuses neutres.	**Rappels**[1] **Les acides, les bases et leurs solutions aqueuses** Les acides, les bases et les sels sont des électrolytes[2] en solution aqueuse. Un indicateur coloré est un corps pur qui permet d'identifier le caractère acide, basique ou neutre d'une solution aqueuse. Les solutés des solutions acides sont appelés des acides. Les solutés des solutions basiques sont appelés des bases. Il existe des solutés qui ne sont ni des acides ni des bases et dont les solutions aqueuses sont neutres.			21 P

[1] UAA2
[2] UAA4

Professeur Présenter Svante Arrhenius. Définir les acides HM' et HM'O (UAA2) comme acides d'Arrhenius. Définir les bases MOH (UAA2) comme bases d'Arrhenius. Rappeler l'écriture des équations d'ionisation dans l'eau des acides binaires et ternaires ainsi que celle des équations de dissociation ionique des bases hydroxyde.	**Réactions acide-base** **A. 1er modèle de la réaction acide-base : modèle d'Arrhenius** **1. Acides et bases d'Arrhenius** Arrhenius, chimiste suédois, proposa, à la fin du XIXe siècle, une première définition des acides et des bases. Un **acide d'Arrhenius** est un corps pur qui, en solution aqueuse, libère des ions hydrogène H^+ (protons) responsables de l'acidité de la solution aqueuse et de la couleur des indicateurs colorés. La formule générique d'un acide binaire est HM' et celle d'un acide ternaire est HM'O avec M' : non-métal. Équation d'ionisation[5] d'un acide d'Arrhenius dans l'eau $HM'_{(g)} \xrightarrow{H_2O(l)} H^+_{(aq)} + M'^-_{(aq)}$ [6] $HM'O \xrightarrow{H_2O(l)} H^+_{(aq)} + M'O^-_{(aq)}$	Acide d'Arrhenius		

[5] Une ionisation est une réaction au cours de laquelle il y a production d'ions alors qu'une dissociation ionique est une réaction au cours de laquelle il y a séparation des ions préexistants dans le corps pur composé. Donc, on parlera de dissociation ionique pour les corps composés ioniques et d'ionisation pour les corps composés covalents (moléculaires).

[6] Dans les conditions de température et de pression du laboratoire, les acides binaires HM' sont des gaz. Comme l'état physique de tous les HM'O n'est pas le même, il ne sera pas précisé dans l'équation d'ionisation des acides ternaires.

Professeur Réaliser la réaction, par exemple, entre HCl et NaOH en mélangeant des solutions aqueuses de même concentration (Ex. : 0,1 mol/L) dans lesquelles on a ajouté du bleu de bromothymol[3]. **Élève** Identifier les espèces chimiques dans les solutions aqueuses de départ. Observer l'évolution de la couleur de l'indicateur coloré au fur et à mesure de	Le nombre de charges négatives de l'anion $M'O^-$ est égal à l'indice de l'hydrogène dans la formule chimique de l'acide HM'O. Une **base d'Arrhenius** est un corps pur qui, en solution aqueuse, libère des ions hydroxyde OH^- responsables de la basicité de la solution aqueuse et de la couleur des indicateurs colorés. La formule générique d'une base d'Arrhenius est MOH avec M : métal. Équation de dissociation ionique d'une base d'Arrhenius dans l'eau[7] $MOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O(l)} M^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ **2. Interprétation de la réaction de neutralisation/salification selon Arrhenius** Arrhenius proposa une première interprétation de la réaction entre un acide et une base. En solution aqueuse, la réaction entre NaOH et HCl produit NaCl (sel de cuisine) et de l'eau. La réaction entre un acide et une base est appelée réaction de salification[8].	Base d'Arrhenius		

[3] Une des deux solutions est introduite dans un erlenmeyer et l'autre dans une burette graduée. La solution présente dans la burette est introduite mL par mL puis goutte à goutte dans l'erlenmeyer jusqu'au changement de couleur de l'indicateur coloré.

[7] L'état solide (s) des bases hydroxyde sera introduit en montrant la substance avant la mise en solution.

[8] Le terme salification (formation d'un sel à partir d'un acide et d'une base), bien que moins utilisé, est préférable à « neutralisation » qui risque d'évoquer la notion incorrecte de « solution aqueuse finale » toujours neutre.

l'addition de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium dans la solution aqueuse de l'acide de même concentration. En déduire l'évolution du caractère acide, basique ou neutre du milieu réactionnel. Identifier les ions acteurs et les ions spectateurs. Écrire les équations ionique et chimique[4] de la réaction de neutralisation réalisée par le professeur. Appliquer le principe de neutralisation à d'autres réactions acide-base.	La réaction entre un acide et une base hydroxyde produit un sel et de l'eau. Équation ionique pondérée de la réaction $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ En solution aqueuse, un acide d'Arrhenius réagit avec une base d'Arrhenius car l'ion H^+ s'associe à l'ion OH^- pour former une molécule d'eau. Équation chimique pondérée (ou équation bilan) de la réaction $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ État physique des réactifs et des produits $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ Équations génériques de neutralisation/salification $HM'_{(aq)} + MOH_{(aq)} \rightarrow MM'_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ $HM'O_{(aq)} + MOH_{(aq)} \rightarrow MM'O_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ La formule générique d'un sel binaire est MM' (avec M' différent de O). La formule générique d'un sel ternaire est MM'O.			

[4] L'expression « équation chimique » a été préférée à l'expression « équation moléculaire » parce que l'appellation « molécule » ne s'applique pas aux composés ioniques.

Professeur Présenter Joannes Brönsted. Mettre en évidence, au moyen d'indicateurs colorés, le caractère acido-basique de solutions aqueuses d'acides et de bases d'Arrhenius et d'acides et de bases de Brönsted (Ex. : vinaigre, NH_4Cl, H_2SO_4, HCl, ammoniaque (solution aqueuse d'ammoniac), NaOH, $NaHCO_3$, KOH…). **Élève** Distinguer les solutions aqueuses acides des solutions aqueuses basiques. Mettre en évidence l'existence d'acides et de bases autres que ceux répondant aux formules génériques HM', HM'O et MOH. **Professeur** Réaliser la réaction entre, par exemple, NH_3 gazeux et HCl gazeux pour montrer : ➢ que la réaction entre un acide et une base ne produit pas toujours de l'eau ; ➢ que deux gaz, l'un acide l'autre basique, peuvent réagir ensemble. **Élève** Écrire l'équation ionique et l'équation chimique de la réaction.	**B. 2e modèle de la réaction acide-base : modèle de Brönsted** Brönsted, chimiste danois, revisita, au début du XXe siècle, le modèle d'Arrhenius. Il existe des acides ne répondant pas aux formules génériques HM' et HM'O. Il existe des bases autres que les bases hydroxyde (MOH). Équation ionique $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4^+ Cl^-_{(s)}$ Équation chimique pondérée (ou équation bilan) de la réaction $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$			

Professeur Réaliser la réaction entre, par exemple, NH_4Cl solide et NaOH solide pour montrer que deux solides, l'un acide l'autre basique, peuvent réagir ensemble. **Élève** Écrire l'équation ionique et l'équation chimique de la réaction. **Professeur** Réaliser la réaction, par exemple, entre NH_4Cl en solution aqueuse (c = 1mol/L) et NaOH en solution aqueuse (c = 1mol/L). **Élève** Écrire l'équation ionique et l'équation chimique de la réaction. **Professeur** Reprendre les équations ioniques des réactions en phase gazeuse, en phase solide et en solution aqueuse pour définir un acide de Brönsted, une base de Brönsted et mettre en évidence le transfert de proton lors de la réaction entre un acide de Brönsted et une base de Brönsted. **Élève** *Décrire une réaction acide-base comme un transfert de protons.* *Modéliser une réaction acide-base selon Brönsted.* Repérer, dans une liste d'équations	Équation ionique $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$ Équation chimique pondérée (ou équation bilan) de la réaction $NH_4Cl_{(s)} + NaOH_{(s)} \rightarrow$ $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} + NaCl_{(s,aq)}$ Équation ionique $NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightarrow NH_{3(g,aq)} + H_2O_{(l)}$ Équation chimique pondérée (ou équation bilan) de la réaction $NH_4Cl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow$ $NH_{3(g,aq)} + H_2O_{(l)} + NaCl_{(aq)}$ Un **acide de Brönsted** est une molécule ou un ion capable de libérer un proton (ion H^+). Une **base de Brönsted** est une molécule ou un ion capable de recevoir un proton (ion H^+). Une réaction entre un acide de Brönsted et une base de Brönsted est un transfert d'un proton de l'acide vers la base. Un acide et une base de Brönsted peuvent réagir même s'ils ne sont pas en solution aqueuse.	Acide de Brönsted Base de Brönsted		

chimiques, celles correspondant à des réactions acide-base de Brönsted. Pour ces dernières, identifier l'acide et la base et mettre en évidence le transfert de proton. **Professeur** À partir des expériences en phase gazeuse, en phase solide et en solution aqueuse, définir la notion de couple acide/base. Faire déduire l'implication de deux couples acide/base dans une réaction acide-base. Faire déduire que les produits de la réaction entre un acide et une base sont les espèces chimiques conjuguées respectives. **Élève** *Décrire une réaction acide-base.* Écrire les deux couples acide/base impliqués dans une réaction acide-base donnée. Utiliser deux couples acide/base pour écrire l'équation chimique pondérée de la réaction acide-base.[9]	À chaque acide est conjuguée une base. À chaque base est conjugué un acide. Un acide et sa base conjuguée diffèrent par un et un seul proton. Un **couple acide/base** est un couple constitué d'un acide et de sa base conjuguée. Les produits de la réaction entre un acide et une base sont : ➢ la base conjuguée de l'acide de départ, ➢ l'acide conjugué de la base de départ.	Couple Acide/base		
Professeur Rappeler le caractère basique (lié à la présence d'ions OH^- mis en évidence au moyen des indicateurs colorés) d'une solution aqueuse de NaOH et de l'ammoniaque.	Les **ions hydroxyde OH^-** responsables du caractère basique d'une solution aqueuse proviennent : ➢ soit du soluté lui-même dans le cas des bases hydroxyde ; ➢ soit de la réaction entre l'eau et la base de Brönsted dissoute dans l'eau, dans le cas des bases non hydroxyde.	Ion hydroxyde OH^-		

[9] Le professeur précise le couple dans lequel figure l'acide de départ et le couple dans lequel figure la base de départ.

Élève Interpréter la présence d'ions OH^- dans la solution de NaOH et dans l'ammoniaque. Mettre en évidence l'existence de bases hydroxyde MOH et de bases non hydroxyde telles que l'ammoniac[10]. Mettre en évidence le rôle de l'eau lors de la dissolution des bases non hydroxyde. Écrire l'équation pondérée de la réaction entre l'eau et des bases non hydroxyde. **Professeur** Introduire l'ion hydronium (H_3O^+) responsable de l'acidité des solutions aqueuses. **Élève** Écrire l'équation chimique pondérée de la réaction entre l'eau et un acide de Brönsted.	Les **ions hydronium H_3O^+**, responsables du caractère acide d'une solution aqueuse, sont produits lors de la réaction entre l'eau et l'acide de Brönsted mis en solution.	Ions hydronium H_3O^+		
Professeur Reprendre des équations de réactions entre l'eau et des bases de Brönsted et des équations de réactions entre l'eau et des acides de Brönsted pour introduire la notion d'ampholyte. **Élève** Dans une liste de couples acide/base, repérer les ampholytes et justifier.	Un **ampholyte** est une molécule ou un ion capable de jouer le rôle d'acide de Brönsted (en présence d'une base) et le rôle de base de Brönsted (en présence d'un acide).	Ampholyte		

[10] Ammoniac, gaz de formule chimique NH_3 et ammoniaque, solution aqueuse d'ammoniac. Il n'y a donc pas de formule chimique pour l'ammoniaque.
Dès lors, il faut écrire $NH_{3(aq)}$ et non pas NH_4OH.

Professeur

Présenter les équations ioniques, par exemple des réactions chimiques entre :

- une solution aqueuse de HCl et une solution aqueuse de NaOH ;
- une solution aqueuse de HCl et l'ammoniaque[11] ;
- HCl et NH_3 en phase gazeuse ;

pour comparer les modèles d'Arrhenius et de Brönsted.

Élève

Modéliser une réaction acide-base selon Brönsted et comparer avec le modèle d'Arrhenius.

Décrire une réaction acide-base comme un transfert de protons.

Comparer les modèles d'Arrhenius et de Brönsted.

Professeur

Présenter l'équation chimique de la réaction entre HCl et NaOH (modèle d'Arrhenius et modèle de Brönsted).

Élève

Déduire que l'équation chimique de la réaction entre un acide HM' ou HM'O et une base hydroxyde MOH est la même dans les deux modèles.

Élève

Décrire, expliquer et prévoir un phénomène chimique relevant d'une réaction de transfert à l'aide de modèles scientifiques.

C. Comparaison modèle d'Arrhenius - modèle de Brönsted

Arrhenius	Brönsted
Acide : substance covalente (HM', HM'O) qui libère des ions H^+ en solution aqueuse	Acide : molécule ou ion capable de libérer un proton (H^+)
Base : substance ionique MOH qui libère des ions OH^- en solution aqueuse	Base : molécule ou ion capable de recevoir un proton
Réaction acidobasique $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ Association des ions H^+ et OH^- pour former de l'eau	Réaction acidobasique : 2 couples acide/base conjugués (acide 1/base 1 et acide 2/base 2) acide 1 + base 2 → base 1 + acide 2 Transfert de proton de l'acide 1 à la base 2
Pas de notion d'ampholyte	Un ampholyte est une molécule ou un ion capable de jouer le rôle d'acide (en présence d'une base) et le rôle de base (en présence d'un acide).
Uniquement en solution aqueuse	En solution aqueuse ou non

[11] L'interprétation de ces réactions n'a pas été faite par Arrhenius puisque NH_3 est une base de Brönsted.

Interpréter, sur base du modèle d'Arrhenius et/ou du modèle de Brönsted, quelques exemples de réaction acide-base de la vie courante comme, par exemple, l'utilisation du Maalox© dans le traitement de l'hyperacidité gastrique…				
Professeur Présenter une série de produits de la vie quotidienne (soude caustique, ammoniaque, soda, jus de fruits, produits d'entretien …) et mesurer le pH à l'aide d'un pH-mètre et du papier indicateur universel de pH. **Élève** *Décrire et illustrer les caractéristiques de l'échelle de pH.* Mesurer le pH d'un milieu présent dans son environnement (par exemple : boissons, engrais, piscines, milieux biologiques …). Associer la valeur du pH au caractère acido-basique d'une solution aqueuse. **Professeur** Présenter une série de documents montrant l'importance du pH dans la vie quotidienne, par exemple le pH des sols, le pH des milieux aquatiques, le pH du sang, le pH des pluies… **Élève** *Associer le pH d'un milieu présent dans l'environnement de l'élève (par exemple : boissons, engrais, piscines, milieux biologiques,)*	**D. Le pH** **1. Définition** Le **pH** est un nombre qui indique le caractère acide, basique ou neutre d'une solution aqueuse. Le pH n'a pas d'unité. Le pH d'une solution aqueuse est compris entre 0 et 14. À 25 °C : ➢ le pH d'une solution aqueuse basique est > 7 ; ➢ le pH d'une solution aqueuse acide est < 7 ; ➢ le pH de l'eau déminéralisée [12] et d'une solution aqueuse neutre est = 7.	pH		

[12] L'eau déminéralisée doit être bouillie pour enlever les gaz dissous, refroidie et conservée dans un flacon fermé.

à certains comportements et à certaines propriétés de ce milieu. **Professeur** Mesurer le pH de solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène de concentrations molaires différentes (Ex. : 1.10^{-1} mol/L, 1.10^{-2} mol/L, 1.10^{-3} mol/L). **Élève** *Décrire et illustrer les caractéristiques de l'échelle de pH.* Mettre en évidence l'effet de la concentration de l'acide sur le pH. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide et l'eau. Interpréter les différentes valeurs de pH. Déduire la relation entre la concentration molaire en ions hydronium et le pH. **Élève** À partir d'un pH donné, calculer la concentration en ions H_3O^+ et inversement. **Professeur** Mesurer le pH de l'eau pure. **Élève** Calculer la concentration molaire en ions H_3O^+ dans l'eau pure. Interpréter la présence des ions H_3O^+ et en déduire la présence d'ions OH^- en concentration molaire égale à celle en ions H_3O^+. Écrire l'équation de la réaction	$pH = -\log [H_3O^+]$ et $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ Le pH est un nombre lié à la concentration en ions H_3O^+ d'une solution aqueuse. **2. Autoprotolyse de l'eau** À 25 °C, le pH de l'eau pure est égal à 7. La concentration en ions H_3O^+ de l'eau pure est égale à $1.\ 10^{-7}$ mol/L. L'eau pure contient des ions H_3O^+ et OH^- provenant de l'**autoprotolyse** de l'eau. L'équation chimique de l'autoprotolyse de l'eau est :	Autoprotolyse		

d'autoprotolyse de l'eau. **Professeur** Mesurer le pH de solutions aqueuses de NaOH de concentrations molaires différentes (Ex. : 1.10^{-1} mol/L, 1.10^{-2} mol/L, 1.10^{-3} mol/L). **Élève** *Décrire et illustrer les caractéristiques de l'échelle de pH.* Mettre en évidence l'effet de la concentration de la base sur le pH. Écrire l'équation de dissociation ionique de	$2\,H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ Dans l'eau pure, la concentration en ions OH^- est égale à $1.\ 10^{-7}$ mol/L. La constante d'équilibre associée à l'autoprotolyse de l'eau K_c est donnée par la relation $K_c = \frac{[H_3O^+].[OH^-]}{[H_2O]^2}$ Comme peu de molécules d'eau ont réagi entre elles, la concentration à l'équilibre de l'eau peut être considérée comme constante et égale à 55,5 mol/L. L'expression de la constante K_c devient $K_c = \frac{[H_3O^+].[OH^-]}{55,5^2}$ On pose $K_c \,.\, 55,5^2 = K_w$ [13] D'où $K_w = [H_3O^+].[OH^-]$ K_w est appelé **produit ionique de l'eau** À 25 °C, $K_w = 10^{-14}\,(mol/L)^2$	Produit ionique de l'eau		

[13] W : water

la base. Déduire la concentration en ions OH^- de chaque solution. En utilisant la valeur du pH, calculer la concentration en ions H_3O^+ des solutions de NaOH. Déduire que dans toute solution aqueuse, il y a simultanément des ions H_3O^+ et OH^- dont le produit des concentrations est égal à la valeur du produit ionique de l'eau. Calculer la concentration en ions OH^- dans les solutions aqueuses de HCl. Déduire que le caractère acido-basique d'une solution est lié à l'importance relative des concentrations en ions H_3O^+ et OH^-. Comparer les concentrations en ions H_3O^+ et OH^- des solutions aqueuses acides, basiques et neutres. **Élève** À partir du pH d'une solution aqueuse, calculer les concentrations en ions H_3O^+ et/ou OH^-. À partir d'une solution de concentration donnée en ions H_3O^+ et/ou OH^-, calculer le pH de la solution. Comparer la concentration en ions H_3O^+ de solutions de pH différent.	Dans toute solution aqueuse, il y a présence simultanée d'ions H_3O^+ et d'ions OH^-. Dans une solution aqueuse neutre, $[H_3O^+] = [OH^-]$ Dans une solution aqueuse acide, $[H_3O^+] > [OH^-]$ Dans une solution aqueuse basique, $[H_3O^+] < [OH^-]$			

Professeur Donner la valeur du produit ionique de l'eau à différentes températures. **Élève** Calculer le pH de l'eau pure à une température différente de 25 °C et le comparer au pH de l'eau pure à 25 °C.	Le pH d'une solution dépend de la température car le produit ionique de l'eau est une constante d'équilibre qui, comme toutes les constantes d'équilibre, dépend de la température.			
Professeur Comparer le pH de solutions aqueuses d'un acide fort et d'un acide faible de même concentration (par exemple du chlorure d'hydrogène 0,1 mol/L et de l'acide acétique 0,1 mol/L) puis recommencer la comparaison du pH avec des solutions des mêmes acides 0,01 mol/L. Introduire la notion d'acide fort et d'acide faible. **Élève** Interpréter les valeurs mesurées de pH. Déterminer la concentration en ions H_3O^+ dans chaque solution et la comparer à la concentration initiale de l'acide. En déduire que HCl s'ionise totalement dans l'eau tandis que l'acide acétique ne s'ionise que partiellement dans l'eau. Déduire la relation entre le pH d'une solution aqueuse d'acide fort et la concentration initiale de ce dernier.	**3. Force des acides** Un **acide fort** est un acide dont la réaction avec l'eau est complète. Équation générique de la réaction entre l'eau et un acide fort $HA + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ Les produits de cette réaction sont les ions hydronium H_3O^+ et la base conjuguée de cet acide fort. Un acide fort n'existe donc pas en solution aqueuse sous forme moléculaire. Le seul acide en solution est l'ion hydronium H_3O^+. [14]	Acide fort		

[14] En réalité, l'eau, ampholyte, peut aussi jouer le rôle d'acide.

Élève Calculer le pH d'une solution d'acide fort.	Le pH d'une solution aqueuse d'acide fort est donné par la relation[15] $pH = - \log [H_3O^+] = - \log C_a$ avec C_a : concentration initiale de l'acide HA			
Professeur Présenter le pH de solutions aqueuses de deux acides faibles de même concentration, par exemple, l'acide acétique et l'acide formique. **Élève** Déduire que ces deux acides ne sont pas des acides forts mais des acides faibles. Déduire que les acides faibles n'ont pas tous la même force dans l'eau. Classer l'acide fort et les deux acides faibles envisagés selon leur force.	Un **acide faible** est un acide dont la réaction avec l'eau est incomplète. Équation générique de la réaction entre l'eau et un acide faible $HA_{(aq)}$[16] + $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ Dans une solution aqueuse d'acide faible, il y a deux acides : HA et H_3O^+.	Acide faible		
Professeur Présenter un tableau de classement des couples acide/base de Brönsted. Introduire la constante d'acidité K_a et le pK_a. **Élève** Mettre en évidence l'influence de la force de l'acide faible, donc de la valeur de K_a, sur la valeur du pH.	À la réaction entre un acide de Brönsted et l'eau, on associe une constante d'équilibre $\boldsymbol{K}_a$, donnée par la relation : $K_a = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[HA]}$ avec K_a constante d'acidité de l'acide HA Unité de K_a : **mol/L**	K_a (mol/L)		

[15] Cette relation ne s'applique que dans un domaine de concentration donné ($1 > C_a \geq 10^{-6}$ mol/L). En effet, si $C_a = 1.10^{-8}$ mol/L, on trouve pH = 8 ce qui est incohérent avec une solution acide.

[16] L'usage de la formule générique HA pour l'acide faible ne doit pas faire perdre de vue que des acides faibles peuvent être des ions (NH_4^+, HSO_4^- …).

Calculer le pH d'une solution d'acide faible de concentration donnée. Calculer le K_a ou le pK_a d'un acide faible à partir du pH et de la concentration initiale en acide. **Professeur** Comparer le pH de solutions aqueuses d'au moins deux bases fortes (Ex. : NaOH et $NaNH_2$) de même concentration. Introduire la notion de base forte. **Élève** Déterminer les espèces chimiques présentes dans une solution aqueuse à partir des espèces introduites.	Plus l'acide est fort, plus la valeur de K_a est élevée. À concentration égale en acide faible, le pH dépend de la force de l'acide faible donc de la valeur de K_a. Le pH d'une solution d'acide faible est donné par la relation[17] : $pH = ½\ pK_a - ½ \log C_a$ [18] avec : ➢ C_a : concentration initiale de l'acide HA ➢ $pK_a = - \log K_a$ Plus l'acide est fort, plus la valeur de pK_a est petite. L'ion hydronium H_3O^+ est l'acide le plus fort présent dans une solution aqueuse. L'ion hydronium ne réagit pas avec sa base conjuguée H_2O. **4. Force des bases** Les bases hydroxydes (MOH) sont des **bases fortes** car elles produisent des ions OH^- par dissociation totale dans l'eau. Équation générique de la dissociation ionique $MOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O(l)} M^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	Base forte		

[17] La présentation de la démonstration de cette relation est laissée à l'appréciation du professeur.

[18] Cette relation ne s'applique que si $C_a \geq 1.10^{-6}$ mol/L et $K_a / C_a \leq 1.10^{-2}$.

Identifier l'origine des ions OH^-. En déduire que : - NaOH se dissocie totalement dans l'eau ; - la réaction entre l'ion NH_2^- et l'eau est complète et produit des ions OH^- ; - la notion de base forte. **Élève** Calculer le pH d'une solution aqueuse de $Ca(OH)_2$ de concentration donnée. **Professeur** Comparer le pH de solutions aqueuses d'une base forte et d'une base faible de même concentration (par exemple, une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 mol/L et de l'ammoniaque 0,1 mol/L) puis recommencer la comparaison du pH avec des solutions des mêmes bases 0,01 mol/L. Introduire la notion de base faible.	Il existe d'autres bases fortes (Ex. : NH_2^-) dont la réaction avec l'eau est complète et produit des ions OH^-. $NH_2^- + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_{3\,(aq)} + OH^-_{(aq)}$ Dans une solution aqueuse de base forte, il y a une seule base forte, l'ion OH^-. [19] Le pOH d'une solution de base forte est donné par la relation : $pOH = - \log [OH^-] = - \log C_b$ C_b : concentration initiale de la base Connaissant le produit ionique de l'eau à 25 °C, $K_w = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$ (mol/L)² On déduit : $\Leftrightarrow$ pH + pOH = 14 $\Leftrightarrow$ pH = 14 – pOH $\Leftrightarrow$ pH = 14 + logC_b (formule valable pour les hydroxydes alcalins)[20] Une **base faible** est une base dont la réaction avec l'eau est incomplète car toutes les espèces chimiques basiques ne réagissent pas avec l'eau. Équation générique de la réaction entre la base faible et l'eau $B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + HB^+_{(aq)}$	Base faible		

[19] En réalité, l'eau, ampholyte, peut aussi jouer le rôle de base.

[20] La formule s'applique si $1 > C_b \geq 10^{-6}$ mol/L.

Élève Déterminer les espèces chimiques présentes dans une solution aqueuse à partir des espèces introduites. Interpréter les valeurs mesurées de pH. Déterminer la concentration en ions OH^- dans chaque solution et la comparer à la concentration initiale de la base. En déduire que la réaction entre l'ammoniac et l'eau est incomplète. Mettre en évidence l'effet de la concentration sur le pH. **Professeur** Présenter le pH, par exemple, de solutions aqueuses d'acétate de sodium de concentration différente, par exemple, c = 0,1 mol/L et c = 0,01 mol/L. **Élève** Déduire que toutes les bases faibles n'ont pas la même force dans l'eau. Classer les bases envisagées selon leur force. **Professeur** Reprendre le classement des couples acide/base. Introduire la constante K_b. Introduire la formule du pH d'une base faible. **Élève** Calculer le pH d'une solution de base faible	Dans une solution aqueuse de base faible, on trouve deux bases : la base B et l'ion OH^-.[21] À la réaction entre l'eau et une base faible B est associée une constante d'équilibre K_b, donnée par la relation $$K_b = \frac{[OH^-].[HB^+]}{[B]}$$ Avec K_b constante de basicité de la base B Unité de K_b : mol/L Plus la base est forte plus la valeur de K_b est			

[21] En réalité, l'eau, ampholyte, peut aussi jouer le rôle de base.

de concentration donnée. Calculer le K_b ou le p K_b d'une base faible à partir du pH et de la concentration initiale en base. **Professeur** Reprendre le tableau de classement de couples acide/base de Brönsted. **Élève** Interpréter le tableau de classement des couples acide/base et en déduire la relation entre la force d'un acide de Brönsted et celle de sa base conjuguée.	élevée. À concentration initiale égale en base faible, le pH dépend de la force de la base faible. Le pH d'une solution de base faible est donné par la relation[22] $pH = 7 + ½ pK_a + ½ \log C_b$ [23] avec : ➢ C_b : concentration initiale de la base B ➢ pK_a de l'acide conjugué HB^+ à la base faible B L'ion hydroxyde (OH^-) est la base la plus forte présente dans une solution aqueuse. L'ion hydroxyde ne réagit pas avec son acide conjugué H_2O. **5. Relation entre la force d'un acide et celle de sa base conjuguée** Quand la force d'un acide augmente, celle de sa base conjuguée diminue. À un acide fort est conjuguée une base de force nulle. Quand la force d'une base augmente, celle de son acide conjugué diminue. À une base forte est conjugué un acide de force nulle. ✓ Relation entre le K_a d'un acide faible			

[22] La présentation de la démonstration de cette relation est laissée à l'appréciation du professeur.

[23] Cette relation ne s'applique que si $C_b \geq 1.10^{-6}$ mol/L et $K_b / C_b \leq 1.10^{-2}$.

Professeur Présenter le pH de différentes solutions aqueuses (acides, bases et sels) de concentration initiale donnée. **Élève** *Calculer le pH d'une solution d'acide fort, d'acide faible, de base forte,* de base faible et de sels. Justifier le pH des solutions présentées par le professeur. Prévoir le pH d'une solution aqueuse donnée. **Professeur** Présenter une série d'équations de réactions acide-base entre : - un acide fort et une base forte Ex. : $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NaCl_{(aq)}$ - un acide faible et une base forte Ex. : $CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow$	et le K_b de sa base conjuguée $K_a \cdot K_b = K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$ À 25 °C, $K_a \cdot K_b = 10^{-14}$ (mol/L)² ✓ Relation entre le pK_a d'un acide faible et le pK_b de sa base conjuguée À 25 °C, $pK_a + pK_b = 14$ **6. Solutions aqueuses de sels[24]** Le pH d'une solution aqueuse de sel peut être acide, basique ou neutre selon le rôle et la force du cation et de l'anion dans la théorie de Brönsted. Le pH d'une solution aqueuse d'hydrogénosel est donné par la relation $pH = \frac{pKa_1 + pKa_2}{2}$ pKa_1 et pKa_2 sont les pKa des deux couples impliquant l'anion de l'hydrogénosel. **7. Caractère spontané de la réaction acide-base** La réaction entre un acide et une base est spontanée et complète quand au moins un des deux réactifs est fort. La réaction n'a pas lieu lorsqu'au moins un			

[24] Se limiter au calcul du pH des solutions aqueuses des hydrogénosels mais ne pas envisager la courbe de pH impliquant un acide polyprotique dans l'UAA.

$H_2O_{(l)} + CH_3COONa_{(aq)}$ - un acide fort et une base faible Ex. : $HCl_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4Cl_{(aq)}$ - un acide faible et une base faible Ex. : $CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightleftharpoons CH_3COONH_{4(aq)}$ Présenter l'absence de réaction quand l'un des réactifs est de force nulle. Ex. : $CH_3COOH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$: pas de réaction **Élève** *Utiliser une échelle d'acido-basicité afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques.* Déduire le caractère spontané, réversible ou non de réactions acide-base.	des réactifs est de force nulle. Lorsque les réactifs sont un acide faible et une base faible, la réaction est spontanée et incomplète. Cependant, si la réaction : - produit un précipité, - produit un gaz en système ouvert, - implique deux couples éloignés l'un de l'autre, la réaction est spontanée et complète.			
Professeur Présenter des situations de la vie courante, par exemple, un antiacide pour lutter contre l'hyperacidité gastrique, l'oxyde de calcium pour réduire l'acidité des sols, l'esprit de sel ou le vinaigre pour le détartrage, des cachets effervescents d'acide acétylsalicylique, la formation des caries dentaires… **Élève** *Utiliser une échelle des K_a pour prévoir des*	**E. Interprétation de réactions acide-base dans la vie courante**			

phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels,...). *Utiliser une échelle d'acido-basicité pour interpréter des situations de la vie courante (par exemple : les correcteurs d'acidité).*				
Professeur Mesurer à l'aide d'un pH-mètre, l'évolution du pH lors de l'addition d'une solution aqueuse de base forte, par exemple NaOH (c = 0,1 mol/L), à un volume connu d'une solution aqueuse d'un monoacide fort, par exemple HCl (c = 0,1 mol/L), prélevé à l'aide d'une pipette jaugée[25]. **Élève** *Construire et traiter des tableaux, tracer des courbes de titrage d'un monoacide.* Dans un tableau, noter le pH de la solution correspondant aux différents volumes de la solution de NaOH ajoutée. Tracer la courbe montrant l'évolution du pH de la solution en fonction du volume de NaOH ajouté. Écrire l'équation bilan de la réaction acide - base. **Professeur** Introduire la notion d'équivalence et de point d'équivalence.	**F. pH-métrie** **1. Réaction entre un acide fort et une base forte (MOH)** Lors de l'addition d'une solution aqueuse de base forte à une solution aqueuse d'acide fort, le pH augmente. Le point d'inflexion de la courbe est le **point d'équivalence**. Le point d'équivalence est le point de la courbe de pH correspondant à des quantités	Point d'équivalence		

[25] NaOH et HCl n'étant pas des substances étalons, les concentrations seront de l'ordre de 0,1 mol/L et donc, à l'équivalence, les volumes d'acide et de base ne seront pas strictement identiques.

Élève Deux approches possibles : - calculer le pH de la solution pour des quantités stœchiométriques d'acide et de base. Sur la courbe de pH, repérer le point dont l'ordonnée est égale à cette valeur de pH. Déduire que l'équivalence correspond au point d'inflexion de la courbe. ou - repérer et justifier le pH correspondant au point d'inflexion de la courbe. **Élève** Analyser la courbe de pH pour mettre en évidence les domaines de pH < 7, pH = 7 et pH > 7. Établir la relation entre la composition chimique de la solution et les trois domaines de pH. Pour chacun des trois domaines de pH, justifier certaines valeurs du pH à partir de la composition chimique de la solution en utilisant la formule de pH appropriée. **Professeur** Présenter la courbe montrant l'évolution du pH lors de l'addition, par exemple, d'une solution aqueuse de HCl dans une solution aqueuse de NaOH.	stœchiométriques d'acide et de base. Au point d'équivalence, le pH de la solution est égal à 7 car les produits de la réaction entre un acide fort et une base forte (MOH) sont l'eau et un sel dont les ions ne réagissent pas avec l'eau (sel neutre). Le pH de la solution est fixé par l'eau. Autour du point d'équivalence, il y a une forte augmentation du pH. Le pH est < 7 avant l'équivalence car la quantité de base ajoutée est inférieure à la quantité initiale de l'acide. La solution aqueuse contient alors un sel neutre et de l'acide. Le pH est > 7 après l'équivalence car la quantité de base ajoutée est supérieure à la quantité initiale de l'acide. La solution aqueuse contient alors un sel neutre et de la base. À l'équivalence, le pH de la solution est également égal à 7 car la solution aqueuse contient aussi un sel neutre. Autour du point d'équivalence (point			

Élève Analyser la courbe de pH et la comparer à la courbe de pH précédente. Justifier certaines valeurs de pH à partir de la composition chimique de la solution et l'utilisation de la formule de pH appropriée. **Professeur** Présenter une courbe de l'évolution du pH lors de l'addition d'une solution aqueuse de base forte à une solution aqueuse d'un acide faible, par exemple une solution de NaOH, à une solution aqueuse d'acide acétique. **Élève** Analyser la courbe de pH. Comparer cette courbe avec celle correspondant à l'addition d'une solution aqueuse de base forte à une solution aqueuse d'acide fort. Justifier certaines valeurs de pH à partir de la composition chimique de la solution et l'utilisation de la formule de pH appropriée.	d'inflexion de la courbe), une forte diminution du pH est observée. Le pH est > 7 lorsque la quantité d'acide ajoutée est inférieure à la quantité initiale de base. La solution aqueuse contient un sel neutre et de la base. Le pH est < 7 lorsque la quantité d'acide ajoutée est supérieure à la quantité initiale de base. La solution aqueuse contient un sel neutre et de l'acide. **2. Réaction entre un acide faible et une base forte** Lors de l'addition d'une solution aqueuse de base forte à une solution aqueuse d'acide faible, le pH augmente. La courbe présente deux points d'inflexion. À concentration initiale égale en acide, la variation du pH autour du point d'équivalence (2e point d'inflexion) est plus petite dans le cas de l'acide faible que dans le cas de l'acide fort. Le pH au point d'équivalence est supérieur à 7 car l'anion du sel formé est une base faible. Le 1er point d'inflexion correspond au pH de la solution pour un volume de NaOH ajouté égal à la moitié du volume de NaOH au point d'équivalence. Autour du 1e point d'inflexion, la variation de pH est faible car la solution contient un			

Professeur Introduire la notion de mélange tampon et la formule de calcul de pH correspondante. **Élève** Calculer le pH de différentes solutions tampons. **Professeur** Présenter une courbe de l'évolution du pH lors de l'addition d'une solution aqueuse d'acide fort, par exemple HCl, à une solution aqueuse d'une base faible (par exemple, l'ammoniaque). **Élève** Analyser la courbe de pH. Comparer cette courbe à celle correspondant à l'addition d'une solution aqueuse d'acide fort à une solution aqueuse de base forte. Justifier certaines valeurs de pH à partir de la composition chimique de la solution et l'utilisation de la formule de pH appropriée.	mélange **tampon**. Un mélange tampon est une solution aqueuse contenant un couple acide/base conjugués faibles. Le pH d'un mélange tampon varie peu lorsque l'on ajoute de faibles quantités d'acide ou de base. pH d'une solution tampon : $$pH = pK_a + \log \frac{C_b}{C_a}$$ Au premier point d'inflexion, le pH est égal au pK_a de l'acide faible. **3. Réaction entre un acide fort et une base faible** Lors de l'addition d'une solution aqueuse d'un acide fort à une solution aqueuse d'une base faible, le pH diminue. La courbe présente deux points d'inflexion. À concentration initiale égale en base, la variation de pH autour du point d'équivalence (2e point d'inflexion) est plus petite dans le cas de la base faible que dans le cas de la base forte. Le pH au point d'équivalence est plus petit que 7 car le cation du sel formé est un acide faible. Le premier point d'inflexion correspond au pH de la solution pour un volume de HCl ajouté égal à la moitié du volume de HCl au point d'équivalence.	Tampon		

Élève Construire la courbe de pH correspondant à l'addition d'une solution aqueuse d'une base faible, par exemple l'ammoniaque, dans une solution aqueuse de monoacide fort, par exemple HCl.	Autour du premier point d'inflexion, la variation de pH est faible car la solution contient un mélange tampon. Le pH au premier point d'inflexion est égal au pK_a de l'acide conjugué de la base faible.			
Professeur Introduire, par exemple du bleu de bromothymol, dans des solutions aqueuses de pH différents pour mettre en évidence la zone de virage d'un indicateur coloré. **Élève** Déduire que la couleur de l'indicateur coloré dépend de la valeur du pH de la solution dans laquelle il est ajouté. Associer la zone de virage d'un indicateur coloré à un tuilage de deux formes colorées différentes de l'indicateur.	**G. Les indicateurs colorés** Un indicateur coloré est un corps pur qui, en solution aqueuse, donne lieu à l'équilibre chimique : $HIn_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + In^-_{(aq)}$ caractérisé par une constante d'équilibre $K_a = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]}$ et $pK_{a\ (HIn)} = -\log K_a$ Les formes HIn (forme acide de l'indicateur) et In^- (forme basique) ont des couleurs différentes. La position de l'équilibre dépend de la concentration en ions hydronium de la solution dans laquelle est ajouté l'indicateur coloré. Dans une solution aqueuse, la couleur de		UAA10 F1[26]	

[26] http://www.sciences-wbe.be/

	l'indicateur est fonction des concentrations relatives des formes HIn et In^-, donc du pH de la solution. La solution aqueuse a la couleur de HIn lorsque la concentration en HIn est 10 fois plus grande que celle en In^-. C'est le cas lorsque $pH \leq pK_{a\ (HIn)} - 1$. La solution aqueuse a la couleur de In^- lorsque la concentration en In^- est 10 fois plus grande que celle en HIn. C'est le cas lorsque $pH \geq pK_{a\ (HIn)} - 1$. La **zone de virage** d'un indicateur coloré est un domaine de pH compris entre $pK_{a\ (HIn)} - 1$ et $pK_a + 1$, dans lequel la couleur de la solution passe progressivement de la couleur de HIn à celle de In^- lorsque le pH augmente Dans la zone de virage, la couleur de la solution est un tuilage des couleurs de HIn et de In^-.	Zone de virage		
Professeur Présenter, par exemple, une bouteille de vinaigre et interroger les élèves sur la procédure expérimentale à utiliser pour vérifier le pourcentage massique annoncé par le fabricant. **Élève** *Élaborer un protocole et mener une expérience permettant de doser un composé à l'aide d'un titrage acide-base.*	**H. Titrage acide-base** **1. Principe du titrage**			

Proposer une procédure expérimentale. Convertir le pourcentage massique annoncé par le fabricant en concentration molaire en acide acétique. **Professeur** Introduire les notions de titrage acide-base, de solution à titrer et de solution titrante. Mesurer le pH lors de l'addition d'une solution aqueuse de NaOH (c = 0,1 mol/L)[27] dans un vinaigre commercial dilué 10 fois dans lequel quelques gouttes de phénolphtaléine auront été préalablement ajoutées. **Élève** *Construire et traiter des tableaux, tracer des courbes de titrage d'un monoacide en vue de déterminer l'indicateur à utiliser et la concentration du titré.* Noter les valeurs du pH en fonction du volume de la solution de NaOH ajouté ainsi que la couleur de la phénolphtaléine. Tracer la courbe de pH. Utiliser la courbe pour calculer la concentration molaire et le pourcentage en masse du vinaigre commercial. Comparer la valeur expérimentale à la valeur annoncée par le fabricant. Déduire le changement de couleur de l'indicateur coloré à l'équivalence.	Le **titrage acide-base** est une méthode d'analyse chimique quantitative qui permet de mesurer la concentration d'un acide ou d'une base en solution aqueuse (solution à titrer) en la faisant réagir avec une base ou un acide en solution aqueuse (solution titrante) de concentration connue. Cette technique repose sur l'utilisation d'une réaction acide-base complète. En pratique, on ajoute, à l'aide d'une burette graduée, un volume de solution titrante dans un volume mesuré de solution à titrer, pour atteindre l'équivalence. L'équivalence est déterminée : - soit par pHmétrie, - soit à l'aide d'un indicateur coloré (changement de couleur).	Titrage acide-base		

[27] NaOH n'étant pas une substance étalon, la concentration de la solution de NaOH peut être déterminée expérimentalement par un titrage acide-base en utilisant une solution d'acide oxalique qui, lui, est une substance étalon.

Professeur Titrer le vinaigre commercial dilué 10 fois par la solution de NaOH en utilisant un indicateur coloré inapproprié, par exemple le méthylorange. **Élève** Noter le volume de la solution de NaOH correspondant au changement de couleur de l'indicateur coloré. Définir les critères de choix de l'indicateur coloré approprié dans un titrage acide-base. **Élève** *Construire et traiter des tableaux, tracer des courbes de titrage d'un monoacide en vue de déterminer l'indicateur à utiliser et la concentration du titré.* À partir d'une courbe de pH, choisir l'indicateur coloré approprié pour un titrage. À partir d'une courbe de pH, déterminer le pK_a d'un acide, la constante d'acidité et K_b de la base conjuguée. Résoudre des exercices numériques sur le titrage acide-base.	**2. Choix de l'indicateur coloré** L'indicateur coloré utilisé n'est pas choisi au hasard, son pK_a doit être le plus proche possible du pH au point d'équivalence. Ainsi, la zone de virage de l'indicateur est située dans le saut de pH autour du point d'équivalence.			

Professeur Mettre en solution aqueuse plusieurs sels d'un même cation métallique, par exemple $CuSO_4$ et $CuCl_2$.[28] **Élève** Observer la couleur des solutions. Déterminer la nature des espèces chimiques présentes dans une solution à partir des espèces introduites. Interpréter la couleur bleue des solutions de sels de cuivre (II). **Professeur** Réaliser deux expériences, par exemple, la réaction entre une solution aqueuse de chlorure de cuivre (II) et des clous en fer[29], et la réaction entre le cuivre métallique et une solution aqueuse de nitrate d'argent. **Élève** *Décrire une oxydoréduction comme un transfert d'électrons.* *Déterminer l'état* (nombre) *d'oxydation d'un atome constitutif d'une molécule ou un ion.* Observer les réactions. Déterminer la nature des espèces chimiques présentes dans chaque solution à partir des espèces introduites. Identifier les produits de la réaction.	**Réactions d'oxydoréduction**[30] **1. Oxydant et réducteur** **Réduction et oxydation** **Couple rédox** L'ion Cu^{2+} hydraté est responsable de la couleur bleue des solutions aqueuses des sels cuivriques.			13 P

[28] Les sels de cuivre sont proposés pour la couleur bleue de l'ion hydraté Cu^{2+}.

[29] Clou en fer et non en acier galvanisé !

[30] Dans l'étude des réactions d'oxydo-réduction, les acides seront traités selon le modèle d'Arrhenius. On parlera en termes d'ions H^+ et non pas H_3O^+ pour faciliter l'écriture des équations chimiques.

Identifier les acteurs de la réaction. Écrire les équations ioniques des phénomènes observés et introduire le nombre d'électrons adéquat en comparant le bilan des charges électriques (protons-électrons) au sein de l'atome et au sein de l'ion. **Professeur** Définir les notions de : - réducteur - oxydant - réduction - oxydation - réaction d'oxydoréduction - équation ionique - couple rédox	Une réaction d'**oxydoréduction** ou **réaction rédox** est une réaction entre un oxydant et un réducteur. Un **réducteur** est un élément donneur d'électrons. Ex. : $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-$ Réducteur : Cu Un **oxydant** est un élément receveur d'électrons. Ex. : $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$ Oxydant : Ag^+ Une réaction d'oxydoréduction (réaction rédox) est un transfert d'électrons d'un réducteur vers un oxydant. La transformation subie par le réducteur est une **oxydation**. Au cours de l'oxydation le N.O. de l'élément augmente. La transformation subie par l'oxydant est une **réduction**. Au cours de la réduction le N.O. de l'élément diminue. Dans une réaction d'oxydoréduction, il y a simultanément oxydation du réducteur et réduction de l'oxydant. L'écriture de l'équation ionique d'une réaction d'oxydoréduction repose sur	Réaction d'oxydoréduction Réaction rédox Réducteur Oxydant Oxydation Réduction		

Élève Écrire l'équation chimique de la réaction rédox. Interpréter l'autre réaction rédox. **Professeur** Proposer une série d'éléments chimiques sous forme de corps simples et d'ions	l'égalité entre le nombre d'électrons cédés par le réducteur et le nombre d'électrons capturés par l'oxydant. Ex. : Oxydation : $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ e^-$ Réduction : $(Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}) \times 2$ L'équation ionique d'une réaction d'oxydoréduction résulte de l'addition membre à membre de l'équation de l'oxydation et de l'équation de la réduction. Équation ionique de la réaction d'oxydoréduction Ex. : $Cu_{(s)} + 2\ Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ Ag_{(s)}$ Un **couple rédox** est un couple constitué par la forme oxydée (acceptrice d'électrons) et la forme réduite (donneuse d'électrons) d'un élément chimique[31]. Ex. : Cu^{2+}/Cu et Ag^+/Ag Un couple rédox s'écrit : forme oxydée de l'élément/forme réduite de l'élément. À la forme réduite d'un élément, est conjuguée une forme oxydée et inversement. Une réaction rédox implique deux couples rédox.	Couple rédox		

[31] La notion de forme oxydée et de forme réduite d'un élément impliqué dans un ion polyatomique (ex. : Mn dans MnO^-_4) ou dans une molécule non ionisée (ex. : O dans H_2O_2) est abordé plus loin dans l'UAA.

monoatomiques. **Élève** Utiliser la série pour construire des couples rédox. **Professeur** Proposer d'autres réactions redox. **Élève** Interpréter des réactions d'oxydoréduction, écrire et pondérer les équations ionique et chimique correspondantes.	La réaction implique l'oxydant d'un des couples et le réducteur de l'autre couple. Les produits de la réaction sont : – l'oxydant conjugué du réducteur de départ ; – le réducteur conjugué de l'oxydant de départ. Équation chimique pondérée (équation bilan) d'une réaction rédox Ex. : $Cu_{(s)} + 2\ AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2\ Ag_{(s)}$			
Élève *Mener des expériences permettant de construire une échelle relative* de couples rédox *(cuivre, zinc, fer)*[32]. *Utiliser une table de* couples rédox *pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels, … .* Réaliser des expériences pour mettre en évidence la force relative des oxydants et des réducteurs. Classer les oxydants et les réducteurs selon leur force. Déduire la relation entre la force d'un oxydant et celle de son réducteur conjugué. Réaliser des réactions d'oxydoréduction spontanées (Ex. : réaction entre le zinc métallique et une solution aqueuse de	**2. Force des oxydants et force des réducteurs** Tous les oxydants et tous les réducteurs n'ont pas la même force. Plus la force d'un oxydant est élevée, plus celle de son réducteur conjugué est faible. Plus la force d'un réducteur est élevée, plus celle de son oxydant conjugué est faible.		UAA10 F2[40]	

[32] Sans indiquer la valeur du potentiel

[40] http://www.sciences-wbe.be

chlorure de cuivre (II)) et des mélanges ne donnant pas lieu à une rédox spontanée (Ex. : le cuivre métallique et une solution de chlorure de zinc). Déduire la règle du gamma. Utiliser une échelle de couples rédox pour interpréter, par exemple, des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels. **Professeur** Réaliser des mélanges, par exemple, de cuivre et d'ions nitrate et sulfate, en milieu neutre et acide. **Élève** Interpréter les expériences. Mettre en évidence le rôle des ions H^+ dans la réaction entre le cuivre et les ions nitrate. **Professeur** Proposer une démarche pour pondérer une réaction d'oxydation et une réaction de réduction en milieu acide. **Élève** *Utiliser les états d'oxydation pour pondérer une équation d'oxydoréduction en milieu acide.* Écrire l'équation ionique et l'équation chimique des réactions rédox observées. **Professeur** Proposer d'autres réactions rédox en milieu acide.	La réaction rédox spontanée implique l'oxydant le plus fort des deux couples et le réducteur le plus fort des deux couples. Cette règle est appelée « **règle du gamma** ». **3. Rédox en solutions aqueuses acide, basique et neutre**	Règle du gamma	Des piles aux réactions d'oxydoréduction Pierre Collette Réf www.ctpe.be Fiches Code : C54,99 Prix : 7,00 € Corrigé des fiches de l'élève du document C54.99 Code : C54.2,99 Prix : 8,00 € UAA10 F5[41]	

[41] http://www.sciences-wbe.be

Élève Pondérer les équations ioniques et chimiques correspondantes. **Professeur** Réaliser une expérience, par exemple entre une solution aqueuse de $KMnO_4$ et une solution aqueuse de H_2O_2. Mettre en évidence les produits de la réaction. **Élève** Interpréter l'expérience. Mettre en évidence le rôle des ions OH^-. **Professeur** Proposer une démarche pour pondérer une réaction d'oxydation et une réaction de réduction en milieu neutre avec apparition d'ions OH^-. **Élève** *Utiliser les états d'oxydation pour pondérer une équation d'oxydoréduction en milieu neutre.* Écrire l'équation ionique et l'équation chimique de la réaction observée. **Professeur** Proposer d'autres réactions rédox en solutions aqueuses acide et neutre. **Élève** Pondérer les équations ioniques et chimiques correspondantes.			UAA10 F3[41]	

Professeur Réaliser, par exemple, la réaction entre une solution aqueuse d'iodure de potassium (c = 1 mol/L) et une solution aqueuse de chlorure de fer (III) (c = 1 mol/L). Mettre en évidence la formation de I_2.[33] **Élève** Interpréter la réaction et écrire les équations. **Professeur** Interroger les élèves sur l'application au quotidien d'un transfert d'électrons. Faire concevoir un dispositif expérimental qui exploiterait le transfert d'électrons entre un réducteur et un oxydant. **Élève** Concevoir le dispositif expérimental. **Professeur** Réaliser, ou faire réaliser par les élèves, le dispositif expérimental. Présenter différents types de piles actuelles. **Élève** *Expliquer le fonctionnement d'une pile à partir de la réaction d'oxydoréduction.* *Décrire, expliquer et prévoir un phénomène chimique relevant d'une réaction de transfert à l'aide de modèles scientifiques.* Décrire et interpréter l'expérience. **Professeur** À l'aide d'un voltmètre, déterminer le signe	**4. Les piles** Une **pile** est un générateur de courant électrique continu. Une pile est le siège d'une réaction rédox spontanée. Dans une pile, il y a conversion d'énergie chimique en énergie électrique. Une pile est caractérisée par une **différence de potentiel** mesurée au moyen d'un voltmètre. Les piles commerciales se différencient par leur forme, leur différence de potentiel et leur composition chimique. L'électrode où a lieu le phénomène	Pile Différence de potentiel		

[33] Empois d'amidon ou heptane par exemple.

des électrodes et développer le fonctionnement de la pile. **Élève** Comparer la pile construite en classe et les différentes piles commerciales. **Professeur** Construire une pile de type Volta, par exemple, une pile « citron ». Faire varier les éléments de la pile (Ex. :	d'oxydation est appelée **anode**[37]. Ex. : $2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(aq)}$ Dans une pile, l'anode est l'électrode négative. L'électrode où a lieu le phénomène de réduction est appelée **cathode**. Ex. : $Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$ Dans une pile, la cathode est l'électrode positive. Dans une pile, il n'y a pas de contact direct entre le réducteur et l'oxydant. Les électrons sont transférés de l'un à l'autre en empruntant le circuit extérieur à la pile où ils se déplacent de l'anode vers la cathode. Le sens de déplacement des électrons est l'opposé du sens conventionnel du courant. Dans la pile, le courant électrique est dû : - au déplacement des électrons dans les électrodes et - au déplacement des ions dans les solutions ioniques et le pont ionique. Une **pile de Volta** est constituée de deux conducteurs électroniques[38] différents placés dans un même récipient contenant une solution ionique.	Anode Cathode Pile de Volta	UAA10 F4[42]	

[37] L'anode est toujours l'électrode où a lieu l'oxydation. Elle est positive dans le cas d'électrolyse (branchée sur la borne positive du générateur) tandis qu'elle est négative dans le cas des piles.

[38] Les métaux et le graphite sont des conducteurs électroniques c'est-à-dire des corps laissant passer les électrons mais pas les ions.

[42] http://www.sciences-wbe.be

nature des électrodes, liquide non ionique …) pour mettre en évidence le matériel indispensable à l'élaboration d'une pile. **Élève** Analyser des dispositifs expérimentaux proposés par le professeur et éventuellement les modifier pour qu'ils correspondent à des piles de type Volta. **Professeur** Construire une pile de Daniell $Zn/Zn^{2+}//Cu^{2+}/Cu$ (tube en U et ouate). **Élève** Comparer les constituants de la pile de Volta à ceux de la pile de Daniell. Interpréter le fonctionnement de la pile de Daniell. **Professeur** Réaliser la réaction ente une lame de zinc et une solution aqueuse d'un sel de cuivre (II). **Élève** Interpréter le rôle de l'ouate dans la pile de Daniell. **Professeur** Construire une pile de Daniell avec pont ionique. **Élève** Interpréter le rôle du pont ionique. À partir de deux couples rédox donnés, construire une pile de type Daniell et interpréter son fonctionnement.	Une **pile de Daniell** est constituée de deux demi-piles. Chaque demi-pile implique un couple rédox. La réaction rédox impliquant les deux couples est spontanée (règle du gamma respectée). L'anode (électrode de zinc) a deux rôles : - réducteur, - conducteur électronique. La cathode (électrode de cuivre) a un seul rôle, celui de conducteur électronique. Le rôle d'oxydant est assuré par les ions Cu^{2+} de la solution aqueuse. À l'intérieur de la pile, l'ouate sépare la solution dans laquelle plonge le réducteur (Zn) de la solution contenant l'oxydant (Cu^{2+}) afin d'empêcher la réaction entre l'oxydant et le réducteur, tout en permettant le déplacement des ions et le maintien de l'électroneutralité des solutions ioniques. Le pont ionique permet le déplacement des ions et le maintien de l'électroneutralité de chaque solution.	Pile de Daniell	Collette, P. (2000), Des piles aux réactions d'oxydoréductions. P.7. www.lecaf.be	

Professeur Présenter les piles « jetables » actuelles (alcaline, saline, bouton…). **Élève** Comparer les différents types de piles et énoncer les avantages de chacune d'elles.	Une pile **saline** ou **pile Leclanché** fait intervenir un oxydant qui n'est plus un ion en solution aqueuse mais un solide : le dioxyde de manganèse (MnO_2). L'oxydant est mélangé à de la poudre de graphite. La cathode est un bâton de graphite. Le réducteur est le zinc et l'électrolyte un mélange de chlorure de zinc et de chlorure d'ammonium. Une **pile alcaline** est une variante de la pile Leclanché. Dans ce type de pile, le zinc est le réducteur, le dioxyde de manganèse (MnO_2) est l'oxydant et l'électrolyte est une base hydroxyde. Dans les **piles bouton**, l'oxydant est l'oxyde de mercure (II) ou l'oxyde d'argent, le zinc est le réducteur et l'électrolyte est l'hydroxyde de potassium. Dans les piles bouton au lithium, le réducteur est le lithium et le conducteur ionique est un sel de lithium. Les piles salines sont moins coûteuses que les piles alcalines. Par contre, les piles alcalines sont plus étanches et leur durée de vie est plus longue. Les piles bouton sont utilisées pour alimenter un dispositif nécessitant un courant extrêmement faible et une tension constante (montres, stimulateurs cardiaques…) durant une très longue période.	Pile saline Pile Leclanché Pile alcaline Pile bouton		

Professeur Présenter la pile à combustible au dihydrogène. **Élève** *Comparer l'électrolyse de l'eau et le fonctionnement de la pile à combustible.* *Expliquer le fonctionnement d'une pile à combustible à partir de la réaction d'oxydoréduction.*	À côté des piles salines et alcalines dites « jetables » mais en réalité recyclables, il existe des **piles à combustible** qui sont des piles rechargeables en réactifs. La réaction d'oxydoréduction de la pile au dihydrogène est l'inverse de l'électrolyse de l'eau. Viennent d'apparaitre sur le marché, des piles aquacell qui peuvent se garder indéfiniment tant qu'elles n'ont pas été mises en fonctionnement. On doit les faire tremper quelques minutes dans l'eau ou n'importe quelle solution aqueuse (boisson, eau de mer ...) afin de pouvoir les faire fonctionner. Ce ne sont pas des piles rechargeables. **5. Échelle des potentiels d'électrode** Un métal en contact avec une solution aqueuse d'ions possède un potentiel électrique appelé **potentiel d'électrode**. Dans une pile, il y a deux électrodes dont le potentiel électrique est différent. La différence de potentiel électrique entre les deux électrodes est la tension électrique effective (en volt) de la pile appelée communément « voltage ». Lorsqu'une lame métallique est en contact avec une solution contenant entre autres des cations correspondant au métal, le potentiel électrique de l'électrode est appelé potentiel	Pile à combustible Potentiel d'électrode		

Professeur Réaliser différentes piles de Daniell [34] comportant chacune un même couple rédox choisi comme couple de référence[35]. **Élève** *Mener des expériences permettant de construire une échelle relative de potentiels d'oxydoréduction des métaux (cuivre, zinc, fer)* en mesurant les différences de potentiel des piles présentées par le professeur et en repérant le signe de chaque électrode. **Professeur** Introduire la notion de potentiel d'électrode d'un couple rédox. **Élève** Établir le classement des couples rédox selon le potentiel d'électrode, en utilisant par convention la valeur 0 V pour le potentiel du couple de référence. Comparer le classement avec celui obtenu en utilisant le couple H^+/H_2 comme référence[36]. **Élève** *Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels, … .*	d'électrode du couple cation/métal. Les potentiels d'électrode ont été mesurés par rapport au potentiel d'électrode d'un couple de référence H^+/H_2 dont la valeur a été fixée à zéro Volt, par convention. Les potentiels d'électrode sont appelés potentiels normaux d'électrode quand ils sont mesurés pour des concentrations en ions égales à 1 mol/L et une pression de 101 325 Pa pour les gaz. Ils sont notés E^0 et s'expriment en Volt. Les valeurs sont rapportées à une température de 298,15 K. Plus l'oxydant d'un couple rédox est fort, plus le potentiel normal d'électrode du couple est élevé.	E^0	UAA10 F6[43]	

[34] La concentration en ions est égale à 1 mol/L.

[35] Ce couple de référence peut être H^+/H_2 voire un autre couple Cu^{2+}/Cu

[36] Si le professeur n'a pas choisi le couple H^+/H_2 comme référence

[43] http://www.sciences-wbe.be/

Professeur Présenter une solution aqueuse de $CuCl_2$. Interroger les élèves sur le rôle éventuel des ions Cu^{2+} et Cl^- dans une réaction de type rédox. **Élève** *Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques.* Interpréter l'absence de réaction entre Cu^{2+} et Cl^-. **Professeur** Interroger les élèves sur un dispositif expérimental permettant de forcer la réaction entre les ions Cu^{2+} et Cl^-. **Élève** Proposer un dispositif expérimental permettant de forcer la réaction entre les ions Cu^{2+} et Cl^-. **Professeur** Réaliser ce dispositif expérimental. **Élève** Interpréter l'électrolyse de $CuCl_2$ en solution aqueuse. **Élève** *Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction pour interpréter des situations de la vie courante*	**6. L'électrolyse** L'électrolyse permet de forcer la réaction entre un réducteur et un oxydant lorsqu'elle n'est pas spontanée (règle du gamma non respectée). L'anode[39] (électrode où a lieu l'oxydation) est positive. La cathode (électrode où a lieu la réduction) est négative. L'anode et la cathode sont des conducteurs électroniques. Le générateur de courant électrique est une pompe à électrons permettant le transfert des électrons du réducteur (ex. : ions Cl^-) vers l'oxydant (ex. : ions Cu^{2+}). Dans une électrolyse il y a conversion d'énergie électrique en énergie chimique.			

[39] L'anode est toujours l'électrode où a lieu l'oxydation. Elle est positive dans le cas d'électrolyse (branchée sur la borne positive du générateur) tandis qu'elle est négative dans le cas des piles.

(par exemple : l'anodisation, la galvanoplastie). **Professeur** Construire un accumulateur au plomb (deux électrodes de plomb et de l'acide sulfurique). À l'aide du courant électrique, charger l'accumulateur. **Élève** *Expliquer le fonctionnement d'un accumulateur à partir de la réaction d'oxydoréduction.* *Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques.* *Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels, … .* Observer les deux électrodes de plomb avant et après le passage du courant électrique. Noter le signe de chaque électrode. En utilisant les couples rédox Pb^{2+}/Pb (E^0 = -0,13 V) et PbO_2/Pb^{2+} (H^+)(E^0 = 1,47 V), écrire l'équation du phénomène observé à chaque électrode. Nommer le phénomène observé à chaque électrode. Écrire l'équation ionique de la réaction. Déterminer le caractère spontané ou non de la réaction. Interpréter la conversion d'énergie (énergie	**7. Les accumulateurs** Un accumulateur est une pile rechargeable au moyen du courant électrique. En mode charge, il y a conversion d'énergie électrique en énergie chimique. L'accumulateur est le siège d'une réaction rédox non spontanée (règle du gamma non respectée). En mode décharge il y a conversion d'énergie chimique en énergie électrique. L'accumulateur est le siège d'une réaction rédox spontanée (règle du gamma respectée).		UAA10 F7[44]	

[44] http://www.sciences-wbe.be

électrique → énergie chimique). **Professeur** Brancher une carte musicale aux électrodes de plomb. **Élève** *Expliquer le fonctionnement d'un accumulateur à partir de la réaction d'oxydoréduction.* Observer les électrodes après le fonctionnement de la carte musicale. Repérer le signe de chaque électrode. Écrire l'équation du phénomène observé à chaque électrode. Nommer le phénomène observé à chaque électrode. Écrire l'équation ionique de la réaction. Déterminer le caractère spontané ou non de la réaction. Interpréter la conversion d'énergie (énergie chimique → énergie électrique). En déduire le principe de fonctionnement d'un accumulateur.				
Professeur Présenter des expériences de corrosion du fer et d'autres métaux (Cu, Zn…). **Élève** Dégager les conditions expérimentales de la corrosion du fer. Comparer la corrosion du fer à celle d'autres métaux (Cu, Zn…).	**8. La corrosion** La **corrosion** s'explique à l'échelle microscopique par une réaction d'oxydoréduction. Le fer en contact avec un métal plus réducteur (Ex. : zinc) est protégé de la corrosion (Ex. d'application : électrode sacrificielle).	Corrosion	UAA10 F8[45]	

[45] http://www.sciences-wbe.be

Professeur Ajouter une solution aqueuse saturée d'orthophénantroline dans une solution aqueuse d'un sel de cuivre (II), dans une solution aqueuse d'un sel de zinc et dans une solution aqueuse d'un sel de fer (II). **Élève** Observer les expériences. Mettre en évidence le rôle de l'orthophénantroline dans la détection des ions Fe^{2+}. **Professeur** Présenter un gel d'agar agar dans lequel se trouvent figés un clou en fer, un clou en fer enroulé d'un fil de cuivre et un clou en fer enroulé de zinc. Présenter un deuxième gel d'agar agar dans lequel se trouvent un clou en fer droit et un clou en fer plié à 90°. Présenter un troisième gel d'agar agar contenant de l'orthophénantroline et de la phénolphtaléine, dans lequel se trouvent figés un clou en fer, un clou en fer enroulé d'un fil de cuivre et un clou en fer enroulé de zinc. Présenter un quatrième gel d'agar agar contenant de l'orthophénantroline et de la phénolphtaléine, dans lequel se trouvent un clou en fer droit et un clou en fer plié à 90°. **Élève** Observer les différents gels. *Décrire un phénomène de corrosion comme une*	La corrosion du fer a lieu là où il y a des tensions au niveau du réseau cristallin (tête d'un clou, pointe d'un clou, pliure …).			

oxydoréduction. Localiser les endroits du clou où a lieu la corrosion du fer. À l'aide du classement des couples rédox, expliquer l'absence de corrosion dans le cas du fer en contact avec le zinc. **Professeur** Présenter le schéma d'un haut-fourneau et les équations non pondérées des réactions se produisant dans les différentes parties. **Élève** Pondérer les réactions rédox en utilisant les variations du nombre d'oxydation de l'oxydant et du réducteur.	**9. Les rédox par voie sèche** Ce sont des réactions rédox qui sont à la base de la métallurgie et de la sidérurgie. La chimie est à la base de la révolution industrielle du XIXe siècle.			
Évaluation formative RCD				2 P
Évaluation sommative RCD				2 P

Exemple de situation d'apprentissage

La grande distribution interdit la vente des boites de conserve pliées ou déformées. Pourquoi ?

Bibliographie

Ressources bibliographiques

Références scientifiques

Atkins, P.W., Jones, L., Laverman, L. (2017). *Principes de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck

Gallogly, E.B., McQuarrie, D.A., Rock, P.A., (2012), *Chimie générale*, Bruxelles : De Boeck

Hill, J., Petrucci, R.H., Dion, M., Lamoureux. M., (2011). Chimie générale. Paris : Pearson Education.

Cachau-Herreillat, D. (2009). Des expériences de la famille acide-base- Réussir, exploiter et commenter 50 manipulations de chimie. Louvain-la-Neuve : de boeck Université.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Ghigliano, C. &Novelle, L. (1984). L'histoire de la chimie en bande dessinée. Milan : Casterman

PHYSIQUE

PHYSIQUE

Physique

Sciences générales

3e degré

UAA 5

« Forces et mouvements »

Durée prévue pour l'UAA5 (30 périodes) : de septembre à février en 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 5

« Forces et mouvements »

Compétences à développer

- **Analyser quantitativement des situations de mouvement à une ou à deux dimensions.**
- **Mener une recherche expérimentale décrivant un mouvement et ses causes.**

Processus

Appliquer

- Mesurer la vitesse, l'accélération ou la vitesse angulaire d'un phénomène courant.
- Calculer une vitesse à partir d'une situation concrète (par exemple : film, suite de photos, chronophotographie, capteurs, tableau de mesures, graphique).
- A partir de caractéristiques d'un ou de deux mouvements, déterminer une mesure ou un événement qui y soit lié (par exemple : distance d'arrêt, rencontre, portée, hauteur).
- Construire les graphiques horaires de position et d'accélération correspondant à un graphique horaire de vitesse donné. Réaliser les conversions inverses.
- Mener une recherche expérimentale pour identifier et quantifier les paramètres qui déterminent l'accélération d'un mobile en mouvement rectiligne (loi fondamentale de la dynamique).
- Utiliser les lois de Newton
  - soit pour justifier le mouvement d'un objet connaissant les forces agissantes,
  - soit pour retrouver la résultante des forces à partir du mouvement.
- Dans le cas de la chute d'un objet dans un fluide et dans le vide, décrire les forces agissantes et le mouvement correspondant.

Transférer

- En utilisant les lois de Newton, expliquer un élément de sécurité routière (par exemple : position debout dans un bus, ceinture de sécurité, éléments d'amortissement des chocs, limitation de vitesse dans les virages, distance de freinage,…).
- Du point de vue des forces et du mouvement, décrire l'exécution d'une performance sportive (par exemple : lancer du poids, saut en hauteur ou en longueur, saut à la perche, tir à l'arc,…) et son optimalisation.
- Déterminer la masse d'une planète (ou d'une étoile) à partir des caractéristiques orbitales de ses satellites.



Ressources

Pré-requis

- Notion de vecteur
- Pente d'une droite
- Résolution d'une équation des premier et deuxième degrés
- Vitesse
- Force
- Forces de frottement
- Principe des actions réciproques
- Energie cinétique
- Résultante de forces concourantes
- Calcul du poids

Savoirs disciplinaires

Mouvements rectilignes

- Repérage de la position d'un mobile (notion de référentiel)
- Vitesse moyenne et vitesse instantanée (unité SI)
- Accélération moyenne et accélération instantanée (unité SI)
- Mouvement rectiligne uniforme et mouvement rectiligne uniformément varié. Graphiques horaires
- Tangente à une courbe
- Equations horaires du mouvement
- Chute libre et chute dans un fluide

Connaître

- Mettre en évidence la relativité du mouvement et de la trajectoire dans deux référentiels différents.
- Établir les lois du MRUV à partir d'un graphique $v(t)$.
- Décrire un mouvement à 2 dimensions comme composition de 2 mouvements indépendants.
- A partir d'une situation de mouvement présentée sous forme de chronophotographie, série de photos ou film, déterminer l'orientation des vecteurs vitesse et accélération (y compris dans le cas du MCU).
- Identifier les paramètres qui déterminent la force de gravitation universelle.
- Utiliser la 2e loi de Newton pour définir la masse d'inertie.
- Déterminer la variation de g avec l'altitude.

Mouvement circulaire uniforme

- Vecteur vitesse
- Vitesse angulaire
- Accélération et force centripètes

Mouvements composés

- Vecteur vitesse
- Vecteur accélération
- Tir balistique

Lois de la dynamique

- Lois de Newton
- Vitesse limite de chute dans un fluide
- Loi de gravitation universelle

Savoir-faire disciplinaires

- Identifier une vitesse dans un graphique (position-temps).
- Identifier une accélération dans un graphique (vitesse-temps).
- Calculer une vitesse moyenne.
- Calculer une accélération moyenne.
- Déterminer la position d'un mobile dans un référentiel.
- Indiquer les forces agissant sur un objet en lien avec son mouvement.
- Appliquer les lois du mouvement (MRU – MRUA – tir balistique – MCU).
- Appliquer la loi de gravitation.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (masse, durée, vitesse, accélération, force,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (masse, durée, vitesse, accélération, force,…).

Attitudes

- Attitude responsable par rapport à la sécurité routière

Considérations pédagogiques

Prérequis : notion de vecteur, pente d'une droite, résolution d'une équation des 1er et 2e degrés, tangente à une courbe, éléments de trigonométrie, vitesses moyenne et instantanée (UAA3), forces (UAA3), principe des actions réciproques, énergie cinétique (UAA3), résultante de forces concourantes, poids d'un corps, forces de frottement (UAA3).

Processus explicités	**Développement suggéré**	**Mots-clés**	**Outils-liens-** ***Informations complémentaires***	**Timing suggéré**
1. Cinématique 1D				
Professeur Faire calculer une vitesse moyenne. Faire estimer la valeur d'une vitesse instantanée. À partir de documents ou d'enregistrements d'expériences (capteurs, marqueurs, chronophotographies, chronométrages…), décrire l'évolution de la vitesse d'un mobile et de sa position, au cours du temps. Identifier une vitesse dans un graphique position-temps.	Rappel : **Vitesse moyenne** : $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ La **vitesse instantanée** est la vitesse moyenne sur une durée très courte[1] : $$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$ Conversion d'unités de vitesse (km/h <=> m/s). La **trajectoire** est l'ensemble des points successivement occupés par le mobile au cours de son mouvement.	Vitesse moyenne Vitesse instantanée Trajectoire	1. Le saut de Baumgartner : UAA5-F1. 2. Chronophotographies : voir des exemples variés sur Google images. 3. Voir la liste de valeurs des accélérations usuelles en fin d'UAA. 4. Planétarium virtuel sur le logiciel Stellarium (free open source) : http://www.stellarium.org/ Voir aussi Google sky : https://www.google.com/sky/ 5. Logiciel Tracker pour la cinématique (gratuit): https://www.cabrillo.edu/~dbr	**7 P**

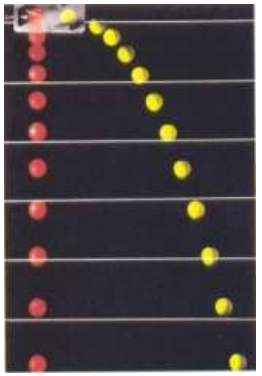
[1] Il est possible d'anticiper la notation qui sera utilisée en mathématique.

Faire déterminer la position d'un mobile dans un référentiel donné. À travers un exemple, illustrer la relativité du mouvement et de la trajectoire. À partir d'exemples de la vie quotidienne, de documents et/ou de mesures et de graphiques, faire calculer la valeur d'une vitesse et d'une accélération. Identifier une phase d'accélération dans un graphique vitesse-temps. Établir et reconnaître les graphiques de position, de vitesse et d'accélération d'un MRU. Établir et reconnaître les graphiques de position, de vitesse et d'accélération d'un MRUV. Établir les lois du MRUV à partir d'un graphique $v(t)$. À partir du graphique vitesse-temps (Ex : graphique de performance d'une voiture au démarrage), décomposer un	De façon générale, la trajectoire, la position, la vitesse et l'accélération d'un mobile dépendent du choix du **référentiel**. Le référentiel est l'objet de référence, supposé fixe, auquel on attache un système d'axes et par rapport auquel on étudie un mouvement. **Accélération moyenne** $a_{moy} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ Unité SI d'accélération : m/s² Autre unité : l'accélération se mesure en multiple de g. **L'accélération instantanée** est l'accélération moyenne sur une durée très courte. $a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$ **Un mouvement rectiligne uniforme** (MRU) est un mouvement en ligne droite, à vitesse constante.	Référentiel Accélération moyenne Accélération instantanée Mouvement rectiligne uniforme (MRU)	own/tracker/ et autres logiciels d'analyse vidéo. 6. Vidéo d'Apollo 15 : chute libre sur la Lune. http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_15_feather_drop.html 7. Les smartphones comportent toujours des accéléromètres dont les mesures peuvent être affichées grâce à des applis. Voir, par exemple, SPARKvue https://itunes.apple.com/fr/app/sparkvue/id361907181?mt=8 **et** Sensor kinetics https://play.google.com/store/apps/details?id=com.innoventions.sensorkinetics&hl=fr 8. Laboratoires de cinématique : UAA5-F2 (chute de filtres à café), UAA5-F3 (Mouvement d'une bille sur un plan incliné). 9. L'usage d'un capteur de position/vitesse est particulièrement utile par toutes les fonctionnalités des logiciels correspondants (graphiques automatiques, calculs de surface, de pente, correspondance des graphiques *x(t)* et *v(t)*). Voir	

mouvement complexe en une succession de modèles de mouvements plus simples vus en classe. Identifier la chute libre à un MRUV. À partir de documents ou d'expériences, comparer une chute libre à une chute dans un fluide. Montrer qu'une chute dans un fluide tend vers un MRU dont la vitesse est appelée vitesse limite. À partir de la description d'un ou de deux mouvements, déterminer une mesure ou un événement qui y soit lié (par exemple : distance d'arrêt, rencontre, hauteur). Construire les graphiques horaires de position et d'accélération correspondant à un graphique horaire de vitesse donné. Réaliser les conversions inverses.	**Un mouvement rectiligne uniformément varié**[2] (MRUV) est un mouvement en ligne droite à accélération constante. Dans un graphique position-temps, la valeur de la vitesse instantanée est égale à la pente de la tangente à cet instant. Dans un graphique vitesse-temps, la distance parcourue en une certaine durée est égale à l'aire sous la courbe dans cet intervalle de temps. Dans un graphique vitesse-temps, la valeur de l'accélération instantanée est égale à la pente de la tangente à cet instant. Le mouvement de **chute libre** d'un objet est un MRUV. Sur Terre, l'accélération de chute libre est $g \approx 9{,}8\ m/s^2$.	Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV) Chute libre	par exemple Pasco scientific, Vernier, … 10. Les graphiques de position, vitesse et accélération d'un athlète pendant une course de 100m sont disponibles sur le web. Par exemple, à l'adresse : http://arxiv.org/pdf/0809.0209v2.pdf Matériel : rails, billes, capteur de position et de vitesse, chronomètres, matériel Phywé (rail, chariot, vibreur, bandelettes de papier ciré), aimants au néodyme (www.Supermagnet.be), accéléromètre, paraffine liquide, mobiles divers, smartphone.	

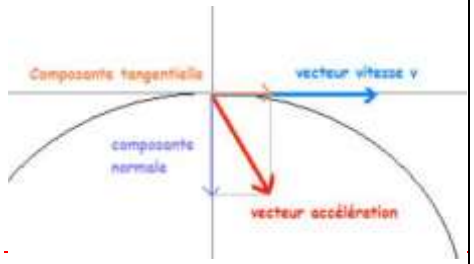
[2] Certains préfèreront mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA).

Élève *Mettre en évidence la relativité du mouvement et de la trajectoire dans deux référentiels différents.* *Établir les lois du MRUV à partir d'un graphique v(t).* *Calculer une vitesse à partir d'une situation concrète (par exemple : film, suite de photos, chronophotographie, capteurs, tableau de mesures, graphique).* *Construire les graphiques horaires de position et d'accélération correspondant à un graphique horaire de vitesse donné. Réaliser les conversions inverses.* *Analyser quantitativement des situations de mouvement à une ou à deux dimensions.*	Les équations horaires du MRU sont : $v = constante$ et $d = v(t - t_i)$ où d (où Δx) est la distance parcourue pendant l'intervalle de temps (t_i, t). Les équations horaires du MRUV sont : $a = constante$ $v(t) = v_i + a(t - t_i)$ et $d = v_i(t - t_i) + \frac{a(t-t_i)^2}{2}$ où a est l'accélération et v_i la vitesse initiale (au temps t_i). Graphiques horaires correspondant à un MRU et à un MRUV.			
2. Cinématique 2D				
Professeur Montrer une expérience illustrant l'indépendance de mouvements le long de directions perpendiculaires (Ex : pont roulant, tir horizontal et chute libre simultanée, saut vertical à partir d'un skate en mouvement …).	Tout mouvement dans un plan peut être vu comme la composition de deux mouvements rectilignes indépendants, le long des axes de coordonnées.		11. Pont roulant. Composition de deux MRU, l'un horizontal, l'autre vertical. Code : ME035012543 au CTP de Frameries. 12. Différents dispositifs permettent de montrer qu'une bille lancée en tir horizontal et une autre tombant en même temps touchent le sol ensemble.	**8P**

Décrire un mouvement dans un plan comme composition de deux mouvements indépendants. À partir de chronophotographies de mouvements 2D et du choix d'un référentiel, définir et construire géométriquement les vecteurs position, vitesse et accélération et en déduire leurs caractéristiques (direction, sens, valeur) et leurs composantes. À partir de chronophotographies ou de trajectoires de mouvements 2D, décomposer (graphiquement) un vecteur accélération dans les directions tangente et normale à la trajectoire. Interpréter le sens et les valeurs des accélérations tangentielle et normale quant à l'évolution du mouvement.	À deux dimensions[3], la position à l'instant t d'un objet ponctuel est précisée par des coordonnées (x,y) qui définissent un **vecteur position** $\vec{r}$ tel que $\vec{r} \equiv (x, y)$ Toute variation du vecteur position (en valeur et/ou en direction) permet de définir un vecteur vitesse tel que $\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ Les vitesses v_x et v_y suivant les axes x et y sont les composantes du **vecteur vitesse** $\vec{v}$ tel que $\vec{v} \equiv (v_x, v_y)$ Toute variation du vecteur vitesse (en valeur et/ou en direction) permet de définir un vecteur accélération tel que $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ Les accélérations a_x et a_y suivant les axes x et y sont les composantes	Vecteur position Vecteur vitesse	Voir par exemple : Appareil pour l'étude de la chute libre et du tir horizontal. Code ME 072512321 au CTP de Frameries et *Shoot the target* (ME-6853), *Drop Shoot accessory* (ME-9859) chez Pasco Scientific.  13. Activité de laboratoire sur le tir balistique : UAA5-F4 (Catapulte). 14. Chronophotographies : voir outil-lien n°2. En particulier, les tirs balistiques, les MCU, le pendule. 15. Voir logiciel Celestia (gratuit) : http://celestia.fr/ 16. Voir Outil-Lien n°5.	

[3] La cinématique rectiligne n'utilise qu'une seule composante des vecteurs position, vitesse et accélération.

	d'un **vecteur accélération** $\vec{a}$ tel que $\vec{a} \equiv (a_x, a_y)$ En général, on a : $v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2}$ et $a = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2}$ L'évolution dans le temps des coordonnées *x(t)* et *y(t)* est donnée par des équations horaires indépendantes et leur combinaison constitue l'équation de la trajectoire à deux dimensions. Le vecteur vitesse $\vec{v}$ est toujours tangent à la trajectoire et orienté dans le sens de parcours. En chaque point de la trajectoire, le vecteur accélération $\vec{a}$ peut être décomposé en une partie tangente et une partie normale à cette trajectoire. **L'accélération tangentielle** indique le changement de valeur de la vitesse et le sens de ce changement.	Vecteur accélération Accélération tangentielle	17. On trouve dans le commerce des tachymètres qui permettent de mesurer la vitesse de rotation sans contact. Ex : http://www.conrad.fr/ce/fr/overview/1114012/Tachymtres?queryFromSuggest=true 18. L'app AccelVisu pour smartphone permet de visualiser directement les composantes du vecteur accélération ainsi que leurs valeurs. https://itunes.apple.com/de/app/accelvisu/id479664496?mt=8 19. Satellites artificiels en orbite quasi circulaires : voir http://eduscol.education.fr/orbito/system/navstar/gps3.htm les satellites SPOT : http://smsc.cnes.fr/SPOT/Fr/ la station internationale ISS : http://spaceflight.nasa.gov/realdata/racking/index.html Matériel : logiciel tracker (ou autre logiciel d'analyse vidéo), tourne-disque, smartphone, billes, pendule, tachymètre, chronophotographies.	

À partir de documents, d'exemples et/ou d'expériences, montrer que dans un tir parabolique, le mouvement est la composition d'un MRU horizontal et d'une chute libre (avec ou sans vitesse initiale). Établir les équations du tir parabolique (équations horaires et équation de la trajectoire). Utiliser des situations concrètes (Ex : performances sportives telles que le lancer du poids, le saut en hauteur ou en longueur) pour mesurer ou calculer les caractéristiques des mouvements paraboliques correspondants (portée, hauteur maximale, vitesse initiale …). À partir de documents, d'exemples et/ou d'expériences, montrer que dans un MCU, la valeur de la vitesse est constante alors que sa direction change à chaque instant. Faire mesurer et/ou calculer la vitesse, la vitesse angulaire et l'accélération d'un phénomène	**L'accélération normale** indique la courbure de la trajectoire. Cette accélération normale est dirigée vers l'intérieur de la courbe (du côté concave).  Tir balistique (parabolique) en l'absence d'air. Le tir parabolique est l'association d'un MRU horizontal avec une vitesse initiale valant $v_i \cos \alpha$ et d'un MRUV vertical pour lequel la vitesse initiale vaut $v_i \sin \alpha$ (α est l'angle entre la direction de $\vec{v_i}$ et l'horizontale). L'accélération est verticale, dirigée vers le bas et a pour valeur g.	Accélération normale (ou centripète)		

courant décrit par un MCU (rotation de la Terre sur elle-même, mouvement orbital de la Lune, aiguilles d'une montre, virage routier ...). Montrer que, dans un MCU, l'accélération est constante et centripète. **Élève** *Décrire un mouvement à 2 dimensions comme composition de 2 mouvements indépendants.* *A partir d'une situation de mouvement présentée sous forme de chronophotographie, série de photos ou film, déterminer l'orientation des vecteurs vitesse et accélération (y compris dans le cas du MCU).* *Mesurer la vitesse, l'accélération ou la vitesse angulaire d'un phénomène courant.* *A partir de caractéristiques d'un ou de deux mouvements, déterminer une mesure ou un événement qui y soit lié (par exemple : distance d'arrêt, rencontre, portée, hauteur).* *Analyser quantitativement des situations de mouvement à une ou à deux dimensions.*	**Un mouvement circulaire uniforme** (MCU) est un mouvement sur un cercle avec une vitesse de valeur constante. **La vitesse angulaire** ω d'un objet en MCU est l'angle au centre qu'il balaie par unité de temps. $\omega = \theta/\Delta t$ est constante Unité SI de vitesse angulaire : rad/s. Dans un MCU, on a : $v = \omega R$ où R est le rayon du cercle. Dans un MCU, **l'accélération** instantanée est **centripète** c'est-à-dire orientée vers le centre du cercle et sa valeur est constante : $a_{cp} = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$ **La période** T (en s) d'un MCU est la durée nécessaire pour que l'objet effectue un tour du cercle. **La fréquence** f du MCU est le nombre de tours effectués par unité de temps (en s^{-1} ou Hz).	Mouvement circulaire uniforme (MCU) Vitesse angulaire Accélération centripète Période Fréquence		

3. Lois de Newton

Professeur En partant de situations concrètes, faire une recherche des forces appliquées à un objet et de leur résultante. Établir une relation qualitative entre cette résultante et le mouvement de l'objet. À partir de différents dispositifs expérimentaux et de différents essais, faire mettre en évidence l'incidence de la masse de l'objet et de la force résultante qui lui est appliquée sur son accélération. Dans des situations de la vie courante, justifier qualitativement les caractéristiques du mouvement d'un objet en fonction des forces qui lui sont appliquées et inversement. Utiliser la 2e loi de Newton pour définir la masse d'inertie (ou inertie).	Rappel : **Résultante de forces** Dans un référentiel galiléen (ou référentiel d'inertie), les lois suivantes, dites lois de Newton, s'appliquent : • **Principe d'inertie**[4] (1re loi de Newton) : si la résultante des forces qui agissent sur un objet est nulle, cet objet reste au repos ou en MRU. • **Loi fondamentale de la dynamique** (2e loi de Newton) : l'accélération d'un objet est inversement proportionnelle à sa masse (m) et proportionnelle à la force résultante (F_R) qui lui est appliquée. $$\vec{a} = \frac{\overrightarrow{F_R}}{m}$$	Résultante de forces Principe d'inertie Loi fondamentale de la dynamique	20. Voir Outil-Lien n°1. 21. Pour expérimenter la chute dans un fluide, on peut laisser tomber des gouttelettes d'eau colorées dans de l'huile de paraffine par exemple. 22. Voir Outil-Lien n°8. 23. Documents publiés par VIAS sur la sécurité routière et les distances de freinage : http://webshop.ibsr.be/frontend/files/products/pdf/2943db77c414a40ef0806886fbc20b7c/f954_snelheid_2012_web.pdf et http://webshop.ibsr.be/frontend/files/products/pdf/5900a5b8e69e1def73dae0bcee4a722f/fichesciencesvitesse.pdf 24. Mouvement en microgravité : https://www.youtube.com/watch?v=OvXKTOjaVQ4 25. Vol parabolique : https://fr.wikipedia.org/wiki/Vol_parabolique	**6P**

[4] La 1re loi de Newton définit les référentiels (galiléens) dans lesquels le principe d'inertie est vérifié.

Utiliser les lois de Newton : ○ soit pour justifier le mouvement d'un objet connaissant les forces agissantes ; ○ soit pour retrouver la résultante des forces à partir du mouvement. Appliquer les lois de Newton à des domaines tels que les gestes sportifs et la sécurité routière notamment pour justifier des précautions relatives à la sécurité routière (Ex : calcul des distances de freinage des véhicules, limitation de vitesse dans les virages…). Sur base de documents ou d'une expérience, décrire la chute d'un objet dans un fluide en termes de vitesse, d'accélération et en inventoriant les forces agissantes. **Élève** *Utiliser la 2e loi de Newton pour définir la masse d'inertie.* *Mener une recherche expérimentale pour identifier et quantifier les paramètres qui déterminent*	• **Principe des actions réciproques** (3e loi de Newton) : si un objet A exerce une force sur un objet B, celui-ci exerce sur le premier une force de même direction, de valeur égale mais de sens opposé. $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ Définition du newton : un newton est la force qui, appliquée à un objet de masse 1 kg, lui communique une accélération de 1m/s². La masse d'un corps mesure son **inertie** c'est-à-dire la résistance que ce corps oppose à une accélération. Cas particulier de la 2e loi de Newton : le poids d'un corps est $\vec{G} = m\vec{g}$ Pour qu'un mouvement soit circulaire et uniforme, la **force** résultante doit être orientée vers le centre du cercle : elle est de type **centripète**. Force centripète : $\overrightarrow{F_{cp}} = m\overrightarrow{a_{cp}}$	Principe des actions réciproques La masse d'inertie Force centripète	Matériel : rampes ou plans inclinés, bloc de bois, billes, chariots miniatures, capteur de position, capteur de force, matériel *Phywé* (chariots, poids, bandes de papier ciré, vibreur), dynamomètres, smartphone (accéléromètre), filtres à café, paraffine liquide, tourne-disques.	

l'accélération d'un mobile en mouvement rectiligne (loi fondamentale de la dynamique). *Utiliser les lois de Newton* *soit pour justifier le mouvement d'un objet connaissant les forces agissantes,* *soit pour retrouver la résultante des forces à partir du mouvement.* *Dans le cas de la chute d'un objet dans un fluide et dans le vide, décrire les forces agissantes et le mouvement correspondant.* *En utilisant les lois de Newton, expliquer un élément de sécurité routière (par exemple : position debout dans un bus, ceinture de sécurité, éléments d'amortissement des chocs, limitation de vitesse dans les virages, distance de freinage).* *Du point de vue des forces et du mouvement, décrire l'exécution d'une performance sportive (par exemple : lancer du poids, saut en hauteur ou en longueur, saut à la perche, tir à l'arc,…) et son optimalisation.* *Mener une recherche expérimentale décrivant un mouvement et ses causes.*	Pendant la **chute d'un solide dans un fluide**, la force de frottement augmente avec la vitesse de sorte que l'accélération diminue jusqu'à ce que le solide atteigne une **vitesse limite**, constante, lorsque toutes les forces se compensent.	Chute dans un fluide Vitesse limite de chute dans un fluide		

4. Gravitation				
Professeur Décrire le processus de satellisation à partir du tir horizontal comme dans le calcul initial de Newton (voir Physique 4e. Cinématique. CTPe. Pages 57 et 58). Sur base des tables de position de différents objets astronomiques bien choisis, faire vérifier les lois de Kepler. Identifier les paramètres qui déterminent la valeur de la force de gravitation universelle. Appliquer la loi de la gravitation universelle au calcul de la force d'attraction entre deux planètes (Ex : Terre et Lune) ainsi qu'au	Le système solaire est constitué de planètes qui gravitent autour du Soleil. Les satellites naturels ou artificiels d'une planète gravitent autour de cette planète. Lois de Kepler - La trajectoire des planètes sont des **ellipses** dont le Soleil occupe l'un des **foyers.** - Les aires balayées par le rayon vecteur reliant le Soleil à une planète sont proportionnelles aux durées de balayage. - Le carré de la période T de révolution d'une planète est proportionnel au cube du **demi-grand axe** a de sa trajectoire. $\frac{T^2}{a^3} = constante$ Tout objet massif attire à lui tous les autres objets massiques dans son voisinage. La **force de gravitation** entre deux masses m et M séparées par une distance[5] d est égale à $F = k_g \frac{mM}{d^2}$	Ellipse Foyer d'une ellipse Demi-grand axe d'une ellipse Force de gravitation	26. Activité de laboratoire (papier-crayon) sur le système solaire : UAA5-F6 27. Simulation et détermination expérimentale du champ de pesanteur d'une planète : UAA5-F6 28. Voir outil lien n°4 29. Planétarium de Bruxelles : www.**planetarium**.be/ 30. Fiches didactiques de l'ESA : www.**esa**.int/	**4 P**

[5] Pour la Terre supposée sphérique et homogène, on prendra la distance jusqu'au centre.

calcul du poids d'un corps à la surface de la Terre. Déterminer la variation de g avec l'altitude. Dans l'approximation des trajectoires circulaires, appliquer les lois de la dynamique aux mouvements des planètes afin de déterminer leur vitesse orbitale et leur période de révolution. Déterminer la masse d'une planète (ou d'une étoile) à partir des caractéristiques orbitales de ses satellites. **Élève** *Identifier les paramètres qui déterminent la force de gravitation universelle.* *Déterminer la variation de g avec l'altitude.* *Déterminer la masse d'une planète (ou d'une étoile) à partir des caractéristiques orbitales de ses satellites.*	avec k_g, la **constante de gravitation universelle** égale à 6,67 x 10^{-11} Nm^2/kg^2, m et M les deux masses considérées (en kg) et d la distance qui les sépare (en m). En identifiant le poids à la force de gravitation, on obtient : $$g = \frac{k_g M}{d^2}$$ où M est la masse de la planète (en kg). Variation de g avec l'altitude (z) : $g_z = g_0 \frac{R^2}{(R+z)^2}$ où R est le rayon de la Terre, g_0 le champ de pesanteur au niveau du sol et z l'altitude.	Constante de gravitation universelle		
Évaluations sommatives				**3P**
RCD				**2P**

Exemple de situation d'apprentissage

UAA5 : « Forces et mouvements »

- Convertir et interpréter des graphiques de mouvements.
- Mener une recherche expérimentale décrivant un mouvement et ses causes (notamment la chute des corps).

Le dispositif vise à rendre l'élève capable :

- de différentier une chute libre d'une chute dans un fluide
- d'examiner la relation entre forces et vitesse dans un mouvement rectiligne
- d'estimer la valeur d'une accélération
- de prendre conscience de la relativité des mouvements

Situation d'apprentissage :

Le saut de Félix Baumgartner (Fiche UAA5-F1)

Cours concernés

Physique 5e année sciences générales

Prérequis

- Vitesse moyenne et vitesse instantanée
- Poids d'un corps et forces de frottement

Scénario de contextualisation

De quelle hauteur faut-il tomber pour atteindre la vitesse du son ?

Les tâches

- À partir d'une situation concrète (par exemple : chronophotographie, série de photos, film), décrire succinctement l'évolution de la vitesse ou de l'accélération d'un objet en mouvement rectiligne.
- Mettre en évidence la relativité du mouvement dans deux référentiels différents.
- Estimer l'ordre de grandeur de quelques vitesses et accélérations.
- Estimer l'ordre de grandeur d'une vitesse à partir d'une situation concrète (par exemple : film, suite de photos, chronophotographie, capteurs, expérience).
- À partir d'une situation donnée et d'un référentiel (choisi par l'élève), relever des positions successives d'un objet en mouvement.

- Construire les graphiques horaires de position et d'accélération correspondant à un graphique horaire de vitesse donné (sans utilisation de formule) et justifier la forme des courbes.
- À partir d'une situation concrète (par exemple : film, suite de photos chronophotographie, capteurs, expérience), décrire l'évolution de la vitesse de chute d'un objet :
    - dans un fluide (vitesse limite),
    - en l'absence d'air.

Évaluations

Formative - Sommative

Supports et matériels pédagogiques

Fiche UAA5-F1

Courty, J-M, Kierlik, E., Pour la science, n°423 janvier 2013, Physique : *Un saut en hauteur... de 39 kilomètres.*

Le saut de Baumgartner : http://www.cnet.com/au/news/baumgartners-supersonic-freefall-faster-than-you-thought/

Conditions matérielles

Projection de documents filmés

Logiciel *Tracker* ou autre outil d'analyse vidéo. Caméra

Verre à pied, billes, paraffine liquide et eau

Exemple de planification de séquence (30 P)

Accroche (0,5 P)

Le record de chute de Félix Baumgartner. Voir Pour la Science n° 423, janvier 2013. On peut avantageusement montrer la vidéo correspondante.

Présenter les graphiques de vitesse instantanée de Baumgartner et celui de la vitesse limite. À la lecture des graphiques, les questions suivantes guident une discussion :

- Comment augmente la vitesse pendant les 20 premières secondes et quelle explication peut-on en donner ?
- Comment expliquer que la vitesse augmente moins par la suite ?
- Que signifie le terme « freefall » utilisé dans les documents (à rapprocher du terme « vol libre » en français, ou encore de « saut dans le vide ») ?
- Baumgartner atteint-il le record espéré ?
- À quel moment ouvre-t-il son parachute ?
- À quel moment accélère-t-il le plus fort ?

Outils : 1

Référentiel (0,5 P)

Montrer une vidéo d'un saut en parachute. Discuter les réponses à la question :

- Le parachutiste remonte-t-il quand il ouvre son parachute ?

Présenter le mouvement des planètes dans les modèles héliocentrique et géocentrique.
Présenter d'autres situations au cours desquelles on observe un mouvement dans des repères différents (ex : filmer un mouvement à partir d'une caméra elle-même en mouvement, chute d'une bombe d'un avion, train qui quitte une gare, pneu de vélo en mouvement, mouvement rétrograde apparent de Mars).

Outils : 2, 4, 5, 15

Mouvements rectilignes (6 P)

1) Montrer un mouvement rectiligne complexe (une combinaison de MRU, MRUV accéléré et décéléré), discuter l'allure du graphique $x(t)$ correspondant et relier ce graphique à la description des différentes phases du mouvement (1 P).

2) Faire réaliser par des groupes d'élèves des expériences différentes sur le MRU et/ou le MRUV. Préciser le référentiel utilisé, mesurer x et t : (2 P)
   Exemples :
   - ascension d'une bulle d'air ou chute d'une bille, dans un tube rempli de glycérine ;
   - petite voiture électrique se déplaçant sur une table (piste) horizontale ;
   - chariot muni d'un aimant roulant sur un plan incliné en aluminium ;
   - chute libre ;
   - bille qui roule sur un plan incliné ;
   - chariot en mouvement rectiligne sur un rail avec système d'enregistrement (bandelette de papier cire et vibreur, capteurs de position, etc).

   En classe, faire établir un tableau de $x(t)$ par chaque groupe. Faire construire le graphique correspondant à domicile.
   Exploitation des graphiques $x(t)$: quelle est l'allure des graphiques (sont-ils linéaires ou pas ?) ?
   Notion de vitesse : $v = \Delta x/\Delta t$ correspond à la pente de la tangente au graphique.
   Faire tracer par chaque groupe le graphique de $v(t)$ et le faire terminer à domicile.
3) Chaque type de mouvement est associé aux graphiques $x(t)$ et $v(t)$ correspondants : (1 P)
   - Vitesse constante
   - Vitesse croissante
   - Vitesse décroissante

   Notion d'accélération moyenne : $a = \Delta v/\Delta t$. L'accélération est dite *instantanée* si Δt est très court.
   Pour chaque type de mouvement, tracer le graphique de $a(t)$.
   Montrer que la surface sous le graphique de la vitesse est numériquement équivalente à la distance parcourue.
4) Montrer que la chute libre est un MRUV avec $a=g$ (1 P)
   Revenir sur la chute de Baumgartner et envisager le questionnement suivant.
   - Quelle partie de son mouvement est uniformément accélérée ?
   - Quelle est la distance parcourue pendant ce temps ?
   - Que se passe-t-il au-delà de 25 secondes de chute ?
5) Faire réaliser des exercices d'interprétation de graphiques y compris des calculs de vitesses et d'accélérations (suivant le cas, la pente de la droite ou la pente de la tangente). Rechercher les équations pour ces différents mouvements rectilignes. Résoudre des exercices et des applications numériques (2P)
   Outils : 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Évaluation sommative 1 (1 P)
Analyser un mouvement à partir d'un graphique, d'une chronophotographie, de photos ou d'un tableau de mesures. Exercices numériques.

Mouvements à deux dimensions (8 P)

1) Tir oblique (3 P)

À l'aide d'une chronophotographie, d'une expérience montrée ou d'une simulation, montrer que le tir oblique est l'association de deux mouvements indépendants : un MRU horizontal et un MRUV vertical.
La nécessité d'adopter une description du mouvement par l'évolution des coordonnées dans le plan du point représentant l'objet s'impose, dans ce cas. On définit le vecteur position $\vec{r} = (x(t), y(t))$.
Dans le vide d'air, les équations horaires et celle de la trajectoire (parabolique) s'obtiennent aisément à partir de la décomposition en coordonnées.
L'analyse d'une chronophotographie d'un tir balistique (voir par ex le logiciel Tracker ; outil n°5) fait apparaître le vecteur vitesse et ses composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$.

Généralisation :
La valeur de la vitesse est $v = \sqrt{(v_x^2(t) + v_y^2(t)}$.
Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.
Vecteur vitesse $\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
Appliquer les notions précédentes à des activités sportives (lancer du poids, sauts en hauteur ou en longueur, basket, tir à l'arc).
Réaliser des exercices de recherche de la portée et de la hauteur maximales.

2) MCU (3 P)

À partir de l'enregistrement d'un mouvement circulaire uniforme (orbites de certains satellites, mobile sur une table à coussin d'air, chronophotographies, analyse vidéo, …), définir, mesurer et calculer le rayon de la trajectoire de même que les vitesses linéaire et angulaire.
Établir le lien entre vitesse linéaire et vitesse angulaire et le généraliser.
Introduire les notions de période et de fréquence.
Résoudre des applications numériques.

3) Accélération (2 P)

Reprendre les deux types de mouvement observés ci-dessus (tir balistique et MCU) et discuter de la présence d'une accélération dans chaque cas. Au cours d'un tir balistique, la vitesse change constamment en valeur et en direction (l'accélération est $\vec{g}$!). Pour le MCU, la valeur de la vitesse est constante mais elle change constamment de direction.

Définir le vecteur accélération $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

A partir de cette définition, construire graphiquement le vecteur accélération en différents points des trajectoires du tir balistique et du MCU déjà traités précédemment. Dans le premier cas, on vérifie que le vecteur accélération est bien $\vec{g}$. Dans le second, le vecteur accélération est dirigé vers le centre du cercle et sa valeur est constante.
Pour le tir balistique, la décomposition du vecteur accélération en une composante normale et une composante tangentielle peut être interprétée aisément. L'accélération tangentielle indique le changement de la valeur de la vitesse alors que l'accélération normale indique le changement de direction de la vitesse.

Sur base d'une construction graphique ou d'un calcul, préciser l'expression de la valeur de l'accélération centripète.

Résoudre des applications numériques (gestes sportifs, sécurité routière).
Outils : 4, 5, 7, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19

Évaluation sommative 2 (1P)

Lois de Newton (6 P)
Il convient de rappeler les méthodes de calcul de la résultante de forces concourantes.

Expériences possibles : les ouvrages du CTP proposent de nombreuses démarches expérimentales possibles autour des lois de Newton (Physique 4e année - Tome 2 : Dynamique. Physique 5e année -Tome 1 : Mécanique. Mécanique - Rail à chariots et marqueur de temps).
L'analyse de la chute d'un solide dans un fluide ou la problématique du saut à l'élastique sont des situations concrètes très intéressantes à étudier en détail.
On notera également que l'usage simultané de capteurs (de position et de force) permet une approche rapide et précise des lois de Newton.

Le développement de la dynamique est également l'occasion de rappeler les différents types de force et leurs expressions : poussée d'Archimède, loi de Hooke, forces de frottement,…

Résoudre des applications numériques y compris un retour sur le mouvement circulaire et sur la chute de Baumgartner.
Outil : 21, 23, 24, 25

Évaluation sommative 3 (1P)

La gravitation (4 P)
Expliquer la satellisation à partir du tir horizontal (voir Physique 4e. Cinématique. CTP. Pages 57 et 58).

Par un travail sur document, tel celui proposé dans la fiche UAA5-F6 (Outil n°26), les élèves peuvent reconstituer (ou vérifier) les lois de Kepler appliquées au système solaire.

À partir de la comparaison entre la chute d'une pomme et le mouvement de la Lune, on peut, comme dans le calcul initial de Newton, montrer que l'accélération gravitationnelle varie en $\frac{1}{d^2}$ (Voir Physique 5e Sciences générales. Mécanique. CTP. Pages 87 et 88).
Énoncer l'expression de la force de gravitation et montrer que cette force explique la troisième loi de Kepler, dans le cas d'orbites circulaires. En utilisant la seule notion de force centrale, on peut également démontrer géométriquement la loi des aires (Voir Physique 5e Sciences générales. Mécanique. CTP. Pages 91 et 92).

Toujours dans le cas d'orbites circulaires, appliquer la force de gravitation afin de calculer la vitesse orbitale des planètes ainsi que leur période de révolution.

En assimilant la force de pesanteur (le poids) à la force de gravitation, on obtient l'expression de g en fonction des paramètres de la planète ainsi que l'évolution de g avec l'altitude.
Résoudre des exercices.
Outils : 26 à 30

Évaluation sommative 3 (1 P)

RCD (2 P)

Composition des vitesses.
Équilibre des forces sur un avion en vol horizontal uniforme. Idem sur un bateau en MRU.
Le principe des centrifugeuses de foire.
Vitesse limite de chute des gouttes de pluie.
Pendule conique.
Vitesse dans un virage en fonction du coefficient de frottement et du rayon de courbure.
Vitesse orbitale d'une planète. Détermination de la position de l'orbite géostationnaire.
Usage du différentiel pour une voiture.
Satellites et points de Lagrange.
Force de pesanteur et rotation de la Terre.

Outil

Liste des valeurs des accélérations usuelles

- Ascenseur : 2 m/s^2
- Automobile : 2 m/s^2 en accélération, -5 à -10 m/s^2 en freinage
- Accident de voiture : de 200 à 1000 m/s^2
- Chute libre : 10 m/s^2
- À l'ouverture d'un parachute : de 80 à 300 m/s^2
- Le seuil de tolérance du corps humain est 10g pendant 1 s ou 45 g pendant 0,1 s

Activités de physique (10 P)

Les 25 périodes d'activité complémentaire en physique permettent au professeur de proposer des séances de laboratoire additionnelles (voir par exemple parmi les outils indiqués dans le programme ci-dessus), d'approfondir les expérimentations menées en classe et également d'aborder des notions connexes mais absentes du programme (voir ci-dessous) ou encore de perfectionner les savoirs faire au travers de la résolution d'exercices et de problèmes.
Les activités possibles présentées ci-dessus dans la liste de Remédiation-Consolidation-Dépassement sont autant de sujets qui peuvent être également abordés dans ce cours complémentaire.

5. Quantité de mouvement (optionnel)				
Professeur À partir de l'observation de collisions rectilignes, définir la quantité de mouvement $\vec{p}$ d'un point matériel. Dans le cas de la chute d'un objet et de son rebond contre le sol, faire calculer la quantité de mouvement de l'objet et sa variation suite au rebond. À partir d'une chronophotographie, de résultats expérimentaux ou d'une vidéo, établir la conservation de la quantité de mouvement lors d'une collision.	Le vecteur **quantité de mouvement** $\vec{p}$ d'un objet à l'instant t est le produit de sa masse par le vecteur vitesse $\vec{v}$ de son centre de masse. $$\vec{p} = m\vec{v}$$ p s'exprime en kgm/s La deuxième loi de Newton s'exprime aussi de la façon suivante : $$\overrightarrow{F_R} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t}$$ **Conservation de la quantité de mouvement** : dans un système isolé (Résultante des forces	Quantité de mouvement Conservation de la quantité de mouvement	31. Activités de laboratoire : pendule de Newton, chocs entre différents mobiles (table à coussin d'air, chronophotographies, rail muni de capteurs, chocs de billes en bord de table suivis d'un tir horizontal). Chocs entre pièces de monnaie UAA5-F5. Utiliser un tic-tac. 32. Voir Bellemans, A. (2004). Introduction à la physique moderne. Frameries : Centre technique et pédagogique de l'enseignement de la Communauté française. 33. Enregistrements de collision au LHC, voir par exemple :	**4P**

Utiliser la conservation de la quantité de mouvement pour expliquer la propulsion par réaction.	extérieures nulle) la quantité de mouvement du système reste constante $\sum \vec{p} = \sum \overrightarrow{p'}$ Dans **un choc élastique**, l'énergie cinétique est conservée. Le centre de masse d'un système isolé se déplace en MRU.	Choc élastique	http://home.cern/fr/about/experiments Matériel : table à coussin d'air, pièces de monnaie, rampes, billes, pendule de Newton, chronophotographies.	

Quantité de mouvement (4 P ; optionnel)

Décrypter des affirmations de la sécurité routière telles que « Dans une collision à 50 km/h, votre poids passe instantanément de sa valeur normale à plus de trois tonnes ! » pour examiner les collisions sous l'angle des forces et des changements de quantité de mouvement.
Réaliser des expériences de collision entre deux balles de dimensions comparables et de masses différentes (ping-pong et golf, par ex) ou des chocs entre pièces de monnaie (voir Outil n°26, Fiche UAA5-F5).
L'observation d'un pendule de Newton (communément appelé tic-tac et vendu comme gadget) permet également d'initier la conservation de la quantité de mouvement. En effet, pour ce pendule, la conservation de l'énergie cinétique (choc élastique) n'est pas suffisante pour expliquer le résultat. L'introduction de la quantité de mouvement et de sa conservation est nécessaire à la résolution du problème.
On peut aussi réaliser une expérience avec des chariots de mêmes masses lors d'un choc élastique ou d'un choc mou. Dans ce cas également, on fait apparaître la conservation de mouvement.
Analyser des photos, des vidéos ou d'autres documents (par exemple : table à coussin d'air, enregistrement de chocs de particules dans les accélérateurs).
Définir un système isolé. Enoncer la conservation de la quantité de mouvement dans un tel système en abordant également le caractère vectoriel de la quantité de mouvement. Conclure sur le mouvement du centre de masse du système lorsqu'il est isolé (MRU) et la possibilité de changer de système de référentiel.

À partir de la loi fondamentale de la dynamique, on peut définir l'impulsion : $\vec{I} = \vec{F}\Delta t = m\overrightarrow{\Delta v}$
(avec $\vec{F}$, la force moyenne pendant Δt et la masse m constante).

Appliquer la conservation de la quantité de mouvement à la propulsion par réaction (ex : recul d'une arme à feu, shoot dans un ballon, force de propulsion d'une fusée).
Résoudre des exercices.
Outils : 31 à 33

Bibliographie

Références scientifiques

Courty, J-M, Kierlik, E., Pour la science, n°423 janvier 2013, Physique : *Un saut en hauteur... de 39 kilomètres.*

Hecht, E. (1999). Physique. Louvain-La-Neuve : De Boeck.

Harris Benson (1999). Physique I. Mécanique : De Boeck

Gapaillard, J. (1993). Et pourtant elle tourne : le mouvement de la Terre. Seuil

Séguin et Villeneuve (2002). Astronomie et astrophysique. Cinq grandes idées pour explorer et comprendre l'Univers. De Boeck Université.

Bond, P. (2014). L'exploration du système solaire. Ed. De Boeck.

Bellemans, A. (2004). Introduction à la physique moderne. Frameries : Centre technique et pédagogique de l'enseignement de la Communauté française

Hazelrigg, C., Waibel, B. and Baker, B. (2015). Modeling of Women's 100-m Dash World Record: Wind-Aided or Not? The Physics Teacher 53, 458 (2015); doi: 10.1119/1.4933143.

Shinabargar A. J., Hellrich M. and Baker B. What Makes Usain Bolt Unique as a Sprinter? The Physics Teacher 48, 365 (2010); doi: 10.1119/1.3479707

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Physique 4e année - Tome 2 : Dynamique. CTP.

Physique 4e année - Tome 1 : Cinématique. CTP.

Physique 5e année -Tome 1 : Mécanique. CTP.

Mécanique - Rail à chariots et marqueur de temps. CTP.

Léonard P. (2012). Challenge Lab(3), article dans le bulletin 50-195 de l'ABPPC.

Léonard P. (2015). Le saut dans le vide, article dans le bulletin 53-205 de l'ABPPC.

Sitographie

Le saut de Baumgartner : http://www.cnet.com/au/news/baumgartners-supersonic-freefall-faster-than-you-thought/ et http://issuu.com/redbullstratos/docs/red_bull_stratos_summit_report_final_050213

Logiciel Tracker pour la cinématique (gratuit) : https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/

Planétarium virtuel sur le logiciel Stellarium (free open source) : http://www.stellarium.org/

La physique du saut en parachute (Wikipédia) : https://fr.wikipedia.org/wiki/Physique_du_parachutisme

Sur le site éduscol, en France, on trouve, entre autres, des vidéos de saut en parachute : http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/phy_chi/menus/pc/video_diverses.htm

Vidéo Apollo 15, chute libre sur la Lune : http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_15_feather_drop.html

Mouvement en microgravité : https://www.youtube.com/watch?v=OvXKTOjaVQ4

Distances de freinage. Document IBSR :
http://webshop.ibsr.be/frontend/files/products/pdf/2943db77c414a40ef0806886fbc20b7c/f954_snelheid_2012_web.pdf
et
http://webshop.ibsr.be/frontend/files/products/pdf/5900a5b8e69e1def73dae0bcee4a722f/fichesciencesvitesse.pdf

Une App permettant l'affichage des valeurs des accéléromètres d'un smartphone :
https://itunes.apple.com/fr/app/sparkvue/id361907181?mt=8

Le site de l'Agence Spatiale Européenne : http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Education

L'observatoire de Paris : http://media4.obspm.fr/public/AMC/index.html

Le Planétarium de Bruxelles : http://www.planetarium.be/

Physique

Sciences générales

3e degré

UAA6

« Électromagnétisme »

Durée prévue pour l'UAA6 (21 périodes) : de mars à juin en 5e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 6

« **Electromagnétisme** »

Compétences à développer

- **Expliquer comment transformer une énergie mécanique en énergie électrique et vice-versa.**
- **Détailler le fonctionnement d'une technologie alliant électricité et magnétisme.**

Processus

Appliquer

- Comparer les valeurs des forces d'attraction gravitationnelle et de Coulomb dans une situation donnée.
- Ajuster l'intensité du courant dans une bobine pour produire un effet magnétique donné (par exemple : soulever une masse en fer, dévier une boussole, dévier un faisceau électronique…).
- Construire un moteur électrique simple et expliquer son fonctionnement.
- Calculer la tension de sortie d'un transformateur.

Transférer

- Réaliser une recherche pour identifier les éléments de montage et les processus qui rendent possible la production d'énergie électrique à partir du magnétisme (par exemple : dynamo, turbine, éolienne, …).
- Réaliser une recherche pour comprendre le fonctionnement d'une application des courants de Foucault (par exemple : système de freinage, tri des déchets métalliques non ferreux, monnayeur, …).



Ressources

Prérequis

- Force gravitationnelle, variation de *g* avec l'altitude (UAA 5 de physique)

Savoirs disciplinaires

- Champ de forces
- Champ gravifique
- Champ électrique
- Champ magnétique
- Force de Coulomb
- Tension électrique
- Aimants - Spectre
- Champ magnétique produit par les courants (se limiter à la proportionnalité de B avec l'intensité de courant)
- Valeur du champ à l'intérieur d'une bobine
- Force électromagnétique (avec composante de **Erreur !** perpendiculaire au courant)
- Induction
- Tension induite - Courant induit
- Loi de Lenz
- Courants de Foucault
- Moteur électrique
- Génératrice
- Transformateur

Connaître

- Etablir les ressemblances et les différences topologiques entre le champ électrique d'une charge ponctuelle, le champ gravifique de la Terre et le champ magnétique d'un barreau aimanté.
- Expliciter la tension en termes d'énergie.
- A partir d'une expérience, décrire un champ magnétique produit par un courant.
- A partir d'un montage, identifier et montrer l'influence de différents paramètres qui caractérisent la force électromagnétique.
- Lier la conservation de l'énergie et la loi de Lenz.

Savoir-faire disciplinaires

- Appliquer la loi de Coulomb.
- Calculer le champ magnétique à l'intérieur d'une bobine longue.
- Calculer une tension induite.
- Déterminer la force électromagnétique à partir du champ magnétique et du courant.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (charge électrique, champs électrique et magnétique, force, flux magnétique).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (charge électrique, champs électrique et magnétique, force, flux magnétique).

Considérations pédagogiques

Prérequis : Électricité (UAA1), force gravitationnelle, variation de g avec l'altitude, principe des actions réciproques (UAA5), énergie cinétique (UAA3), structure de l'atome (UAA1 de chimie).

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils-liens *Informations complémentaires*	Timing suggéré
1. Forces et charges électriques				
	Rappels : constitution de l'atome Neutralité électrique : un **corps neutre** possède autant de charges positives que de négatives. Un corps chargé négativement possède un excès de charges négatives (**électrons**) par rapport aux charges positives (**protons**). Un **corps chargé** positivement possède un excès de charges positives par rapport aux charges négatives. Sur un **isolant**, les charges électriques restent plus ou moins localisées là où elles ont été placées. À l'équilibre, les charges électriques déposées sur un **conducteur** se répartissent sur	Corps neutre Électron Proton Corps chargé Isolant Conducteur	Matériel : Tubes en PVC, baguettes de verre, mouchoirs en papier, chalumeaux, électroscope (versorium), machine de Wimshurst, chiffon en laine.	**2P**

Professeur Appliquer la conservation de la charge électrique à l'équilibrage d'une réaction chimique, à l'électrisation par frottement (triboélectricité) ou à la déformation d'un cristal piézoélectrique. Appliquer la loi de Coulomb et montrer que les forces électriques sont prépondérantes au niveau microscopique.	toute sa surface extérieure par simple effet répulsif. La **charge élémentaire** *e* est la charge du proton. La **charge électrique** de l'électron est *–e*. $e = 1{,}60\ x\ 10^{-19}\ C$ Quantification de la charge électrique : toute quantité d'électricité q est un multiple entier de la charge élémentaire *e*. $q = \pm Ne$ (N est un nombre entier) Unité SI de quantité d'électricité : C (coulomb). Autres unités : mAh et Ah. 1 Ah = 3600 C. **Conservation de la charge électrique** : la charge électrique totale d'un système fermé est constante. Électrisation : un corps peut être électrisé par séparation de ses charges électriques ou transfert de charges à un autre objet. **Loi de Coulomb** Dans le vide, deux charges ponctuelles exercent l'une sur	Charge élémentaire Charge électrique Conservation de la charge Loi de Coulomb	1. Tri des polymères par triboélectricité. Fiche UAA6. F1 2. Expériences – Electrostatique. CTP, P24,99. 3. Ordre de grandeur des charges disponibles à partir des batteries/piles : Voir par ex : http://data.energizer.com/PDFs/E92.pdf 4. Curieuses expériences d'électricité, par G. Cosentino. Bulletin de l'ABPPC n° 196, vol 51, 2013, p 2-6. 5. Curieuses expériences d'électricité (suite), par G. Cosentino. Bulletin de l'ABPPC n°200, vol 52, 2014, p 15-18. 6. Des coulomb-mètres sont disponibles chez tous les revendeurs de matériel didactiques.	

Comparer les valeurs des forces d'attraction gravitationnelle et de Coulomb dans une situation donnée (interaction entre deux protons par exemple). **Élève** *Comparer les valeurs des forces d'attraction gravitationnelle et de Coulomb dans une situation donnée.*	l'autre des forces électriques directement proportionnelles à leurs charges et inversement proportionnelles au carré de la distance *d* qui les sépare. Ces forces sont directement opposées. Leur valeur est donnée par $F_e = k \frac{\lvert q_A q_B \rvert}{d^2}$ $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$ uSI et ε_0 est appelé la **permittivité du vide**.	Permittivité du vide		
2. Champ électrique[1]				
Professeur A l'aide d'expériences, de photos, de films ou de documents, montrer un spectre électrique radial, dipolaire ou uniforme[2]. Comparer la géométrie de ces champs au champ de gravitation de la Terre et au champ de gravitation local. Faire tracer le vecteur champ électrique en un point d'une ligne de champ. Calculer et représenter le champ électrique résultant en un point proche d'un dipôle électrique.	L'influence d'une distribution de charges électriques sur son environnement est caractérisée par un **champ électrique** $\vec{E}$. Toute charge q plongée dans un champ électrique $\vec{E}$ est soumise à une force $\vec{F_e} = q\,\vec{E}$. Unité SI de champ électrique : N/C (ou V/m). Un **spectre électrique** est formé par l'ensemble des lignes de champ électrique. Le vecteur **champ électrique** en un point de l'espace est toujours	Champ électrique Spectre électrique Champ électrique d'une charge ponctuelle	7. Dispositif de visualisation d'un champ électrique (huile de ricin et semoule ou semences de gazon dans un récipient à fond plat ou encore électrodes sur feuille de papier conducteur). Matériel : machine de Wimshurst, électrodes de formes différentes, papier conducteur, huile, semences de gazon, semoule fine).	**2P**

[1] L'appellation « champ électrique » recouvre ici la notion de champ électrostatique.
[2] Un champ uniforme est un champ dont les caractéristiques sont identiques en tout point de l'espace considéré.

Élève *Etablir les ressemblances et les différences topologiques entre le champ électrique d'une charge ponctuelle, le champ gravifique de la Terre et le champ magnétique d'un barreau aimanté.*	tangent à la ligne de champ passant par ce point. L'orientation conventionnelle du champ électrique va du + vers le -. La valeur du champ électrique E_P créé au point P par une **charge ponctuelle** q à une distance d de P est donnée par la valeur de la force électrique s'exerçant sur une charge de + *1C* placée au point P. $E_P = k\frac{\|q\|}{d^2}$	Champ électrique d'un dipôle		
3. Différence de potentiel				
Professeur Expliciter la notion de tension en termes d'énergie. Exemple : un générateur électrique qui développe une ddp de *9V* entre ses bornes est capable de libérer une énergie de *9 J* au passage d'une charge d'*1 C* d'une borne à l'autre. **Élève** *Expliciter la tension en termes d'énergie.*	En électricité, **la différence de potentiel** U (la ddp en abrégé ou encore la tension électrique) entre deux points A et B est numériquement égale au travail W_{AB} nécessaire pour faire passer une charge électrique de *1 C* de A à B par un chemin quelconque. $U = \frac{W_{AB}}{q}$ Unité SI de ddp : V (volt) Un déplacement d dans la direction d'un champ électrique uniforme nécessite un travail $W = qEd$	Différence de potentiel électrique (ou ddp ou tension)	Matériel : Un électroscope peut servir de voltmètre électrostatique, électromètre (coulomb-mètre), cuve rhéographique (tracé des équipotentielles), voltmètre.	**2P**

	ce qui implique : $U = E\ d$ Le travail de la force électrique correspond à la variation de l'**énergie potentielle électrique** E_{pot} telle que : $\Delta E_{pot} = qU$ 1 **électronvolt** (*eV*) est l'énergie acquise par un électron placé dans une ddp d'*1 V*. *1 eV = 1,6 x 10^{-19} J*	Énergie potentielle électrique Électronvolt		
4. Champ magnétique				
Professeur À l'aide d'expériences, de photos ou de documents, montrer le spectre magnétique d'un aimant. Déterminer expérimentalement la direction et la valeur d'un champ magnétique particulier (par exemple le champ magnétique local). Décrire le champ magnétique terrestre.	Un **aimant** est un corps qui possède la propriété d'exercer des forces attractives sur le fer, le nickel, le cobalt et leurs alliages. L'influence d'un aimant sur son environnement est caractérisée par un **champ magnétique** $\vec{B}$. Unité SI de champ magnétique : le tesla (T). Les lignes de champ magnétique d'un aimant sont concentrées autour de régions appelées les **pôles magnétiques**. Il existe deux types de pôles magnétiques, nord et sud. Deux	Aimant Champ magnétique Pôles magnétiques Nord et Sud	Matériel : Aimants de formes diverses, bobines, boussoles, limaille de fer, teslamètre, fluxmètre, boussole des tangentes, smartphone, fils de cuivre, ferrofluide. 8. Achats d'aimants : voir www.supermagnete.be 9. Télégraphe à aiguille magnétique Fiche UAA6. F6 10. Législation sur l'exposition aux champs électromagnétiques : Arrêté Royal du 20	**2P**

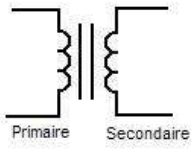
Comparer les géométries du champ électrique d'une charge ponctuelle, du champ gravifique de la Terre et du champ magnétique d'un barreau aimanté. À partir des lignes de champ magnétique qui sont fermées ou de l'expérience de l'aimant brisé, faire remarquer l'inexistence des charges (monopôles) magnétiques. À partir d'une expérience, décrire la structure du champ magnétique produit par un courant (par exemple autour d'un fil rectiligne ou au voisinage d'une bobine longue). À l'aide de mesures, montrer que la valeur du champ magnétique	pôles de même nom se repoussent et deux pôles de noms différents s'attirent. L'ensemble des lignes de champ magnétique constitue un **spectre magnétique**. Orientation conventionnelle des lignes de champ : du nord vers le sud, à l'extérieur de l'aimant. Le spectre magnétique est constitué de lignes de champ fermées. Le **flux magnétique** Φ à travers une surface plane S est défini par $\Phi = B\ S\ cos\ \alpha$ où α est l'angle entre le champ magnétique $\vec{B}$ et la normale à la surface S. Unité SI de flux magnétique : le weber (Wb) Rappel : l'électroaimant a été vu dans l'UAA1. Tout courant électrique est une source de champ magnétique. De façon générale, B est proportionnel à I. Sens et direction du champ magnétique produit par un	Spectre magnétique Flux magnétique	mai 2016 qui constitue le chapitre VI du Titre IV « Facteurs environnementaux et agents physiques » du Code sur le bien-être au travail. 11. Mesure de champ magnétique : voir, par exemple, l'app pour smartphone Magnetmeter. 12. Pont de Wheatstone et télégraphe, par Ph. Léonard. Bulletin de l'ABPPC n° 186, vol 48, 2010, p 20-23.	

produit par un courant électrique est proportionnelle à l'intensité de celui-ci. Faire calculer le champ magnétique à l'intérieur d'une bobine longue. Décrire l'hypothèse d'Ampère pour expliquer le magnétisme des aimants. **Élève** *A partir d'une expérience, décrire un champ magnétique produit par un courant.* *Ajuster l'intensité du courant dans une bobine pour produire un effet magnétique donné (par exemple : soulever une masse en fer, dévier une boussole, dévier un faisceau électronique…).* *Etablir les ressemblances et les différences topologiques entre le champ électrique d'une charge ponctuelle, le champ gravifique de la Terre et le champ magnétique d'un barreau aimanté.*	courant : utiliser la règle de la main droite, celle du bonhomme d'Ampère, du tire-bouchon ou tout autre équivalent. Le champ magnétique créé par un courant électrique, à l'intérieur d'un **solénoïde** (bobine longue), est pratiquement uniforme. Sa valeur est proportionnelle à l'intensité I du courant traversant le solénoïde et au nombre N de ses spires. Elle est inversement proportionnelle à la longueur L de la bobine et dépend de la **perméabilité magnétique** μ du matériau présent dans la bobine. $B = \frac{\mu N I}{L}$ où $\mu = \mu_r \mu_0$ avec μ_r , la **perméabilité magnétique relative** du matériau *et* μ_0, la **perméabilité magnétique du vide** qui vaut : $4 \pi \times 10^{-7}$ uSI.	Solénoïde ou bobine longue Perméabilité magnétique Perméabilité magnétique relative		

5. Force électromagnétique				
Professeur Ajuster l'intensité du courant dans une bobine pour produire un effet magnétique donné (par exemple : soulever une masse en fer, dévier une boussole, dévier un faisceau électronique…). Montrer que la force magnétique développée augmente avec l'intensité du courant. Déterminer les caractéristiques de la force électromagnétique à partir du champ magnétique et du courant. Établir le lien entre le tesla (T) et les unités fondamentales du SI. Faire construire un moteur électrique simple et expliquer son fonctionnement.	Puisqu'une force naît de l'interaction entre deux champs, une force magnétique peut être obtenue à partir de : • 2 aimants • Un aimant et un courant • 2 courants **Force de Laplace** : tout conducteur parcouru par un courant subit une force électromagnétique $\overrightarrow{F_B}$ lorsqu'il est placé dans un champ magnétique. Lorsque le champ magnétique et le courant sont perpendiculaires, la valeur de cette force est : $F_B = B\ I\ L$ où L est la longueur du conducteur placé dans le champ, I l'intensité du courant, B la valeur du champ magnétique. Lorsque B et I sont parallèles, la force est nulle. Sens et direction de la force électromagnétique : utiliser la règle de la main droite ou tout autre équivalent.	Force de Laplace	13. Matériel et expériences disponibles dans le catalogue du CTP : Force de Laplace (EE 2300 11112) Force entre courants parallèles (EE 2400 11002) Force de Lorentz (EM 1700 11112 14. Courbure des trajectoires de particules sous l'effet des champs magnétiques : voir http://home.web.cern.ch/students-educators. 15. Une expérience simple d'électromagnétisme, par Ph. Mergny. Bulletin de l'ABPPC n°178, vol 46, 2008, p 77. Matériel : aimants, tube de Crookes, générateur de haute tension, tube de Thomson, modèles de moteurs, fils de cuivre, papier aluminium, générateur DC (5A min), roue de Barlow. 16. Articles sur les moteurs électriques DC à construire :	**4P**

Élève *A partir d'un montage, identifier et montrer l'influence de différents paramètres qui caractérisent la force électromagnétique.* *Construire un moteur électrique simple et expliquer son fonctionnement.* *Détailler le fonctionnement d'une technologie alliant électricité et magnétisme.*	De même, toute charge électrique en mouvement peut être déviée par un champ magnétique. **La force de Lorentz** est la force magnétique appliquée sur une charge électrique en mouvement : $F_B = qvB$ *(si B et v sont perpendiculaires)* où q est la charge électrique, v sa vitesse, B le champ magnétique appliqué. Principe de fonctionnement du **moteur électrique à courant continu**.	Force de Lorentz Moteur électrique à courant continu	• Glané ici et là, par Ph. Mergny. Bulletin de l'ABPPC n° 169, vol 44, 2006, p 61. • Glané sur le web… et ailleurs, par Ph. Mergny. Bulletin de l'ABPPC n° 168, vol 44, p 31-32. • Motional mechanisms of homopolar motors and rollers, par H.K. Wong. The Physics teacher vol 47, oct 2009 p 463-465 • Making a simple self-starting electric motor, par Seok-In Hong, Jung-In Choi et Seok-Cheol Hong. The Physics Teacher, vol 47, April 2009, p 204-205. • Levitated homopolar motor, par H.K. Wong. The Physics Teacher, vol 47, February 2009, p 124.	
6. Induction électromagnétique				
Professeur Montrer qu'en faisant varier un champ magnétique à proximité d'un circuit (bobine), un courant induit apparaît dans celui-ci. Idem en faisant varier l'orientation	On appelle **inducteur**, la source d'un champ magnétique. L'**induit** est le circuit qui subit la variation de flux magnétique produit par l'inducteur. Toute variation de flux magnétique	Inducteur Induit	Matériel : Aimant, bobines, noyau de fer, transformateur, générateur de courant alternatif, voltmètre, bobine de Rhumkorff, lampes	**4 P**

du champ magnétique, le nombre de spires de la bobine ou sa surface. Faire calculer une tension induite. Pour un transformateur donné, faire calculer la tension de sortie à partir des nombres de spires et de la tension au primaire. Comparer le résultat avec la mesure de la tension au secondaire. Lier la conservation de l'énergie et la loi de Lenz : la production d'énergie électrique par induction est un emprunt à l'énergie mécanique du système. Réaliser une recherche pour comprendre le fonctionnement d'une application des courants de Foucault (par exemple : système de freinage, le tri des déchets métalliques non ferreux, un monnayeur). Montrer que le fonctionnement d'un moteur électrique peut-être inversé pour en faire une génératrice.	de l'inducteur est capable d'engendrer un **courant dans l'induit** qui capte cette variation. La tension associée au courant induit est nommée **tension électromotrice induite** e. Loi de Faraday : une tension électromotrice e est induite dans un circuit lorsque le flux magnétique traversant ce circuit varie au cours du temps. En moyenne, sur un intervalle de temps Δt , cette tension électromotrice induite vaut : $$e_{moy} = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$ La valeur instantanée de la tension électromotrice induite est : $$e = N\lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$ Le **transformateur** est constitué de deux enroulements, le primaire et le secondaire, qui comportent respectivement N_1 et N_2 spires. Ils s'influencent mutuellement de telle manière que, lorsque le primaire est alimenté en courant alternatif, la tension à la sortie du secondaire est égale à la tension à l'entrée du	Courant induit Tension électromotrice induite Transformateur	17. Laboratoire « radio » .Fiche outil UAA6. F7 18. Freinage TELMA par courants de Foucault.	

Réaliser une recherche pour identifier les éléments de montage et les processus qui rendent possible la production d'énergie électrique à partir du magnétisme (par exemple : dynamo, turbine, éolienne). Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (charge électrique, champs électrique et magnétique, force, flux magnétique). **Élève** *Lier la conservation de l'énergie et la loi de Lenz.* *Calculer la tension de sortie d'un transformateur.* *Réaliser une recherche pour identifier les éléments de montage et les processus qui rendent possible la production d'énergie électrique à partir du magnétisme (par exemple : dynamo, turbine, éolienne, …).* *Réaliser une recherche pour comprendre le fonctionnement d'une application des courants de Foucault (par exemple : système de freinage, tri des déchets métalliques non ferreux,*	primaire multipliée par le rapport N_2/N_1 : $$U_2 = \frac{N_2}{N_1} U_1$$ Symbole du transformateur dans les circuits.  **Loi de Lenz** : le courant induit circule dans un sens tel qu'il s'oppose par ses effets, aux causes qui lui ont donné naissance. Les courants induits qui prennent naissance dans un corps conducteur en mouvement dans un champ magnétique (ou soumis à un champ magnétique variant dans le temps) sont appelés **courants de Foucault**. Leur effet est généralement d'échauffer et de freiner les pièces en mouvement. Principe de la **génératrice** électrique.	Loi de Lenz Courants de Foucault Génératrice	19. Expérience et article : Chute d'aimants dans un tube métallique, par Ph. Léonard. Bulletin de l'ABPPC n° 191, vol 49, 2011, p 10-14.	

monnayeur, …). *Expliquer comment transformer une énergie mécanique en énergie électrique et vice-versa.*				
Evaluations sommatives				**3P**
RCD				**2P**

Exemple de planification de séquence (21 périodes)

Accroche (0,5 P)

En guise de transition avec l'UAA5 : maintenir un objet léger (feuille plastique métallisée) en lévitation dans l'air par simple répulsion électrique ou faire la démonstration de l'attraction d'une bulle de savon ou d'un ballon pour les maintenir en lévitation.

Expliquer le résultat de l'expérience à partir des lois de l'équilibre, de l'existence d'une force électrique et du phénomène de polarisation de l'objet en lévitation (s'il est neutre au départ) ou de son électrisation par contact.

L'utilisation d'un détecteur de charge permet de clarifier les polarités présentées par les différents objets.

Force électrique (1,5 P)

Rappels UAA1 de physique et de chimie : types de charges électriques, constitution de l'atome, électro-neutralité, charge élémentaire, quantité d'électricité.

Exemple de la bulle de savon : électrisation par contact et par influence (polarisation).

Électrisation et conservation de la charge électrique. Commentez l'énoncé de B. Franklin : « L'électricité est la manifestation d'accumulation ou de raréfaction d'un fluide électrique unique ».

La force électrique est une force à distance comme la force de gravitation. Enoncer la loi de Coulomb en insistant sur les conditions de sa validité (charges ponctuelles) et sur sa décroissance avec la distance qui sépare les charges (cf. gravitation et surface d'une sphère). Notez les différences avec la gravitation : attraction/répulsion, la différence entre le barycentre des charges et le centre géométrique suite à l'influence, la prépondérance au niveau microscopique/macroscopique.

Exercices : inclure une comparaison entre la force de gravitation et la force électrique entre deux protons, la force de liaison électron-proton dans l'atome d'hydrogène et des exercices illustrant le caractère vectoriel des forces électriques. On peut aussi inclure un exercice sur le nombre d'électrons impliqués dans une électrisation par rapport au nombre total d'électrons dans l'échantillon pour montrer combien l'électrisation reste superficielle.

Outils : 1 à 6

Champ électrique de charges statiques (2 P)

La comparaison entre électricité et gravitation est une base excellente pour introduire les concepts de champ et de potentiel électrique. Pour la gravitation, on a $G = mg$. En électricité, nous écrivons : $F_e = qE$.

Unités de champ électrique : N/C (remarque : 1 N/C = 1 V/m).

La plupart des expériences relativement spectaculaires nécessitent un générateur électrostatique adapté. Une machine de Wimshurst est vivement conseillée mais on peut également utiliser des piézoélectriques (allume-gaz démonté) ou des mini-Vander Graff qui sont peu coûteux.

Sur base d'expériences montrées, cartographier le champ électrique autour d'une « charge unique », autour d'un dipôle et dans un condensateur plan. Traditionnellement, cette expérience est faite avec de la semoule de blé dans l'huile de ricin ou, à sec, à l'aide de semences de gazon disséminées dans un récipient à fond plat. Elle peut également être réalisée à l'aide d'électrodes posées sur du papier conducteur ou avec des cristaux de $KMnO_4$ saupoudrés sur du papier filtre humidifié d'eau salée.

Afin d'éviter que les étudiants n'utilisent que l'expression du champ coulombien, on peut donner et utiliser l'expression du champ uniforme à l'intérieur d'un condensateur plan chargé.

Montrer l'effet de pointe et l'effet « cage de Faraday ». Le champ électrique est nul à l'intérieur d'un conducteur. Noter la répartition des charges électriques uniquement à la surface d'un conducteur.

Exercices

Outil : 7

Évaluation 1 (1P)

Énergie électrique et ddp (2 P)

Comme pour la gravitation, on peut utiliser les forces électriques pour stocker l'énergie sous forme potentielle. Le système est alors mis « sous tension » ! L'énergie stockée correspond au travail réalisé contre les forces électriques.

A $W = mgh$ pour la gravitation correspond en électricité, dans un champ uniforme :

$W = F_e\ d = q\ E\ d$. On définit $U = E\ d = ddp\ élec$ (tension) en volt (V). On généralise ensuite à $W = q\ U$ *et* $U = W / q$.

Par déduction, s'il y a un courant électrique $W = U\ I\ \Delta t$ et $P = U\ I$ (ce qui confirme les relations obtenues dans l'UAA1).

Arracher des électrons (ioniser) aux atomes et molécules nécessite de l'énergie. Pour des électrons périphériques, ces énergies sont souvent de l'ordre de l'électronvolt (eV). Définir l'électronvolt.

Exercices et applications : calcul de vitesse atteinte dans un accélérateur de particules (linéaire), estimation de la ddp entre le nuage et le sol à partir du champ disruptif lors d'un orage, estimation de l'autonomie d'une voiture électrique à partir de sa puissance mécanique et des caractéristiques des batteries, énergie électrique disponible à partir d'un accumulateur (q en mA.h, U en V). Utiliser l'expression du potentiel coulombien dans un exercice.

Évaluation 2 (1 P)

Accroche (0,5 P)

Dans le prolongement des notions vues au début de l'UAA, faire la démonstration de la déviation d'un faisceau cathodique par un champ électrique transversal et ensuite par un aimant.
Expliquez le résultat de l'expérience à partir des lois de la dynamique : dans quelle direction agissent les forces ? Obtient-on une déviation quelle que soit l'orientation de l'aimant ? Comment les deux forces dépendent-elles de la distance ?
On retient également de la démonstration l'existence d'une force électromagnétique qui naît de l'interaction entre un aimant et un courant.

Force électromagnétique et champ magnétique (2,5 P)

Rappels : UAA1 (électroaimant). Un courant électrique (charges en mouvement) se comporte comme un aimant. Il est donc logique que la confrontation d'un aimant et d'un courant (qui est également un « aimant ») produise une force.

Pour la gravitation, nous avons : $G = mg$. En électrostatique, $F_e = qE$. La force électromagnétique sur une charge ponctuelle en mouvement est : $F_M = (qv)B$ où B est appelé champ magnétique de l'aimant (et lorsque B et v sont perpendiculaires). Par contre, l'expérience montre que lorsque le champ magnétique de l'aimant est aligné sur le mouvement des charges, la force est inexistante[3].

Force entre un aimant et un courant (Expérience réalisée par le professeur) : une tige parcourue par un courant subit une force lorsqu'elle est placée à proximité d'un aimant. Expression de la force de Laplace $F = BIL$ (lorsque I et B sont perpendiculaires).

Règle de la main droite ou équivalente.

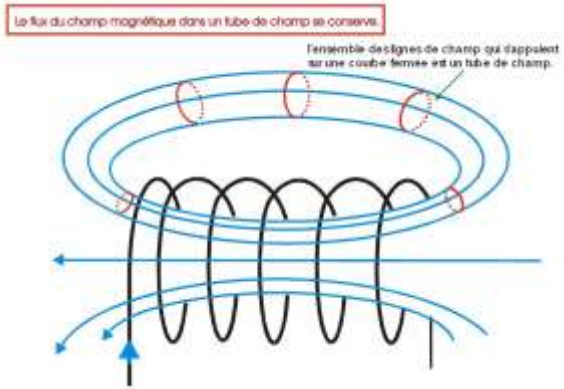
[3] Le cas général peut être abordé au cours des activités complémentaires.

Activité sur les champs magnétiques. Distribuer à différents groupes d'élèves des mini boussoles et/ou de la limaille de fer. Chaque groupe détermine la forme des lignes de champ magnétique autour d'un morceau de ferrite, d'un aimant rectiligne ou en U, d'un fil rectiligne parcouru par un courant, d'une spire ou d'un solénoïde (on peut aussi ajouter un morceau de métal - ferromagnétique ou non - à proximité de l'aimant/électroaimant). Synthèse de chaque groupe et du professeur à propos du sens et de la direction du champ magnétique, de la forme des spectres, des lignes de champ fermées, de la localisation des zones de champ fort (les pôles), des zones de champ uniforme et de la structure dipolaire.

Comparaison de la topologie du champ électrique d'une charge ponctuelle, du champ gravitationnel de la Terre et du champ magnétique d'un barreau aimanté.

On peut aisément mesurer la valeur et la direction de champs magnétiques en utilisant les capteurs inclus dans les smartphones. Des applications dédiées sont disponibles gratuitement. On peut aussi utiliser un tesla-mètre ou une boussole des tangentes.

La notion de flux magnétique peut-être introduite comme indication de la concentration des lignes de champ. Le flux magnétique Φ est défini par $\Phi = B\ S\ cos\ \alpha$.



De façon générale, $B = KI$ avec K différent suivant la géométrie du problème (préciser la valeur de K pour la bobine longue).

Décrire le champ magnétique terrestre.

Hypothèse d'Ampère.

Exercices : LHC au CERN, cyclotron, l'ampèremètre magnétoélectrique, le LHC, tube de Thomson (calcul de e/m avec la mesure du rayon)

Outils : 8 à 15

Moteur électrique (1 P)

Moment de force produit par un champ magnétique sur une spire parcourue par un courant.
Principe du moteur électrique à courant continu. Fabrication d'un moteur DC simple par les élèves : voir outil n°16.
Outil : 16

Induction électromagnétique (3 P)

À partir de l'idée de réciprocité et puisqu'un courant produit un champ magnétique, montrer qu'un champ magnétique peut produire un courant. Le professeur propose plusieurs expériences mettant en évidence l'apparition de courants induits par variation de flux magnétique (par exemple à l'aide d'un aimant et d'une bobine, à l'aide de deux bobines et avec une seule bobine en courant variable - auto-induction).

Synthèse (par le professeur) : la loi de Faraday : $e = N.\frac{d\Phi}{dt} = B\ L\ v$ (quand le conducteur fauche les lignes de champ).

Expérimentation sur le transformateur électrique. Les élèves montent un transformateur (bobines et fer) et mesurent (en AC et DC) les tensions d'entrée et de sortie de ce transformateur. Ils vérifient la règle de multiplication (ou de division) des tensions.

Courants de Foucault (expérience du pendule oscillant dans l'entrefer d'un électroaimant, chute d'un aimant dans un tube métallique). Applications : freinage TGV/camions/trams, tri des métaux non ferreux.

La loi de Lenz est une loi de modération : le courant induit circule dans un sens tel qu'il s'oppose, par ses effets, aux causes qui lui ont donné naissance. Ainsi lorsque c'est le mouvement des conducteurs qui produit l'induction, les forces électromagnétiques s'opposent à ce mouvement (l'emprunt d'énergie électrique se fait aux dépens de l'énergie mécanique des conducteurs).

Exercices

Outils : 17, 18 et 19

Fonctionnement de la génératrice (1P)

Montrer par une démonstration qu'on peut inverser le fonctionnement d'un moteur : en lui fournissant de l'énergie mécanique (on le fait tourner à la main), il produit de l'énergie électrique. Montrer que plus la vitesse de rotation est grande, plus la tension électromotrice induite est grande.

Évaluation 3 (1 P)

RCD (2 P)

Géomagnétisme et orientation
Spectromètre de masse
Expérience de Millikan
Charge et décharge d'un condensateur ; énergie stockée.
Tension aux bornes d'une pile, tension électromotrice, résistance interne.
Distribution de l'énergie électrique à longue distance (alternatif/transfo/haute tension)
Temps de charge d'un condensateur.
Sonde à effet Hall.
Fonctionnement d'un haut-parleur et/ou d'un micro.
Action mutuelle de deux courants rectilignes (expérience). Calcul de la force entre deux courants parallèles (Définition de l'ampère).
Electrophorèse
Fonctionnement d'une lampe « écolo » cinétique
Fonctionnement d'un accéléromètre ou d'un écran tactile
Cristaux liquides (LCD) et champ électrique
Electrolocation (poissons électriques, requins)
Champ électrique atmosphérique, champ disruptif dans l'air
Chauffage par induction
Auto-induction
Magnétorésistance (GMR) et disques durs des ordinateurs
Tube de Thomson pour la mesure de e/m
Aurores boréales
Identification de particules élémentaires sur base d'images (LHC par ex)

Outils

Ordre de grandeur des charges électriques usuelles

- Charge de l'ordre du nC pour la triboélectricité
- Foudre : une centaine de C par décharge

Ordre de grandeur de champs électriques

- Valeur du champ électrique disruptif dans l'air : environ 1 kV/mm
- Champ électrique atmosphérique : de 100 à 200 V/m
- Limite d'utilisation pour les GSM : 3 V/m

Ordres de grandeur de champs magnétiques

- $B_{Terre} = 50\ \mu T$
- B vaut environ 1 T près des pôles d'un aimant néodyme
- $B_{LHC} = 8\ T$
- $B_{étoile} = 10^{14}\ T$
- B < quelques centaines de mT autour des appareils électriques domestiques.

Activités de physique (15 P)

Les 25 périodes d'activité complémentaire en physique permettent au professeur de proposer des séances de laboratoire additionnelles (voir par exemple parmi les outils indiqués dans le programme ci-dessus), d'approfondir les expérimentations menées en classe et également d'aborder des notions connexes mais absentes du programme (voir ci-dessous) ou encore de perfectionner les savoirs faire au travers de la résolution d'exercices et de problèmes.

On peut, par exemple, énoncer l'expression de la force de Lorentz et celle de Laplace, dans le cas général de la vitesse (courant) et du champ magnétique faisant un angle quelconque entre deux.

Les activités possibles présentées dans la liste de Remédiation-Consolidation-Dépassement sont autant de sujets qui peuvent être également abordés dans ce cours complémentaire.

Pour un total de 12 périodes, les matières suivantes permettent d'étendre la compréhension des élèves de l'électromagnétisme.

1. Condensateur (optionnel)				
Professeur Indiquer que la capacité électrique d'un conducteur détermine la quantité de charges électriques qu'il peut accumuler lorsqu'on le soumet à une ddp donnée (par rapport à la Terre, par exemple). Montrer qu'un condensateur peut accumuler l'énergie électrique sous forme potentielle.	La charge q portée par un conducteur soumis à une tension U par rapport à la Terre vaut $q = CU$ où C est la **capacité électrique** du conducteur. Unité SI de capacité électrique : F (farad). $1F = 1\frac{C}{V}$ **Condensateur plan** : deux plaques conductrices parallèles séparées par un isolant et portant des charges opposées. Le **champ électrique** dans un	Capacité électrique Condensateur plan Champ uniforme entre deux plaques	Matériel : condensateurs et supercondensateurs, voltmètre, moteur miniature, LED, résistances. 20. Laboratoire « condenser » Fiche UAA6.F2 21. Supercondensateurs : voir Pour la Science, n° 439, Mai 2014, p 86-88, par JM Courty et Edouard Kierlik. 22. Liste de permittivités	**4 P**

	condensateur plan est **uniforme**. La capacité C d'un condensateur plan est $C = \frac{\varepsilon S}{d}$ ε est la permittivité absolue de l'isolant. $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ où ε_r est la permittivité relative de l'isolant. **L'énergie électrique** E_{pot} accumulée dans un condensateur plan chargé est $E_{pot} = \frac{1}{2} C U^2$	parallèles Énergie d'un condensateur chargé	relatives. Air : 1,00059 Eau pure : 80 Mica : 7 à 8 Caoutchouc : 3 Porcelaine : 6 à 8 Verre : 3 à 5	
2. Circuits électriques (optionnel)				
Professeur Estimer la vitesse de dérive des électrons dans un métal traversé par un courant À l'aide d'un modèle microscopique, obtenir l'expression de la résistance d'un fil conducteur à partir de la densité de porteurs de charges et de la force de « frottement » imposée par le réseau atomique. Faire construire et calculer des	Rappel : En moyenne, l'**intensité** I du **courant électrique** est la quantité de charge q qui traverse une section du conducteur par unité de temps $I_{moy} = \frac{q}{\Delta t}$ À un instant donné, l'intensité instantanée est : $i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{q}{\Delta t}$ Circuits électriques : • Loi d'Ohm • Résistance d'un fil et	Intensité du courant électrique Courant électrique Loi d'Ohm	23. Vitesse de dérive des électrons : voir Physique 5e, Partie II : Électrocinétique, pages II.9-10 (CTPe) Modèle microscopique de la résistance électrique : idem. 24. Laboratoires « résister » et « Recharger » Fiches UAA6.F3 et F4 25. Notes, par A. Bellemans. Fiche UAA6. F5 Matériel : Multimètres, énergimètre (CTPe,	**8 P**

circuits électriques contenant plusieurs types de composants (résistances, LED, générateur, conducteurs non-ohmiques, …).	**résistivité** • Puissance et énergie électriques, **effet Joule** • Résolution de circuits électriques • Association de résistances • Lois de Kirchhoff[4]	Résistivité Effet Joule	Code : ED400100025) , Miniboîte pour l'étude de l'électricité (CTPe Code : ED210051000), LED, résistances, thermomètre, lampes témoins.	

[4] Loi des nœuds et loi des branches (mailles). Se limiter à quelques cas simples.

Bibliographie

Références scientifiques

Hecht, E. (1999). Physique. Louvain-La-Neuve : De Boeck.

Harris Benson (1999). Physique II. Electricité et magnétisme : De Boeck

C. Ray et J-Cl Poizat (2007). La physique par les objets quotidiens. Ed. Belin – Pour la Science

Making a simple self-starting electric motor. S-I Hong and J-I Choi. The Physics teacher vol 47, April 2009, p 204-205.

The Electric fields experiment: a new way using conductive tape, Alan I. Benimoff. The Physics Teacher, vol 44, March 2006, p 140-141.

Magnetic field sensor. Nicolas Silva. The Physics teacher, vol 50, september 2012, p 372.

Observation of the magnetic field using a smartphone. Y. Ogawara, S. Bhari et S. Mahrley. The Physics Teacher, vol 55, Mars 2017, p 184-185.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Collectif (2015). Électromagnétisme. Science et culture ASBL.

Expériences – Électrostatique. Frameries : CTP. P24,99.

Collectif d'enseignants. Physique 5e Année. Tome 2. Électrostatique et électrocinétique. Frameries : CTP. P23,99

Sitographie

Ordre de grandeur de la charge électrique disponible à partir de batteries/piles : http://data.energizer.com/PDFs/E92.pdf

Courbure des trajectoires de particules sous l'effet des champs magnétiques : http://home.web.cern.ch/students-educators

Le site web du cnrs : Ampère et l'histoire de l'électricité. http://www.ampere.cnrs.fr/?lang=fr

Physique

Sciences générales

3e degré

UAA 7

« Oscillations et ondes »

Durée prévue pour l'UAA7 (27 périodes) : de septembre à février en 6e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« Oscillations et ondes »

Compétences à développer

- **Décrire et expliquer une application, un phénomène ou une expérience impliquant la transmission d'une information via une onde.**
- **Déterminer la valeur de grandeurs physiques propres à un phénomène oscillant.**

Processus

Appliquer

- Comparer les plages d'audibilité de quelques volontaires.
- Déterminer expérimentalement la période et la fréquence d'un mouvement harmonique ou les caractéristiques d'un résonateur. En comparant à la valeur calculée, vérifier les valeurs obtenues en fonction du dispositif employé.
- Mettre en évidence une des propriétés des ondes à l'aide d'une réalisation expérimentale ou d'un ou plusieurs documents (par exemple : propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, résonance, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires).
- Estimer la valeur d'une grandeur physique dans une situation impliquant un phénomène ondulatoire (par exemple: la longueur d'onde au moyen d'une figure d'interférence, la taille d'un obstacle par un phénomène de diffraction, ...).
- A partir d'une expérience réalisée en classe faisant intervenir l'induction magnétique entre bobines, décrire comment produire et capter une onde électromagnétique.

Transférer

- A partir d'un ou de plusieurs documents, de mesures ou d'une réalisation expérimentale, expliquer comment utiliser les propriétés des ondes dans le cadre :
  - soit d'une application technologique (par exemple : le « Doppler » médical, l'échographie par ultrasons) ;
  - soit d'un instrument de musique ;
  - soit d'un phénomène naturel (par exemple : l'écholocation, le tsunami, la propagation des ondes sismiques).
- Mener une recherche critique sur les effets d'un type d'onde particulier (par exemple : son, infrarouge, ultraviolet, micro-ondes, ondes GSM, rayons X).



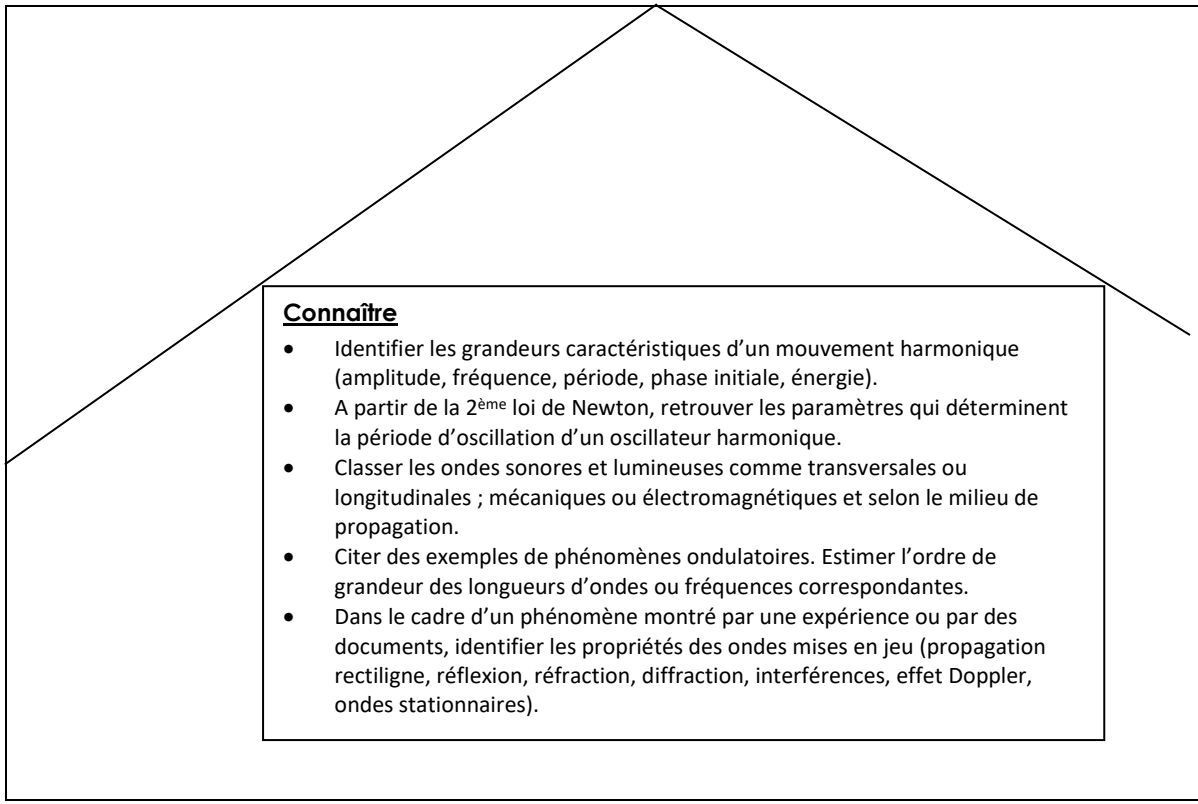
Ressources

Pré-requis

- UAA 6 de Physique (induction magnétique)
- Fonctions trigonométriques et dérivées

Savoirs disciplinaires

- Oscillateur harmonique (ressort) : équation du mouvement, période, énergie
- Période, fréquence, longueur d'onde, élongation, amplitude
- Résonance
- Vitesse de propagation et milieu de propagation
- Concordance de phase et opposition de phase
- Ondes longitudinales et transversales
- Principe de superposition de deux ondes
- Transmission d'énergie, réflexion, réfraction, diffraction
- Interférences, effet Doppler/Fizeau
- Ondes sonores (intensité sonore, niveau sonore, plage d'audibilité, hauteur, timbre) - Oscillogramme d'un son pur et timbre d'une voix de fréquence voisine
- Ondes électromagnétiques (spectre électromagnétique)



Connaître

- Identifier les grandeurs caractéristiques d'un mouvement harmonique (amplitude, fréquence, période, phase initiale, énergie).
- A partir de la 2ème loi de Newton, retrouver les paramètres qui déterminent la période d'oscillation d'un oscillateur harmonique.
- Classer les ondes sonores et lumineuses comme transversales ou longitudinales ; mécaniques ou électromagnétiques et selon le milieu de propagation.
- Citer des exemples de phénomènes ondulatoires. Estimer l'ordre de grandeur des longueurs d'ondes ou fréquences correspondantes.
- Dans le cadre d'un phénomène montré par une expérience ou par des documents, identifier les propriétés des ondes mises en jeu (propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires).

Savoir-faire disciplinaires

- Calculer une fréquence à partir d'une période et vice-versa.
- Appliquer la relation $v = \lambda/T$.
- Estimer un ordre de grandeur (longueur d'onde, période, fréquence).
- Appliquer la formule de l'effet Doppler.
- Estimer la valeur de l'interfrange dans une figure d'interférence.
- Calculer la fréquence propre d'un système oscillant.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (longueur d'onde, période, fréquence, élongation, amplitude,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (longueur d'onde, période, fréquence, élongation, amplitude,…).

Considérations pédagogiques

Prérequis : Pression (UAA2), optique (UAA4), lois de Newton, vitesse, accélération et MCU (UAA5), induction électromagnétique (UAA6), fonctions trigonométriques et dérivée (math).

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils-liens suggérés Informations utiles	Timing suggéré
Mouvements oscillants				
Professeur Citer des exemples de phénomènes périodiques. Pour un mouvement périodique donné, faire calculer la période à partir de la fréquence ou vice-versa (exemple : rotation de la Terre, rythme cardiaque, une note de musique, une émission radio …) Sur base de l'observation d'un	Un phénomène est périodique s'il se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers. La **période** T d'un **phénomène périodique** est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même. La **fréquence** f d'un phénomène périodique est numériquement égale au nombre de périodes par unité de temps. $$f = \frac{1}{T}$$ Unité SI de fréquence : le hertz (Hz). 1 Hz = 1 s^{-1} Une période correspond à un cycle ou un tour c'est-à-dire à 2π radians, en termes angulaires. La **pulsation** ω d'un oscillateur indique le nombre de radians par seconde, soit : $$\omega = 2\pi f$$	Mouvement périodique Période Fréquence Pulsation	1. Vidéo de saut à l'élastique. Exemple : http://www.sport-xtreme.fr/8eme-saut-a-lelastique-le-plus-haut-du-monde/ 2. Laboratoire sur la résonance : fiche UAA7-F1. Laboratoire « Micro à charbon » : fiche UAA7-F2. 3. Appareil pour l'étude du phénomène de résonance. CTP : MV460011101 4. Effondrement du pont de Tacoma : https://www.youtube.com/watch?v=uhWQ5zr5_xc Matériel utile : corde élastique, ressort du type « slinky », pendules, chronomètre,	**5 P**

mouvement harmonique (document vidéo, enregistrement de la position par un capteur, chronophotographie…), faire identifier l'amplitude, la pulsation et la phase initiale. Faire mesurer la période et la fréquence d'un pendule et celle d'un objet suspendu à un ressort. Comparer le résultat de la mesure avec la valeur calculée. Utiliser l'analyse dimensionnelle, la période mesurée et la deuxième loi de Newton afin de retrouver l'expression de la période d'un pendule élastique.	Une **oscillation** est décrite par une grandeur physique appelée élongation, notée y, qui subit des variations périodiques de part et d'autre d'une valeur moyenne (équilibre). Équation horaire du mouvement harmonique simple : $$y = A\sin(\omega t + \varphi)$$ où y est **l'élongation**, A l'amplitude, ω la pulsation et φ la phase initiale. L'**amplitude** A d'une oscillation est son élongation maximale. La **phase initiale** φ indique l'élongation et la vitesse initiales (à $t = 0$). **L'oscillateur harmonique** type est le pendule élastique c'est-à-dire un ressort auquel on accroche une masse. Sa période T est $$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$ où m est la masse accrochée au ressort (en kg) et k la constante de raideur du ressort (en N/m). T est en s. Le pendule simple (une masse ponctuelle suspendue à l'extrémité d'un fil inextensible et sans masse) n'est qu'approximativement harmonique lorsque l'amplitude angulaire ne dépasse pas 15°. Dans ce cas, on parle	Oscillation Élongation Amplitude Phase initiale Oscillateur harmonique	oscilloscope (sur ordinateur par ex : winoscillo), enregistrements d'électrocardiogrammes, stroboscope, deux diapasons identiques et un cavalier.	

Réaliser une expérience illustrant les conditions de résonance (ex : pendules couplés, diapasons accordés et caisse de résonance). **Élève** *Identifier les grandeurs caractéristiques d'un mouvement harmonique (amplitude, fréquence, période, phase initiale, énergie).* *A partir de la 2ème loi de Newton, retrouver les paramètres qui déterminent la période d'oscillation d'un oscillateur harmonique.* *Déterminer expérimentalement la période et la fréquence d'un mouvement harmonique ou les caractéristiques d'un résonateur. En comparant à la valeur calculée, vérifier les valeurs obtenues en fonction du dispositif employé.* *Calculer la fréquence propre d'un système oscillant.*	d'isochronisme des petites oscillations : $$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$ où L est sa longueur (en m) et g le champ de pesanteur (en N/kg). Lorsqu'on compare deux mouvements harmoniques de même fréquence, on peut préciser leur différence de phase : Si $\Delta\phi = 0$, ils sont en **concordance de phase** Si $\Delta\phi = \pi/2$, ils sont en **quadrature de phase** Si $\Delta\phi = \pi$, ils sont en **opposition de phase** **Énergie d'un oscillateur** harmonique est : $$E = \frac{1}{2}kA^2$$ où A est l'amplitude et k la constante de raideur. Un oscillateur laissé à lui-même voit son énergie diminuer sous l'effet des frottements : l'oscillation est amortie. L'**amortissement** est caractérisé par une diminution d'amplitude sans que la fréquence varie notablement. Pour entretenir efficacement l'oscillation d'un système, la transmission d'énergie doit se faire à la même fréquence que la fréquence propre du système (condition de **résonance**).	Concordance de phase Quadrature de phase Opposition de phase Énergie d'un oscillateur Amortissement Résonance		

Propagation d'une onde				
Professeur Citer des exemples de phénomènes ondulatoires. Reconnaître une onde transversale et une onde longitudinale Faire mesurer la vitesse de propagation d'une onde (ex : son, onde transversale sur une corde, rides sur l'eau, ondes	Dans un milieu élastique, une perturbation en un point engendre une perturbation des points voisins qui se propage de proche en proche. On appelle onde mécanique la propagation d'une perturbation (un signal) dans un milieu élastique. À partir de la source, une onde mécanique se propage dans toutes les directions. Si le milieu est homogène, la propagation se fait en ligne droite. On distingue généralement trois modes de propagation : • Une **onde transversale** produit une perturbation dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation. • Une **onde longitudinale** produit une perturbation dans la direction de la propagation. • Une **onde de torsion** est une onde où les points du milieu tournent localement autour de la direction de propagation. Dans un milieu homogène, la **vitesse de propagation** (ou célérité) d'un signal est constante.	Onde transversale Onde longitudinale Onde de torsion Vitesse de propagation (ou célérité)	Matériel : ressort du type « Slinky », échelle de perroquet, corde élastique, ondoscope (voir outil n°5), enregistrements d'échographies, enregistrements de sismographes, vibreur, moteur muni d'un excentrique, stroboscope, cuve à ondes, photographies aériennes de vagues. 5. Physique. Étude des ondes adaptée au niveau B, CAF 2000-2001 6. Énergie marémotrice : voir http://www.oceanpd.com 7. Raz de marée et tsunamis : www.insu.cnrs.fr 8. Une photographie d'une corde élastique oscillant en régime d'ondes stationnaires permet	**5P**

longitudinales dans un ressort slinky). Identifier la longueur d'onde d'un phénomène ondulatoire à partir d'un dessin, d'une photo, d'une analyse stroboscopique ou d'une simulation. Estimer l'ordre de grandeur des longueurs d'ondes de phénomènes ondulatoires connus (exemples : vagues, musique …). Faire appliquer la relation $v = \lambda/T$ pour estimer la valeur d'une longueur d'onde, d'une période ou d'une fréquence. Montrer par un exemple qu'une onde transporte de l'énergie et que celle-ci est liée à l'amplitude de l'onde. **Élève** *Citer des exemples de phénomènes ondulatoires. Estimer l'ordre de grandeur des longueurs d'ondes ou fréquences correspondantes.*	La **longueur d'onde** λ est égale à la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à sa période T : $$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$ Une onde progressive sinusoïdale est la propagation d'une oscillation harmonique simple et entretenue dans un milieu supposé infiniment grand et homogène. Le long d'une direction de propagation (notée x), les différents points du milieu reproduisent la vibration de la source S avec un retard $\Delta t = \frac{x}{v}$ si la source S est au point de coordonnée $x = 0$. On a : $$y = Asin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi)$$ La vitesse de propagation d'un signal varie en fonction des caractéristiques du milieu, essentiellement son élasticité et sa densité. D'autre part, la vitesse du son augmente avec la température ; la vitesse des vagues augmente avec la profondeur et la vitesse des ondes sur une corde augmente avec la force de tension. Une onde est une propagation d'énergie sans propagation de matière. Le milieu est rétabli dans son état initial après le passage de l'onde. Si l'onde rencontre un objet, elle peut lui céder une partie de son énergie et constituer ainsi un mode de « communication » d'un endroit à l'autre.	Longueur d'onde	de visualiser la périodicité spatiale de l'onde sur cet « instantané ». Une analyse stroboscopique permet d'obtenir le même résultat. 9. Laboratoire pour déterminer la fréquence d'un diapason à l'aide d'un tourne-disque UAA7-F3.	

Propriétés des ondes				
Professeur Réaliser des expériences à l'aide d'une cuve à ondes, d'une corde élastique, d'un ressort du type « slinky » ou d'une échelle de perroquet, pour illustrer les propriétés générales des ondes. Calculer le déphasage entre les vibrations de deux points atteints par une onde progressive sinusoïdale. Faire identifier une propriété des ondes à partir d'un document ou d'une expérience réalisée en classe (par exemple : propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, interférences, effet Doppler, superposition, ondes stationnaires). Déterminer la direction de propagation d'une onde après réflexion, réfraction ou diffraction.	**Principe de superposition** : deux ondes peuvent se croiser sans se perturber. Au lieu et au moment du croisement, l'élongation résultante est la somme des élongations des deux ondes. Dans le cas d'une onde progressive sinusoïdale, la **différence de phase** entre les oscillations de 2 points atteints par l'onde et séparés d'une distance d est : $\Delta\varphi = \frac{\omega d}{v}$ Le long de la direction de propagation, la longueur d'onde λ est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en concordance de phase. **Réflexion** : lorsqu'une onde rencontre un obstacle fixe, celle-ci repart dans une direction telle que les angles d'incidence et de réflexion sont égaux (ces angles sont mesurés entre la direction de propagation et la normale à l'obstacle au point d'incidence). Si la réflexion est « dure », contre un obstacle dans lequel l'onde se propage plus lentement ou ne se propage pas du tout, le signal réfléchi est inversé ; il est déphasé de π par rapport au signal incident.	Principe de superposition Différence de phase Réflexion	Matériel : cuve à ondes, photographies aériennes de vagues, ressort du type « slinky », enregistrements ultrasonores (sonar), corde élastique, échelle de perroquet (appareil de Weller), enregistrements de Doppler médical. 10. Cuve à ondes pour rétroprojecteur avec générateur et accessoires. CTP MV130012751	**5P**

Calculer la longueur d'onde après réfraction. À partir de l'observation de la réfraction d'une onde, montrer comment estimer la vitesse de l'onde transmise. À partir d'une figure de diffraction ou d'interférences et de la longueur d'onde, montrer comment estimer la taille de l'obstacle ou la distance entre les sources secondaires. À partir de la fréquence perçue par un observateur et de celle émise par la source, montrer comment estimer la vitesse relative de l'observateur par rapport à la source. Montrer que les instruments de musique sont le siège d'ondes	**Réfraction** : si la vitesse d'une onde est modifiée lors d'un changement de milieu, la longueur d'onde est modifiée (f reste inchangée). Si la direction de propagation incidente n'est pas confondue avec la normale à la surface de séparation des deux milieux, l'onde transmise est réfractée : elle change de direction de propagation. La loi de la réfraction est : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ avec $\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, i et r les angles d'incidence et de réfraction, n_1 et n_2 les indices de réfractions des deux milieux. Principe d'Huygens : tout point atteint par une onde peut être considéré comme source d'une ondelette secondaire qui se propage comme l'onde initiale. Les fronts de l'onde transmise sont l'enveloppe extérieure des ondelettes secondaires obtenue par superposition. **Diffraction** : une onde est capable de contourner un obstacle et de se propager dans la zone d'ombre de cet obstacle lorsque la taille de l'obstacle est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. **Interférences** (par superposition) : deux ondes de même fréquence et de même	Réfraction Diffraction Interférences		

stationnaires (guitare, violon, piano, cordes vocales, diapason …). Calculer la fréquence fondamentale du son émis par un instrument à corde. **Élève** *Mettre en évidence une des propriétés des ondes à l'aide d'une réalisation expérimentale ou d'un ou plusieurs documents (par exemple : propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, résonance, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires).* *Estimer la valeur d'une grandeur physique dans une situation impliquant un phénomène ondulatoire (par exemple : la longueur d'onde au moyen d'une figure d'interférence, la taille d'un obstacle par un phénomène de diffraction, ...).* *Dans le cadre d'un phénomène montré par une expérience ou par des documents, identifier les propriétés des ondes mises en jeu (propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires).*	amplitude peuvent se combiner en un même point pour se renforcer (concordance de phase / interférence constructive) ou s'annuler (opposition de phase / interférence destructive). δ est la **différence de marche** entre les ondes originaires de 2 sources différentes S_1 et S_2, au point P. $\delta = \lvert d(P,S_1) - d(P,S_2) \rvert$ Si $\delta = n\lambda$, l'interférence est constructive en P, Si $\delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$, l'interférence est destructive en P , avec n, un nombre entier. **Effet Doppler** : lorsqu'une source et un observateur sont en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre, la fréquence perçue est modifiée. $$f^* = f\frac{v+v^*}{v-u}$$ où f^* est la fréquence perçue par l'observateur, f la fréquence de la source, v la vitesse de propagation de l'onde, v^* la vitesse de l'observateur vers la source et u la vitesse de la source vers l'observateur. **Ondes stationnaires** et corde de Melde : une corde tendue entre deux points fixes possède des fréquences propres multiples qui sont des multiples entiers d'une fréquence fondamentale (harmoniques).	Différence de marche Effet Doppler Ondes stationnaires		

A partir d'un ou de plusieurs documents, de mesures ou d'une réalisation expérimentale, expliquer comment utiliser les propriétés des ondes dans le cadre : ➢ *soit d'une application technologique (par exemple : le « Doppler » médical, l'échographie par ultrasons) ;* ➢ *soit d'un instrument de musique ;* ➢ *soit d'un phénomène naturel (par exemple : l'écholocation, le tsunami, la propagation des ondes sismiques).*	Sollicitée à l'une de ces fréquences, la corde entre en résonance en se partageant en n fuseaux tels que : $L = n\frac{\lambda}{2}$ avec n, un nombre entier. Il n'y a aucun transfert d'énergie entre les fuseaux ce qui justifie l'appellation « stationnaire ». Les points qui restent fixes sont les ***nœuds de vibration***. Les lieux d'amplitude maximale sont les ***ventres de vibration***.	Nœuds et ventres de vibration		
Acoustique				
Professeur Identifier les ondes sonores comme mécaniques et longitudinales. Montrer que le son ne se propage pas dans le vide. Sur base de l'observation d'un oscillogramme sonore ou de documents, identifier la hauteur, l'amplitude et illustrer le timbre d'un son. Montrer l'oscillogramme d'un son pur et le timbre d'une voix à	Le son est produit par des oscillateurs mécaniques (ondes de compression). La propagation du son est assurée par les propriétés élastiques des milieux matériels. Le son est une onde mécanique longitudinale. • La **hauteur d'un son** est en relation avec la fréquence. Au plus la fréquence d'un son est élevée, plus le son est aigu ; plus la fréquence est basse, plus le son est grave. • **L'intensité du son** est en relation avec l'amplitude du signal. Plus l'amplitude du signal (et donc l'énergie) est grande,	Hauteur d'un son Intensité sonore	Matériel : micro, ordinateur (logiciel du type « winoscillo » ou « audacity »), diapasons, modèle de haut-parleur électrodynamique du CTP (ET130000001), stroboscope, smartphone, sonomètre, tube de Kundt. 11. Logiciel winoscillo : http://www.gratuiciel.com/telecharger/winoscillo-7363.html 12. Sensibilité de l'oreille humaine : depuis 10^{-4} Pa (10^{-12} W/m² ou 0 dB)	**3P**

fréquence voisine. Comparer les plages d'audibilité de quelques volontaires. Comparer les niveaux sonores de deux sons d'intensités données. Calculer la longueur d'onde dans l'air et dans l'eau d'une onde sonore de fréquence donnée. Faire estimer la distance à un orage grâce à la vitesse du son. **Élève** *Classer les ondes sonores et lumineuses comme transversales ou longitudinales ; mécaniques ou électromagnétiques et selon le milieu de propagation.* *Comparer les plages d'audibilité de quelques volontaires.*	plus le son est intense. • **Le timbre d'un son** indique sa complexité. Plus le signal sonore est complexe (fréquences multiples), plus le son est riche. Plage d'audibilité Le domaine des fréquences sonores perceptibles par l'oreille humaine s'étend, dans les meilleurs cas, de 16 Hz (son grave) à environ 20 000 Hz (son aigu). En deçà de 16Hz, on parle d'infrasons et, au-delà de 20 000 Hz d'ultrasons. L'intensité acoustique I est la mesure de la puissance transportée par l'onde sonore par unité de surface, en W/m². Le **niveau d'intensité sonore** β est $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ en dB (décibel). $I_0 = 10^{-12}$ W/m² est l'intensité seuil. **Vitesse du son** dans l'air ≈ 340 m/s Vitesse du son dans l'eau ≈ 1430 m/s Vitesse dans l'acier ≈ 7 km/s Superposition de deux sons : • de même fréquence (unisson). • de fréquences légèrement différentes (**Battements** et modulation d'amplitude : la fréquence des battements est la différence des deux fréquences).	Timbre d'un son Niveau d'intensité sonore Vitesse du son Battements	jusqu'à la douleur à partir de 10 Pa (1 W/m² ou 120 dB). 13. Applications pour smartphone : RecForge Lite, FrequenSee, Sonomètre, etc. 14. Détermination de la fréquence d'un diapason : Fiche UAA7-F3 15. Réglementation des nuisances sonores : http://environnement.wallonie.be/legis/BRUIT/bru013.htm 16. Collection pour l'étude des ultrasons  CTP : MV400000003 17. Tube de Kundt, CTP : MV300011116 18. Propagation d'une perturbation de pression : CTP MV400000001 19. Mesure de la vitesse du son grâce aux échos. Bulletin 45-175 de l'ABPPC (2007).	

Ondes électromagnétiques				
Professeur Montrer à l'aide d'un transformateur sans noyau de fer, qu'une oscillation électrique peut être transmise d'une bobine à l'autre. Décrire la succession des différents domaines des ondes électromagnétiques et situer un rayonnement de longueur d'onde donnée dans le spectre électromagnétique. Expliquer et commenter le spectre électromagnétique (échelle des longueurs d'onde, échelle énergétique, utilisations pratiques, dangers potentiels).	L'oscillation entretenue d'électrons produit, à distance, des champs électrique et magnétique couplés, oscillants à la même fréquence. La propagation de ces champs dans l'espace présente un caractère ondulatoire. Les **ondes électromagnétiques** sont des ondes transversales capables de se propager dans le vide. Le **spectre électromagnétique** : La région du visible est comprise entre 400 (violet) et 800 nm (rouge). La région infrarouge est entre 800 nm et 3000 nm. La région des UV est comprise entre 400 nm et 80 nm. La lumière est une onde électromagnétique. Les différentes couleurs correspondent à différentes longueurs d'onde. Une **lumière monochromatique** est caractérisée par sa fréquence ; cette fréquence ne change pas quel que soit le milieu de propagation. La lumière blanche est polychromatique. Elle est constituée d'une infinité de longueurs d'onde différentes. La vitesse de propagation des ondes électromagnétiques est :	Onde électromagnétique Spectre électromagnétique Lumière monochromatique	Matériel : laser, réseau de diffraction (ou CD/DVD), smartphone, four à µ-ondes, diapositive à double fente, fente unique, matériel « photonics explorer ». 20. A l'aide d'un détecteur de µ-ondes, on peut vérifier étanchéité des fours à µ-ondes et la variation de l'intensité d'un tel rayonnement électromagnétique avec la distance. 21. Diffraction de la lumière par d'un cheveu : article dans le bulletin de l'ABPPC n° 202, octobre 2014 et matériel « Photonics explorer » : http://www.eyest.eu/Programs/Photonics-Explorer. 22. Vitesse de la lumière et four à µ-ondes. Pour La Science n°404, juin 2011, p 96-98. Par JM Courty et Édouard Kierlik.	**4P**

Montrer expérimentalement la diffraction et les interférences lumineuses. Estimer la valeur de l'interfrange dans une figure d'interférence à deux sources secondaires. Appliquer la formule de l'effet Doppler dans le cas de la lumière. **Élève** *Classer les ondes sonores et lumineuses comme transversales ou longitudinales ; mécaniques ou électromagnétiques et selon le milieu de propagation.* *A partir d'une expérience réalisée en classe faisant intervenir l'induction magnétique entre bobines, décrire comment produire et capter une onde*	$c = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0}}$, dans le vide. ε_0 est la permittivité diélectrique du vide et μ_0 la perméabilité magnétique du vide. Dans d'autres milieux, $v = \frac{c}{n}$ où n est l'indice de réfraction du milieu. En éclairant, à l'aide d'une lumière monochromatique, deux fines fentes parallèles et très proches dans un obstacle opaque, on obtient une figure d'interférences lumineuses sur un écran lointain : la valeur de l'**interfrange** (distance entre deux franges brillantes consécutives) est : $i = \frac{\lambda D}{a}$ où λ est la longueur d'onde, D la distance à la l'écran et a la distance entre les fentes. Diffraction de la lumière. La lumière contourne les obstacles et se propage dans la zone d'ombre de ceux-ci mais ce phénomène n'est notable que pour des obstacles dont la taille est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. La lumière diffractée donne également lieu à des interférences entre les ondelettes issues des différents points de l'obstacle.	Interfrange	23. Application smartphone pour visualiser les infrarouges. Voir http://cache.media.eduscol.education.fr/file/PC/57/7/LyceeGT_Ressources_PC_1_enseignement-specifique_187577.pdf 24. Application smartphone pour visualiser les signaux GPS. Appli GPS Test, ISSDetector 25. Capteur d'ondes électromagnétiques sur smartphone : Appli Wi-Fi Analytics. 26. Collection pour l'étude de l'optique ondulatoire : CTP Code : OP160010001 27. Propagation des effets d'une perturbation de tension : CTP MV500000001	

électromagnétique. *Mener une recherche critique sur les effets d'un type d'onde particulier (par exemple : son, infrarouge, ultraviolet, micro-ondes, ondes GSM, rayons X).*	**Effet Doppler-Fizeau**. Pour les ondes électromagnétiques, l'effet Doppler est tel que : $\frac{\Delta f}{f} = -\frac{v}{c}$ où v est la vitesse de la source dans le sens de propagation de l'onde.	Effet Doppler-Fizeau		
Évaluations sommatives				**3P**
RCD				**2P**

Exemple de planification de séquence (27 P)

- **Accroche (1 P)**

Faire écouter un son pur de fréquence variable et le visualiser à l'oscilloscope (ou sur ordinateur avec Winoscillo, par exemple). On peut également réaliser la manipulation « Micro à charbon » (Outil n° 2, fiche UAA7-F2) qui permet de faire la transition entre l'unité d'électromagnétisme (UAA6) et celle des ondes.

Identifier et définir les caractéristiques principales des oscillations observées : y, T, f, ω, A, ϕ.

Ou bien :

Montrer une vidéo d'un saut à l'élastique (Outil n°1). Exemple : http://www.sport-xtreme.fr/8eme-saut-a-l'élastique-le-plus-haut-du-monde/ (période mesurée : 12 secondes). En observant la vidéo, on peut envisager les questions suivantes :

- l'amplitude de l'oscillation est-elle constante ?
- la période est-elle constante (même si l'amplitude varie) ?
- quels paramètres déterminent la période d'oscillation ?

Pour répondre à ces questions et comprendre les réponses, on peut ensuite simuler le saut à l'élastique à l'aide de ressorts et de masses. L'influence de g peut être vérifiée en laissant osciller le ressort le long d'un plan incliné.
Les conclusions de ces tests mènent à :

- la période T ne dépend pas de l'amplitude.
- la période T augmente avec la masse m et diminue avec la raideur du ressort.

Au cours de ces observations, on définira au passage les notions de période, de fréquence, d'élongation, d'amplitude et d'amortissement.

Outil : 1, 2

- **Oscillations (4 P)**

1. Caractéristiques d'un mouvement périodique.

   Observer et mesurer l'oscillation d'un ressort à l'aide d'un capteur de mouvement et retrouver le caractère sinusoïdal du mouvement. Montrer l'indépendance de T à l'amplitude.

   Définition du mouvement harmonique simple. Écrire l'équation canonique du mouvement harmonique : $y = A\,sin(\omega t + \varphi)$

Faire rechercher expérimentalement par les élèves la dépendance de la période à *k* et *m* pour un ressort et à *L* (et *g*) pour le pendule simple.

A partir de l'équation de la position *y(t)*, rechercher l'expression de la vitesse ($\frac{dy}{dt} = v$) et celle de l'accélération ($a = \frac{dv}{dt}$) et en déduire $a = -\omega^2 y(t)$ => Force de rappel : $F = -ky$ avec $k = m\omega^2$.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un mouvement rectiligne soit harmonique est que la force résultante soit une force de rappel du type : $F = -ky$. Appliquer cette relation de façon spécifique au ressort, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, et au pendule simple, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$. Développer l'aspect énergétique : $E = \frac{1}{2}kA^2$. Montrer que l'oscillation de position est aussi une oscillation d'énergie (potentielle et cinétique).

Dans le cas du pendule simple, montrer l'isochronisme des petites oscillations.

2. Comparaison et composition de deux mouvements harmoniques

   a. de même fréquence : concordance, opposition, déphasage quelconque. (L'utilisation d'un tableur sur ordinateur permet de tracer et de comparer aisément les oscillations).

   b. de fréquences proches : réaliser une expérience de battements à l'aide de diapasons munis de cavaliers. On peut également visualiser ces battements sur un oscilloscope ou un ordinateur (avec winoscillo, par exemple). On peut aussi réaliser une simulation sur un tableur. Montrer que la fréquence des battements correspond à la différence des deux fréquences.
   c. fréquences multiples : montrer à l'aide d'un tableur que la fréquence résultante est égale à la fréquence du mouvement de fréquence la plus faible et comparer avec des exemples sonores. Généraliser à l'analyse des sons complexes : observer le spectre d'un tel son (outil n°11).

3. Phénomène de résonance
   L'amortissement du mouvement d'un pendule mène tout naturellement à la notion de résonance. En effet, on peut se demander comment il faut agir sur le pendule pour réussir à relancer son mouvement. L'expérience des pendules couplés de longueurs différentes et/ou celle des diapasons permettent de fixer la condition de résonance. La vidéo de l'effondrement du pont de Tacoma permet alors de conclure la leçon (par exemple : https://www.youtube.com/watch?v=uhWQ5zr5_xc).

Expériences : montrer la transmission d'énergie entre deux diapasons placés face à face (ou deux diapasons avec cavalier), idem entre pendules couplés ou encore lors de la sollicitation d'un ressort par un moteur muni d'un excentrique. On peut aussi proposer une expérience dans laquelle un cylindre en acier est suspendu dans une bobine alimentée par un générateur BF de fréquence variable ou encore une bobine alimentée par un générateur BF de fréquence variable placée devant une lame vibrante sur laquelle est collée un miroir éclairé par un faisceau laser (à la résonance, la trace laissée par la réflexion du faisceau sur un écran est très grande). Généralisation : pour transmettre efficacement de l'énergie à un système vibrant, il faut synchroniser l'excitateur et le résonateur. Applications.

4. Exercices

Outils : 2, 3 et 4.

- **Évaluation sommative 1 (1P)**
- **Propriétés générales des ondes rectilignes (5 P)**

1. Propagation rectiligne d'une déformation.

Le professeur propose des expériences et démonstrations avec une corde ou un ressort « Slinky » pour montrer la propagation d'une perturbation, la constance de la vitesse de propagation sur une corde et sa dépendance à la force de tension et à la masse linéique. En mesurant la durée de plusieurs allers-retours, on obtient aisément la vitesse de propagation.
A l'aide du « slinky », on différencie facilement les ondes transversales et longitudinales.
L'échelle de perroquet met en évidence les ondes de torsion. Voir tout particulièrement l'outil n°5 qui indique comment fabriquer une telle échelle à moindre frais.
A la surface de l'eau, la vitesse de propagation des rides est modifiée par la profondeur d'eau : au plus la profondeur augmente, plus cette vitesse augmente. Les ondes propagent l'énergie sans propagation de matière[1] : un petit bouchon flottant sur l'eau oscille sur place au passage des rides.

Dans un milieu homogène, la vitesse de propagation des ondes est généralement constante[2] mais elle varie notamment suivant les matériaux.

Faire observer la réflexion de la perturbation sur une extrémité libre ou fixe et vérifier le principe de superposition. Le signal se réfléchit sur l'extrémité (avec ou sans inversion selon que l'extrémité soit fixe ou libre).

[1] Tant que le phénomène reste linéaire et sans grande dissipation d'énergie.
[2] Pas dans les milieux dispersifs pour lesquels la vitesse d'une onde dépend de sa fréquence.

2. Ondes progressives sinusoïdales rectilignes

a. L'onde est progressive et sinusoïdale si la source est en mouvement harmonique entretenu et qu'aucune réflexion ne vient « brouiller » le signal. Le professeur peut utiliser des animations, simulations ou des vidéos.
L'observation du mouvement de bouées ou de flotteurs atteints par une onde qui se propage sur un plan d'eau permet de montrer qu'il existe des différences de phase entre ces mouvements.
Définir la longueur d'onde : c'est la distance parcourue par l'onde en une période. $\lambda = v\,T = v\,/\,f$. La longueur d'onde est aussi la distance séparant deux points successifs qui vibrent en concordance de phase.
Ecrire l'équation d'onde : $y(x,t) = A\sin(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda})$ à partir de l'oscillation de la source et du retard imposé par la distance x à cette source. Insister sur la double périodicité du signal (spatiale et temporelle). Montrer que le mouvement d'un point éloigné de la source raconte l'histoire de cette source après un temps $t = x/v$. On peut déjà parler du principe de Huygens à ce stade : chaque point atteint par l'onde est une source secondaire déterminant le front d'onde suivant.

b. Exercices faisant intervenir la construction et l'interprétation de graphiques $y(x,t)$

c. Ondes stationnaires

Réaliser des expériences avec une corde vibrante (corde de « Melde ») en utilisant un vibreur comme source ;une foreuse ou même une brosse à dent électrique peuvent faire l'affaire ! Faire observer le nombre de fuseaux, les nœuds et les ventres de vibration, le déphasage entre les vibrations de deux fuseaux adjacents. L'observation de ces fuseaux au stroboscope (l'onde semble stationnaire) permet l'immobilisation apparente de l'onde.

Les ondes stationnaires résultent de la combinaison (interférence) des ondes incidentes et réfléchies. Pour certaines fréquences d'excitation, il existe une résonance avec les fréquences naturelles de vibration de la corde. L'amplitude résultante est alors beaucoup plus grande que celle de l'excitateur, en certains points (les ventres de vibration). Détermination des conditions de résonance : $L = n\frac{\lambda}{2}$ (extrémité fixe) et $L = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$ (extrémité libre). On détermine aisément la fréquence fondamentale et les harmoniques : $f = \frac{nv}{2L}$. Application aux instruments de musique à cordes.

d. Exercices

- **Ondes à 2 ou 3 dimensions (5 P)**

a. Expériences avec la cuve à ondes : en utilisant une petite source frappant la surface de l'eau en un point, on obtient une onde circulaire (source ponctuelle). En utilisant plusieurs sources ponctuelles alignées ou une source plane étendue, on obtient une onde plane.
A partir d'une onde plane, faire observer les phénomènes de réflexion (obstacle fixe), la diffraction (obstacle fixe percé d'un trou) et la réfraction (réaliser des zones de profondeurs différentes). Les ondes circulaires permettent d'observer les interférences (deux sources ponctuelles) et l'effet Doppler (une source ponctuelle en mouvement).
b. Utiliser le principe d'Huygens pour justifier la forme des fronts d'onde observés précédemment.
c. Réfraction des ondes planes. Démonstration de la loi de la réfraction.
d. Diffraction : à partir des observations, montrer comment la diffraction transforme une onde plane en onde circulaire dès que l'ouverture ou la taille de l'obstacle sont plus petites ou du même ordre de grandeur que la longueur d'onde.
e. Interférences : Sources synchrones et de mêmes fréquences. Rechercher théoriquement les positions des ventres et nœuds des vibrations.
f. Effet Doppler : Faire référence au son d'une ambulance ou d'un avion en mouvement et démontrer l'expression de la fréquence reçue par l'observateur en fonction des vitesses de l'observateur et de la source et de la fréquence de la source.
g. Exercices et applications.

Outils : 10

- **Évaluation sommative 2** (1P)

- **Acoustique (3P)**

a. Caractéristiques d'un son. Visualisation d'un son à l'aide d'un microphone et d'un oscilloscope (ou oscilloscope sur PC). Grâce aux logiciels gratuits « winoscillo » (outil n°11) ou « audacity », on peut réaliser aisément des oscillogrammes de voix ou d'instruments de musique. On peut alors définir le timbre, la hauteur et l'intensité d'un son. En utilisant un générateur de fréquences, on peut comparer les domaines de fréquences audibles par des élèves volontaires et le professeur (particulièrement dans les aigus pour ce dernier). A l'aide d'un diapason dépourvu de caisse de résonance et d'un stroboscope, on peut observer l'oscillation du diapason au ralenti. La flamme d'une bougie est également un excellent détecteur de variation de pression acoustique. On peut aussi utiliser un diapason muni d'un stylet (ou d'une griffe) : en déplaçant rapidement le diapason, la griffe laisse apparaître l'oscillation et la longueur d'onde sur une surface préalablement saupoudrée de cacao, par exemple (voir l'outil n°14).

Définir l'intensité *I* (en W/m²). Le niveau sonore peut être introduit sur la seule évidence de la mesure d'un sonomètre (ou décibelmètre) et des références au quotidien. Une référence à la réglementation concernant les nuisances sonores est également souhaitable (voir par exemple : http://environnement.wallonie.be/legis/BRUIT/bru013.htm).

b. Mesurer ou faire mesurer la vitesse du son dans l'air (voir par exemple l'outil n°19). Fournir une liste de valeurs de la vitesse du son dans d'autres matériaux.
c. Reprendre les propriétés générales des ondes en les appliquant à l'acoustique (échographie, instruments de musique, haut-parleur directionnel, fonctionnement de l'oreille…).
d. Exercices.

Outils : 11 à 19

- **Lumière et ondes électromagnétiques (4 P)**

Le professeur peut réaliser une des deux démonstrations suivantes pour illustrer les oscillations électriques et leur transmission.

- L'utilisation d'un transformateur dépourvu de noyau de fer permet de montrer comment une oscillation électrique peut être transmise d'un circuit à un autre à travers l'air (dans ce cas, d'une bobine à l'autre par induction électromagnétique).
- Observer la décharge d'un condensateur dans une bobine à l'aide d'un capteur de tension. Le condensateur accumule de l'énergie potentielle électrique (champ électrique). La bobine accumule de l'énergie magnétique qui est de type cinétique puisque liée à la valeur de l'intensité du courant. Le circuit RLC est capable d'osciller en alternant les énergies potentielles et cinétiques comme pendant l'oscillation d'un pendule. Un tel circuit est émetteur électromagnétique. Cette expérience peut être poursuivie par l'addition d'un circuit récepteur. Utiliser alors le phénomène de résonance entre un circuit émetteur comprenant une bobine alimentée par un générateur BF et un circuit récepteur comprenant une bobine et un condensateur placés en parallèle. Les deux circuits sont reliés à un oscilloscope ou à un capteur de tension. La résonance est obtenue en faisant varier la fréquence du générateur et en l'accordant à celle du récepteur.

a. Passer en revue la gamme des ondes électromagnétiques. Préciser la vitesse des ondes électromagnétiques[3]. Identifier la gamme visible par l'œil humain (lumière) et associer les couleurs aux longueurs d'onde. Préciser la nature électromagnétique de la lumière : oscillation d'un champ électrique et d'un champ magnétique couplés, onde transversale.

[3] Dans une certaine mesure, les ondes stationnaires dans un four à µ-ondes permettent d'estimer la valeur de c (la fréquence est 2,45 GHz et on estime la valeur d'une demi-longueur d'onde).

b. Réaliser une expérience d'interférence lumineuse et/ou de diffraction de la lumière. Recherche de la valeur de l'interfrange $i = \frac{\lambda D}{a}$ (la distance de la double fente à l'écran D, la distance séparant les deux fentes a et λ la longueur d'onde). Diffraction par une fente : $\sin\theta = \frac{k\lambda}{L}$ où θ définit la direction des extinctions, L la largeur de la fente et $k \in Z_0$).

c. Exercices

Outil : 20 à 27

- **Évaluation sommative 3 (1P)**
- **RCD (2P)**

- Courants triphasés.
- Instrument Landing System (ILS).
- Radars et cinémomètres.
- Vitesse du sang dans les artères, débitmètre…
- Tsunamis.
- Écholocation / sonars.
- Échographie.
- Ondes stationnaires sonores dans les tubes (ouverts et fermés).
- Audition binauriculaire.
- Casques antibruit.
- Phénomènes d'irisation (iridescence) dans le cas des lames minces.
- Acoustique et musique : les gammes musicales et les intervalles musicaux.
- Interférences lumineuses en lumière blanche.
- Diffraction et découverte de la structure de l'ADN.
- Polarisation de la lumière et applications (écrans à cristaux liquides, angle de Brewster, lunettes polarisants, cinéma 3D, ...).
- Vagues scélérates.
- L'acoustique des salles.

Activités de physique (13 P)

Les 25 périodes d'activité complémentaire en physique permettent au professeur de proposer des séances de laboratoire additionnelles (voir par exemple parmi les outils indiqués dans le programme ci-dessus), d'approfondir les expérimentations menées en classe et également d'aborder des notions connexes mais absentes du programme (voir ci-dessous) ou encore de perfectionner les savoirs faire au travers de la résolution d'exercices et de problèmes.
Les activités possibles présentées ci-dessus dans la liste de Remédiation-Consolidation-Dépassement sont autant de sujets qui peuvent être également abordés dans ce cours complémentaire.

Circuit électrique oscillant (optionnel)				
Professeur Montrer expérimentalement les effets du phénomène d'auto-induction (exemple : surtension à l'ouverture d'un circuit, amorçage d'un tube fluorescent, retard à l'établissement d'un courant dans une bobine…)	Rappel : toute bobine qui capte une variation de flux magnétique, développe une tension électrique u induite entre ses bornes. Une telle tension est également induite lorsque c'est le flux magnétique propre de la bobine qui varie, lorsque l'intensité du courant change au cours du temps dans la bobine. On parle, dans ce cas, **d'auto-induction**. On a alors : $u = L\frac{di}{dt}$ où u est la tension induite (en V), i est l'intensité de courant (en A) et L est l'**inductance**, un coefficient constant rassemblant les caractéristiques de la bobine, en H (henry). $1H = 1\frac{Vs}{A}$ Dans certaines conditions, les électrons	Auto-induction Inductance	28. Laboratoire sur les oscillations électriques. Fiche UAA7-F4 Matériel utile : bobines, noyau de fer, aimants, voltmètre, générateur de fréquences, résistances, condensateurs, oscilloscope. 29. Laboratoires sur la transmission radio. Fiche UAA7-F5. 30. Laboratoire sur la résonance électromagnétique. Document CTP de Pierre Minne : Fiche UAA7-F6.	**6P**

Montrer à l'aide d'un oscilloscope ou d'un capteur, l'oscillation de tension dans un circuit *RLC*. Montrer les changements d'oscillation d'un circuit oscillant lorsqu'on fait varier *R*, *L* ou *C*.	libres des conducteurs électriques peuvent osciller de façon coordonnée, comme les oscillateurs mécaniques. **Circuit oscillant** : un condensateur préalablement chargé et connecté brusquement à une bobine fait apparaître une tension électrique oscillante et amortie aux bornes du circuit. L'**amortissement** de l'oscillation est déterminé par la résistance électrique *R* du circuit. La période propre d'oscillation d'un **circuit RLC** est : $T = 2\pi\sqrt{LC}$ où *C* est la capacité du condensateur (en F) et *L* l'inductance de la bobine (en H). L'entretien d'une oscillation électrique s'obtient en connectant le circuit oscillant à une source de tension périodique dont la fréquence est égale à la **fréquence propre** du circuit (condition de résonance)	Circuit oscillant Amortissement Circuit *RLC* Fréquence propre d'un circuit oscillant		

- **Circuit électrique oscillant (optionnel). 6P**

Rappel de la loi de Faraday et de l'induction. Montrer des expériences d'auto-induction.

Comme $u = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{Nd(\frac{\mu_0 SNi}{l})}{dt} = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}\frac{di}{dt} = L\frac{di}{dt}$ avec $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$, l'inductance (en H = henry).

1. Étude expérimentale du circuit oscillant. Voir outils 27 à 29.
2. On peut rapprocher le circuit oscillant des oscillateurs mécaniques en indiquant que le condensateur stocke l'énergie potentielle électrique (sous forme d'un champ électrique) alors que la bobine y concentre de l'énergie « cinétique » (courant) sous forme de champ magnétique. L'oscillation électrique révèle les échanges périodiques d'énergie entre le condensateur et la bobine. Du point de vue mathématique, on a pour un ressort : $ma = -ky$, soit $m\frac{d^2y}{dt^2} = -ky$ ce qui donne $m\omega^2 = k$.

   Dans un circuit oscillant, on a $u = -L\frac{di}{dt} = -L\frac{d^2q}{dt^2}$ et $u = \frac{q}{C}$ ce qui donne $L\frac{d^2q}{dt^2} = -\frac{q}{C}$ soit $L\omega^2 = \frac{1}{C}$

3. Circuit LC ouvert : antenne et ondes électromagnétiques

Bibliographie

Références scientifiques

Courty, J-M., Kierlik, E.,Pour La Science n°404, juin 2011.

Valeur, B. (2008), Sons et lumière, Belin.

Hecht, E. (1999). Physique. Louvain-La-Neuve : De Boeck.

Courty J-M. et Kierlik E. (2006), Le monde a ses raisons, Belin.

Lehoucq R., Courty J-M. et Kierlik E. (2003), Les lois du monde, Belin.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Physique. Étude des ondes adaptée au niveau B, CAF 2000-2001.

Collectif. Oscilloscope. CTP.

Lucas, A. (2013), Une fascination pour la double hélice, Bulletin de l'ABPPC n° 51-199.

Zimmermann, L. (2007), Mesure de la vitesse du son grâce aux échos, Bulletin de l'ABPPC n° 45-175.

Léonard, P. (2014), Ombre et lumière, Bulletin de l'ABPPC n°202.

Collectif (2017). Sons et lumières. ULB.

Physique Term S (2006). Collection Durandeau/Mauhourat. Hachette Education.

Sitographie

Saut à l'élastique (vidéo). Exemple : http://www.sport-xtreme.fr/8eme-saut-a-lelastique-le-plus-haut-du-monde/

Application smartphone pour visualiser les infrarouges. Voir :
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/PC/57/7/LyceeGT_Ressources_PC_1_enseignement-specifique_187577.pdf

Énergie marémotrice : voir http://www.oceanpd.com

Raz de marée et tsunamis : www.insu.cnrs.fr

Télécharger winoscillo : http://www.gratuiciel.com/telecharger/winoscillo-7363.html

Télécharger audacity : ***audacity***.fr/

Acoustique : http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11268

Réglementation des nuisances sonores : http://environnement.wallonie.be/legis/BRUIT/bru013.htm.

Physique animée : l'acoustique. http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/la-physique-animee/la-physique-animee-ondes-sonores-dans-les-fluides

Effondrement du pont de Tacoma : https://www.youtube.com/watch?v=uhWQ5zr5_xc

Physique
Sciences générales

3e degré

UAA8

« Matière et énergie »

Durée prévue pour l'UAA8 (25 périodes) : de février à juin en 6e année

Référentiel

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 8

« Matière et énergie »

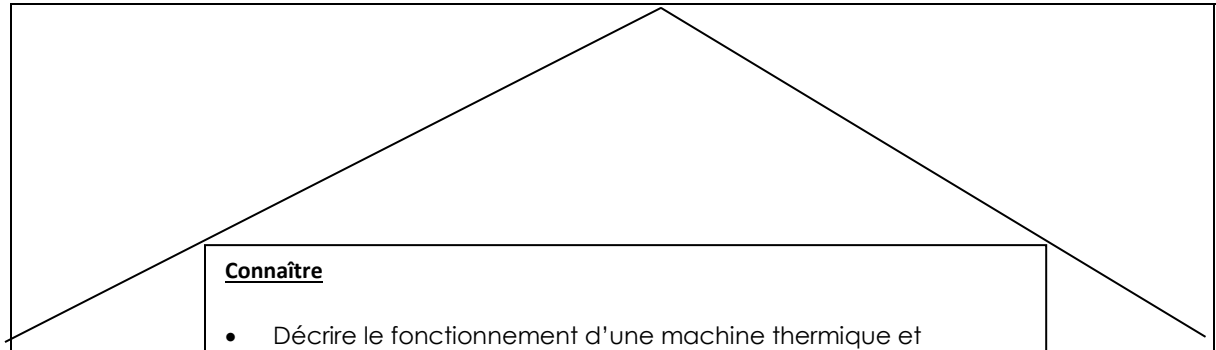
Compétences à développer

- **Expliquer différents processus mis en œuvre pour la production d'énergie électrique.**
- **Décrire des applications du nucléaire dans le domaine scientifique.**

Processus	Ressources
Appliquer • A partir de documents, déterminer la demi-vie d'un échantillon radioactif et l'évolution de son activité dans le temps. • Equilibrer une équation de transmutation. • Sur base de documents, calculer le rendement théorique et effectif d'une machine thermique. • Calculer l'élévation de température correspondant à un échange d'énergie mécanique, électrique ou lumineuse. • Déterminer expérimentalement le rendement d'une transformation d'énergie (par exemple : bouilloire électrique, panneau photovoltaïque,…). • Connaissant la tension seuil d'une LED, calculer la fréquence de l'onde lumineuse émise.	**Pré-requis** • Fonctions exponentielles et fonctions logarithmes[1] • Chimie UAA 5 • Loi de Coulomb (UAA 6) • Calorimétrie (chimie UAA 4) • Composition du noyau atomique (chimie UAA 1) • Transmission de l'énergie électrique par une onde électromagnétique (UAA 6) **Savoirs disciplinaires** **Radioactivité et énergie nucléaire** • Rayonnement : origine, nucléaire, types, activité, unité (Bq) et ordre de grandeur, demi-vie d'un échantillon radioactif, constante radioactive • Notion de défaut de masse en lien avec la libération d'énergie • Fission nucléaire, produits de fission • Fusion nucléaire • Nuclide - Isotope **Thermodynamique** • Premier principe • Second principe • Machine thermique • Rendement d'une machine • Quantité de chaleur liée à un changement d'état
Transférer • A partir du schéma d'une machine thermique (par exemple : pompe à chaleur, frigo), expliquer les transferts énergétiques qu'implique son usage. • Expliquer une méthode de datation basée sur la décroissance radioactive d'un nuclide.	



[1] Ces fonctions sont étudiées en mathématique durant le premier trimestre de rhétorique. Cette UAA doit donc être travaillée après le premier trimestre.



Connaître

- Décrire le fonctionnement d'une machine thermique et expliquer comment optimiser son rendement.
- A partir du diagramme d'énergie d'un atome, déterminer quelques fréquences possibles des photons émis ou absorbés.
- Décrire les forces à l'œuvre dans un noyau atomique et la stabilité qui en découle.
- Expliquer le principe de fonctionnement d'un réacteur nucléaire et décrire la production d'énergie électrique qui y est associée.

Photon

- Energie du photon
- Effet photoélectrique appliqué au panneau photovoltaïque

Savoir-faire disciplinaires

- Appliquer le premier principe de thermodynamique.
- Calculer le rendement d'une machine (cas simple).
- Réaliser un schéma intégrant les énergies entrantes et sortantes d'une machine.
- Estimer un ordre de grandeur (énergie, rendement).
- Utiliser les unités SI des grandeurs (énergie, température, durée, activité, fréquence,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (énergie, température, durée, activité, fréquence,…).

Considérations pédagogiques

Prérequis : énergie (formes, conservation, transformation : UAA1, UAA3, UAA4, UAA6, UAA7), calorimétrie (chimie UAA4), composition du noyau atomique (chimie UAA1), conservation de la charge électrique (UAA 6), électronvolt (UAA6), réseau de diffraction (UAA7), puissance et énergie (UAA3), Loi de Boyle et Mariotte (UAA2), Changement d'état et énergie (UAA3), température et agitation thermique (UAA3), loi de Charles (UAA3), loi de Coulomb (UAA6).

Processus explicités	Développement suggéré	Mots-clés	Outils-liens Suggérés Informations utiles	Timing suggéré
Ressources énergétiques				
Professeur Pour différentes machines, faire énoncer les énergies entrantes (absorbées) et sortantes (produites). Faire réaliser des schémas (du type diagramme de Venn) intégrant les énergies entrantes et sortantes d'une machine. Sur base de données expérimentales, faire calculer le rendement d'une machine ou d'une transformation d'énergie (par exemple : bouilloire électrique, panneau photovoltaïque, éolienne…). Faire estimer un ordre de grandeur d'une énergie et d'un rendement. **Élève** *Déterminer expérimentalement le*	Rappels - Les différentes formes d'énergie (mécanique, électrique, thermique, lumineuse ...). - Puissance et énergie. Une machine permet de convertir l'énergie d'une forme à une autre. **Conservation de l'énergie**[2] : pour une machine, la somme des énergies entrantes (absorbées) est égale à la somme des énergies sortantes (produites). Parmi les énergies produites par une machine, seules certaines nous sont utiles. **Le rendement d'une machine** est le rapport (exprimé en %) entre l'énergie	Conservation de l'énergie Rendement d'une machine ou d'une conversion d'énergie.	1. Expériences de mesure de rendement de transformations énergétiques : Fiche UAA8-F1 2. Bilan énergétique 2011 en Belgique. Voir : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_en_Belgique 3. Solar impulse : 11628 cellules photovoltaïques, 4 moteurs électriques d'une puissance moyenne de 6 kW chacun. Voir : http://fr.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse 4. Quelques exemples de rendement de	2 P

[2] Il s'agit de généraliser les bilans d'énergie mécanique et thermique vus dans l'UAA3.

rendement d'une transformation d'énergie (par exemple : bouilloire électrique, panneau photovoltaïque,…). *Réaliser un schéma intégrant les énergies entrantes et sortantes d'une machine.*	utile sortante (produite) et l'énergie entrante (absorbée) : $\eta = \frac{E_{utile}}{E_{absorbée}}$ 100		machines : voir en fin de cette UAA.	
Énergie lumineuse				
Professeur Montrer le spectre d'émission d'une ou de plusieurs lampes (Ex : incandescence, LED, fluo compacte, lampe spectrale). Distinguer les spectres continus émis par les corps chauds des spectres de raies émis ou absorbés par des entités chimiques sous faible pression (sources froides). Comparer les spectres d'absorption et d'émission d'un même gaz. À partir du diagramme de niveaux d'énergie d'un atome, déterminer quelques fréquences ou longueurs d'onde possibles des photons émis ou absorbés. À partir de la tension seuil d'une LED, estimer la longueur d'onde de la lumière qu'elle émet. **Élève**	**Le spectre d'émission ou d'absorption** lumineuse d'une entité chimique gazeuse est spécifique à cette entité. Les entités chimiques sont capables d'absorber les radiations de mêmes longueurs d'onde dans le vide que celles qu'elles sont capables d'émettre. Modèle de Bohr pour l'atome : l'énergie d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs. Elle est quantifiée. La lumière interagit avec la matière dans des processus d'absorption et d'émission comme si elle était un courant de particules : les **photons**. L'énergie de chaque photon est donnée par : $E = h\,f$ où f est la fréquence du rayonnement électromagnétique et h est la constante de Planck ($h = 6{,}626\ x\ 10^{-34}\ J\ s$). L'émission ou l'absorption d'un rayonnement électromagnétique par un atome se fait par un saut quantique	Spectre d'émission Spectre d'absorption Quantification des niveaux d'énergie d'un atome Photon	Matériel : Spectroscope, lampes spectrales, LEDs, voltmètre, réseau de diffraction, smartphone, prisme en verre. 5. Tension seuil d'une LED et constante de Planck. Article dans le bulletin de l'ABPPC 45-174 (2007). 6. Spectroscopie : à l'aide d'un smartphone (caméra) : https://www.youtube.com/watch?v=FJ1xOWl5Axk 7. Spectres d'émission et d'absorption : voir par exemple http://mcpd.pagesperso-orange.fr/Spectres/index.html et http://mcpd.pagesperso-	5P

Connaissant la tension seuil d'une LED, calculer la fréquence de l'onde lumineuse émise. *A partir du diagramme d'énergie d'un atome, déterminer quelques fréquences possibles des photons émis ou absorbés.*	entre deux niveaux d'énergie, E_1 et E_2, de cet atome. $E_2 - E_1 = h\,f$ Effets photoélectrique et photovoltaïque : l'énergie des photons de la lumière visible est généralement suffisante pour extraire des électrons de la matière ou en faire des électrons de conduction. Dans une LED, à l'inverse, l'énergie électrique communiquée à chaque électron sous la tension seuil correspond à l'énergie du photon émis : $eU = hf$ où U est la tension seuil.		orange.fr/Spectres/index.html	
Énergie thermique				
Professeur Sur base de données, de documents et/ou de mesures, montrer que toute variation de température et tout changement d'état implique le transfert d'une quantité d'énergie. Faire calculer et/ou mesurer la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'un corps ou pour en changer l'état.	Il y a transfert d'énergie entre deux corps si leurs températures sont différentes. Ce transfert est ce qu'on appelle de la chaleur et son sens est tel que le corps le plus chaud cède de l'énergie au corps le plus froid. La quantité d'énergie transférée est notée Q. Unité SI : le joule (J). Pour modifier d'une valeur ΔT la température d'un corps homogène, la quantité de chaleur nécessaire est : $Q = cm\Delta T$		*Matériel : calorimètre (vase Dewar, bouteille isotherme), une canette, un bécher, une éprouvette graduée, des capteurs de température (ou thermomètres), une plaque chauffante thermo statée, un chronomètre, des bougies ou un chauffe-plat, un four à µ-ondes, une bouilloire.* 8.Expérience de Joule sur l'équivalent mécanique de la calorie. Voir par ex http://www.phywe-	8 P

	où m est la masse du corps en kg et c sa **chaleur massique** en J/(kg.°C).	Chaleur massique	es.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/phywe-tess-phy-lep-en.pdf Page 138	
Citer des exemples de machines thermiques et identifier, dans chaque cas, les sources chaude et froide.	Pour changer l'état physique d'un corps, la quantité de chaleur nécessaire est :		Ou	
Pour une machine thermique donnée, établir le schéma des énergies entrantes et sortantes.	$Q = Lm$ où m est la masse du corps en kg et L est la **chaleur latente** associée au changement d'état en J/kg.	Chaleur latente	https://www.pasco.com/prodCatalog/TD/TD-8551_mechanical-equivalent-of-heat-apparatus/	
Détailler un exemple de machine thermique.	Durant un changement d'état, la température du corps reste constante.		9.Mesure d'une énergie libérée par la combustion d'une bougie : par ex, Physique Chimie 1re S, par Dulaurans, Hachette Education, p 275.	
Décrire le fonctionnement d'une machine thermique et expliquer comment optimiser son rendement.	Il existe différents mécanismes de transfert de la chaleur.			
	La **conduction** nécessite un milieu matériel. L'énergie est transportée de proche en proche, sans déplacement de matière	Conduction		
Faire appliquer le premier principe de thermodynamique à différentes machines thermiques.	• La **convection** (libre ou forcée) nécessite un milieu matériel. L'énergie est transportée par les mouvements de la matière au sein d'un gaz ou d'un liquide	Convection	10. Thermographie infrarouge. Il existe des modèles de caméras thermiques bon marché. Voir par ex : http://www.conrad.com	
Appliquer le premier principe de thermodynamique pour calculer l'élévation de température correspondant à un échange d'énergie mécanique, électrique ou lumineuse.	• Le **rayonnement** ne nécessite pas de milieu matériel. L'énergie est transportée par des ondes électromagnétiques.	Rayonnement		
	Au cours d'un échange d'énergie thermique, c'est **l'énergie interne** d'un		11. Concernant les maisons passives, voir http://www.lamaisonpassive.be/isolation-thermique	
Sur base de données, de documents ou		Énergie interne		

de mesures, calculer les rendements théorique et effectif d'une machine thermique. **Élève** *Sur base de documents, calculer le rendement théorique et effectif d'une machine thermique.* *Calculer l'élévation de température correspondant à un échange d'énergie mécanique, électrique ou lumineuse.* *Décrire le fonctionnement d'une machine thermique et expliquer comment optimiser son rendement.* *A partir du schéma d'une machine thermique (par exemple : pompe à chaleur, frigo), expliquer les transferts énergétiques qu'implique son usage.*	objet qui est modifiée. L'énergie interne est la somme de toutes les énergies microscopiques liées à la structure à l'échelle moléculaire, atomique et nucléaire. Ces énergies microscopiques proviennent des mouvements microscopiques (énergie cinétique) et des interactions entre particules (énergie potentielle). Les moteurs thermiques, les réfrigérateurs et les pompes à chaleur sont des **machines thermiques.** Les machines thermiques transforment de la chaleur en travail et vice-versa, généralement en forçant un fluide (ex : l'eau) à parcourir un cycle au cours duquel celui-ci passe par une succession de transformations (vaporisation, condensation, compression, détente, etc.). Au cours d'un cycle, ces machines échangent de l'énergie sous forme de chaleur avec deux sources respectivement chaude et froide, de températures absolues T_c et T_f. La source chaude est généralement coutante (on brûle un combustible ; l'énergie est Q_c) et la source froide, non coutante, est une rivière, la mer ou l'air ambiant (l'énergie est Q_f). Le fonctionnement de ces machines est	Machines thermiques	Ou http://www.maisonpassive.be/ 12. Déperdition de chaleur dans les habitations : http://ffc.constructiv.be/~/media/Files/Shared/FVB/Centrale%20verwarming/FR/MODULE%204_CC-Vol1B_Calculdeperditionsthermiques_Pratique2013_for_web2.pdf http://www.environnement.brussels/thematiques/energie/mon-energie 13. Réglementation wallonne et PEB : voir http://energie.wallonie.be/xml/index.html?IDC=6018 14. Laboratoire à domicile permettant de mesurer la chaleur latente de vaporisation de l'eau : Fiche UAA8-F2. 15. Centrale des Awirs (biomasse) : https://www.electrabel.	

	régi par deux principes. **Premier principe de thermodynamique**[3] La variation de l'énergie interne d'un corps lors d'une transformation de celui-ci est la somme de la chaleur transférée à ce corps et du travail effectué sur celui-ci par le monde extérieur : $\Delta E_{int} = Q + W$ **Second principe de thermodynamique** - La chaleur ne peut passer spontanément d'un corps froid à un corps chaud Ou - Une machine thermique ne peut convertir intégralement toute la chaleur reçue en travail. Dans une machine thermique, la variation d'énergie du fluide utilisé est nulle au cours d'un cycle de sorte qu'on a : $W = Q_c - Q_f$ Principe de Carnot Une machine thermique ne peut pas convertir intégralement toute la chaleur reçue en travail. Le rendement	Premier principe de thermodynamique Second principe de thermodynamique	com/assets/be/corporate/documents/12038_LesAwirs_Folder_FR_LR.pdf Centrale TGV de Drogenbos : https://www.electrabel.com/assets/be/corporate/documents/11066_Drogenbos_Folder_FR_LR.pdf 16. Activités de laboratoire sur la calorimétrie. Fiche UAA8-F3.	

[3] Il s'agit d'une autre expression du principe de conservation de l'énergie.

	maximum η_{max} d'une telle machine est toujours inférieur au **rendement maximum** dit de Carnot : $\eta_{max} = \left(\frac{W}{Q_c}\right) = \left(1 - \frac{T_f}{T_c}\right)$ où T_f est la température de la source froide (en K) et T_c la température de la source chaude (en K).	Rendement maximum d'une machine thermique		
Énergie nucléaire				
Professeur Citer quelques isotopes de l'uranium, de l'oxygène, de l'iode et du carbone, par exemples, en faisant déterminer les compositions respectives de leurs noyaux. Faire calculer la valeur de la force (répulsive) électrique entre deux protons d'un même noyau et en déduire l'existence et la valeur de la force nucléaire ainsi que le rôle des neutrons. Sur base d'une lecture du tableau périodique des éléments, faire repérer les rapports des nombres de neutrons et	Rappels La composition d'un atome et de son noyau. Les **nucléons** désignent les constituants du noyau (protons et neutrons). Le nombre de protons d'un noyau atomique est noté Z ; c'est **le numéro atomique ou nombre de charge**. Le nombre de nucléons d'un noyau est noté A ; c'est le **nombre de masse**. Des **isotopes** d'un même élément chimique ont des noyaux possédant le même nombre de protons (Z) mais des nombres de neutrons (A-Z) différents. Un noyau de Z protons et de $A - Z$ neutrons est appelé un **nucléide** (ou nuclide) ; il est caractérisé par le couple de nombres (Z, A).	Nucléons Nombre de charge ou numéro atomique Nombre de masse Isotope Nucléide	17. Projet ITER (fusion nucléaire) : www.iter.gouv.fr 18. Unité de masse atomique : 1u = $1{,}66054 \times 10^{-27}$ kg 1 eV = $1{,}602177 \times 10^{-19}$ J 19. Activités de laboratoire pour mesurer une demi-vie (simulations) : Fiche UAA8-F4. 20. Liste de demi-vies et d'activités radioactives en fin d'UAA. 21. Applications pour smartphone de mesure de la radioactivité : RadioactivityCounter (Androïd ou	6 P

de protons qui mènent à la stabilité du noyau. À partir des équations des désintégrations α, β et γ et de l'indication du type de désintégration, faire équilibrer une équation de transmutation et établir les produits de désintégration.	Stabilité des noyaux : la **force nucléaire** (parfois appelée interaction forte) attractive qui s'exerce entre nucléons assure la cohésion des noyaux et s'oppose à la répulsion électrique entre protons. La proportion de neutrons nécessaire à la stabilité augmente avec Z. Un noyau instable (**noyau père**) peut, à tout moment, se transformer (désintégrer) en un noyau différent (**noyau fils**) avec émission de « rayonnement » : c'est la **radioactivité**. Un **radionucléide** est un nucléide radioactif. Types de radioactivité, par ordre de pénétration croissante dans la matière) : • α : émission de noyaux d'hélium • β^- et β^+ : émission d'électrons ou de positons • γ : émission de rayonnement électromagnétique ($\lambda \approx 10^{-4} nm$) L'équation d'une transmutation nucléaire doit vérifier : • la conservation du nombre de charge • la conservation du nombre de nucléons	Force nucléaire Noyau père Noyau fils Radioactivité Radionucléide	iOS). 22. Le radon en Belgique : http://www.fanc.fgov.be/fr/page/bienvenue-sur-le-site-radon-de-l-afcn/646.aspx	

À partir de documents, de données ou de graphiques, faire déterminer la demi-vie d'un échantillon radioactif et l'évolution de son activité dans le temps. Faire calculer une énergie de liaison ou l'énergie libérée par une réaction nucléaire. Expliquer le principe de fonctionnement d'un réacteur nucléaire et décrire la	**Activité** d'un échantillon radioactif : *A(t)* indique le nombre moyen de désintégrations produites par unité de temps. $A(t) = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$ en Bq (becquerel) 1 Bq = 1 désintégration par seconde La **demi-vie** (ou période) T d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle l'activité de cette source est réduite de moitié. Après n demi-vies, l'activité d'un échantillon est $\frac{A_0}{2^n}$ où A_0 est l'activité initiale. De façon générale, après un temps t, l'activité radioactive d'un échantillon est : $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ où λ est **la constante de désintégration radioactive** (en s^{-1}) telle que $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ **Relation d'Einstein** : toute particule au repos dont la masse est égale à m possède une énergie *E* égale à mc^2 où *c* est la vitesse de la lumière dans le vide. Lors de la désintégration spontanée	Activité Demi-vie Constante Radioactive Relation d'Einstein		

production d'énergie électrique qui y est associée. À partir de documents et de schémas, détailler la structure d'une centrale nucléaire. **Élève** *Décrire les forces à l'œuvre dans un noyau atomique et la stabilité qui en découle.* *Expliquer le principe de fonctionnement d'un réacteur nucléaire et décrire la production d'énergie électrique qui y est associée.* *A partir de documents, déterminer la demi-vie d'un échantillon radioactif et l'évolution de son activité dans le temps.* *Equilibrer une équation de transmutation.* *Expliquer une méthode de datation basée sur la décroissance radioactive d'un nuclide.*	d'un nuclide en des nuclides plus légers, la somme des masses de ces derniers est inférieure à la masse du nuclide initial : la différence est le **défaut de masse** Δm. Selon la relation d'Einstein, il en résulte une libération d'énergie égale à $\Delta m\ c^2$, sous forme d'énergie cinétique des nuclides formés et/ou de rayonnement (photons). **Fission nucléaire** : réaction nucléaire provoquée produisant, sous l'impact d'un neutron, la désintégration d'un noyau lourd en plusieurs noyaux plus légers avec libération d'énergie. **Fusion nucléaire** : réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers fusionnent en un noyau plus lourd avec libération d'énergie. Structure et fonctionnement d'une centrale nucléaire du type REP (**réacteur** à eau pressurisée).	Défaut de masse Énergie de liaison Fission et fusion nucléaires Réacteur nucléaire		
Évaluations sommatives				2
RCD				2

Exemple de planification de séquence (25 P)

- **L'énergie en Belgique** (2P)

Quelles sont les ressources énergétiques que nous utilisons ? Quelles sont les problématiques liées à leur utilisation ?

Le professeur présente la répartition de l'utilisation de l'énergie et de l'énergie électrique, selon l'origine, en Belgique (sous forme de graphiques, camemberts, histogrammes, etc.). Voir par ex : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_en_Belgique

Machines. À partir de différents exemples, montrer qu'une machine est un convertisseur d'énergie. Dans chaque cas, faire énoncer les énergies entrantes et sortantes et réaliser des schémas énergétiques de ces machines.

La généralisation de la conservation de l'énergie (vue pour l'énergie mécanique et la chaleur dans l'UAA3) à toutes les formes d'énergie est introduite ici comme principe fondateur, sans plus de précaution.

Mesurer le rendement d'une machine particulière (par ex : bouilloire électrique, four à µ-ondes, plaque à induction...). Voir l'outil n°1.

Outils : 1 à 4

- **Énergie lumineuse (5P)**

1. Le Soleil (1 P)

   À partir d'un état des lieux de la lumière du Soleil captée sur Terre, on peut rappeler et établir quelques concepts liés à l'énergie lumineuse : la constante solaire, la loi de cosinus, l'absorption atmosphérique, l'intensité lumineuse moyenne annuelle en Belgique et la réflexion atmosphérique. On peut comparer ces valeurs aux besoins énergétiques en Belgique et estimer les ressources possibles en fonction du dispositif de transformation choisi (chauffe-eau solaire, panneau photovoltaïque).

   Il est sans doute opportun de rappeler la notion d'équilibre thermique. Toute l'énergie lumineuse que la Terre reçoit du Soleil est réémise sous forme de rayonnement principalement infrarouge. Comme l'énergie entrante = énergie sortante, la température de la planète reste constante.

2. Photon et effet photoélectrique (1,5 P)

Il n'est pas nécessaire d'insister ici sur les difficultés historiques rencontrées par le modèle classique dans la modélisation de l'effet photoélectrique. De même, il vaut mieux abandonner les délicates démonstrations d'effet photoélectrique utilisant une plaque métallique chargée électriquement et éclairée en UV. Ces expériences peuvent se révéler très décevantes, souvent peu convaincantes et sont assez vieillottes. Les élèves sont déjà familiers avec l'idée (et les outils nécessaires) que la lumière peut produire de l'électricité ! Pour cela, un petit panneau photovoltaïque, une lampe et un voltmètre peuvent faire l'affaire. Vous pouvez également éclairer une LED (!) et mesurer la tension électrique qui en résulte à ses bornes.

Le photon est ensuite présenté comme un quantum (petite quantité élémentaire) d'énergie électromagnétique. L'énergie d'un photon étant $E = hf$ où f est la fréquence de l'onde électromagnétique, la même puissance lumineuse transporte plus de photons « rouges » que de photons « bleus ». L'énergie lumineuse transportée par un faisceau lumineux est simplement : $E = \sum hf$.

L'expérience suivante utilisant des LEDs de couleurs différentes permet de mesurer et de vérifier qu'un photon bleu est plus énergétique qu'un photon rouge. A partir de la tension seuil et de la longueur d'onde de plusieurs LEDs, on peut aisément en déduire la valeur de la constante de Planck (voir outil n° 5).

3. Spectroscopie (1,5P)

   Faire observer des spectres continus (thermiques). Sur base de documents et de démonstrations à l'aide de lampes spectrales, examiner des spectres de raies. La série des raies de Balmer permet d'inférer le modèle d'atome en couches d'énergie. L'émission et l'absorption d'un photon correspond à une transition entre deux états d'énergie différents.

4. Exercices (1 P)

   Outils : 5 à 7

   - **Évaluation sommative 1 (0,5P)**
   - **Énergie thermique (8 P)**

1. Calorimétrie

   Dans le prolongement du thème précédent (énergie lumineuse), on peut partir de la problématique du chauffe-eau solaire et estimer la quantité d'eau qu'on peut espérer chauffer (de 20°C à 60°C) en une journée moyennement ensoleillée, en Belgique. Pour résoudre

cette question, la nécessité de fixer les règles de calcul de la calorimétrie viendront naturellement diriger l'expérimentation (Voir les outils n°14 et 16 comme exemples).

Pour les changements de température : il s'agit d'un rappel de l'UAA6 de chimie (pouvoir calorifique, chaleur massique, $Q = cm\Delta T$).

Pour les changements d'état, il faut préciser le vocabulaire (les noms des types de changements de phase) et la constance de la température pendant le changement d'état. Le professeur communique la règle : $Q = Lm$. La mesure de la chaleur latente de vaporisation de l'eau peut être réalisée à domicile, par les élèves, avec du matériel de cuisine (outil n°14). Le même travail permet d'obtenir la puissance thermique d'un bec de gaz de cuisinière.

En partant des déperditions thermiques des bâtiments, le professeur précise les modes de transmission de la chaleur : conduction, convection et rayonnement. Des démonstrations expérimentales adaptées à démontrer chacun de ces mécanismes de transfert sont aisément accessibles. On pourra également évoquer le Brevet énergétique (PEB) et les maisons passives. Application : comment fabriquer une bouteille isotherme (« thermos ») ?

2. Machines thermiques

Dans l'UAA3, les élèves ont vu le rapport entre l'agitation thermique et la température. Peut-on espérer récupérer l'énergie associée aux mouvements moléculaires ? Le professeur donne des exemples de machines thermiques : turbine, pompe à chaleur, réfrigérateur, moteur thermique (à 4 temps). Le fonctionnement du moteur thermique est analogue à celui de la roue à aubes ou du pilon à eau du Vietnam. Dans ces machines traditionnelles, on récupère du travail à partir de la différence d'un niveau d'eau ; il en est de même d'un moteur thermique à partir d'une différence de température.
Réaliser des schémas énergétiques de différentes machines. Identifier les sources chaude et froide ainsi que les énergies absorbées et produites.
Appliquer le principe de conservation de l'énergie aux machines thermiques. Définir l'énergie interne E_{int}. Sur un cycle, le 1er principe de thermodynamique amène $Q_c - Q_f = |W|$.
Le rendement théorique (max) d'une machine thermique est $\eta = \frac{W}{Q_c}$ qui est < 1 puisqu'une partie de l'énergie thermique (Q_f) est nécessairement cédée à la source froide. Examiner quelques valeurs de rendements théoriques et effectifs de quelques machines thermiques.

Faire remarquer que le travail de compression ou de détente d'un gaz à pression constante est $W = p\Delta V$. En général, W = aire sous le graphique $p(V)$.

1er principe de thermodynamique. Définir l'énergie interne E_{int} (la somme des énergies cinétiques[4] et des énergies de liaison des molécules). Conservation de l'énergie totale en incluant l'énergie interne $\Delta E_{int} = Q + W$

3. Exercices

Outils : 8 à 16

- **Évaluation sommative 2** (0,5P)
- **Énergie nucléaire** (6 P)

Accroche et transition sous forme de questions : d'où vient l'énergie du Soleil ? Quelle est l'origine de l'énergie géothermique (+ 30 °C par km de profondeur) ? Quels sont les risques de black-out en Belgique ? Les réponses à ces questions amènent le professeur à commenter les tenants et aboutissants de l'énergie nucléaire.

Origine de la stabilité des noyaux d'atomes : la force nucléaire dont on peut montrer par un simple calcul (loi de Coulomb) qu'elle est bien supérieure à la force de répulsion électrique entre protons.

Comme l'usage des sources radioactives est interdit dans les écoles, on pourra se baser sur la mesure de la radioactivité naturelle. À partir de documents ou de mesures (compteur Geiger ou comptage d'impacts dans les plastiques PADC : Tastrak, voir http://www.tasl.co.uk/plastics.php), on développera la problématique du radon et de son incidence sur la santé. La radioactivité du radon et de ses noyaux fils permet d'aborder les différents types de radioactivité et les dangers qui y sont liés. Les niveaux de radioactivité naturelle en Belgique amènent alors naturellement les notions d'activité radioactive et de demi-vie (voir outil n°19).
Voir également les applications médicales dans la médecine nucléaire.
A partir de l'énergie liée aux phénomènes radioactifs, faire remarquer leur origine nucléaire et le lien avec la masse des particules. Introduire, par la relation d'Einstein - $E = mc^2$ -, la notion de la conservation masse/énergie et celle du défaut de masse.
Fission et centrale nucléaire : calculer le rendement théorique de cette « machine thermique » à partir des températures des sources chaude et froide. Décrire la structure de la centrale REP (PWR en anglais).

Équation de transmutation nucléaire liée à la fission : ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{99}\mathrm{Zr} + {}^{134}\mathrm{Te} + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n}$. Enoncer les règles de la conservation de la charge et du nombre de nucléons pour « équilibrer » ce type d'équation.

[4] La température est liée à l'agitation thermique dans l'UAA3

L'origine de l'énergie solaire amène le concept de fusion nucléaire. On peut décrire les réactions de fusion au sein du Soleil et évoquer le projet de réacteur à fusion (ITER).

Exercices

Outils : 17 à 22

- **Évaluation sommative 3 (1/2P)**
- **RCD (2 P)**

Rendement d'une chaîne énergétique (par exemple pour une centrale nucléaire)
Scintigraphie (par ex diagnostic et traitement des maladies thyroïdiennes) et marquage isotopique (par ex par le fluor 18 en cancérologie)
Évolution climatique et isotopes de l'oxygène.
Gammagraphie
Méthodes de datation par la radioactivité
Curiethérapie (traitements anticancéreux)
Enrichissement de l'uranium
Déchets radioactifs
Réactions nucléaires dans les étoiles
Identification d'une substance par spectroscopie
Four à micro-ondes
Fonctionnement des tubes fluorescents
Vapeurs sèches, saturantes et gaz
Transformations isotherme, adiabatique, isobare
Bilan énergétique d'une transmutation alpha ou beta
Estimation de la durée de vie du soleil sur base de la constante solaire.
Isolation thermique des bâtiments (brevet énergétique et maison passive)
Découverte du neutrino et la conservation d'énergie.
Comment faire du froid ? Les machines frigorifiques.
Méthodes de stérilisation par l'irradiation radioactive.
Principe de fonctionnement d'un laser.

- **Évaluation sommative 4 (0,5 P)**

Quelques exemples de rendements de machines

Rendement d'une machine à vapeur : 5 %
Rendement du corps humain : entre 15 et 30%
Rendement d'un moteur à explosion : de 15 à 50%
Rendement d'une centrale nucléaire du type REP : 35%
Rendement des cellules photovoltaïques : 6% (Si amorphe), 11,5% (Si poly cristallin) et 14% (si monocristallin)

Ordres de grandeur d'activité radioactive (en Bq)

- corps humain : 8000
- 1 L d'eau minérale : 10
- 1 L d'eau du robinet : 1 à 2
- 1 L de lait : 80
- Poisson : 100 à 400 Bq par kg
- 1 kg de granite : 1000
- 1 g de plutonium : 2×10^9

Valeurs de demi-vie

- ^{238}U : 4,5 milliards d'années
- ^{14}C : 5570 ans
- ^{131}I : 8,1 jours
- ^{222}Rn : 3,8 jours

Activités de physique (12 P)

Les 25 périodes d'activité complémentaire en physique permettent au professeur de proposer des séances de laboratoire additionnelles (voir par exemple parmi les outils indiqués dans le programme ci-dessus), d'approfondir les expérimentations menées en classe et également d'aborder des notions connexes mais absentes du programme (voir ci-dessous) ou encore de perfectionner les savoirs faire au travers de la résolution d'exercices et de problèmes.
Les activités possibles présentées ci-dessus dans la liste de Remédiation-Consolidation-Dépassement sont autant de sujets qui peuvent être également abordés dans ce cours complémentaire.

Voici d'autres thèmes qui peuvent être développés pour renforcer le développement de la matière de cette UAA.

1. Loi de Wien. Le rayonnement émis par un corps porté à une température absolue T se situe en majeure partie au voisinage d'une longueur d'onde λmax (en m) telle que $\lambda_{max} = \frac{0{,}002898}{T}$

   Cette loi permet d'évaluer la température de surface du Soleil. L'application à l'effet de serre climatique est également très intéressante.

2. La quantité de mouvement du photon. Si la quantité de mouvement a été vue au cours des activités complémentaires en 5e année (UAA5), on peut préciser la valeur de la quantité de mouvement du photon : $p = \frac{h}{\lambda}$
3. Énergie de liaison des nucléons (courbe d'Aston). À partir de la courbe d'Aston, faire déterminer quels types de transmutations nucléaires sont susceptibles de libérer de l'énergie.
4. Etude des pertes thermiques. A propos des pertes thermiques, le professeur précise les modes de transmission de la chaleur (conduction, convection et rayonnement). Pour les pertes thermiques des bâtiments, on utilise : $P = KS\Delta T$ où K est le coefficient de transmission thermique (en W/(m².°C)), S est la surface exposée vers l'extérieur (en m²) et ΔT est la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur (voir http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232 et http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/depliant-certificat-peb-en-une-partie_definitif.pdf?ID=17599).

5. Dilatations. Dilatation d'un solide : $\Delta L = L_0 \alpha T$ en longueur (L_0 est la longueur à 0°C) ou $\Delta V = V_0 3\alpha T$ en volume (V_0 est le volume à 0°C) et α est le coefficient de dilatation linéique (en °C^{-1}). L'ordre de grandeur de α est 10^{-5} /°C. Dilatation des liquides : $\Delta V = V_0 \mu T$ où μ est le coefficient de dilatation volumique et V_0 le volume à 0°C. Loi(s) des gaz parfaits : $PV = nRT$ (la loi de Boyle et Mariotte est abordée dans l'UAA2 et la loi de Charles dans l'UAA3).

Bibliographie

Références scientifiques

Hecht, E. (1999). Physique. Louvain-La-Neuve : De Boeck.

Barbo L. Les Becquerel Une dynastie de scientifiques. Belin

MacKay, D. (2012). L'énergie durable : pas que du vent ! De Boeck.

Collectif (1982). Histoire de machine. Ed. Belin, coll. bibliothèque pour la Science.

Boyle, G. (2012). Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. OUP Oxford.

Jacomy, B. (1990). Une histoire des techniques. Ed. Seuil, coll points sciences.

Salviat B. Une énergie, des énergies. Comment fonctionne le monde ? Belin.

Malley M.C. (2013). La radioactivité. Une mystérieuse science. De Boeck.

Ouvrages pédagogiques (professeur)

Bellemans, A. (2004). Introduction à la physique moderne. Frameries : Centre technique et pédagogique de l'enseignement de la Communauté française.
Collectif (2012). Physique Chimie. Tle S. Collection E.S.P.A.C.E Lycée. Bordas.

Dulaurans, Th. et Durupthy, A. (2012). Physique Chimie Ts. Hachette.

Dulaurans, Th., Calafell, J. et Giacino, M. (2016). Physique-Chimie 1re S, Hachette.

Wautelet, M. et Duvivier, D. (2014). Sciences, technologies et société. De Boeck.

Sitographie

Centrales électrabel-GDF Suez : https://www.electrabel.com/fr/corporate/visite-entreprise

Le radon en Belgique : http://www.fanc.fgov.be/fr/page/bienvenue-sur-le-site-radon-de-l-afcn/646.aspx

Énergie et habitations : http://www.environnement.brussels/thematiques/energie/mon-energie et

http://ffc.constructiv.be/~/media/Files/Shared/FVB/Centrale%20verwarming/FR/MODULE%204_CC-Vol1B_Calculdeperditionsthermiques_Pratique2013_for_web2.pdf

Maisons passives : http://www.lamaisonpassive.be/isolation-thermique

Solar impulse : http://fr.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse

Bilan énergétique 2011 en Belgique : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_en_Belgique

Réglementation wallonne et PEB : http://energie.wallonie.be/xml/index.html?IDC=6018

Mesurer la radioactivité naturelle : voir Tastrak. http://www.tasl.co.uk/plastics.php

RÉFÉRENTIEL

RÉFÉRENTIEL

Annexe III

Compétences terminales et savoirs requis en sciences générales

HUMANITES GENERALES ET TECHNOLOGIQUES

PREAMBULE

Pourquoi une réécriture des référentiels ?

Il y a déjà plus de quinze ans, les acteurs scolaires prenaient connaissance de la réforme des compétences (1998-1999: mise en œuvre du décret du 24 juillet 1997 définissant les missions prioritaires de l'Enseignement Fondamental et de l'Enseignement Secondaire et organisant les structures propres à les atteindre). Dès ce moment et jusqu'à ce jour, les acteurs de terrain confrontés à l'énoncé des compétences de leur discipline n'ont cessé de poser des questions fondamentales, comme par exemple : « quand on me parle de telle compétence, de quoi s'agit-il en définitive? », « que me demande-t-on exactement d'enseigner ? », « comment vais-je m'y prendre pratiquement pour atteindre l'objectif ambitieux que l'on m'assigne ? ». Les référentiels conçus entre 1997 et 1999 ne répondaient guère à de telles préoccupations.

Si la question du « *comment enseigner* ? » relève bien des programmes et recommandations méthodologiques propres aux différents Pouvoirs Organisateurs et, plus encore, s'adresse à l'invention pédagogique quotidienne des enseignants, il n'en demeure pas moins que le législateur se doit d'être précis quant au « *quoi enseigner* ? ». En l'occurrence, concernant les compétences, il convient de les « modéliser » au moins en précisant, pour chacune d'elles, quelles sont les ressources à mobiliser, quels sont les processus ou démarches à activer et enfin quelles sont les productions à viser, et ce tant du point de vue de l'apprentissage que de celui de l'évaluation.

Modéliser une compétence, en terme de prescrits, c'est en affiner la représentation pour tous les acteurs et partenaires de l'apprentissage ; c'est aussi établir un contrat didactique

qui permet de définir des niveaux de maitrise communs à chaque étape importante du cursus (CEB, CE1D, CESS, CQ…) ; c'est enfin viser davantage de cohérence au fil des parcours scolaires.

En effet, force est de constater que notre enseignement, au vu de son organisation, connait certaines faiblesses structurelles. Notamment :

- l'hétérogénéité des programmes (des différents réseaux) les rend parfois quasi inconciliables et génère des inconvénients majeurs, particulièrement en cas de changement d'école et de réseau, mais aussi en cas d'élaboration d'épreuves d'évaluation externe ;

- des ruptures et des incohérences apparaissent dans les cursus d'apprentissages, tant au niveau des savoirs que des compétences ;

- dans les décrets relatifs aux socles de compétences et aux compétences terminales, les « savoirs requis » en vue de l'exercice de ces compétences ont souvent été définis de façon trop vague.

Ces considérations, maintes fois corroborées par le Service général de l'Inspection, appellent donc à la construction d'une planification réfléchie de l'enseignement des « compétences », et plus particulièrement des « ressources » et « processus » nécessaires à leur mise en œuvre. Il est important en effet :

- de veiller à une certaine continuité des apprentissages d'une année à l'autre, d'une école à l'autre, d'un réseau à l'autre,

- de préciser, en interréseaux, de manière consensuelle et pour un certain nombre de disciplines, des « ressources » qui sont réellement utiles à l'exercice des compétences et que l'on peut raisonnablement considérer comme les fondements d'une culture citoyenne dans le champ disciplinaire concerné.

Il fallait donc réécrire des référentiels qui soient plus précis, plus concrets, plus lisibles en termes de continuité, finalités et contenus des apprentissages et qui puissent favoriser l'organisation d'une planification coordonnée au sein d'un établissement, d'un degré et d'un champ disciplinaire par les acteurs concernés.

La réécriture desdits référentiels a été balisée par un cahier des charges destiné à fournir aux différents groupes de travail disciplinaires un cadre de référence commun. Celui-ci porte d'une part sur l'organisation cohérente des prescrits et d'autre part sur la modélisation des compétences telle qu'attendue. Les lignes qui suivent en synthétisent les éléments essentiels.

Des unités d'acquis d'apprentissage

Pour garantir la cohérence et la progression des apprentissages et en faciliter la planification par les équipes d'enseignants, le référentiel est présenté selon un découpage en unités d'acquis d'apprentissage (UAA). L'approche par unités d'acquis d'apprentissage permet d'organiser des ensembles cohérents, finalisés et évaluables, en fonction de la spécificité de chaque discipline, de ses domaines et objets propres. Chaque UAA vise la mise en place d'une ou plusieurs compétences disciplinaires.

- L'expression « **unité d'acquis d'apprentissage** » désigne « *un ensemble cohérent d'acquis d'apprentissage susceptible d'être évalué* ».
- L'expression « **acquis d'apprentissage**» désigne « *ce qu'un élève sait, comprend, est capable de réaliser au terme d'un processus d'apprentissage* ».
- Le terme **« compétence »** désigne « *l'aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes permettant d'accomplir un certain nombre de tâches* ».

Des ressources, des processus, des stratégies transversales

Le contenu d'une UAA permet l'exercice de compétences en construction tout au long du cursus de formation de l'élève. Pour s'inscrire dans une logique d'acquisition progressive et spiralaire de compétences, chaque unité liste les ressources mobilisées dans l'exercice des compétences visées et précise les processus mis en œuvre lors d'activités permettant de construire, d'entrainer ou d'évaluer les compétences concernées.

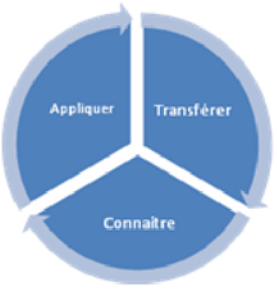
- Le listage de **ressources** permet d'identifier l'ensemble des savoirs, savoir-faire, attitudes et stratégies qui seront actualisés, découverts, mobilisés au cours de l'unité

d'apprentissage et qui s'avèrent incontournables lors de la réalisation de tâches relevant des compétences visées.

- L'identification de **processus** permet de distinguer des opérations de nature, voire de complexité différente, classées selon trois dimensions :

- connaitre = Construire et expliciter des ressources
- appliquer = Mobiliser des acquis dans le traitement de situations entrainées
- transférer = Mobiliser des acquis dans le traitement de situations nouvelles

Ces trois dimensions ne sont pas nécessairement présentes ou développées de la même façon dans toutes les UAA, et ce en fonction des étapes progressives du cursus suivi par l'élève. En outre, leur ordre de succession n'est pas prédéterminé : elles peuvent se combiner et interagir de différentes façons, comme le suggère le schéma ci-dessous. Ainsi, la présentation de ces trois dimensions sous la forme d'interactions vise à souligner le fait que les connaissances ne constituent pas un donné, mais se (re)construisent et (re)configurent au fil des activités d'application et de transfert.



- Les UAA peuvent également faire appel à des démarches ou procédures générales qui, par leur réinvestissement répété dans des contextes variés, prennent un caractère transversal, soit intradisciplinaire (démarche expérimentale, démarche historienne, démarche géographique...) soit transdisciplinaire (techniques de communication écrite ou orale, utilisation d'outils informatiques...) : par convention, elles sont ici dénommées « **stratégies transversales** ». En les explicitant, on évite de les mobiliser comme si elles allaient de soi pour l'élève et ne nécessitaient pas des apprentissages spécifiques.

Des connaissances

L'intentionnalité et l'opérationnalité données aux apprentissages selon la logique « compétences » n'impliquent pas, pour autant, d'éluder la nécessité didactique de mettre en place, progressivement, des **savoirs et savoir-faire décontextualisés des situations d'apprentissage et des tâches d'entrainement**, afin d'en assurer la maitrise conceptualisée (connaitre) et surtout la mobilisation dans des situations entrainées (appliquer) ou relativement nouvelles (transférer).

Dans chaque unité, la dimension « **connaitre** » correspond à la nécessité d'outiller les élèves de connaissances suffisamment structurées et détachées d'un contexte déterminé, susceptibles de pouvoir être mobilisées indifféremment d'une situation donnée à l'autre (lors de tâches d'application et/ou de transfert).

Les **savoirs** (en particulier les outils conceptuels : notions, concepts[1], modèles[2], théories[3]) et les **savoir-faire** (en particulier les procédures, démarches, stratégies) doivent être identifiables, en tant que tels, par l'élève, à l'issue de son apprentissage, pour qu'il puisse les mobiliser en toute connaissance de cause quelle que soit la situation contextuelle de la tâche à résoudre.

Il ne s'agit donc pas de capitaliser des savoirs de manière érudite ou de driller des procédures de manière automatique, mais de développer chez l'élève un **niveau** « **méta** » : être capable à la fois d'expliciter ses connaissances ou ses ressources, et de justifier les conditions dans lesquelles celles-ci peuvent être mobilisées. Il importe en effet de développer chez l'apprenant la conscience de ce que l'on peut faire de ses connaissances et compétences : « *je sais quand, pourquoi, comment utiliser tel savoir* (concept, modèle, théorie…) *ou tel savoir-faire* (procédure, démarche, stratégie…) ». Développer une telle capacité « méta » vise déjà un niveau de compétence relativement complexe.

---

[1] Les termes « **notion** » et « **concept** » sont parfois synonymes. Ils réfèrent l'un et l'autre à une représentation utilisée pour parler d'une situation ou d'une famille de situations : généralement, on utilise plutôt le terme « concept » dans un cadre théorique explicite (par exemple, le concept d'*accélération* en physique ou d'*immigration* en histoire) et le terme « notion » dans une approche moins formalisée (par exemple, la notion de *souffrance* qui peut varier selon les paradigmes disciplinaires). Nous retiendrons la définition du concept de BRITT-MARI-BARTH : « Un concept est une construction culturelle produite par une démarche d'abstraction» dans BRITT-MARI BARTH, *Le savoir en construction*, Retz, Paris, 1993, pp.80-81.

[2] Le terme « **modèle** » (ou modélisation) désigne une construction matérielle ou mentale qui permet de rendre compte du réel, avec une plus ou moins grande complexité : par exemple, le modèle de la *cellule*.

[3] Le terme « **théorie** » désigne généralement un modèle élaboré qui intègre et synthétise une série d'autres modèles : par exemple, la théorie de l'*évolution* en biologie.

Des applications et des transferts

Il est opportun, dans le cadre de l'apprentissage comme de l'évaluation des compétences, de distinguer des tâches ou productions qui sont de l'ordre de l'application et des tâches ou productions qui sont de l'ordre du transfert.

- Dans **l'application**, la variation des paramètres entre tâches entrainées et tâches « nouvelles » est faible : on exige moins d'autonomie de la part de l'élève. Les tâches sont en quelque sorte « standardisées » et « routinisées ». La compétence de lecture de la consigne n'en reste pas moins déterminante.

  Le caractère standard d'une situation ou d'un problème proposé est identifiable par rapport aux paramètres qui délimitent la classe des problèmes ou des situations pour le traitement desquels les conceptualisations et les procédures adéquates sont connues de l'élève. Les tâches d' application portent donc sur des problèmes ou situations parents de ceux travaillés en classe et susceptibles d'être résolus par l'élève en fonction de problèmes ou situations « phares » qui serviront de référents pour résoudre ce type de problèmes ou situations.

- Dans le **transfert**, la variation des paramètres entre tâches entrainées et tâches « nouvelles », est plus forte : on attend un plus grand degré d'autonomie de la part de l'élève. Le transfert, comme l'application, est le résultat d'un apprentissage : l'élève doit avoir pris conscience que ce qu'il apprend est transférable à certaines conditions, doit pouvoir identifier la famille (ou classe) de tâches, de problèmes ou de situations où tel transfert est possible, doit avoir appris à construire des homologies entre des tâches, problèmes, situations, contextes tout en relevant des différences qui nécessiteront des ajustements au moment du transfert.

De l'application au transfert :

Plus une tâche combine les différents paramètres ci-dessous, plus elle tend vers le transfert des connaissances et compétences

+ **Autonomie** de l'apprenant : utilisation à bon escient des acquis d'apprentissage sans être guidé dans ses choix

+ **Recontextualisation** des acquis d'apprentissage dans des situations relativement différentes des situations-types d'apprentissage

+ **Capacité d'ajuster** un concept, un modèle, une procédure, une stratégie… en fonction d'un contexte spécifique

+ **Capacité d'assembler/intégrer** des ressources diverses

Concrètement, le référentiel se présente sous la forme de fiches formatées **sur la base des mêmes paramètres**.

- **La partie supérieure** permet d'identifier l'unité d'acquis d'apprentissage, en précisant le domaine disciplinaire concerné et les finalités du processus d'apprentissage en termes de compétences.
- **Le volet inférieur** décrit l'UAA d'un point de vue opérationnel : les ressources incontournables pour l'exercice des compétences, les processus mis en œuvre dans des activités, les stratégies transversales convoquées.

Qui rédige les référentiels ?

Le processus de production des référentiels de compétences terminales est fixé par le décret « Missions »[4].
Selon les termes décrétaux, les groupes de travail chargés de produire les référentiels « sont composés de représentants de l'enseignement secondaire, de l'inspection et de l'enseignement supérieur. Les groupes de travail entendent, à titre d'expert, toute personne qu'ils jugent utile. Le nombre total des représentants de l'enseignement supérieur ne peut être supérieur au nombre de représentants de l'enseignement secondaire ».
En cours de travail, des échanges avec des groupes-tests composés entre autres d'enseignants de la discipline ont été menés pour enrichir et amender les productions.
Tant dans les groupes de travail que dans les groupes-tests les acteurs de terrain sont donc présents.

[4] Article 25 pour les Humanités générales et technologiques et article 35 pour les Humanités professionnelles et techniques. Le mode d'organisation et de fonctionnement de ces groupes est précisé par l'Arrêté du Gouvernement de la Communauté française en date du 29 octobre 1997.

INTRODUCTION – Sciences générales

«Il ne faut pas bourrer un jeune esprit de faits, de noms et de formules. Pour les connaître, on n'a pas besoin de cours, on les trouve dans les livres. L'enseignement devrait s'employer uniquement à apprendre aux jeunes à penser, à leur donner cet entraînement qu'aucun manuel ne peut remplacer. »

Albert Einstein (1879-1955)

Les premières compétences terminales et savoir requis en sciences datent de 2001. En tenant compte des objectifs identifiés par le décret « Missions », ils ont constitué un socle commun pour déterminer ce qui était attendu de l'enseignement des sciences au niveau des compétences terminales.
Ces textes ont fait l'objet d'interprétations variées des compétences et des savoirs disciplinaires. Ils sont donc réécrits afin de définir plus précisément les compétences et les contenus à maîtriser.

Sciences générales

Cette formation est vivement recommandée aux élèves qui se destinent à des études supérieures de type scientifique.

1. Des objectifs clairs

Il s'agit tout à la fois de soutenir l'intérêt de jeunes pour les sciences et de faire comprendre que la biologie, la chimie et la physique :

- sont des sciences qui, grâce à une meilleure compréhension du monde, éclairent les personnes sur les questions qu'elles se posent concernant leur bien-être, leur sécurité et leur environnement ;
- sont en interaction étroite avec les développements technologiques ;
- font continuellement appel à des modèles, modèles avec leurs limites, qui permettent de décrire une réalité souvent complexe ;
- sont des sciences expérimentales contribuant à mettre en place des démarches rationnelles aptes à résoudre des problèmes ;
- confrontent sans cesse les représentations spontanées à des modèles établis ;
- doivent être articulées à d'autres disciplines pour donner une vision globale de la réalité ;
- sont nées et se développent dans des contextes culturels, socioéconomiques et techniques précis ;
- sont propices à une réflexion d'ordre éthique ;
- utilisent les raisonnements inductif déductif, systémique et par analogie.

Pour atteindre ces objectifs, il importe de développer chez les élèves les attitudes et les capacités liées à la pratique scientifique dans une perspective citoyenne.

Attitudes indispensables pour la pratique scientifique
L'honnêteté intellectuelle impose, par exemple,

- de rapporter ce que l'on observe et non ce que l'on pense devoir observer ;
- de reconnaître les limites du travail entrepris ;
- de s'investir dans une étude sérieuse et une analyse critique des questions mises au débat.

L'équilibre entre ouverture d'esprit et scepticisme suppose, entre autres,

- d'être ouvert aux idées nouvelles et inhabituelles, mais de suspendre son jugement s'il n'existe pas de données plausibles ou d'arguments logiques à l'appui de ces idées ;
- de reconnaître les explications inconsistantes, les généralisations abusives et les failles dans une argumentation ;
- de se poser la question : « Comment est-on arrivé à ces conclusions ? »;
- de chercher à se documenter à diverses sources, en confrontant les informations recueillies.

La curiosité conduit à s'étonner, à se poser des questions sur les phénomènes qui nous entourent et à y rechercher des réponses.
Le souci d'inscrire son travail dans celui d'une équipe.

Capacités indispensables pour la pratique scientifique

1. S'approprier des concepts fondamentaux, des modèles et des principes.
2. Evaluer la portée et les limites des modèles et des principes.
3. Conduire une recherche et utiliser des modèles.
4. Utiliser des procédures expérimentales.
5. Bâtir un raisonnement logique.
6. Utiliser des procédures de communication.
7. Résoudre des applications numériques.
8. Utiliser les outils mathématiques et informatiques adéquats.
9. Comprendre que les connaissances actuelles en sciences ont une histoire.
10. Etablir des liens entre les développements des sciences et des technologies.
11. Etre capable de synthétiser son point de vue et de le défendre au cours d'un débat.

2. Le rôle des enseignants

Cette formation scientifique joue un rôle essentiel pour aider les jeunes à comprendre les enjeux du XXIe siècle. Chaque enseignant, en charge de cette formation, a donc un rôle primordial en vue d'assurer la réussite et l'intérêt des élèves pour les disciplines scientifiques.
Ces deux aspects de réussite et d'intérêt seront le mieux assurés si l'enseignant place l'élève dans un environnement d'apprentissage convivial et si les activités proposées sont pertinentes.

Un environnement d'apprentissage convivial : l'enseignant élabore des stratégies variées et adaptées aux différents styles d'apprentissage. Grâce à ces stratégies, chaque élève rencontre de multiples occasions de nourrir sa motivation pour les sciences.

Des activités pertinentes : l'enseignant conçoit des activités conduisant à un apprentissage actif établissant des liens avec le connu et le concret. L'élève est alors amené à intégrer de nouveaux concepts par le biais de la recherche, de l'observation, de la réflexion et de l'expérimentation en laboratoire et sur le terrain. Il importe également que les savoirs ne soient pas vus pour eux-mêmes mais à travers ces activités qui ont un sens pour l'élève.

3. La présentation

En sciences comme dans les autres disciplines, la présentation est celle d'unités d'acquis d'apprentissage.
L'ensemble des UAA est structuré par discipline et comprend de 3 à 5 unités d'acquis d'apprentissage en physique, chimie, et biologie, par degré. Cela n'exclut évidemment pas le travail interdisciplinaire. Au 2e degré, l'objectif principal est d'apprendre à « voir le monde comme un scientifique ». Au 3e degré, l'objectif premier est d'apprendre à « agir sur le monde comme un scientifique ».

L'épistémologie des sciences conduit à quelques spécificités dans l'écriture des UAA.

Chaque UAA fait référence à une ou plusieurs compétences à développer qui sont contextualisées et globalisantes (elles décrivent ce qui est attendu de l'élève au terme de l'UAA).

Les activités qui éclairent la ou les compétences à développer, intègrent les ressources qui y trouvent là leur sens. Elles **sont réparties dans les trois processus** de manière non hiérarchisées et s'expriment sous forme de tâches que l'élève doit pouvoir mettre en œuvre avec une certaine autonomie. Les diverses UAA sont autant d'occasions d'appliquer une démarche scientifique.

Le processus « Connaître » propose des activités qui permettent à l'élève de se construire une culture scientifique. Au cours de ces activités, l'élève s'approprie le langage scientifique et articule des concepts scientifiques entre eux : il modélise peu à peu le monde en une représentation conforme à celle des scientifiques.
Il s'agit pour l'élève, plutôt que de restituer des connaissances, de les expliciter après s'en être construit une image mentale.
Dans le cas de « Appliquer », l'élève traite des situations entraînées en mobilisant des acquis et en appliquant une procédure qui, suivie pas à pas, mène au résultat attendu.
Les activités proposées dans le cadre de « Transférer » correspondent également à des situations entraînées mais présentant un certain caractère de nouveauté. La gestion de la situation nécessite également de mobiliser des acquis mais la procédure à suivre doit être adaptée, voire même imaginée.

4. La démarche scientifique

Afin d'assurer chez les élèves de la motivation pour les sciences et des apprentissages en profondeur, il faut qu'ils aient des occasions de participer activement. Et l'une des meilleures

opportunités consiste à mettre les élèves en situation d'investigation, ce qui leur permet en même temps de pratiquer une démarche scientifique.

Cette démarche est un processus au cours duquel les élèves ont l'occasion de pratiquer soit l'observation, l'expérimentation, le débat ou encore la consultation de documents et d'experts. Ils élaborent alors, sous la direction de l'enseignant, des réponses à des questions de recherche et construisent leur propre compréhension de concepts scientifiques. Il convient de privilégier cette démarche dans la pratique de classe, soit de manière souple avec toute la classe, soit de manière plus aboutie avec de petits groupes d'élèves.

La mise en œuvre d'une démarche d'investigation permet l'exercice d'un grand nombre de stratégies transversales qui ont été classés ci-dessous en 3 domaines. Il va de soi que, lors d'une recherche particulière, seuls certains de ces savoir-faire sont exercés.

Appropriation du problème

- Repérer un problème de nature scientifique, poser des questions s'y rattachant.
- Emettre une hypothèse.
- Identifier les variables dépendantes et indépendantes.
- Participer à la mise au point d'un protocole d'expérience.
- Planifier une expérience.

Recueil des informations

- Mener une recherche documentaire.
- Recueillir et sélectionner des informations.
- Consulter des experts.
- Appliquer une stratégie de résolution de problème.
- Mener à bien une expérience.
- Observer et recueillir des données.
- Développer des habiletés manuelles.
- Respecter des consignes.
- Prendre les précautions nécessaires pour assurer sa sécurité ou celle d'autrui.

Traitement et communication des informations

- Analyser, interpréter et critiquer des données.
- Exploiter des résultats de mesure.
- Présenter des données (grandeurs et unités, tableaux, graphiques) avec rigueur.
- Valider ou invalider une hypothèse.
- Modéliser une situation.
- Tirer une conclusion et la justifier (en analysant son rapport avec le problème de départ).
- Expliquer un phénomène.
- Résoudre une application numérique.
- Communiquer des résultats et des conclusions dans un langage scientifique.
- Utiliser un mode de communication adapté au public concerné.

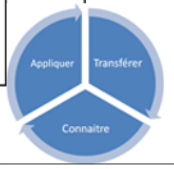
Remarque concernant la place de l'expérience
L'expérience est un moyen couramment utilisé dans le cadre d'une démarche de recherche. Pour les élèves, l'expérience est également un moyen privilégié pour percevoir ou ressentir un phénomène ou un concept. Pour ces raisons, il convient que les élèves aient, le plus souvent possible, l'occasion de réaliser des expériences dans un local disposant d'un matériel adapté.

Sciences générales – Deuxième degré – Troisième année - Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 1

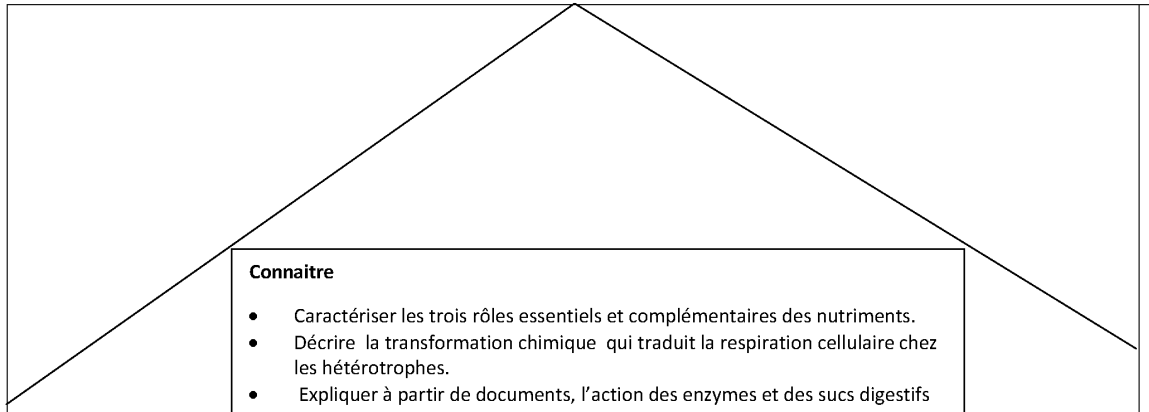
« Nutrition et production d'énergie chez les hétérotrophes »

Compétences à développer

- **Expliquer les mécanismes de digestion des aliments, d'absorption des nutriments et de production d'énergie chez les hétérotrophes.**
- **Expliquer les bases qualitative et quantitative d'une alimentation « équilibrée ».**

Processus	Ressources
Appliquer • A partir d'expériences, ➢ identifier les principales molécules organiques présentes dans quelques aliments (par exemple : pain, lait,…) à l'aide de tests d'identification ; ➢ mettre en évidence l'action chimique de quelques sucs digestifs sur la décomposition des aliments, ainsi que quelques paramètres qui influencent cette action (par exemple : température, acidité du milieu,…). • A partir de documents (règles simples de diététiques, tables,…), ➢ analyser le menu d'une journée ; ➢ choisir et calculer un régime équilibré en fonction de différents paramètres (par exemple : l'âge, les activités sédentaires, les activités sportives, …) **Transférer** • Expliquer, à partir d'une démarche d'investigation, que la respiration n'est pas la seule réaction possible pour produire de l'énergie (par exemple : la fermentation alcoolique, l'apparition de crampes suite à la fermentation lactique). • Réaliser une recherche documentaire sur les troubles du comportement alimentaire (par exemple : obésité, boulimie, « malbouffe », …) afin de relier « déséquilibre entre apports et dépenses énergétiques » et « problèmes de santé ». 	**Pré-requis** • Producteurs et consommateurs • Système digestif **Savoirs disciplinaires** • Hétérotrophes • Rôles des nutriments (énergétique, plastique et fonctionnel) • Absorption des nutriments • Rôles des glucides, des protéines, des lipides, des vitamines, des sels minéraux et de l'eau • Enzyme digestive • Suc digestif • Respiration cellulaire [5] • Fermentation • Règles simples de diététique • Ration alimentaire

[5] Pour la respiration, se limiter à la transformation chimique, les équations chimiques seront vues dans l'UAA 2 de chimie.



Connaitre

- Caractériser les trois rôles essentiels et complémentaires des nutriments.
- Décrire la transformation chimique qui traduit la respiration cellulaire chez les hétérotrophes.
- Expliquer à partir de documents, l'action des enzymes et des sucs digestifs sur la digestion des glucides, des protéines et des lipides au cours de la digestion.
- Expliquer l'absorption des nutriments, à partir de documents.
- Définir les règles de base d'une alimentation équilibrée.

Savoir-faire disciplinaires

- Réaliser un croquis d'observation et l'annoter.
- Réaliser un bilan fonctionnel.

Sciences générales – Deuxième degré — Troisième année - Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 2

« Importance des végétaux verts à l'intérieur des écosystèmes »

Compétences à développer

- **Décrire et modéliser la nutrition et la production d'énergie chez les végétaux verts.**
- **Décrire et modéliser de manière simple une cellule végétale.**
- **Expliquer les relations qui interviennent dans un écosystème en état d'équilibre dynamique.**

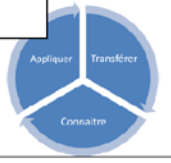
Processus

Appliquer

- Rechercher des facteurs susceptibles de favoriser la photosynthèse (par exemple : lumière (intensité, couleur), gaz carbonique, eau, chlorophylle), à l'aide d'une démarche expérimentale.
- Comparer les quantités d'oxygène produites lors de la photosynthèse et consommées lors de-la respiration d'un végétal vert.
- A l'aide d'observations au microscope optique :
  - ➢ - identifier les principaux constituants et réaliser des croquis d'observation de différentes cellules végétales ;
  - ➢ - déterminer l'ordre de grandeur de la dimension d'une cellule végétale.
- A partir de documents (photographies, vidéos, ...), retrouver et caractériser dans un écosystème donné :
  - ➢ des relations inter-spécifiques entre les êtres vivants ;
  - ➢ des relations intraspécifiques entre les êtres vivants ;
  - ➢ des relations entre les êtres vivants et leur biotope.
- Montrer à l'aide de différents réseaux trophiques le lien entre la diversité des espèces et la stabilité d'un écosystème.

Transférer

- Par le biais d'une approche expérimentale, analyser un écosystème simple (par exemple : la haie, la mare, le chêne, l'aquarium,...) et expliquer comment l'écosystème tend vers un état d'équilibre.



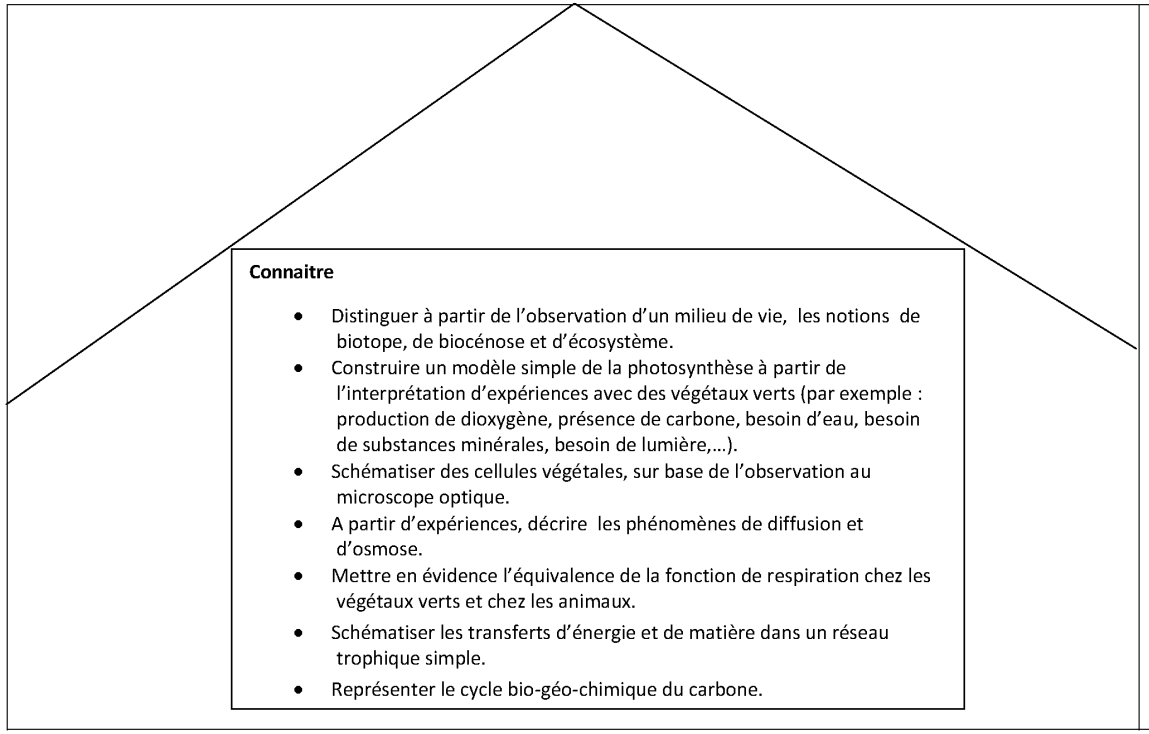
Ressources

Pré-requis

- Réseau trophique
- UAA 1 de chimie
- UAA 1 de biologie

Savoirs disciplinaires

- Espèce
- Biotope
- Biocénose
- Ecosystème
- Facteurs biotiques et abiotiques
- Autotrophe / hétérotrophe
- Rôles des glucides (glucose, amidon, cellulose)
- Sève minérale /sève brute
- Sève organique/ sève élaborée
- Photosynthèse (équation bilan)
- Respiration (équation bilan)
- Cellule végétale (noyau, plastes, vacuole, membrane cytoplasmique, paroi cellulosique, cytoplasme)



Connaitre

- Distinguer à partir de l'observation d'un milieu de vie, les notions de biotope, de biocénose et d'écosystème.
- Construire un modèle simple de la photosynthèse à partir de l'interprétation d'expériences avec des végétaux verts (par exemple : production de dioxygène, présence de carbone, besoin d'eau, besoin de substances minérales, besoin de lumière,…).
- Schématiser des cellules végétales, sur base de l'observation au microscope optique.
- A partir d'expériences, décrire les phénomènes de diffusion et d'osmose.
- Mettre en évidence l'équivalence de la fonction de respiration chez les végétaux verts et chez les animaux.
- Schématiser les transferts d'énergie et de matière dans un réseau trophique simple.
- Représenter le cycle bio-géo-chimique du carbone.

- Osmose, diffusion
- Relations interspécifiques entre les vivants (par exemple, parasitisme, commensalisme, symbiose, mutualisme, prédation)
- Relations intraspécifiques entre les vivants (par exemple, compétition, coopération)
- Transferts de matière et flux d'énergie
- Cycle du carbone

Savoir-faire disciplinaires

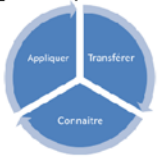
- Utiliser un microscope optique.
- Calculer un grossissement.
- Réaliser un croquis d'observation et l'annoter.
- Evaluer l'ordre de grandeur d'une cellule.
- Utiliser une technique de coloration afin de réaliser une préparation microscopique.
- Réaliser un bilan fonctionnel.

Sciences générales – Deuxième degré — Quatrième année – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 3

« Unité et diversité des êtres vivants »

Compétences à développer

- **Malgré leur extraordinaire diversité, mettre en évidence les ressemblances (moléculaires, cellulaires) entre les êtres vivants.**
- **Expliquer que la molécule d'ADN contient l'information génétique.**
- **Expliquer l'universalité et la variabilité de l'ADN.**

Processus	Ressources
Appliquer • Comparer des tailles relatives de molécules et de cellules (par exemple : d'une cellule animale, d'une cellule végétale, d'une bactérie, d'une mitochondrie, d'une macromolécule organique, d'une molécule d'eau, d'un atome de carbone,…). • A partir de l'analyse de documents décrivant une mutation (par exemple : individus d'une même espèce avec un pelage de couleur différente, drépanocytose, …), expliquer les conséquences de la variabilité de l'ADN au sein d'une espèce. • Comparer la mitose et la méiose sur base d'images de coupe de microscope optique. • Comparer des photographies de caryotypes provenant de cellules différentes. • Résoudre un problème simple de monohybridisme. **Transférer** • A partir de photographies réalisées au microscope (optique ou électronique), identifier et schématiser la cellule photographiée (animale, végétale ou bactérienne). • A partir de l'analyse de résultats expérimentaux montrant les variations de la quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire, interpréter un graphique de l'évolution de la quantité d'ADN au cours du temps. 	**Prérequis** • UAA 1 & 2 de Biologie **Savoirs disciplinaires** • Cellule végétale • Cellule animale • Cellule bactérienne • Structure et ultrastructure cellulaire (mitochondries, lysosomes, REG, Golgi, ribosomes, noyau, membrane plasmique, paroi cellulosique, chloroplastes) • Macromolécules organiques (glucides, protéines, lipides, ADN). Représentation schématique • Information génétique (ADN – chromosomes-chromatine) • Gène (unité d'information) et allèles • Nucléotide • Mutation • Cycle cellulaire (réplication de l'ADN, mitose) • Caryotype • Méiose • Monohybridisme

Connaitre

- Sur base de l'observation d'images de microscopie optique et électronique, modéliser la structure et l'ultrastructure cellulaire.
- A partir de documents, identifier les éléments chimiques caractéristiques (C, H, O, N) des molécules qui constituent les êtres vivants (eau et macromolécules organiques (protéines, glucides, ADN, lipides)).
- Réaliser une représentation schématique de la molécule d'ADN (échelle torsadée), à partir de documents.
- Décrire une expérience de transgénèse montrant que l'ADN est une molécule contenant une information universelle.
- Etablir le lien entre chromosomes, ADN et information génétique.
- Identifier les origines des mutations.
- Décrire les phases du cycle cellulaire et expliquer le rôle de la mitose.
- Expliquer les rôles de la méiose et de la fécondation quant à la diversité génétique.
- Mettre en parallèle les observations de Mendel (expérience de monohybridisme) et la formation des gamètes lors de la méiose.

Savoir-faire disciplinaires

- Utiliser un microscope optique.
- Réaliser un croquis d'observation et l'annoter.
- Evaluer l'ordre de grandeur d'une cellule.
- Extraire des informations de photographies réalisées au microscope. (utiliser l'échelle du document, identifier les organites,…).
- Comparer des schémas de cellules,….

Sciences générales – Deuxième degré — Quatrième année – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 4

« Une première approche de l'évolution »

Compétences à développer

- **A partir des ressemblances entre les êtres vivants, induire que ces êtres vivants, malgré leur extraordinaire diversité, ont une origine commune.**
- **A partir de l'observation des modifications de la biodiversité au cours du temps, émettre une première explication sur la manière dont les espèces évoluent (sélection naturelle sur les différents types d'allèles).**

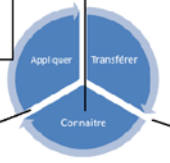
Processus

Appliquer

- Comparer l'organisation de membres antérieurs de vertébrés et décrire les caractéristiques probables du membre antérieur de leur ancêtre commun.
- Etablir les correspondances entre un tableau simple de caractères relatifs à différentes espèces et l'arbre phylogénétique correspondant.
- Repérer, sur une ligne du temps, les 5 grandes crises subies par la biodiversité et rechercher pour quelques-unes les causes supposées.

Transférer

- Sur base de l'analyse de documents, expliquer comment évoluent les espèces (par exemple : les pinsons des îles Galápagos, les moustiques du métro de Londres, les souris de Madère ….).
- Comparer différentes séquences moléculaires (ADN, protéines, …) et sérier en justifiant, leur ordre probable d'apparition.



Connaitre

- Relever des ressemblances (cellulaires, moléculaires, anatomiques,…) entre êtres vivants.
- Expliquer comment on caractérise une espèce.
- Interpréter un arbre phylogénétique.
- Décrire les trois niveaux de biodiversité (niveaux de la génétique, des espèces et des écosystèmes), à partir de différentes observations.
- A partir d'une approche historique (Darwin), expliquer comment la sélection naturelle influence l'évolution d'une espèce.

Ressources

Prérequis

- UAA 1 à 3 de Biologie

Savoirs disciplinaires

- Espèce
- Biodiversité
- Chronologie de l'évolution
- Ancêtre commun hypothétique
- Innovation évolutive
- Sélection naturelle
- Arbre phylogénétique
- Structures analogue et homologue

Savoir-faire disciplinaires

- Comparer des schémas, des planches anatomiques, des séquences moléculaires,….
- Lire et interpréter un arbre phylogénétique.

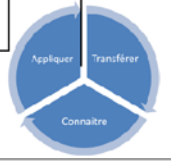
Sciences générales – Deuxième degré – Troisième année - Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 1

« Constitution et classification de la matière »

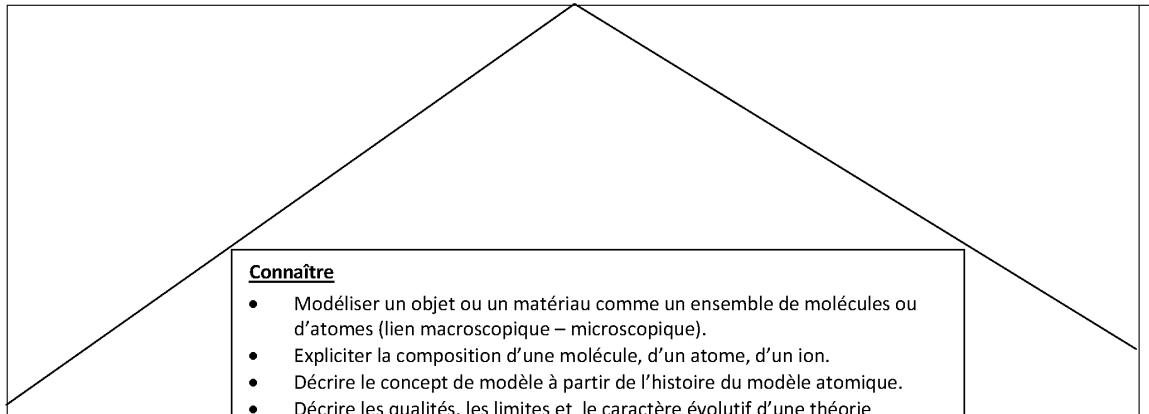
Compétences à développer

- **Décrire et modéliser les différents niveaux d'organisation de la matière.**
- **Analyser le tableau périodique des éléments pour en extraire des informations pertinentes.**
- **Décrire les qualités, les limites et le caractère évolutif d'une théorie scientifique.**

Processus	Ressources

Appliquer
• Schématiser un atome et un ion selon un modèle atomique déterminé.
• Extraire du tableau périodique des éléments les informations utiles pour :
  ○ estimer la masse atomique relative d'un élément (atome, ion) ;
  ○ modéliser a répartition des particules subatomiques selon le modèle de Bohr.
• Distinguer un métal d'un non-métal sur base de caractéristiques macroscopiques (conductivité, éclat, ductilité).
• Distinguer le caractère métallique/non-métallique d'un élément en fonction de sa place dans le tableau périodique des éléments. Prévoir la charge attendue de l'ion correspondant.
• Préparer une solution de concentration massique connue.
 	
Transférer
• Mener une expérience de conductivité pour déceler la présence d'ions dans un milieu naturel (par exemple : eau de mer, engrais liquide, liquide physiologique, eau minérale, ...).
• Construire un protocole expérimental visant à séparer les constituants d'un mélange et le mettre en œuvre.
 	
 
 	
	Savoirs disciplinaires
	Objets macroscopiques
	• Corps pur, simple, composé
	• Mélange
	• Solvant, solution, soluté
	• Métaux, non-métaux
	• Elément
	• Gaz noble
	Objets microscopiques
	• Espèce chimique
	• Molécule
	• Atome (modèles de Dalton, Thomson, Rutherford, Rutherford – Chadwick, Bohr)
	• Ion, cation, anion
	• Charge[20], proton, neutron, électron
	Atomes, éléments, familles
	• Masse atomique relative
	• Nombre atomique
	• Symbolisme
	• Nomenclature atomique
	• Electronégativité
	• Nom des familles a.
	Phénomène chimique
	Concentration massique

[20] Notion de charges électriques (vue dans l'UAA 1 en physique)



Connaître

- Modéliser un objet ou un matériau comme un ensemble de molécules ou d'atomes (lien macroscopique – microscopique).
- Expliciter la composition d'une molécule, d'un atome, d'un ion.
- Décrire le concept de modèle à partir de l'histoire du modèle atomique.
- Décrire les qualités, les limites et le caractère évolutif d'une théorie scientifique à partir de l'histoire de la théorie atomique.
- Connaître les symboles des éléments rencontrés lors du cours de chimie (pas d'étude exhaustive).
- Décrire des corps purs simples et des corps purs composés, choisis pour représenter chacun des états de la matière. Fournir des exemples d'utilisation de ces corps dans la vie courante.
- A partir de la visualisation de réactions (observées, filmées,…), classer les éléments d'une même famille sur base de propriétés chimiques analogues.
- Illustrer le concept d'ion au travers d'une situation expérimentale et d'une situation quotidienne.
- Relier l'électronégativité d'un ensemble d'éléments à leur caractère métallique. Associer l'inertie des gaz nobles à l'absence d'électronégativité.

Savoir-faire disciplinaires

- Calculer la concentration massique d'une solution.
- Distinguer un métal d'un non-métal à l'aide du tableau périodique des éléments.
- Extraire les informations (nombre de protons, de neutrons, d'électrons, électronégativité, masse atomique relative) du tableau périodique des éléments.
- Mesurer une masse et préciser l'incertitude
- Mesurer un volume et préciser l'incertitude en fonction du récipient choisi.
- Nommer les principales pièces de verrerie
- Filtrer, distiller, décanter, séparer par chromatographie.

Stratégie transversale

- Percevoir les limites d'un modèle (sur base de l'histoire de la théorie atomique).

Sciences générales – Deuxième degré – Troisième année - Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 2

« La réaction chimique : approche qualitative »

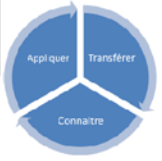
Compétences à développer

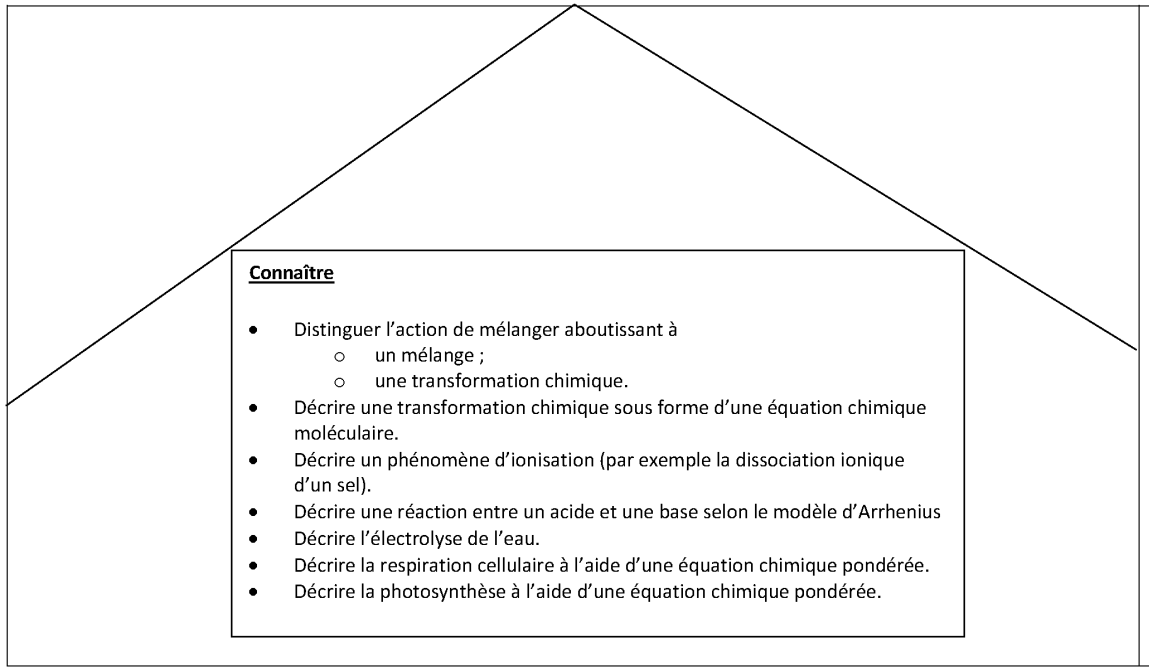
Réaction chimique

- **A partir de l'observation d'un phénomène chimique, décrire le réarrangement moléculaire et traduire la réaction chimique par une équation pondérée.**

Fonction chimique

- **A partir d'expériences et de propriétés observables, classer les espèces moléculaires selon leur fonction chimique.**
- **Expliquer des propriétés de substances usuelles en lien avec leur fonction chimique.**

Processus	Ressources
Appliquer • A partir d'informations du tableau périodique des éléments, construire une formule moléculaire. • Traduire un phénomène d'ionisation par une équation. • A partir d'un protocole expérimental, effectuer une réaction chimique et pondérer l'équation correspondante lors des expériences suivantes : ○ combustion d'un métal, ○ combustion d'un non-métal, ○ neutralisation, ○ réaction entre un acide et un métal, ○ réaction entre un oxyde et l'eau. • Associer une formule chimique à une fonction chimique. • Identifier le risque associé à un pictogramme de danger donné pour des substances usuelles. **Transférer** • Traduire en une équation chimique un phénomène chimique ○ montré, ○ expérimenté, ○ décrit. • Mener une démarche d'investigation afin d'identifier la fonction chimique d'un composé à partir d'expériences et prévoir son usage dans la vie quotidienne. • Expliquer la présence de pictogrammes de danger en lien avec la fonction chimique du réactif. 	**Pré-requis** UAA 1 de chimie **Savoirs disciplinaires** • Phénomène chimique ○ Transformation chimique (observation empirique d'un phénomène chimique) ○ Réaction chimique (interprétation moléculaire, ionique, …, d'un phénomène chimique) ○ Equation chimique • Réactifs, produits • Coefficients stœchiométriques • Indices • Fonction chimique (acide, base, sel, oxyde) • Valence et/ou état d'oxydation • Indicateur coloré • Modèle d'Arrhenius • Electrolyse • Pictogrammes de danger



Connaître

- Distinguer l'action de mélanger aboutissant à
  - un mélange ;
  - une transformation chimique.
- Décrire une transformation chimique sous forme d'une équation chimique moléculaire.
- Décrire un phénomène d'ionisation (par exemple la dissociation ionique d'un sel).
- Décrire une réaction entre un acide et une base selon le modèle d'Arrhenius
- Décrire l'électrolyse de l'eau.
- Décrire la respiration cellulaire à l'aide d'une équation chimique pondérée.
- Décrire la photosynthèse à l'aide d'une équation chimique pondérée.

Savoir-faire disciplinaires

- Ecrire une équation chimique.
- Pondérer une équation chimique.
- Extraire les informations (valence, état d'oxydation) du tableau périodique des éléments.
- Réaliser un mélange.
- Respecter un protocole expérimental décrivant un phénomène chimique.
- Recueillir un gaz.

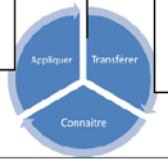
Sciences générales – Deuxième degré – Quatrième année - Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 3

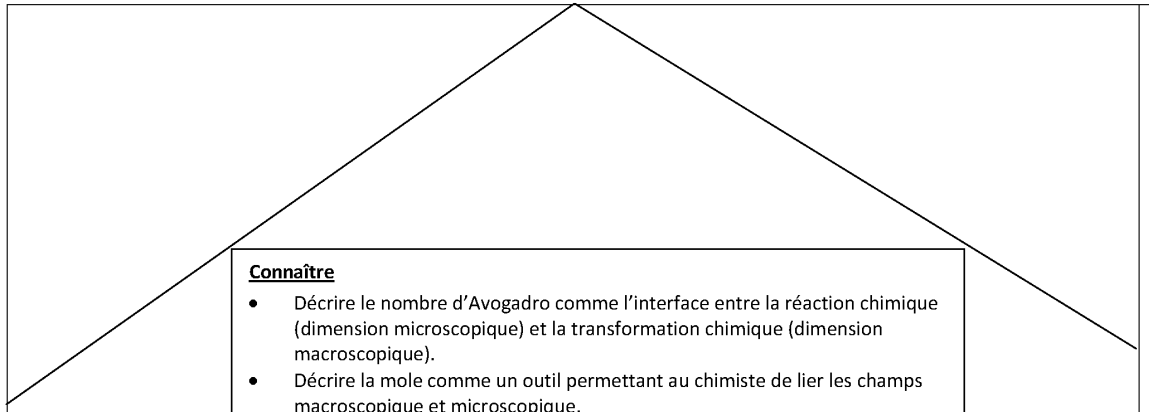
« La réaction chimique : approche quantitative »

Compétences à développer

- **Déterminer expérimentalement les coefficients stœchiométriques d'une réaction complète.**
- **Résoudre des problèmes de stœchiométrie dans le cas de réactions complètes.**

Processus	Ressources

Appliquer
• Préparer une solution de concentration molaire déterminée.
• Calculer une concentration molaire à partir d'une concentration massique.
• Calculer une concentration massique à partir d'une concentration molaire
• Calculer une quantité de matière (un nombre de moles) à partir d'un volume de gaz.
• Déterminer expérimentalement une quantité de matière (un nombre de moles) de gaz produit par une réaction chimique.
• A partir d'informations du tableau périodique des éléments, construire une formule moléculaire et nommer la substance correspondante.
 	
 
 	
Transférer
• Suivre un protocole expérimental pour comparer deux situations : une réaction chimique où les réactifs sont en quantité stœchiométriques et la même réaction où ils ne le sont pas.
• Résoudre en exploitant le concept de mole des problèmes de stœchiométrie dans le cas de réactions complètes avec
  ○ les réactifs en quantités stœchiométriques ;
  ○ les réactifs en quantités non-stœchiométriques ;
  ○ les réactifs en solution.
• Elaborer un protocole et mener une expérience permettant de déterminer la stœchiométrie d'une réaction chimique.
	Pré-requis
	• UAA 1 & 2 de Chimie
	• Pondérer une équation chimique
	
	Savoirs disciplinaires
	• Loi de Lavoisier
	• Masse moléculaire relative
	• Mole
	• Masse molaire
	• Nombre d'Avogadro
	• Unités de masse et de volume
	• Volume molaire d'un gaz (CNTP)
	• Concentration molaire
	• Nomenclature IUPAC des acides, des hydroxydes, des sels, des oxydes, groupements ioniques
	• Réactif en excès
	• Réactif limitant



Connaître

- Décrire le nombre d'Avogadro comme l'interface entre la réaction chimique (dimension microscopique) et la transformation chimique (dimension macroscopique).
- Décrire la mole comme un outil permettant au chimiste de lier les champs macroscopique et microscopique.

Savoir-faire disciplinaires

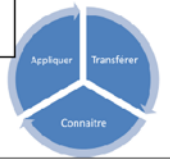
- Calculer une masse molaire.
- Mesurer un volume de gaz.
- Respecter un protocole expérimental permettant de quantifier une réaction chimique.
- Utiliser la loi des gaz parfaits.
- Extraire les informations (valence, état d'oxydation, masse atomique relative) du tableau périodique des éléments.
- Utiliser la règle de trois dans le cadre de problèmes de stœchiométrie.
- Identifier la fonction chimique d'une substance usuelle sur base de son nom.
- Associer une formule chimique à une fonction chimique et à un nom.
- Appliquer les règles conventionnelles (IUPAC) de nomenclature.
- Nommer une molécule sur base de sa formule chimique.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (masse, volume, quantité de matière,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (masse, volume, quantité de matière,…).

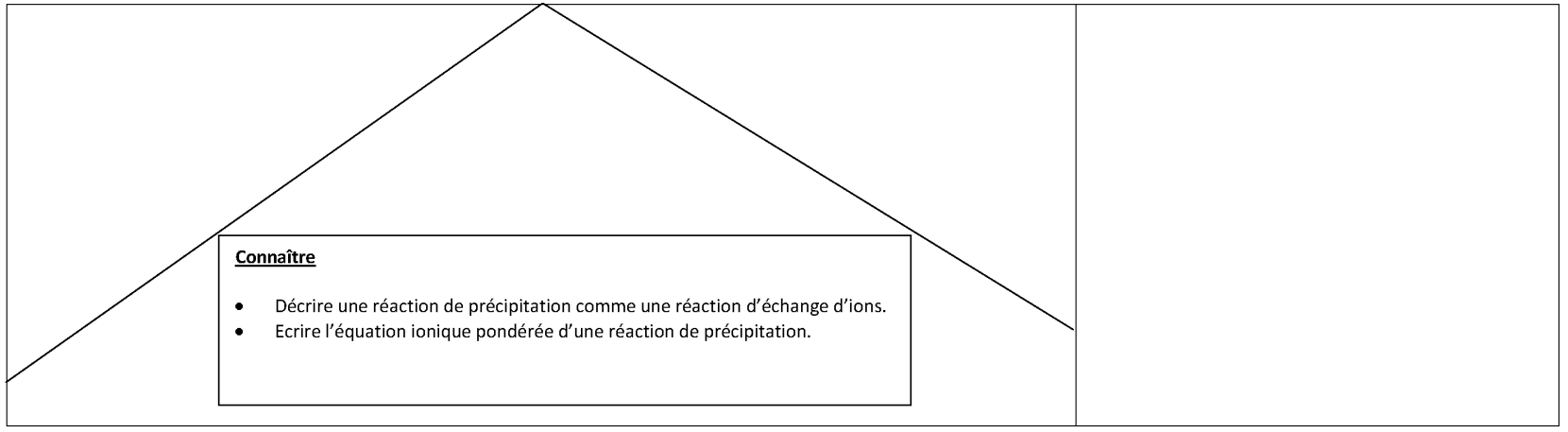
Sciences générales – Deuxième degré – Quatrième année - Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 4

« Identifier une espèce chimique par une réaction chimique »

Compétences à développer

- **Identifier expérimentalement l'oxygène, l'hydrogène, le dioxyde de carbone, des ions à l'aide de réactions de précipitation.**
- **Modéliser une situation comme une précipitation.**

Processus	Ressources
Appliquer • Prouver, à l'aide d'une expérience que ➢ la réaction entre une source calcaire et un acide produit du dioxyde de carbone ; ➢ la respiration produit du dioxyde de carbone ; ➢ pour une réaction proposée, le gaz produit est de l'oxygène (par exemple : la décomposition du $KMnO_4$, la décomposition d'H_2O_2,…) ; ➢ pour une réaction proposée, le gaz produit est de l'hydrogène (par exemple : la réaction d'un alcalino-terreux avec l'eau,…). • Déterminer les espèces chimiques présentes dans une solution à partir des espèces introduites. • Prévoir (sans calculer) une précipitation à partir d'un tableau qualitatif de solubilité. **Transférer** • Expliquer une situation sur base de phénomènes de précipitation (par exemple : l'épuration des eaux, l'entartrage, concrétions calcaires,…). • Prouver que l'électrolyse de l'eau et l'action d'un acide sur un métal produisent un même gaz. • Calculer la quantité de précipité obtenu en mélangeant deux solutions de concentrations et de volumes connus. 	• UAA 1 à 3 de Chimie **Savoirs disciplinaires** • Précipitation • Tableau qualitatif de solubilité • Espèces soluble, peu soluble, insoluble **Savoir- faire disciplinaires** • Extraire des informations d'un tableau qualitatif de solubilité. • Extraire des informations (valence, masse atomique relative) du tableau périodique des éléments. • Déterminer la charge d'un ion à l'aide du tableau périodique des éléments. • Respecter un protocole expérimental permettant de recueillir et identifier un gaz. • Respecter un protocole expérimental permettant d'identifier un ion.

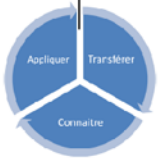

Connaître
• Décrire une réaction de précipitation comme une réaction d'échange d'ions.
• Ecrire l'équation ionique pondérée d'une réaction de précipitation.

Sciences générales – Deuxième degré – Troisième année - Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 1

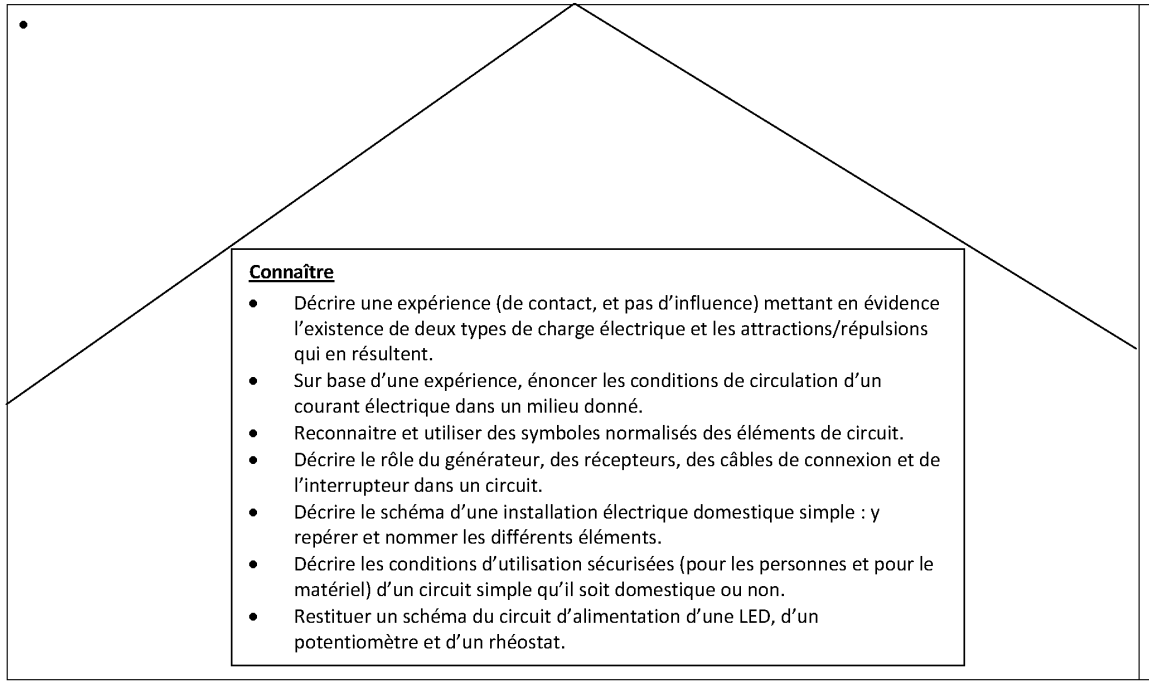
« Electricité »

Compétences à développer

- **Mener une démarche expérimentale pour contrôler un circuit électrique.**
- **Résoudre une situation concrète impliquant des concepts et des propriétés des courants électriques**

Processus	Ressources
Appliquer • Mesurer et vérifier par calcul la valeur de l'intensité de courant traversant un élément de circuit ou de la tension appliquée à cet élément dans un circuit. • A l'aide d'une expérience montrée, mettre en évidence et estimer la variation du courant électrique d'un circuit en fonction de paramètres (par exemple : la température, la longueur de fil résistif, l'humidité,...). • Réaliser un circuit simple à partir d'un schéma et vice-versa. • Mesurer l'énergie ou la puissance électrique produite ou consommée dans un circuit. **Transférer** • Réaliser une tâche qui implique un montage à l'aide de commutateurs et/ou de capteurs (boite noire) : par exemple, ○ détection d'intrusion, ○ allumage automatique d'une lampe. 	**Pré-requis** • Force • Principe des actions réciproques • Interrupteur : circuit ouvert, circuit fermé • Bons et mauvais conducteurs • Circuit électrique simple • Notion d'énergie **Savoirs disciplinaires** • Charges électriques[21] - Unités de mesure (C, mAh) • Attraction et répulsion électriques (sans formule) • Circuit électrique : générateur, récepteur, câbles de connexion • Tension, intensité de courant : mesure, unités SI, sens conventionnel du courant • Relation quantité d'électricité – intensité • Energie et puissance électriques : définition, unités SI, mesure • Relation puissance-énergie • Lois des nœuds et d'addition des tensions sur une branche • Résistance électrique - Unité SI • Loi d'Ohm • Fusible, disjoncteur, prise de terre, différentiel

[21] Cette notion doit être vue en début d'année scolaire pour pouvoir être utilisée en chimie.



Connaître

- Décrire une expérience (de contact, et pas d'influence) mettant en évidence l'existence de deux types de charge électrique et les attractions/répulsions qui en résultent.
- Sur base d'une expérience, énoncer les conditions de circulation d'un courant électrique dans un milieu donné.
- Reconnaitre et utiliser des symboles normalisés des éléments de circuit.
- Décrire le rôle du générateur, des récepteurs, des câbles de connexion et de l'interrupteur dans un circuit.
- Décrire le schéma d'une installation électrique domestique simple : y repérer et nommer les différents éléments.
- Décrire les conditions d'utilisation sécurisées (pour les personnes et pour le matériel) d'un circuit simple qu'il soit domestique ou non.
- Restituer un schéma du circuit d'alimentation d'une LED, d'un potentiomètre et d'un rhéostat.

- Effets des courants
  - Effet thermique (effet Joule)
  - Effet luminescent (LED)
  - Effet magnétique (dans un électroaimant)
  - Effet chimique (recharge d'une batterie)
- Stockage d'énergie électrique dans un condensateur (pas d'aspect quantitatif)

Savoir-faire disciplinaires

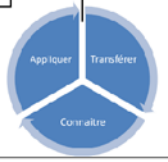
- Schématiser un circuit électrique
- Utiliser un appareil de mesure (wattmètre, multimètre).
- Construire un circuit électrique.
- Respecter les consignes de sécurité électrique.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (énergie, puissance, intensité, tension,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (énergie, puissance, intensité, tension,…).

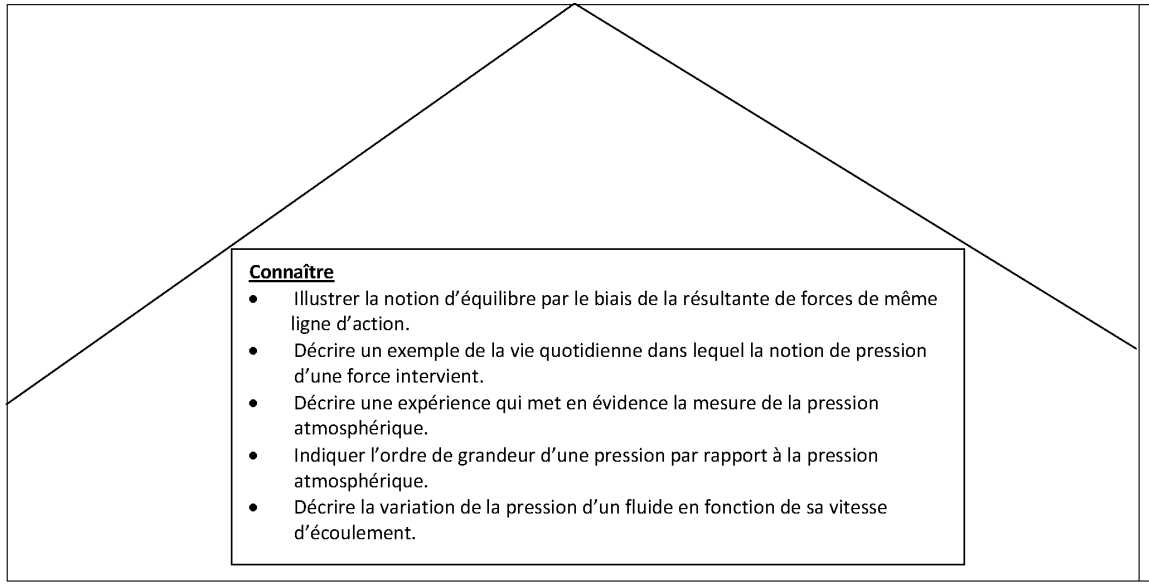
Sciences générales – Deuxième degré – Troisième année - Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 2

« Flotte, coule, vole ! »

Compétences à développer

- **Décrire, expliquer et quantifier une situation donnée mettant en jeu la pression et ses variations.**
- **Analyser une situation de flottabilité d'un objet dans un fluide.**

Processus	Ressources
Appliquer • Expliquer une situation quotidienne qui met en œuvre la pression atmosphérique (par exemple : l'aspiration dans une paille, un aspirateur, une soufflerie). • Expliquer le fonctionnement de la partie hydraulique d'une machine (par exemple : pont, bulldozer, freins) à l'aide du principe de Pascal. • Mener une recherche expérimentale pour identifier et quantifier les paramètres qui font varier la pression dans un fluide au repos. • Résoudre par calcul une situation d'équilibre nécessitant l'application de la poussée d'Archimède. • Résoudre une application concrète en utilisant la loi de Boyle-Mariotte. **Transférer** • Illustrer la loi de Boyle-Mariotte pour une situation donnée (par exemple : pompe à air, aspi-venin, ventouse de débouchage…). • Réaliser une expérience impliquant la poussée d'Archimède et en proposer une explication (par exemple : tri de déchets plongés dans des bains différents, vol d'une montgolfière,…).  	**Pré-requis** • Notion de force • Pression comme rapport *F/A* • Unité SI de la pression • Pression atmosphérique (approche qualitative) : ordre de grandeur • Masse volumique • Incompressibilité des liquides **Savoirs disciplinaires** • Force (représentation, caractéristiques) • Résultante de forces de même ligne d'action • Notion de fluide • Relation masse-poids : $P = m \cdot g$ • Pression dans un fluide • Pression hydrostatique • Principe d'Archimède • Transmission des pressions (principe de Pascal) • Eléments d'hydrodynamique (variation qualitative de la pression avec la vitesse du fluide) • Loi de Boyle-Mariotte



Connaître

- Illustrer la notion d'équilibre par le biais de la résultante de forces de même ligne d'action.
- Décrire un exemple de la vie quotidienne dans lequel la notion de pression d'une force intervient.
- Décrire une expérience qui met en évidence la mesure de la pression atmosphérique.
- Indiquer l'ordre de grandeur d'une pression par rapport à la pression atmosphérique.
- Décrire la variation de la pression d'un fluide en fonction de sa vitesse d'écoulement.

Savoir-faire disciplinaires

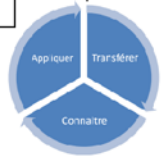
- Représenter une force.
- Calculer une pression.
- Calculer la poussée d'Archimède.
- Appliquer la loi de Boyle-Mariotte.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (force et pression).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (force et pression).

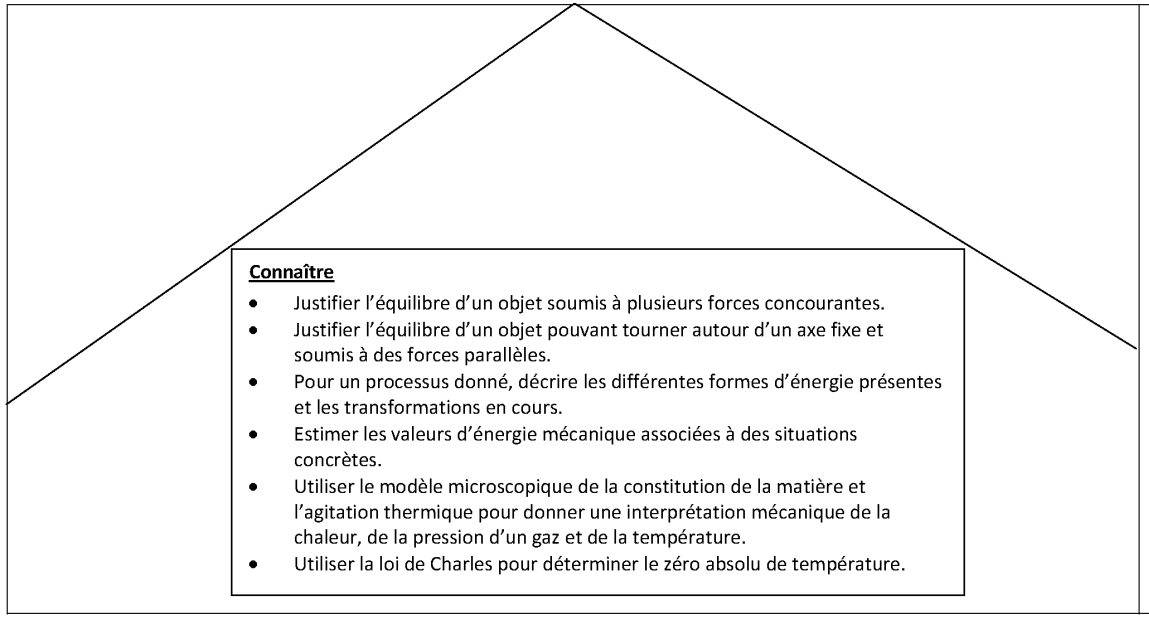
Sciences générales – Deuxième degré – Quatrième année - Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 3

« Travail, énergie, puissance »

Compétences à développer

- **Analyser une situation d'équilibre statique.**
- **Analyser une situation pour en déduire la répartition ou les échanges énergétiques d'ordre mécanique ou calorifique.**

Processus	Ressources
Appliquer • Réaliser une situation d'équilibre (translation et rotation), la schématiser et la justifier par calcul. • Calculer le travail et la puissance d'une force (par exemple : force exercée par une machine, un athlète,...). • Par le biais d'une recherche, identifier les paramètres déterminant une force de frottement entre surfaces solides. • Mesurer les pertes d'énergie dans une transformation énergétique correspondant à une situation donnée. • Appliquer la conservation du travail à une machine simple. • Déterminer la variation d'énergie cinétique d'un objet dans un processus donné. **Transférer** • Pour une machine simple non vue en classe (par exemple : le pédalier du vélo, la grue hollandaise), déterminer l'avantage mécanique. • Dans une situation donnée, calculer le lien entre la variation de vitesse d'un objet et le transfert d'énergie qu'il subit. 	**Pré-requis** • Force (définition, action d'un objet sur un autre) • Energie (sources, formes, transformations) • Notions de chaleur, de température et d'état de la matière **Savoirs disciplinaires** • Résultante de forces • Equilibre statique • Bras de levier (force dans l'axe du déplacement) • Moments de force • Machines simples • Travail d'une force • Composante d'une force qui travaille • Energie et puissance • Force de frottement • Vitesse • Energie potentielle de gravitation, énergie cinétique, conservation de l'énergie mécanique • Chaleur comme forme d'énergie transférée • Température comme mesure de l'agitation thermique • Changement d'état dû à l'apport énergétique • Loi de Charles (variation de la pression en fonction de la température) • Température absolue



Connaître

- Justifier l'équilibre d'un objet soumis à plusieurs forces concourantes.
- Justifier l'équilibre d'un objet pouvant tourner autour d'un axe fixe et soumis à des forces parallèles.
- Pour un processus donné, décrire les différentes formes d'énergie présentes et les transformations en cours.
- Estimer les valeurs d'énergie mécanique associées à des situations concrètes.
- Utiliser le modèle microscopique de la constitution de la matière et l'agitation thermique pour donner une interprétation mécanique de la chaleur, de la pression d'un gaz et de la température.
- Utiliser la loi de Charles pour déterminer le zéro absolu de température.

Savoir-faire disciplinaires

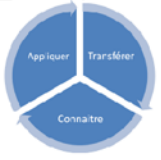
- Représenter une force à l'échelle.
- Calculer le travail d'une force colinéaire au déplacement.
- Calculer l'énergie cinétique, l'énergie potentielle et l'énergie totale dans une situation donnée.
- Déterminer l'avantage mécanique d'une machine.
- Calculer un travail, une énergie et une puissance.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (force, travail, énergie, puissance).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (force, travail, énergie, puissance).

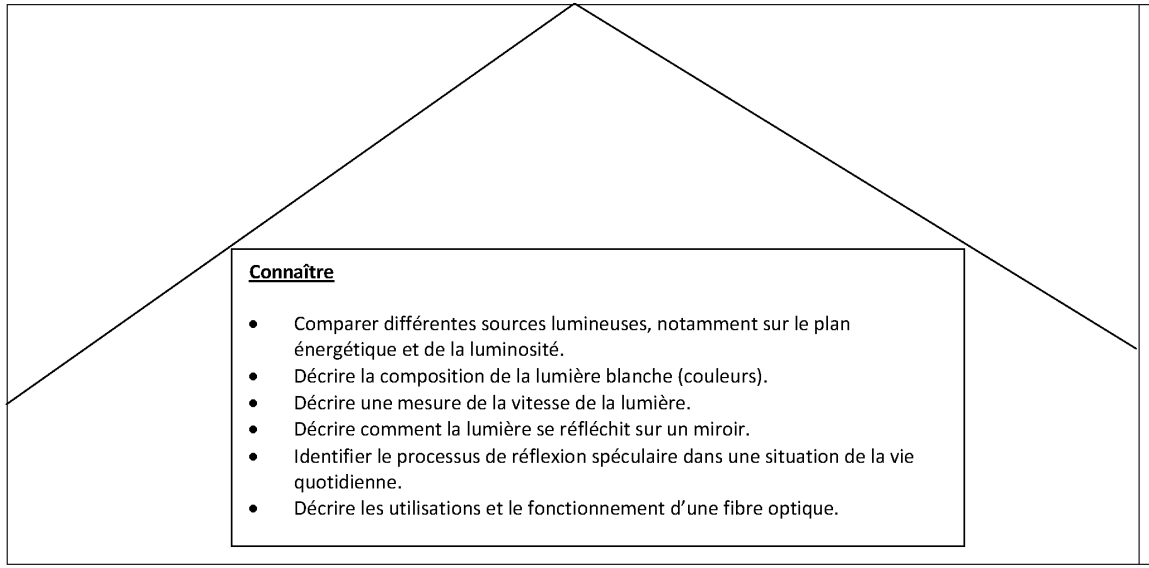
Sciences générales – Deuxième degré – Quatrième année - Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 4

« La magie de l'image »

Compétences à développer

- **Mener une expérience pour vérifier des propriétés de la lumière.**
- **Décrire, expliquer et quantifier certains aspects d'une situation impliquant les propriétés de la lumière.**

Processus	Ressources
Appliquer • Déterminer expérimentalement l'indice de réfraction d'un milieu. • Expliquer comment obtenir différentes teintes à partir des trois couleurs primaires. • Construire géométriquement et déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet obtenue à l'aide d'un instrument d'optique simple ou d'un modèle d'œil. • Résoudre un problème lié à la réfraction. • Déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille convergente (par exemple : une loupe, un verre de lunettes,…). **Transférer** • Expliquer le phénomène d'éclipse de soleil ou de lune à partir d'un texte simple ou d'une expérience montrée. • Expliquer le sens d'une prescription pour un verre de lunettes (se limiter à un cas simple : myopie, hypermétropie, presbytie). • Par le biais d'une application (par exemple : loupe, panneau solaire,…), montrer l'intérêt de concentrer la lumière. 	**Pré-requis** • Relations trigonométriques dans un triangle rectangle **Savoirs disciplinaires** • Sources de lumière (notamment une LED) • Propriétés de la lumière : forme d'énergie, sens de propagation, propagation en ligne droite, vitesse de propagation, formation d'ombres • Pinceau et faisceau lumineux • Image réelle, image virtuelle • Lois de la réflexion sur un miroir • Réfraction et loi des sinus • Lentille convergente et lentille divergente, distance focale • Loi de conjugaison • Modélisation de l'optique de l'œil • Concept de dioptrie • Réflexion totale • Angle limite de réfraction • Couleurs, composition de la lumière blanche • Synthèse des couleurs • Principe de retour inverse de la lumière



Connaître

- Comparer différentes sources lumineuses, notamment sur le plan énergétique et de la luminosité.
- Décrire la composition de la lumière blanche (couleurs).
- Décrire une mesure de la vitesse de la lumière.
- Décrire comment la lumière se réfléchit sur un miroir.
- Identifier le processus de réflexion spéculaire dans une situation de la vie quotidienne.
- Décrire les utilisations et le fonctionnement d'une fibre optique.

Savoir-faire disciplinaires

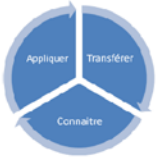
- Schématiser un dispositif optique.
- Représenter l'image d'un objet à l'aide d'un dessin à l'échelle.
- Utiliser le matériel d'optique (source de lumière, lentilles, miroir).
- Appliquer quantitativement les lois de l'optique (réflexion, réfaction, lentilles) à des situations données.

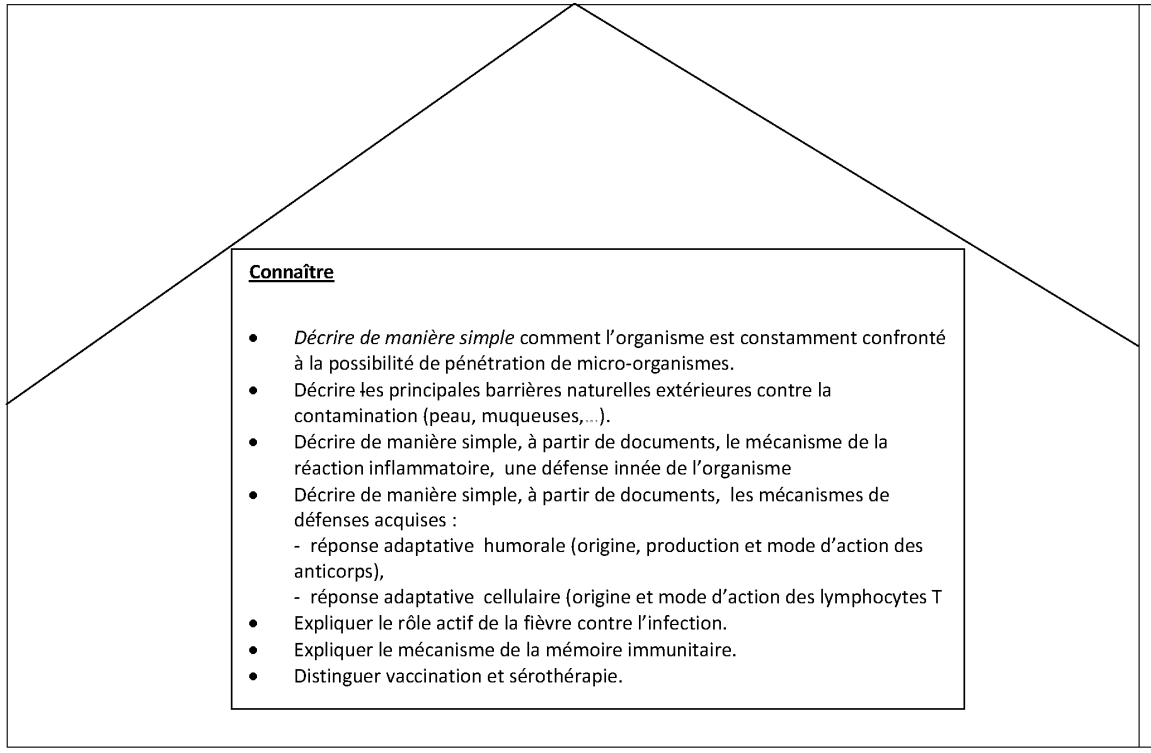
Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 5

« L'organisme humain se protège »

Compétences à développer

- **Modéliser une réponse immunitaire globale de l'organisme suite à des agressions du milieu extérieur.**
- **Comparer quelques moyens préventifs et curatifs mis au point par l'Homme face au risque infectieux.**

Processus	Ressources
Appliquer • Expliquer et comparer les principaux rôles d'un antalgique, d'un anti-inflammatoire et d'un antibiotique, à partir de documents. • Comparer des données physiologiques d'une personne saine et d'une personne souffrant d'une maladie infectieuse (par exemple : prises de sang, photos de culture de prélèvements, observations microscopiques (sang, pus…)). • Identifier, à partir de documents, les modes de transmission de quelques pathogènes courants à partir de cas concrets (par exemple : Sida, grippe, tétanos, tuberculose, MST,…) et les comportements à adopter pour s'en protéger. • Expliquer le principe de la vaccination et la nécessité des rappels, à partir de l'analyse de différents documents, notamment historiques. • Expliquer le rejet d'une greffe sur base de l'analyse d'un document. **Transférer** • Expliquer, en développant quelques aspects du système immunitaire, comment l'organisme se protège suite à une agression du milieu extérieur (par exemple : virus de la grippe, bactérie tétanique,…). • A partir d'une recherche documentaire, expliquer en quoi l'abus d'antibiotiques présente des risques aux niveaux individuel, collectif et environnemental (par exemple : la contamination de la chaîne alimentaire, la résistance des bactéries, infections nosocomiales,…). 	**Savoirs disciplinaires** • Microorganismes pathogènes et non pathogènes • Multiplication virale et multiplication bactérienne • Système lymphatique • Macrophages, monocytes, • Lymphocytes • Immunité innée • Réaction inflammatoire • Immunité acquise/ adaptative • Phagocytose • Antigène et anticorps • Vaccins • Greffe et système CMH • Antibiotique et antiviral • Antalgique et anti-inflammatoire



Connaître

- *Décrire de manière simple* comment l'organisme est constamment confronté à la possibilité de pénétration de micro-organismes.
- Décrire les principales barrières naturelles extérieures contre la contamination (peau, muqueuses,...).
- Décrire de manière simple, à partir de documents, le mécanisme de la réaction inflammatoire, une défense innée de l'organisme
- Décrire de manière simple, à partir de documents, les mécanismes de défenses acquises :
  - réponse adaptative humorale (origine, production et mode d'action des anticorps),
  - réponse adaptative cellulaire (origine et mode d'action des lymphocytes T
- Expliquer le rôle actif de la fièvre contre l'infection.
- Expliquer le mécanisme de la mémoire immunitaire.
- Distinguer vaccination et sérothérapie.

Savoir-faire

- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques (virus, lymphocytes, anticorps, ...).
- Distinguer une argumentation scientifique d'une croyance (utilisation d'antibiotique, ,...).
- Réaliser un schéma fonctionnel (réponse immunitaire).

Décrire de manière simple[8] (la référence à la note de bas de page doit être incluse dans le pavé connaître)

[8] Décrire de manière simple peut se traduire à l'aide d'outils spécifiques tels que carte conceptuelle, schéma heuristique, topogramme, schéma fonctionnel..

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 6

« La communication nerveuse »

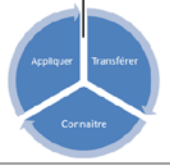
Compétences à développer

- **Expliquer de manière simple certains de nos comportements (réflexes, activité motrice volontaire).**
- **Expliquer l'influence que des substances ou des habitudes de vie peuvent avoir sur le fonctionnement du système nerveux.**

Processus

Appliquer

- A partir de documents expérimentaux (historiques, réflexe myotatique,…) ou d'un logiciel de simulation (grenouille virtuelle), décrire et modéliser le trajet de l'arc réflexe médullaire.
- Sur base de documents, identifier quelques facteurs qui peuvent influencer le fonctionnement du système nerveux (par exemple : manque de sommeil, stress, absence ou surplus d'activité physique, manque de lumière…).
- A partir de documents, expliquer l'origine de certains troubles (de l'audition, de la vue,…) ou de certaines paralysies musculaires.



Transférer

- A partir de l'analyse de documents décrivant la commande volontaire d'un mouvement (par exemple : renvoyer une balle de tennis lors d'un échange, monter un escalier, …), modéliser l'action du système nerveux (modéliser le trajet de l'influx nerveux et le rôle des centres nerveux impliqués).
- A partir de documents, expliquer l'impact de certaines substances (par exemple : alcool, drogues, médicaments,…) sur la transmission synaptique.
- A l'aide de documents (par exemple : conséquence et suivi d'un AVC, entrainement d'un musicien, langage …) expliquer la notion de plasticité cérébrale au cours d'un apprentissage.

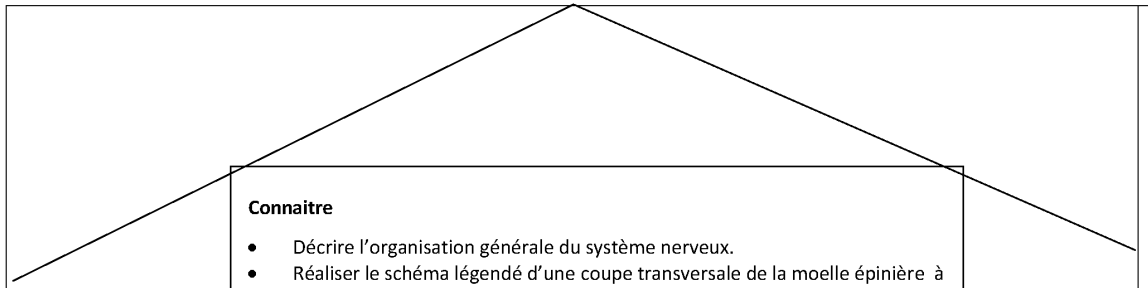
Ressources

Pré-requis

Tension électrique (UAA 1, physique)

Savoirs disciplinaires

- Système nerveux central (encéphale et moelle épinière) et sa protection (crâne, colonne vertébrale, liquide céphalo-rachidien et méninges)
- Système nerveux périphérique (nerfs crâniens et rachidiens)
- Système nerveux végétatif
- Rôles du système nerveux
  - Relations entre l'individu et le monde extérieur (organes des sens)
  - relier et coordonner l'activité des différents organes (homéostasie)
  - permettre un certain nombre d'activités supérieures (langage, imagination, mémoire, pensée, créativité,…)
- Récepteur sensoriel
- Nerf



Connaitre

- Décrire l'organisation générale du système nerveux.
- Réaliser le schéma légendé d'une coupe transversale de la moelle épinière à partir de documents (photographiques de coupes microscopiques).
- A partir de documents, d'une maquette ou d'une dissection (par exemple : encéphale de veau,…), décrire la structure de l'encéphale
- Localiser les principales aires sensorielles et motrices sur le schéma du cortex d'un hémisphère cérébral, à l'aide de documents TEP.
- Identifier les différentes protections des principaux centres nerveux.
- A partir de l'observation (par exemple de photos réalisées au microscope optique) de différentes coupes d'un nerf, en réaliser un schéma annoté.
- Réaliser le schéma d'un neurone et en déduire les caractéristiques particulières à partir de documents (photographies de coupes de tissus nerveux).
- A l'aide d'un logiciel d'animation et/ou de documents présentant des résultats expérimentaux, expliquer le mécanisme de propagation de l'influx nerveux au travers du neurone et de la synapse.
- Modéliser le trajet de l'influx nerveux lors de la réalisation d'un acte volontaire, à partir de documents (par exemple : expériences historiques).

- Tissu nerveux : (neurone, cellules gliales)
- Synapse
- L'influx nerveux
- Transports passif et actif
- Substances psychotropes
- Neurotransmetteurs
- Réflexes
- Activité cérébrale

Savoir-faire disciplinaires

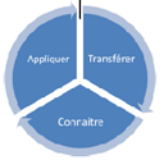
- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques.
- Réaliser un schéma fonctionnel (régulation nerveuse, …).
- Réaliser des observations au microscope optique.

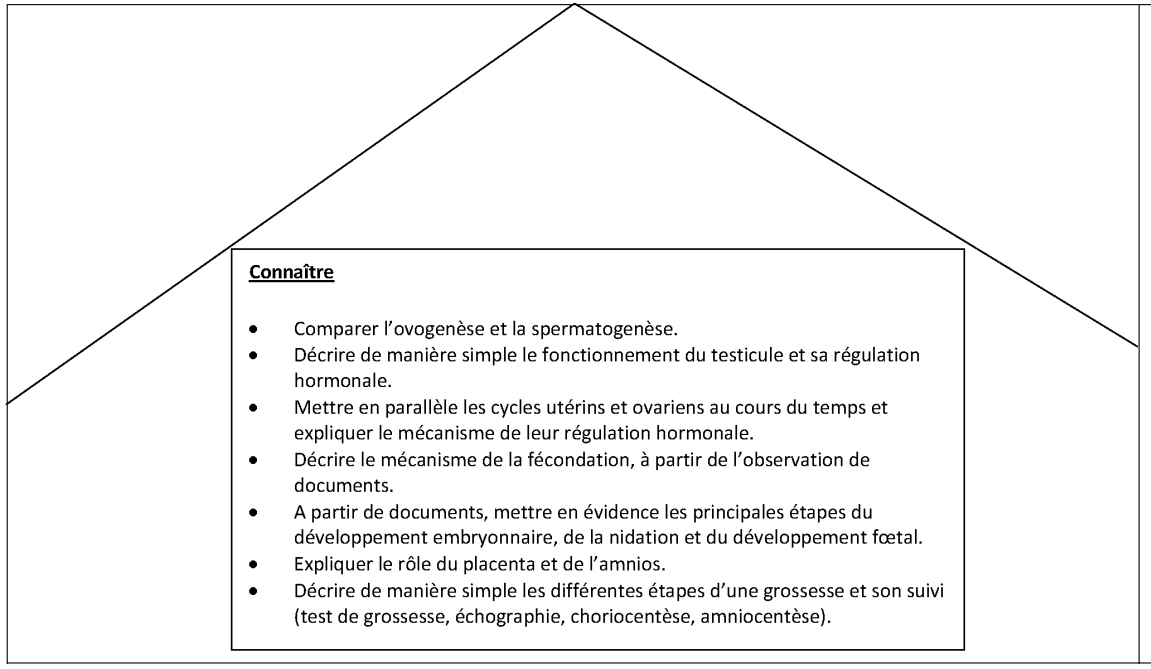
Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« La procréation humaine »

Compétences à développer

- **Décrire les mécanismes principaux qui permettent la transmission de la vie chez l'être humain.**
- **Expliquer les principaux moyens qui permettent de maîtriser la procréation.**

Processus	Ressources
Appliquer • A partir de documents, comparer le mécanisme d'action de quelques méthodes contraceptives (pilule, pilule du lendemain, préservatif,…). • Sur base d'un calendrier pluri mensuel et des connaissances sur la régulation hormonale, établir les périodes de fécondité d'une femme. • A partir des connaissances sur la régulation des hormones sexuelles chez l'homme et la femme, et de documents, schématiser les méthodes de procréation assistée (Fivete, ICSI,…). • Sur base de documents, expliquer les facteurs déclenchant la parturition. **Transférer** • Lors d'un débat éthique ou à partir d'un document sur un sujet lié à l'usage des méthodes de procréation médicalement assistée (exemples de sujet : statut de l'embryon, clonage reproductif, recherche sur les embryons congelés,…), distinguer les considérations scientifiques des autres. • A partir de données hormonales, décrire l'état physiologique d'une femme (par exemple : enceinte, sous contraceptifs hormonaux, ménopausée,…).  	**Pré-requis** • Reproduction sexuée • Organes reproducteurs masculin et féminin • Cellules reproductrices **Savoirs disciplinaires** • Ovogenèse et spermatogenèse • Etapes d'une grossesse : ➢ fécondation ➢ nidation ➢ passage de l'état d'embryon à celui de fœtus ➢ accouchement • Puberté (caractères sexuels secondaires) • Cycles sexuels chez la femme • Ménopause • Hormones et régulation hormonale • Contraception, contragestion • IVG • PMA



Connaître

- Comparer l'ovogenèse et la spermatogenèse.
- Décrire de manière simple le fonctionnement du testicule et sa régulation hormonale.
- Mettre en parallèle les cycles utérins et ovariens au cours du temps et expliquer le mécanisme de leur régulation hormonale.
- Décrire le mécanisme de la fécondation, à partir de l'observation de documents.
- A partir de documents, mettre en évidence les principales étapes du développement embryonnaire, de la nidation et du développement fœtal.
- Expliquer le rôle du placenta et de l'amnios.
- Décrire de manière simple les différentes étapes d'une grossesse et son suivi (test de grossesse, échographie, choriocentèse, amniocentèse).

Savoir-faire disciplinaires

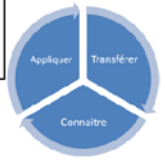
- Interpréter des graphiques et des tableaux obtenus à partir de dosages analytiques (hormones, anticorps, …).
- Réaliser un schéma fonctionnel (régulation hormonale, …)
- Réaliser des observations au microscope optique.

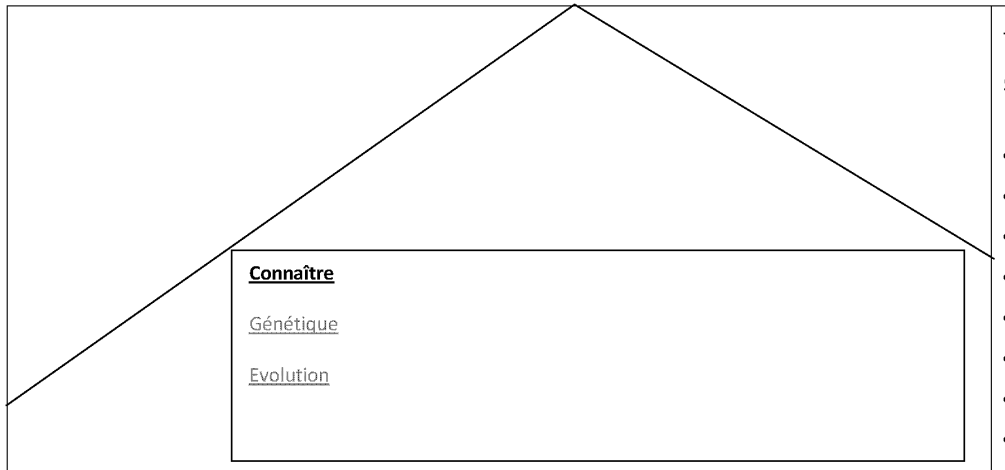
Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 8

« De la génétique à l'évolution »

Compétences à développer

- **Expliquer la relation entre phénotypes, structure des protéines et séquence d'ADN.**
- **Mettre en évidence quelques avantages et inconvénients liés aux champs d'application des biotechnologies.**
- **Décrire les principaux mécanismes qui expliquent l'évolution de la biodiversité.**
- **Distinguer un modèle (issu de faits scientifiques) d'une croyance pour expliquer l'apparition de la vie, l'évolution de la vie sur Terre et de la biodiversité.**
- **Expliquer que la classification moderne du vivant se fonde sur la théorie de l'évolution.**

Processus	Ressources
Appliquer Génétique • A partir de l'interprétation de résultats de croisements (travaux de Mendel et de Morgan), identifier les principales causes de la variation du génome d'une génération à la suivante au sein d'une espèce. • A partir d'un arbre généalogique humain, interpréter la transmission d'un caractère (par exemple : lié à une maladie génétique) et établir la relation entre les phénotypes et la séquence d'ADN. Evolution • Retrouver des liens de parenté entre êtres vivants à partir de données anatomiques, embryologiques, moléculaires ou paléontologiques. • A partir de documents, montrer l'importance des gènes homéotiques ou architectes (gènes Hox) dans le développement d'un être vivant (par exemple : l'Homme, la mouche,...). **Transférer** Génétique Evolution  	**Pré-requis** • Cellules et organites • Méiose • Biodiversité Génétique **Savoirs disciplinaires** • Approche historique : • Monohybridisme, dihybridisme (les lois de Mendel) ➢ gènes liés et crossing-over (les travaux de Morgan et Sturtevant) ➢ structure de l'ADN (les travaux de Watson et Crick) ➢ code génétique (les travaux de Jacob et Monod) ➢ début des développements de la biologie moléculaire • Phénotypes (macroscopique, cellulaire, moléculaire) • Génotype • Méiose : brassages inter-chromosomique, et intra-chromosomique • Fécondation : brassage génétique • Code génétique : propriétés • Biosynthèse des protéines (transcription et traduction) • Maladie génétique • Maladie chromosomique • Cancer (oncogènes et gènes suppresseurs de tumeurs) • Ultrastructure cellulaire (noyau, ribosomes, ADN, ARNm, ARNt, protéines **Savoir-faire disciplinaires** • Observer, recenser, organiser des informations relatives à la génétique. • Réaliser un schéma fonctionnel (synthèse des protéines, ...).



Evolution

Savoirs disciplinaires

- Espèce
- Spéciation
- Brassage génétique et mutation
- Sélection naturelle et dérive génétique
- Origine de la vie et chronologie de l'évolution
- Origine de la lignée humaine et origine du genre « Homo »
- Le néodarwinisme
- Lien de parenté entre les vivants
- Arbre phylogénétique (ancêtre commun hypothétique, caractère ancestral, innovation évolutive, clade)
- Ancêtre commun

Savoir-faire disciplinaires

- Observer, recenser, organiser des informations relatives à la génétique et à l'évolution, et formuler des hypothèses.
- Interpréter des graphiques et des tableaux relatifs à la génétique et à l'évolution.

Développé de l'hypertexte Transférer

Génétique

- Mettre en œuvre une démarche d'investigation pour découvrir l'implication de quelques gènes et l'influence de l'environnement lors du développement de certaines maladies.
- A partir de la lecture de différents documents, participer à un débat contradictoire argumenté scientifiquement (ou faire réaliser par les élèves un argumentaire scientifique) sur le développement des biotechnologies (avantages, inconvénients et problèmes éthiques liés par exemple à l'utilisation des OGM, au diagnostic prénatal des maladies héréditaires, à la thérapie génique chez l'Homme …).

Evolution

- A partir de l'analyse de documents décrivant un cas concret d'apparition d'une nouvelle espèce (par exemple : les pinsons de Darwin, les moustiques du métro de Londres, les souris de Madère, le lézard des ruines,…), mettre en évidence les mécanismes particuliers qui permettent d'expliquer l'apparition de ces nouvelles espèces.
- Expliquer à l'aide d'un arbre phylogénétique (par exemple : celui des vertébrés) que la classification scientifique actuelle des êtres vivants se fonde sur la théorie de l'évolution.
- A la lumière de la théorie néodarwinienne, critiquer les arguments développés dans des théories (par exemple : le fixisme, le créationnisme, le lamarckisme,…). qui tentent d'expliquer l'origine et l'évolution de la vie à la surface de la Terre.

Développé de l'hypertexte Connaître

Génétique

- A l'aide d'une approche historique, retracer les grandes étapes qui ont conduit de la génétique de Mendel à la génétique moléculaire.
- Expliquer la relation entre ADN (gènes) et structure primaire d'une protéine.
- Décrire le processus de synthèse des protéines (transcription et traduction).
- A partir de documents, montrer que plusieurs gènes peuvent intervenir dans la réalisation d'un même phénotype.
- Identifier, à partir de documents, les principales causes des mutations et leurs possibles conséquences (au niveau des cellules germinales et des cellules somatiques).
- A partir de documents, montrer l'influence de l'environnement sur l'expression de certains gènes.
- Distinguer une maladie chromosomique d'une maladie génétique.
- A partir d'un document, décrire de manière simple une application concrète des biotechnologies (par exemple : production d'OGM, thérapie génique,…).

Evolution

- A partir de documents montrer que la biodiversité au niveau des écosystèmes et au niveau des espèces se modifie au cours des principales ères géologiques.
- Identifier les conditions probables qui ont permis l'apparition de la vie sur Terre.
- Expliquer, à l'aide d'une approche historique comment la théorie de Darwin est étayée par des faits (notamment les apports de la génétique) depuis 1859.
- A partir de l'analyse d'un document, ou d'une visite au musée, décrire et interpréter un arbre phylogénétique montrant la place de l'Homme au sein des vertébrés et parmi les primates.
- Identifier (à partir de documents, de visites de musées,…) des critères anatomiques d'appartenance à la lignée humaine.

Sciences générales – Troisième degré – Biologie – Unité d'acquis d'apprentissage 9

« Les impacts de l'Homme sur les écosystèmes »

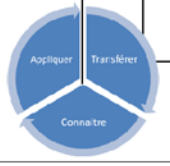
Compétences à développer

- **Identifier et expliquer l'impact significatif d'activités humaines sur un écosystème.**
- **Développer une argumentation scientifique pour critiquer une action de l'être humain sur un écosystème, puis proposer des solutions préventives et curatives.**

Processus

Appliquer

- A partir d'une recherche documentaire, comparer les caractéristiques de l'extinction de masse » vécue actuellement par rapport aux grandes extinctions du passé.
- Par l'observation d'écosystèmes, montrer la nécessité de les préserver en mettant en évidence les services qu'ils rendent.
- Expliquer que certaines activités humaines peuvent modifier le fonctionnement d'un écosystème :(par exemple : le déversement de lisier, l'introduction d'une espèce invasive, la surpêche…).
- Calculer son empreinte écologique (en fonction de son alimentation, de ses déplacements, de sa consommation, …).



Transférer

- Participer à un débat scientifiquement argumenté pour proposer, en tant que citoyen responsable, des pistes de solutions, afin de protéger les écosystèmes (par exemple : changement des habitudes de consommation, lutte contre la surconsommation d'eau douce, choix énergétique, valorisation des déchets,…).
- Expliquer comment certaines activités humaines favorisent le développement, le maintien ou la restauration de la biodiversité (par exemple : maillages vert et bleu, transhumance du mouton sur les pelouses calcaires, protection de sites et d'espèces (hotspots et projets « life »), sylviculture diversifiée …).

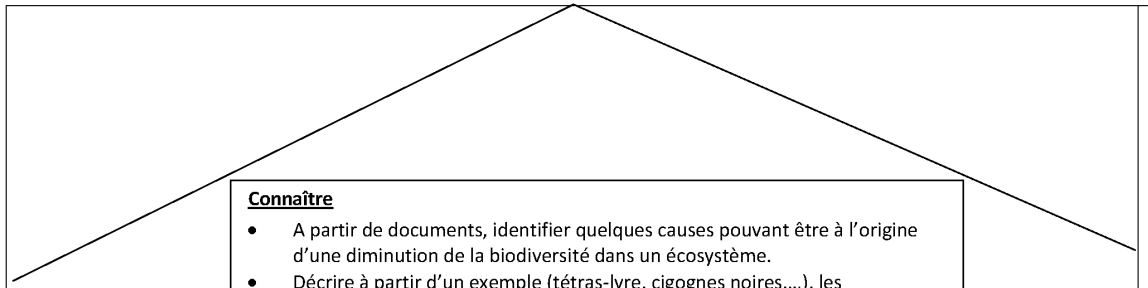
Ressources

Pré-requis

- Ecosystème (réseaux trophiques, transferts de matière et d'énergie)

Savoirs disciplinaires

- Les 5 causes principales de la diminution de la biodiversité (La surexploitation des ressources, la fragmentation des habitats, la pollution, les invasions biologiques, les changements climatiques)
- Empreinte écologique et dette écologique
- Services rendus par les écosystèmes (au niveau production, régulation et bien-être)



Connaître

- A partir de documents, identifier quelques causes pouvant être à l'origine d'une diminution de la biodiversité dans un écosystème.
- Décrire à partir d'un exemple (tétras-lyre, cigognes noires,…), les caractéristiques biologiques qui font qu'une espèce est menacée.
- Décrire à partir d'un exemple (balsamine de l'Himalaya, berce du Caucase, coccinelle asiatique, Caulerpa taxifolia, …), les caractéristiques biologiques d'une espèce invasive.
- Expliquer les notions d'empreinte écologique et de dette écologique.

Savoir-faire disciplinaires

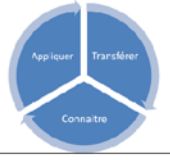
- Construire une argumentation scientifique dans le contexte du développement durable.

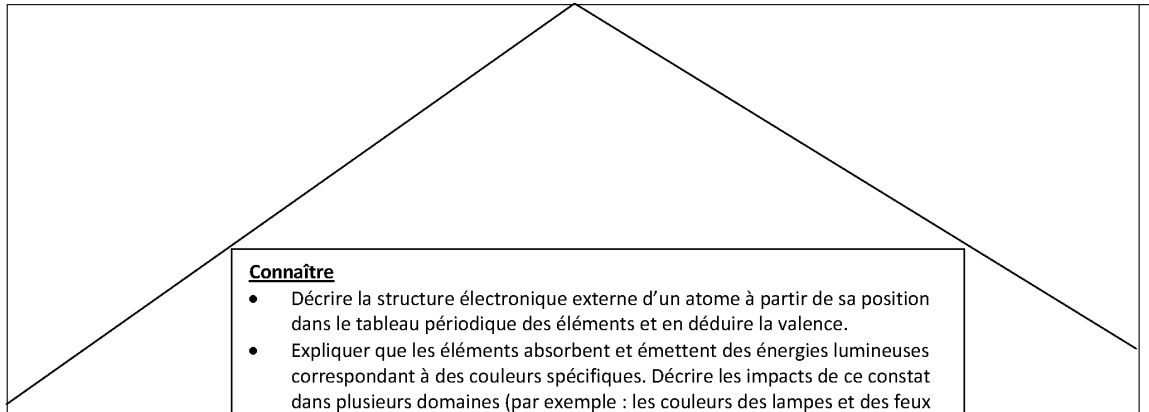
Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 5

Liaisons chimiques et configuration spatiale des espèces chimiques

Compétences à développer

- **A partir du modèle de Lewis et d'informations du tableau périodique des éléments, représenter une molécule avec ses liaisons.**
- **Expliquer comment la configuration spatiale d'une espèce chimique en détermine des comportements**

Processus	Ressources
Appliquer • Construire une représentation d'une molécule à partir du modèle de Lewis des atomes constitutifs sur base des informations extraites du tableau périodique des éléments. • Caractériser une liaison à partir de l'électronégativité des atomes constitutifs. • Ecrire l'équation de dissociation d'un sel. **Transférer** • Représenter la configuration spatiale d'espèces chimiques dont H_2O, CH_4, NaCl, CO_2, O_2, au moins, et prévoir leur comportement dans l'eau. • Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour les situations suivantes ○ dureté et conductivité du diamant contrairement au graphite ; ○ ductilité et conductivité des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques ; ○ solubilité des sels ioniques ; et montrer comment l'homme en tire profit. 	**Savoirs disciplinaires** • Modèle de Lewis • Electron de valence • Liaison ionique • Liaison covalente pure et liaison covalente polarisée • Solvatation • Liaison hydrogène • Liaison métallique **Savoir-faire** • Extraire les informations (valence, état d'oxydation, électronégativité) du tableau périodique des éléments. • Représenter une molécule en 3D. • Représenter la structure de Lewis d'un atome à l'aide du tableau périodique des éléments.



Connaître

- Décrire la structure électronique externe d'un atome à partir de sa position dans le tableau périodique des éléments et en déduire la valence.
- Expliquer que les éléments absorbent et émettent des énergies lumineuses correspondant à des couleurs spécifiques. Décrire les impacts de ce constat dans plusieurs domaines (par exemple : les couleurs des lampes et des feux d'artifice, l'application à l'analyse spectrale, la composition des étoiles, …).
- Montrer les limites du modèle de Lewis (par exemple pour le sulfate d'hydrogène, le nitrate d'hydrogène, les chlorites, chlorates et perchlorates).
- Décrire l'action des molécules d'eau sur la solvatation de sels.
- Décrire le rôle des liaisons hydrogène dans l'eau pure.

Stratégies transversales

- Visualiser une forme dans l'espace.
- Estimer la valeur d'un angle dans un polygone.

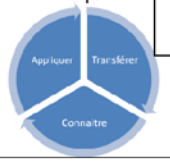
Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 6

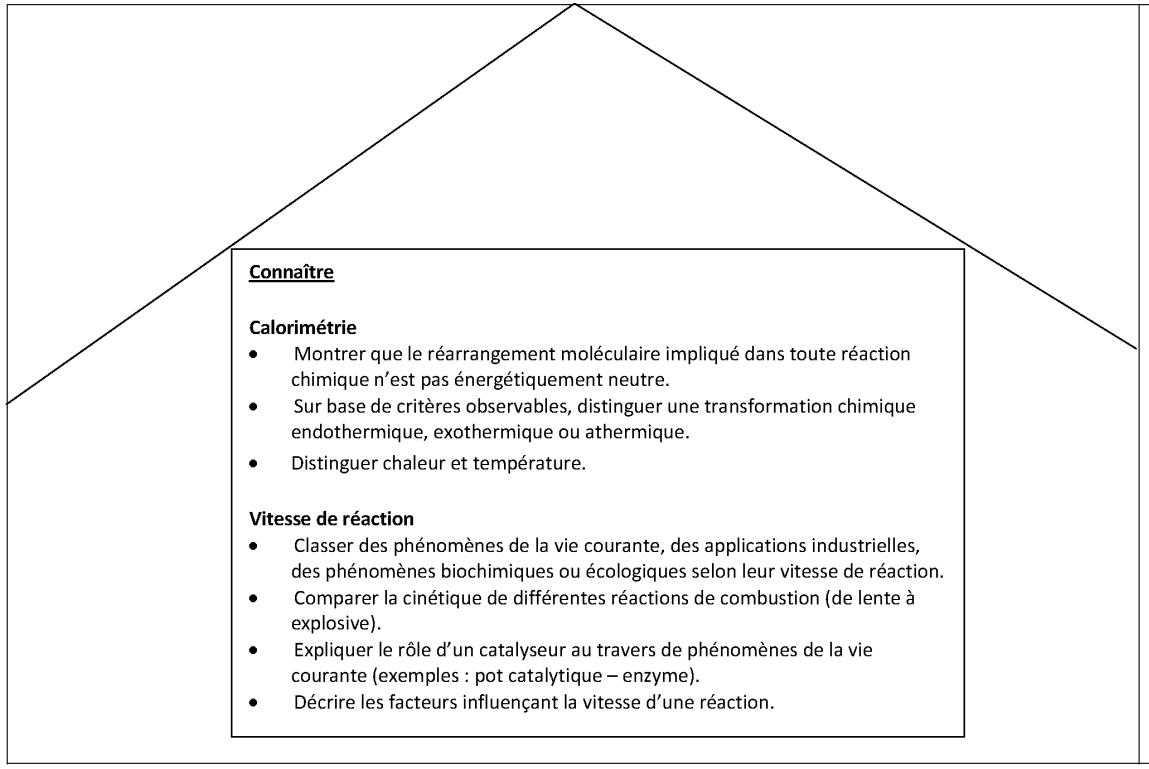
« Caractériser un phénomène chimique »

Compétences à développer

- **Caractériser la vitesse de réaction sur base de critères qualitatifs.**
- **Caractériser l'effet thermique d'un phénomène chimique**

Processus	Ressources

Appliquer
Calorimétrie
• Suivre un protocole expérimental pour déterminer la chaleur molaire associée à une dissociation ionique.
• Représenter sous forme d'un graphique une réaction chimique exothermique, endothermique ou athermique, les réactifs et les produits étant en solution, puis interpréter ce graphique.
 	
Transférer
Calorimétrie
• Elaborer un protocole et mener l'expérience de calorimétrie pour déterminer la quantité de chaleur molaire associée à une réaction chimique.
• Analyser une situation de la vie courante sous l'angle thermodynamique (par exemple, choisir un combustible selon sa capacité ou son pouvoir calorifique).
Vitesse de réaction
• Analyser une situation de la vie courante sous l'angle cinétique par exemple :
  ○ expliquer pourquoi le frigo permet une meilleure conservation des aliments ;
  ○ expliquer pourquoi une bûche brûle moins vite que la même quantité de bois sous forme de brindilles.
Calorimétrie et vitesse de réaction
• Décrire un phénomène chimique en distinguant les aspects thermodynamique et cinétique.
 	
 
 	
	Pré-requis
	UAA 5 de chimie
	
	Savoirs disciplinaires
	• Chaleur
	• Réactions exothermiques, endothermiques
	• Enthalpie et ΔH
	• Capacité calorifique et pouvoir calorifique d'une substance
	• Relation liée au changement de température ($Q = c\ m\ \Delta T$)
	• Chaleur massique d'une substance
	• Chaleur molaire
	• Facteurs influençant la vitesse d'une réaction
	• Catalyseur
	
	Savoir-faire disciplinaires
	• Mesurer une température.
	• Tracer un graphique $\Delta H = f(t)$.
	• Utiliser la relation $Q = c\ m\ \Delta T$.



Connaître

Calorimétrie

- Montrer que le réarrangement moléculaire impliqué dans toute réaction chimique n'est pas énergétiquement neutre.
- Sur base de critères observables, distinguer une transformation chimique endothermique, exothermique ou athermique.
- Distinguer chaleur et température.

Vitesse de réaction

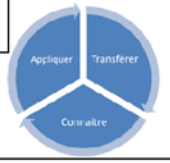
- Classer des phénomènes de la vie courante, des applications industrielles, des phénomènes biochimiques ou écologiques selon leur vitesse de réaction.
- Comparer la cinétique de différentes réactions de combustion (de lente à explosive).
- Expliquer le rôle d'un catalyseur au travers de phénomènes de la vie courante (exemples : pot catalytique – enzyme).
- Décrire les facteurs influençant la vitesse d'une réaction.

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« Les équilibres chimiques »

Compétences à développer

- **Prévoir le sens d'évolution d'une réaction réversible.**
- **Résoudre des problèmes d'équilibre chimique.**

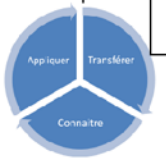
Processus	Ressources
Appliquer • Utiliser une table des constantes d'équilibre pour distinguer une réaction complète d'une réaction limitée à un équilibre. • Expliquer pourquoi certaines réactions chimiques sont réversibles et d'autres pas. • Prévoir le sens spontané d'évolution suite à une perturbation (incluant des variations de pression, de concentration et de température) d'une réaction initialement en équilibre. • Calculer la constante d'équilibre K_c ou K_p associée à une transformation chimique. • Prévoir la concentration d'une espèce chimique présente dans un milieu réactionnel en équilibre en utilisant la valeur de la constante d'équilibre K_c ou K_p associée. **Transférer** • Expliquer l'évolution d'une situation concrète sur base du principe de Le Châtelier (par exemple : caisson hyperbare, stages en altitude, synthèse industrielle de l'ammoniac, ...).  **Connaître** • Distinguer expérimentalement un phénomène chimique réversible d'un phénomène chimique irréversible. • A partir d'expériences, induire la loi de Le Châtelier.	**Prérequis** UAA 5 et 6 de chimie **Savoirs disciplinaires** • Désordre (ne pas parler d'entropie ni d'énergie libre) • Loi de Guldberg et Waage • Loi de Le Châtelier • Réactions complète et limitée à un équilibre • C_a et [A] • K_c, K_p, (ne pas démontrer la relation entre K_c et K_p) **Savoir-faire disciplinaires** • Extraire des informations dans une table de données thermodynamiques • Utiliser une équation du 1er ou du 2ème degré pour résoudre un exercice d'équilibre chimique. • Respecter un protocole expérimental permettant d'identifier la réversibilité d'un phénomène chimique

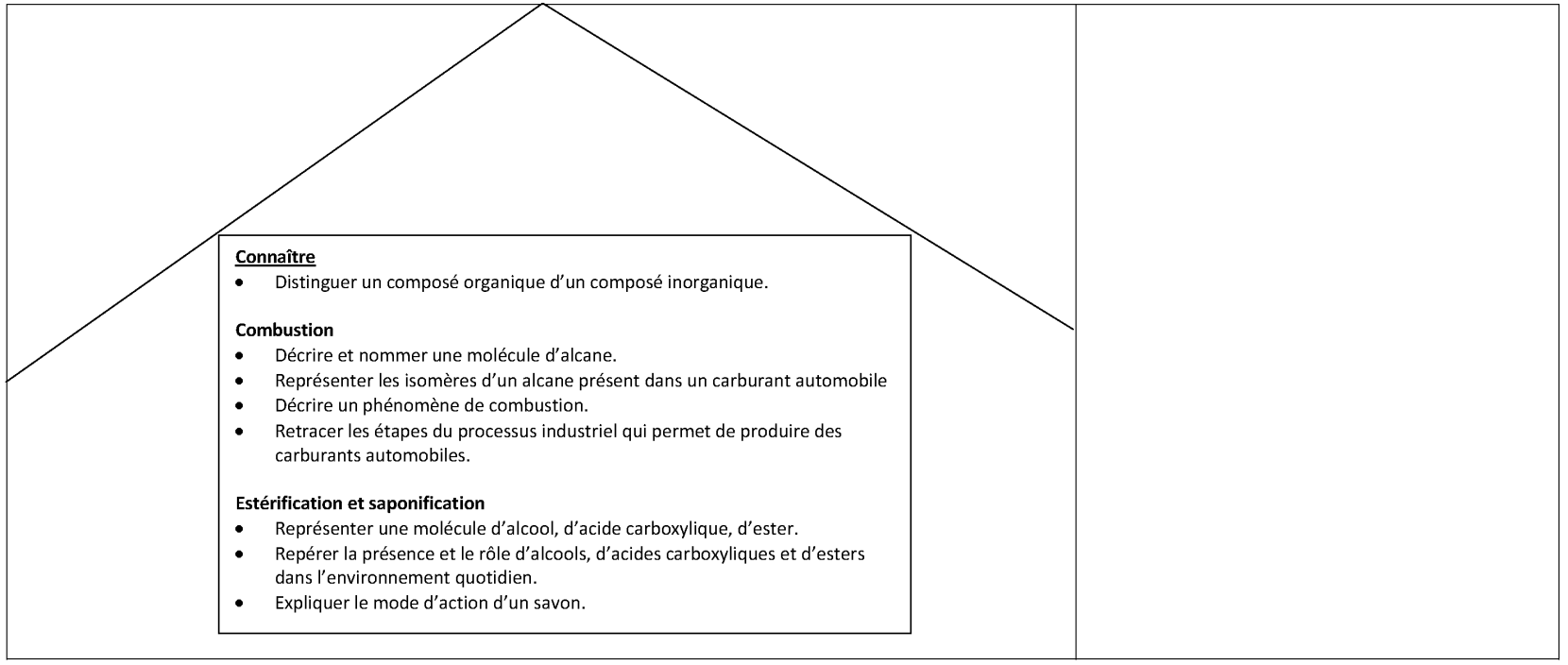
Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 8

La molécule en chimie organique

Compétences à développer

- **Evaluer l'importance des substances organiques dans l'environnement quotidien du consommateur responsable.**
- **Décrire des spécificités de la chimie du carbone**

Processus		Ressources
Appliquer **Combustion** • A l'aide des pouvoirs calorifiques, comparer l'énergie libérée par une masse identique de différents combustibles (en se référant à une unité commune comme la TEP). • Comparer les quantités de dioxyde de carbone produites par différents combustibles pour une même quantité d'énergie libérée. • A partir de tables (solubilité et températures d'ébullition), expliquer le comportement des alcools sur base de la polarité de la molécule et des liaisons hydrogène. **Estérification et saponification** • Fabriquer un savon.		**Transférer** **Combustion** • Calculer l'énergie libérée par la combustion d'un alcane ○ à partir de tables d'enthalpie de formation, ○ à partir des énergies de liaison, et comparer les résultats obtenus. • Mener une recherche documentaire pour identifier des arguments scientifiques permettant de gérer sa consommation énergétique domestique. • Mener une recherche documentaire afin d'évaluer les impacts sur la santé de la présence d'un conservateur (acides carboxyliques). **Estérification et saponification** • Mener une expérience d'estérification et déduire l'équation chimique à partir d'observations et de la nature des réactifs. • Comparer estérification et saponification.	**Prérequis** UAA 5 à 7 de chimie **Savoirs disciplinaires** • Composé organique • Alcane, • Isomère de position • Combustible, comburant, combustion • Pouvoir calorifique • Enthalpies de formation, énergies de liaison • Alcool • Acide carboxylique • Ester • Caractères hydrophile et hydrophobe. • Micelle • Estérification • Saponification **Savoir-faire disciplinaires** • Extraire des informations dans une table de pouvoirs calorifiques, de températures d'ébullition, de solubilité. • Appliquer un protocole expérimental en respectant des consignes de sécurité spécifiques à la chimie organique.

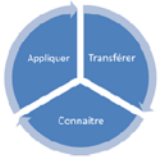

Connaître
• Distinguer un composé organique d'un composé inorganique.
Combustion
• Décrire et nommer une molécule d'alcane.
• Représenter les isomères d'un alcane présent dans un carburant automobile
• Décrire un phénomène de combustion.
• Retracer les étapes du processus industriel qui permet de produire des carburants automobiles.
Estérification et saponification
• Représenter une molécule d'alcool, d'acide carboxylique, d'ester.
• Repérer la présence et le rôle d'alcools, d'acides carboxyliques et d'esters dans l'environnement quotidien.
• Expliquer le mode d'action d'un savon.

Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 9

« La macromolécule en chimie organique »

Compétence à développer

- **Evaluer l'importance des macromolécules dans notre environnement.**

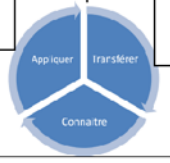
Processus	Ressources
 **Transférer** • Mener une recherche permettant de classer les polymères selon leurs propriétés physiques (par exemple : thermoplastique, thermodurcissable, élastomère, ...). • Mettre en évidence l'impact positif des polymères synthétiques sur notre société. • Expliquer un processus de recyclage des matières plastiques. **Connaître** • Décrire le principe d'une réaction de polymérisation d'un alcène sans spécifier le mécanisme. • Décrire des macromolécules synthétiques obtenues par polymérisation. • Décrire la synthèse chimique des protéines et la liaison peptidique. • Décrire la diversité des polymères synthétiques à partir des pictogrammes d'identification.	**Prérequis** UAA 5 à 8 de chimie **Savoirs disciplinaires** • Alcène • Monomère, polymère • Amine, amide • Acide aminé • Liaison peptidique • Protéine • Pictogrammes d'identification de polymères

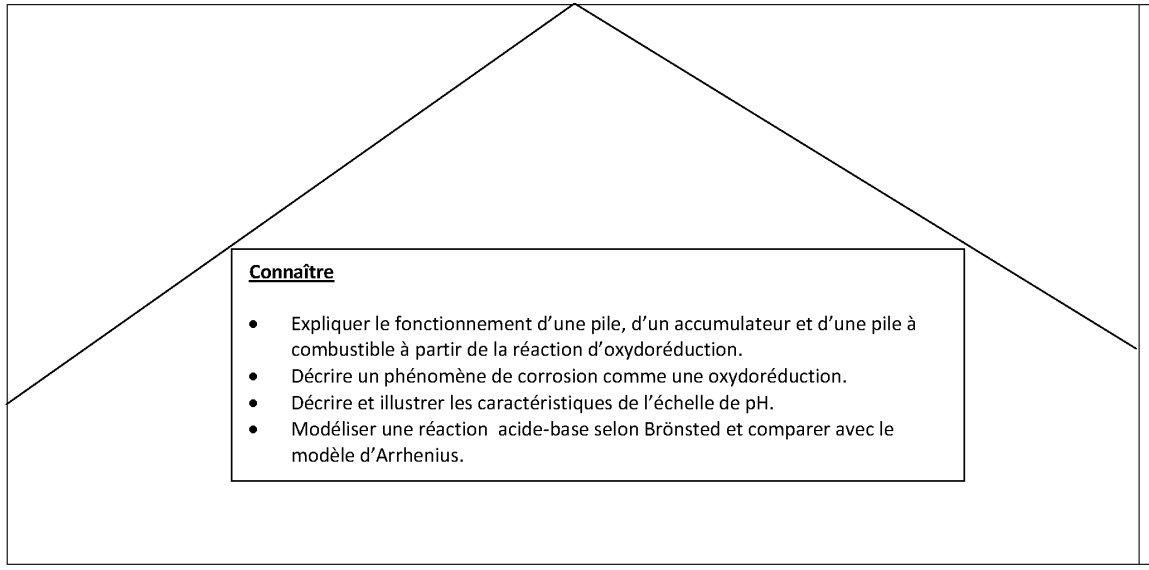
Sciences générales – Troisième degré – Chimie – Unité d'acquis d'apprentissage 10

« Les réactions avec transfert : les réactions acide-base et d'oxydoréduction »

Compétences à développer

- **Décrire, expliquer et prévoir un phénomène chimique relevant d'une réaction de transfert à l'aide de modèles scientifiques.**
- **Décrire une réaction acide -base comme un transfert de protons, une oxydoréduction comme un transfert d'électrons.**

Processus		Ressources
Appliquer • Déterminer l'état d'oxydation d'un atome constitutif d'une molécule ou d'un ion • Utiliser les états d'oxydation pour pondérer une équation d'oxydoréduction en milieux neutre et acide. • Calculer le pH d'une solution d'acide fort, d'acide faible, de base forte. • Construire et traiter des tableaux, tracer des courbes de titrage d'un monoacide en vue de déterminer l'indicateur à utiliser et la concentration du titré. • Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle d'acido-basicité afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques. • Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle d'acido-basicité pour interpréter des situations de la vie courante (par exemple : les correcteurs d'acidité, l'anodisation, la galvanoplastie).		**Pré-requis** • UAA 5 à 8 de chimie • Logarithmes en base 10 **Savoirs disciplinaires** **Réactions acide-base** • Acide et base de Brönsted • Autoprotolyse de l'eau • pH • Couple acide/base, pKa • Titrage, titrant, titré • Indicateur • Point d'équivalence **Réactions d'oxydo-réduction** • Etat d'oxydation • Oxydant, réducteur • Oxydation, réduction • Couple oxydant/réducteur • Table de potentiels • Pile, accumulateur, pile à combustible • Électrode, anode, cathode • Pont électrolytique
	Transférer • Mener des expériences permettant de construire une échelle relative de potentiels d'oxydoréduction des métaux (cuivre, zinc, fer). • Comparer l'électrolyse de l'eau et le fonctionnement de la pile à combustible. • Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels, … . • Associer le pH d'un milieu présent dans l'environnement de l'élève (par exemple : boissons, engrais, piscines, milieux biologiques,) à certains comportements et à certaines propriétés de ce milieu. • Utiliser une échelle d'acido-basicité pour prévoir des phénomènes de la vie courante, des processus industriels, des phénomènes naturels,…) • Elaborer un protocole et mener une expérience permettant de doser un composé à l'aide d'un titrage (acido-base ou oxydoréducteur).	



Connaître

- Expliquer le fonctionnement d'une pile, d'un accumulateur et d'une pile à combustible à partir de la réaction d'oxydoréduction.
- Décrire un phénomène de corrosion comme une oxydoréduction.
- Décrire et illustrer les caractéristiques de l'échelle de pH.
- Modéliser une réaction acide-base selon Brönsted et comparer avec le modèle d'Arrhenius.

Savoir-faire disciplinaires

- Extraire des informations d'une table (potentiel d'oxydoréduction, couples acide-base).
- Extraire des informations (valence, état d'oxydation, masse atomique relative, électronégativité) du tableau périodique des éléments.
- Déterminer la charge d'un ion à l'aide du tableau périodique des éléments.
- Tracer un graphique pH = f(*V*).
- Respecter un protocole expérimental caractéristique de la chimie.

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 5

« Forces et mouvements »

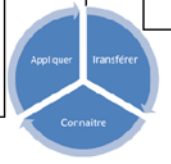
Compétences à développer

- **Analyser quantitativement des situations de mouvement à une ou à deux dimensions.**
- **Mener une recherche expérimentale décrivant un mouvement et ses causes.**

Processus

Appliquer

- Mesurer la vitesse, l'accélération ou la vitesse angulaire d'un phénomène courant.
- Calculer une vitesse à partir d'une situation concrète (par exemple : film, suite de photos, chronophotographie, capteurs, tableau de mesures, graphique).
- A partir de caractéristiques d'un ou de deux mouvements, déterminer une mesure ou un événement qui y soit lié (par exemple : distance d'arrêt, rencontre, portée, hauteur).
- Construire les graphiques horaires de position et d'accélération correspondant à un graphique horaire de vitesse donné. Réaliser les conversions inverses.
- Mener une recherche expérimentale pour identifier et quantifier les paramètres qui déterminent l'accélération d'un mobile en mouvement rectiligne (loi fondamentale de la dynamique).
- Utiliser les lois de Newton
  - soit pour justifier le mouvement d'un objet connaissant les forces agissantes,
  - soit pour retrouver la résultante des forces à partir du mouvement.
- Dans le cas de la chute d'un objet dans un fluide et dans le vide, décrire les forces agissantes et le mouvement correspondant.



Transférer

- En utilisant les lois de Newton, expliquer un élément de sécurité routière (par exemple : position debout dans un bus, ceinture de sécurité, éléments d'amortissement des chocs, limitation de vitesse dans les virages, distance de freinage,...).
- Du point de vue des forces et du mouvement, décrire l'exécution d'une performance sportive (par exemple : lancer du poids, saut en hauteur ou en longueur, saut à la perche, tir à l'arc,...) et son optimalisation.
- Déterminer la masse d'une planète (ou d'une étoile) à partir des caractéristiques orbitales de ses satellites.

Ressources

Pré-requis

- Notion de vecteur
- Pente d'une droite
- Résolution d'une équation des premier et deuxième degrés
- Vitesse
- Force
- Forces de frottement
- Principe des actions réciproques
- Energie cinétique
- Résultante de forces concourantes
- Calcul du poids

Savoirs disciplinaires

Mouvements rectilignes

- Repérage de la position d'un mobile (notion de référentiel)
- Vitesse moyenne et vitesse instantanée (unité SI)
- Accélération moyenne et accélération instantanée (unité SI)
- Mouvement rectiligne uniforme et mouvement rectiligne uniformément varié. Graphiques horaires
- Tangente à une courbe
- Equations horaires du mouvement
- Chute libre et chute dans un fluide

Connaître

- Mettre en évidence la relativité du mouvement et de la trajectoire dans deux référentiels différents.
- Etablir les lois du MRUV à partir d'un graphique $v(t)$.
- Décrire un mouvement à 2 dimensions comme composition de 2 mouvements indépendants.
- A partir d'une situation de mouvement présentée sous forme de chronophotographie, série de photos ou film, déterminer l'orientation des vecteurs vitesse et accélération (y compris dans le cas du MCU).
- Identifier les paramètres qui déterminent la force de gravitation universelle.
- Utiliser la 2e loi de Newton pour définir la masse d'inertie.
- Déterminer la variation de g avec l'altitude.

Mouvement circulaire uniforme

- Vecteur vitesse
- Vitesse angulaire
- Accélération et force centripètes

Mouvements composés

- Vecteur vitesse
- Vecteur accélération
- Tir balistique

Lois de la dynamique

- Lois de Newton
- Vitesse limite de chute dans un fluide
- Loi de la gravitation universelle

Savoir-faire disciplinaires

- Identifier une vitesse dans un graphique (position-temps).
- Identifier une accélération dans un graphique (vitesse-temps).
- Calculer une vitesse moyenne.
- Calculer une accélération moyenne.
- Déterminer la position d'un mobile dans un référentiel.
- Indiquer les forces agissant sur un objet en lien avec son mouvement.
- Appliquer les lois du mouvement (MRU – MRUA – tir balistique – MCU).
- Appliquer la loi de gravitation.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (masse, durée, vitesse, accélération, force,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (masse, durée, vitesse, accélération, force,…).

Attitudes

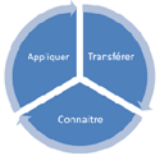
- Attitude responsable par rapport à la sécurité routière

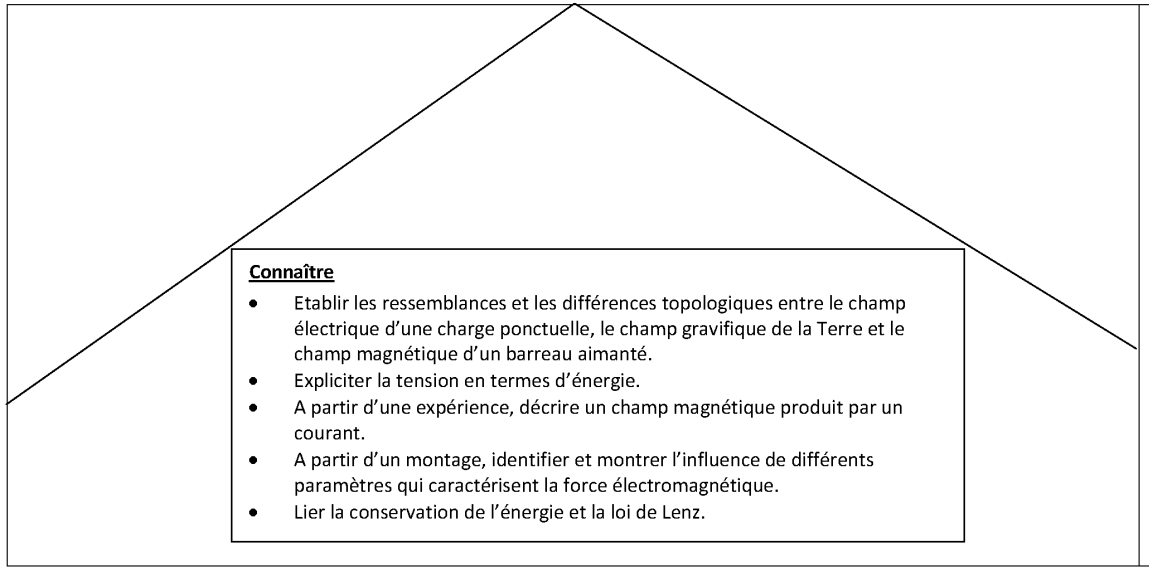
Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 6

« Electromagnétisme »

Compétences à développer

- **Expliquer comment transformer une énergie mécanique en énergie électrique et vice-versa.**
- **Détailler le fonctionnement d'une technologie alliant électricité et magnétisme.**

Processus	Ressources
Appliquer • Comparer les valeurs des forces d'attraction gravitationnelle et de Coulomb dans une situation donnée. • Ajuster l'intensité du courant dans une bobine pour produire un effet magnétique donné (par exemple : soulever une masse en fer, dévier une boussole, dévier un faisceau électronique…). • Construire un moteur électrique simple et expliquer son fonctionnement. • Calculer la tension de sortie d'un transformateur. **Transférer** • Réaliser une recherche pour identifier les éléments de montage et les processus qui rendent possible la production d'énergie électrique à partir du magnétisme (par exemple : dynamo, turbine, éolienne, …). • Réaliser une recherche pour comprendre le fonctionnement d'une application des courants de Foucault (par exemple : système de freinage, tri des déchets métalliques non ferreux, monnayeur, …). 	**Pré-requis** • Force gravitationnelle, variation de *g* avec l'altitude (UAA 5 de physique) **Savoirs disciplinaires** • Champ de forces • Champ gravifique • Champ électrique • Champ magnétique • Force de Coulomb • Tension électrique • Aimants - Spectre • Champ magnétique produit par les courants (se limiter à la proportionnalité de B avec l'intensité de courant) • Valeur du champ à l'intérieur d'une bobine • Force électromagnétique (avec composante de $\overrightarrow{B}$ perpendiculaire au courant) • Induction • Tension induite - Courant induit • Loi de Lenz • Courants de Foucault • Moteur électrique • Génératrice • Transformateur



Connaître

- Etablir les ressemblances et les différences topologiques entre le champ électrique d'une charge ponctuelle, le champ gravifique de la Terre et le champ magnétique d'un barreau aimanté.
- Expliciter la tension en termes d'énergie.
- A partir d'une expérience, décrire un champ magnétique produit par un courant.
- A partir d'un montage, identifier et montrer l'influence de différents paramètres qui caractérisent la force électromagnétique.
- Lier la conservation de l'énergie et la loi de Lenz.

Savoir-faire disciplinaires

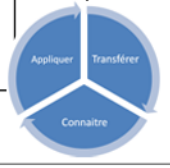
- Appliquer la loi de Coulomb.
- Calculer le champ magnétique à l'intérieur d'une bobine longue.
- Calculer une tension induite.
- Déterminer la force électromagnétique à partir du champ magnétique et du courant.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (charge électrique, champs électrique et magnétique, force, flux magnétique).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (charge électrique, champs électrique et magnétique, force, flux magnétique).

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 7

« Oscillations et ondes »

Compétences à développer

- **Décrire et expliquer une application, un phénomène ou une expérience impliquant la transmission d'une information via une onde.**
- **Déterminer la valeur de grandeurs physiques propres à un phénomène oscillant.**

Processus	Ressources
Appliquer • Comparer les plages d'audibilité de quelques volontaires. • Déterminer expérimentalement la période et la fréquence d'un mouvement harmonique ou les caractéristiques d'un résonateur. En comparant à la valeur calculée, vérifier les valeurs obtenues en fonction du dispositif employé. • Mettre en évidence une des propriétés des ondes à l'aide d'une réalisation expérimentale ou d'un ou plusieurs documents (par exemple : propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, résonance, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires). • Estimer la valeur d'une grandeur physique dans une situation impliquant un phénomène ondulatoire (par exemple: la longueur d'onde au moyen d'une figure d'interférence, la taille d'un obstacle par un phénomène de diffraction, ...). • A partir d'une expérience réalisée en classe faisant intervenir l'induction magnétique entre bobines, décrire comment produire et capter une onde électromagnétique. **Transférer** • A partir d'un ou de plusieurs documents, de mesures ou d'une réalisation expérimentale, expliquer comment utiliser les propriétés des ondes dans le cadre : ➢ soit d'une application technologique (par exemple : le « Doppler » médical, l'échographie par ultrasons) ; ➢ soit d'un instrument de musique ; ➢ soit d'un phénomène naturel (par exemple : l'écholocation, le tsunami, la propagation des ondes sismiques). • Mener une recherche critique sur les effets d'un type d'onde particulier (par exemple : son, infrarouge, ultraviolet, micro-ondes, ondes GSM, rayons X). 	**Pré-requis** • UAA 6 de Physique (induction magnétique limitée à la transmission d'énergie d'une bobine à une autre) • Fonctions trigonométriques et dérivées **Savoirs disciplinaires** • Oscillateur harmonique (ressort) : équation du mouvement, période, énergie • Période, fréquence, longueur d'onde, élongation, amplitude • Résonance • Vitesse de propagation et milieu de propagation • Concordance de phase et opposition de phase • Ondes longitudinales et transversales • Principe de superposition de deux ondes • Transmission d'énergie, réflexion, réfraction, diffraction • Interférences, effet Doppler/Fizeau • Ondes sonores (intensité sonore, niveau sonore, plage d'audibilité, hauteur, timbre) - Oscillogramme d'un son pur et timbre d'une voix de fréquence voisine • Ondes électromagnétiques (spectre électromagnétique)

Connaître

- Identifier les grandeurs caractéristiques d'un mouvement harmonique (amplitude, fréquence, période, phase initiale, énergie).
- A partir de la 2ème loi de Newton, retrouver les paramètres qui déterminent la période d'oscillation d'un oscillateur harmonique.
- Classer les ondes sonores et lumineuses comme transversales ou longitudinales ; mécaniques ou électromagnétiques et selon le milieu de propagation.
- Citer des exemples de phénomènes ondulatoires. Estimer l'ordre de grandeur des longueurs d'ondes ou fréquences correspondantes.
- Dans le cadre d'un phénomène montré par une expérience ou par des documents, identifier les propriétés des ondes mises en jeu (propagation rectiligne, réflexion, réfraction, diffraction, interférences, effet Doppler, ondes stationnaires).

Savoir-faire disciplinaires

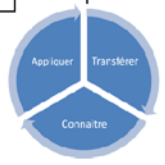
- Calculer une fréquence à partir d'une période et vice-versa.
- Appliquer la relation $v = \lambda/T$.
- Estimer un ordre de grandeur (longueur d'onde, période, fréquence).
- Appliquer la formule de l'effet Doppler.
- Estimer la valeur de l'interfrange dans une figure d'interférence.
- Calculer la fréquence propre d'un système oscillant.
- Utiliser les unités SI des grandeurs (longueur d'onde, période, fréquence, élongation, amplitude,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (longueur d'onde, période, fréquence, élongation, amplitude,…).

Sciences générales – Troisième degré – Physique – Unité d'acquis d'apprentissage 8

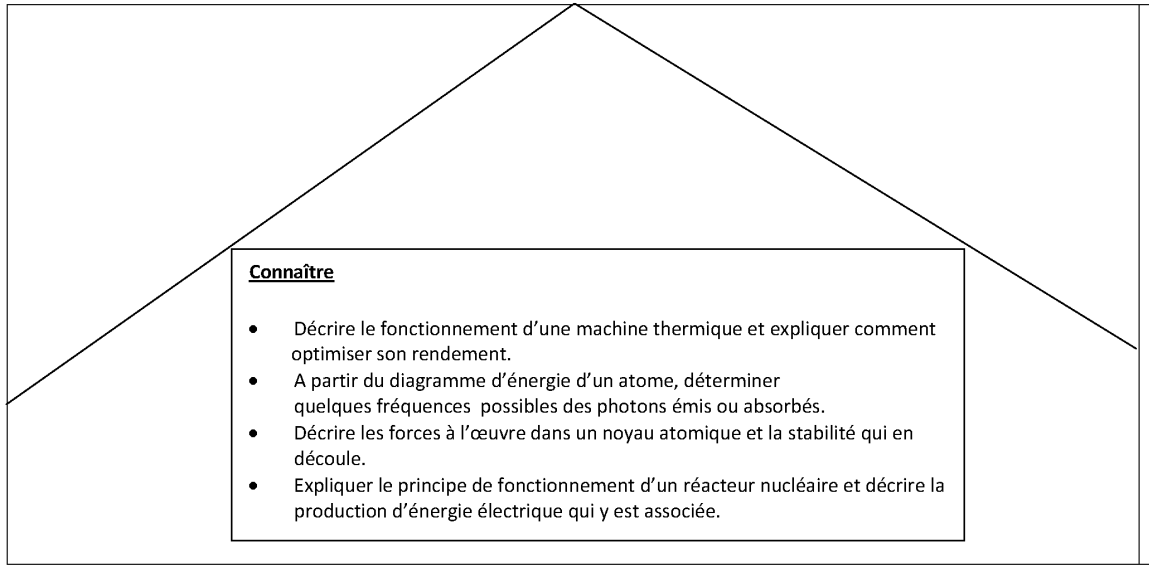
« Matière et énergie »

Compétences à développer

- **Expliquer différents processus mis en œuvre pour la production d'énergie électrique.**
- **Décrire des applications du nucléaire dans le domaine scientifique.**

Processus	Ressources
Appliquer • A partir de documents, déterminer la demi-vie d'un échantillon radioactif et l'évolution de son activité dans le temps. • Equilibrer une équation de transmutation. • Sur base de documents, calculer le rendement théorique et effectif d'une machine thermique. • Calculer l'élévation de température correspondant à un échange d'énergie mécanique, électrique ou lumineuse. • Déterminer expérimentalement le rendement d'une transformation d'énergie (par exemple : bouilloire électrique, panneau photovoltaïque,...). • Connaissant la tension seuil d'une LED, calculer la fréquence de l'onde lumineuse émise. **Transférer** • A partir du schéma d'une machine thermique (par exemple : pompe à chaleur, frigo), expliquer les transferts énergétiques qu'impliquent son usage. • Expliquer une méthode de datation basée sur la décroissance radioactive d'un nuclide. 	**Pré-requis** • Fonctions exponentielles et fonctions logarithmes [9] • Chimie UAA 5 • Loi de Coulomb (UAA 6) • Calorimétrie (chimie UAA 4) • Composition du noyau atomique (chimie UAA 1) • Transmission de l'énergie électrique par une onde électromagnétique (UAA 6) **Savoirs disciplinaires** **Radioactivité et énergie nucléaire** • Rayonnement : origine, nucléaire, types, activité, unité (Bq) et ordre de grandeur, demi-vie d'un échantillon radioactif, constante radioactive • Notion de défaut de masse en lien avec la libération d'énergie • Fission nucléaire, produits de fission • Fusion nucléaire • Nuclide - Isotope **Thermodynamique** • Premier principe • Second principe • Machine thermique • Rendement d'une machine • Quantité de chaleur liée à un changement d'état

[9] Ces fonctions sont étudiées en mathématique durant le premier trimestre de rhétorique. Cette UAA doit donc être travaillée après le premier trimestre.



Connaître

- Décrire le fonctionnement d'une machine thermique et expliquer comment optimiser son rendement.
- A partir du diagramme d'énergie d'un atome, déterminer quelques fréquences possibles des photons émis ou absorbés.
- Décrire les forces à l'œuvre dans un noyau atomique et la stabilité qui en découle.
- Expliquer le principe de fonctionnement d'un réacteur nucléaire et décrire la production d'énergie électrique qui y est associée.

Photon

- Energie du photon
- Effet photoélectrique appliqué au panneau photovoltaïque

Savoir-faire disciplinaires

- Appliquer le premier principe de thermodynamique.
- Calculer le rendement d'une machine (cas simple).
- Réaliser un schéma intégrant les énergies entrantes et sortantes d'une machine.
- Estimer un ordre de grandeur (énergie, rendement).
- Utiliser les unités SI des grandeurs (énergie, température, durée, activité, fréquence,…).
- Vérifier la cohérence des unités et le cas échéant, les transformer (énergie, température, durée, activité, fréquence,…).

Annexe III

Compétences terminales et savoirs requis en sciences générales

HUMANITES GENERALES ET TECHNOLOGIQUES

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement de la Communauté française déterminant les compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales et déterminant les compétences terminales et savoirs communs à l'issue de la section de qualification des humanités techniques et professionnelles en éducation scientifique, en français, sciences économiques et sociales ainsi qu'en sciences humaines du 16 janvier 2014.

Fait à Bruxelles, le 16 janvier 2014.

Le Ministre-Président,

Rudy DEMOTTE

La Ministre de l'Enseignement obligatoire et de promotion sociale,

Marie-Martine SCHYNS

MINISTERE DE LA COMMUNAUTE FRANÇAISE

14 JUIN 2018. - Décret instituant un enseignement expérimental aux 2e et 3e degrés de l'enseignement secondaire qualifiant en ce qui concerne la certification par unités d'acquis d'apprentissage (CPU), et aux 2e et 3e degrés de l'enseignement de transition en ce qui concerne le dépassement du nombre maximum de périodes hebdomadaires, et portant diverses dispositions en matière d'enseignement obligatoire, d'organisation du jury délivrant le certificat d'aptitudes pédagogiques et de concertation avec les pouvoirs organisateurs et les organisations syndicales

Section XI. - Dispositions modifiant le décret du 4 décembre 2014 portant confirmation des compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales et des compétences terminales et savoirs communs à l'issue de la section de qualification des humanités techniques et professionnelles en formation scientifique, en français, en formation économique et sociale ainsi qu'en formation historique et géographique

Art. 51. Dans le décret du 4 décembre 2014 portant confirmation des compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales et des compétences terminales et savoirs communs à l'issue de la section de qualification des humanités techniques et professionnelles en formation scientifique, en français, en formation économique et sociale ainsi qu'en formation historique et géographique, les modifications suivantes sont apportées à l'annexe II : Compétences terminales et savoirs requis en sciences de base :

- à la page 15, les mots « Décrire la transformation chimique qui traduit la respiration cellulaire chez les autotrophes et les hétérotrophes. » sont remplacés par les mots « Décrire la transformation chimique qui traduit la photosynthèse chez les autotrophes. » ;
- à la page 16, les mots « Schématiser les transferts de matière et les transferts d'énergie dans un réseau trophique simple. » sont remplacés par les mots « Schématiser les transferts de matière et les flux d'énergie dans le réseau trophique simple. » ;
- à la page 21, les mots « Décrire le phénomène de dissociation d'ionisation (par exemple la dissociation ionique d'un sel). » sont remplacés par les mots « Décrire le phénomène de dissociation ionique sous forme d'une équation ». ;
- à la page 22, les mots « Nomenclature IUPAC des acides, des hydroxydes, des sels, des oxydes » sont remplacés par les mots « Nomenclature des acides, des hydroxydes, des sels, des oxydes » ;
- à la page 23, les mots « Caractériser les réactions chimiques selon l'effet thermique associé, à partir d'un graphique faisant appel à (énergie =f (temps)). » sont remplacés par les mots « Caractériser les réactions chimiques selon l'effet thermique associé, à partir d'un diagramme faisant appel à l'énergie des réactifs et à l'énergie des produits. » ;
- à la page 29, les mots « Appliquer la conservation du travail à une machine simple » sont remplacés par les mots « Appliquer la "conservation" du travail à une machine simple. » ;
- à la page 37, les mots « Illustrer à partir d'un exemple que l'environnement peut modifier l'expression de certaines gènes. » sont remplacés par les mots « Illustrer à partir d'un exemple que l'environnement peut modifier certains phénotypes. » ;
- à la page 44, les mots « Détailler en termes de vitesse et de forces le mouvement d'une voiture qui s'engage, sur une autoroute jusqu'à rouler à une vitesse constante. » sont remplacés par les mots « Détailler en termes de vitesse et de forces le mouvement d'une voiture qui s'engage, par exemple, sur une autoroute jusqu'à rouler à une vitesse constante. ».

Art. 52. Dans le même décret, les modifications suivantes sont apportées à l'annexe III : Compétences

terminales et savoirs requis en sciences générales :
- à la page 21, les mots « Schématiser un atome et un ion, selon un modèle atomique déterminé. » sont remplacés par les mots « Schématiser un atome et un ion monoatomique, selon un modèle atomique déterminé. » ;
- à la page 24, les mots « Décrire un phénomène de dissociation d'ionisation (par exemple la dissociation ionique d'un sel). » sont remplacés par les mots « Décrire un phénomène de dissociation ionique sous forme d'une équation » ; »
- à la page 25, les mots « Nomenclature IUPAC des acides, des hydroxydes, des sels, des oxydes, groupements ioniques » sont remplacés par les mots « Nomenclature des acides, des hydroxydes, des sels, des oxydes, groupements ioniques » ;
- à la page 33, les mots « Appliquer la conservation du travail à une machine simple. » sont remplacés par les mots « Appliquer la « conservation » du travail à une machine simple. » ;
- à la page 48, les mots « Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour les situations suivante :
- dureté et conductivité du diamant contrairement au graphite ;
- ductilité et conductivité des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques ;
- solubilité des sels ioniques ;
et montrer comment l'homme en tire profit. »
sont remplacés par les mots :
« Expliquer le comportement de la matière à partir de sa modélisation atomique/ionique/moléculaire pour les situations suivantes :
- dureté et conductivité électrique du diamant contrairement au graphite ;
- ductilité et conductivité électrique des métaux contrairement aux cristaux de sels ioniques ;
- solubilité des sels ioniques
et montrer comment l'homme en tire profit. ».
- à la page 50, les mots « Tracer un graphique delta h=f(t) représentant le delta H des réactifs et le delta H des produits. » sont remplacés par les mots « Tracer un diagramme delta H représentant le delta H des réactifs et le delta H des produits. » ;
- à la page 50, les mots « Représenter sous forme d'un graphique une réaction chimique exothermique, endothermique ou athermique, les réactifs et les produits étant en solution, puis interpréter ce graphisme. » sont remplacés par les mots « Représenter sous forme d'un diagramme une transformation chimique exothermique, endothermique ou athermique, les réactifs et les produits étant en solution, puis interpréter ce diagramme. » ;
- à la page 56, les mots « Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle d'acido-basicité afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques. » sont remplacés par les mots « Utiliser une table de potentiels d'oxydoréduction et une échelle des KA afin de prédire le sens d'évolution de réactions chimiques. » ;
- à la page 62, les mots « UAA6 de physique (induction magnétique limitée à la transmission d'énergie d'une bobine à une autre) » sont remplacés par les mots « UAA6 de physique (induction magnétique) ».