

**MINISTERE DE LA COMMUNAUTE FRANCAISE**

**ENSEIGNEMENT DE LA COMMUNAUTE FRANCAISE**

**Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique**

Service général des Affaires pédagogiques du Pilotage du réseau  
de l'Enseignement organisé par la Communauté française

**ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ORDINAIRE DE PLEIN EXERCICE**

**HUMANITES PROFESSIONNELLES ET TECHNIQUES**

**ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL**

**Deuxième degré**

**Formation commune**

**PROGRAMME PROVISOIRE D'ETUDES DU COURS DE**

**SCIENCES**

**(Formation scientifique : Mathématique et Techno-scientifique)**

**253 / 2005 / 249**

## AVERTISSEMENT

Le présent programme est d'application à partir de 2005/2006, dans les deux années du deuxième degré de l'enseignement secondaire professionnel.

Il abroge et remplace le programme provisoire 253P/2004/249 auquel il est identique. Le programme 253P/2004/249 avait été approuvé à titre provisoire dans l'attente de l'avis favorable de la Commission des programmes pour les humanités professionnelles et techniques.

Cet avis favorable étant intervenu, le programme repris ci-après (253/2005/249) a reçu l'approbation ministérielle à titre définitif.

## PLAN DU DOCUMENT

	<b>Page</b>
1.- Préliminaire	2
2.- Considérations générales	4
3.- Compétences	6
3.1.- Compétences liées aux contenus notionnels	6
3.2.- Compétences transversales	6
3.3.- Compétences d'ordre scientifique	8
3.4.- Tableau des savoir-faire scientifiques	10
Annexe 1 : Méthode scientifique	12
Annexe 2 : La démarche inducto-déductive	13
4.- Évaluation	14
5.- Organisation	16
6.- Contenu notionnel et description des modules de troisième année	17
3 <sup>ème</sup> P : Module de chimie	
Thème : Des phénomènes chimiques aux molécules, atomes et ions	18
3 <sup>ème</sup> P : Module de biologie	
Thème : Manger, pourquoi ?	25
Bibliographie et outils didactiques spécifiques aux objectifs du thème	37
3 <sup>ème</sup> P : Module de physique	
Thème : Électricité et santé	38
7.- Contenu notionnel et description des modules de quatrième année.	44
4 <sup>ème</sup> P : Module de chimie	
Thème : Classification des éléments	45
Bibliographie relative au programme de chimie du deuxième degré	50
4 <sup>ème</sup> P : Module de biologie	
Thème : Des stages en altitude pour les sportifs, un luxe ?	53
Bibliographie et outils didactiques spécifiques aux objectifs du thème	68
4 <sup>ème</sup> P : Module de physique	
Thème : La force d'Archimède	69
Activité n°1 : Force d'Archimède dans les liquides	70
Activité n°2 : Interprétation de la force d'Archimède : Découverte de la pression hydrostatique	77
Activité n°3 : Exercices qualitatifs sur la force d'Archimède dans les liquides	83
Complément : Évolution des modèles «gaz» et «liquide»	86

# 1. PRÉLIMINAIRE

La vie quotidienne dans la société du vingt et unième siècle est à ce point influencée par les sciences et les techniques que tout citoyen, quel que soit son niveau social, doit à la fois accéder à des savoirs scientifiques actualisés et présenter des comportements spontanés qui attestent d'un mode de raisonnement adéquat et rationnel.

Dans tous les domaines d'activités, sciences et technologie sont indissociablement liées. Qu'il s'agisse d'opérer une mesure à l'aide d'un instrument, de concevoir et de réaliser un projet technologique ou de résoudre un problème technique complexe, la connaissance et la maîtrise de savoirs (lois et principes) et de savoir-faire (procédures) scientifiques sont indispensables.

La confrontation au réel est une caractéristique fondamentale des sciences. Elle se traduit, en matière d'apprentissage, par la nécessité d'effectuer des expérimentations concrètes et de pratiquer le travail de terrain. A cet égard, le rôle joué par la pratique de laboratoire est essentiel pour l'acquisition de compétences en sciences.

Outre des savoirs, il existe aussi des capacités cognitives et des attitudes davantage liées aux sciences. Une fois acquises, ces capacités pourront être réinvesties dans d'autres situations, d'autres activités, tout au long de l'existence. Ce sont d'une part, des capacités mathématiques et logiques et d'autre part, des habitudes de pensée et des attitudes qui déterminent la manière d'apprendre, d'utiliser ses connaissances, de penser et d'agir avec pertinence.

Citons quelques attitudes qui nous paraissent indispensables à tout jeune citoyen :

- **l'honnêteté intellectuelle** : cette attitude d'esprit conditionne une saine pratique de la science. Rapporter ce que l'on observe et non ce que l'on s'attend à observer, n'intervenir dans un débat qu'en connaissance de cause et n'émettre que des avis dûment argumentés relèvent de l'honnêteté intellectuelle ;
- **l'ouverture d'esprit et le sens critique** : ces qualités ne sont pas antinomiques. En effet, être ouvert aux idées nouvelles ne dispense pas de réserver son jugement si ces idées ne sont pas étayées par des données fiables ou une argumentation logique solide ;
- **la curiosité intellectuelle** : la volonté constante de rechercher des réponses aux questions qui se posent est, tant pour l'individu que pour la société, un moteur de progrès.

Dans le cadre très général d'un cours de *Formation scientifique : mathématique et techno-scientifique*, dispensé au niveau de la formation commune à tous les secteurs, il n'est pas réaliste d'espérer rencontrer les centres d'intérêt, les préoccupations ou les besoins de l'un ou l'autre secteur en particulier. Dès lors, à travers le présent programme, la formation scientifique et technologique s'attachera à développer des compétences communes aux deux composantes, telles qu'elles sont énoncées dans l'annexe I du décret du 30 mars 2000<sup>1</sup>.

Parmi celles-ci, pointons, sans prétention d'exhaustivité, celles à l'acquisition desquelles un enseignement scientifique et technologique peut contribuer, dans le souci constant d'assurer une formation citoyenne et humaniste :

---

<sup>1</sup> Moniteur belge du 25 mai 2000, pages 17644 et suivantes.

- **se situer dans le temps**, ce qui implique de comprendre le présent ;
- **intégrer ses acquis et les organiser pour**, entre autres, **les réinvestir dans une situation-problème nouvelle**, ce qui suppose la maîtrise de savoirs et de savoir-faire scientifiques et technologiques;
- **se situer par rapport à l'environnement**, ce qui nécessite la connaissance et la compréhension des phénomènes qui s'y déroulent (lois et principes qui régissent les phénomènes naturels) ;
- **agir en consommateurs individuellement responsables**, ce qui ne peut se concevoir sans que les intéressés soient objectivement informés de la nature et de l'impact des activités humaines sur l'environnement et sur la santé ;
- **se situer par rapport aux technologies et aux sciences**, ce qui suppose la capacité d'utiliser des modèles, d'en apprécier la puissance comme les limites, en étant conscient de leur caractère provisoire.

Un élément que le présent programme a dû prendre en considération est le fait que les élèves qui entament le second degré de l'enseignement professionnel n'ont pas nécessairement bénéficié de la même formation sur le plan scientifique. En effet, certains auront opéré un parcours du premier degré dans l'enseignement général, en tout ou en partie, alors que d'autres auront entamé d'emblée l'enseignement secondaire par le biais de la filière professionnelle ou technique.

Compte tenu de cette hétérogénéité potentielle du public visé, les savoirs et les compétences qui ont été retenus peuvent être acquis par tous. Définis au départ de situations susceptibles d'être vécues par une majorité de citoyens, ces savoirs et compétences favorisent l'épanouissement de l'individu et son insertion dans la société, quel que soit son cursus scolaire.

## 2. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Au premier degré, le cours de Formation scientifique établi à partir du référentiel « Socles de compétences » a permis aux élèves de se découvrir et de mieux se situer dans leur contexte environnemental. La construction progressive des savoirs et des savoir-faire s'appuie sur des mises en situation relevant des domaines suivants :

- les êtres vivants;
- l'énergie;
- la matière;
- l'air, l'eau, le sol;
- l'homme et l'environnement;
- l'histoire des sciences.

Les compétences inhérentes à ces matières devraient idéalement constituer les prérequis nécessaires pour entamer le deuxième degré de l'enseignement professionnel.

Au deuxième degré, le cours de Sciences doit privilégier l'acquisition de démarches d'apprentissage et, plus spécialement, l'acquisition d'une démarche scientifique, laquelle, à partir de situations-problèmes, développe:

- la découverte et l'analyse de la réalité;
- la comparaison des faits observés en vue de leur classement;
- le questionnement et la formulation d'hypothèses;
- la vérification expérimentale;
- l'induction de lois;
- la construction de modèles;
- l'utilisation des outils conceptuels pour, au moyen d'un raisonnement déductif, vérifier leur pertinence par rapport à la réalité.

***A ce niveau, l'approche inductive reste essentielle. Par rapport au premier degré, l'élève sera davantage associé à la construction de modèles évolutifs plus complexes. Toute activité devra s'articuler sur un ancrage expérimental et puiser autant que possible sa motivation dans des situations de la vie courante.***

Précisons cependant que tous les sujets d'étude ne se prêtent pas à une expérimentation. C'est le cas notamment en biologie, pour l'anatomie comparée, où la démarche repose sur des activités de comparaison basées la plupart du temps sur l'examen de documents iconographiques. C'est aussi le cas en chimie, lorsqu'il s'agit d'aborder la structure de l'atome.

Par rapport au premier degré, à l'aspect qualitatif s'ajoutera un volet quantitatif plus substantiel.

Dans le prolongement de la réforme entreprise au premier degré, le présent document a pour but de mettre en évidence les capacités et compétences communes aux trois disciplines scientifiques.

La compréhension de problèmes concrets issus de la vie quotidienne doit se faire par une approche globale mettant en jeu des faisceaux de facteurs complémentaires relevant des trois disciplines scientifiques que sont la biologie, la chimie et la physique. En conséquence, nous aborderons ici les différents thèmes par une **approche interdisciplinaire** car il est patent que «l'optique» d'une seule discipline est insuffisante pour étudier les problèmes dans leur globalité et leur complexité.

Comme mentionné plus haut, les thèmes retenus dans ce programme font référence aux objectifs définis dans le document «Compétences terminales et savoirs communs des Humanités professionnelles et techniques».

En particulier, ils privilégient :

- l'acquisition de savoirs relatifs aux premières notions de chimie, qui permettra d'amorcer la compréhension de la composition des corps, de leurs transformations et de leurs propriétés dans la perspective d'une ouverture vers le concret;
- l'acquisition de savoirs relatifs aux notions élémentaires d'anatomie et de physiologie humaines, qui permettra de choisir, tant au niveau préventif que curatif, les attitudes les mieux adaptées aux besoins en matière de santé;
- l'acquisition de savoirs relatifs aux notions élémentaires d'électricité, qui permettra de comprendre et de se situer dans une portion de notre univers technico-scientifique.

Les différents modules du programme s'organisent, autant que possible, autour de problèmes issus de la vie courante. Cette approche fonctionnelle favorise l'implication des élèves dans les processus d'apprentissage.

La présentation des modules est établie en trois colonnes : *savoir-faire, notions (savoirs) et Exemples de liens avec les autres disciplines scientifiques*<sup>2</sup>.

Cette façon de faire permet à la fois :

- de développer savoirs et savoir-faire en interaction dans la perspective de la mise en œuvre d'une pédagogie des compétences;
- de conserver une logique interne propre à chaque discipline;
- d'établir des relations et des liens entre la biologie, la chimie et la physique, ce qui indique la complémentarité des disciplines et donne une vision globale aux concepts étudiés.

L'attention du professeur est attirée sur le fait que les cours de sciences au deuxième degré de l'enseignement professionnel s'adressent à des élèves qui ont choisi une orientation dans laquelle l'étude des sciences n'est pas une préoccupation majeure. Il est important de rappeler que pour un certain nombre d'élèves, le cours de sciences constitue le dernier contact avec les principales disciplines scientifiques et la dernière occasion de se former aux méthodes scientifiques d'investigation.

***Enfin, remarquons que si ce programme du deuxième degré est volumineux, ce n'est pas par l'importance des contenus qui y figurent, mais par l'abondance des commentaires, des remarques et des conseils pédagogiques (méthodologiques et didactiques) qui l'accompagnent.***

---

<sup>2</sup> Pour la partie *Biologie*, les trois colonnes ont été intitulées «Domaines», «Notions» et «Mots-clés».

## 3. COMPÉTENCES

Selon l'article 5 du décret « Missions » du 27 juillet 1997, une compétence est définie comme suit : « aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes permettant d'accomplir un certain nombre de tâches ».

La pédagogie par les compétences privilégie à la fois le développement de la pensée et l'enseignement qui a du sens, par rapport aux exercices mécaniques et à la simple restitution des matières. Dans cette démarche, la réflexion - capacité d'organisation de la pensée - ne peut se développer que sur des contenus. En conséquence, savoirs et savoir-faire doivent toujours être en interaction.

### 3.1 Compétences liées aux contenus notionnels<sup>3</sup>.

« RECONNAÎTRE » - « RESTITUER »

- MAÎTRISE DU VOCABULAIRE
  - vocabulaire courant ;
  - vocabulaire spécifique.
- CONNAISSANCE DES CARACTÉRISTIQUES, DES RÈGLES, DES CONVENTIONS, DES REPRÉSENTATIONS
  - connaissance des caractéristiques (propriétés) ;
  - connaissance des règles, des lois, des hypothèses, des principes ;
  - connaissance des conventions, des représentations (symboles, formules, équations, nomenclature, modèles...).

### 3.2 Compétences transversales

#### 3.2.1. En rapport avec la démarche de résolution d'une situation - problème

<b>INTERROGATION</b>	Face à une difficulté (question ouverte) nouvelle,
<b>HYPOTHÈSES</b>	la personne interpellée émettra des hypothèses,
<b>VÉRIFICATION</b>	dont elle vérifiera la pertinence, soit en se référant à une théorie, soit en s'appuyant sur une démarche expérimentale,
<b>DÉCISION</b> <b>CONCLUSION</b>	avant de fonder sa décision sur les hypothèses qui lui paraissent les plus significatives. Elle précisera le domaine de validité de la conclusion adoptée.

*Remarque: Cette démarche, tout en débordant du domaine strictement scientifique, ne se prétend pas universelle.  
Néanmoins, elle fait partie de la formation générale du citoyen.  
Son application au domaine scientifique sera développée au point 3.3.*

<sup>3</sup> Administration de l'Organisation des Études, Enseignement secondaire organisé par la Communauté française – Deuxième degré de l'Enseignement secondaire, *Compétences essentielles, Chimie – Physique - Biologie*

### 3.2.2. En rapport avec la communication

#### EXTRAIRE ET CONSIGNER DES INFORMATIONS.

Lors de la recherche d'une information:

- déterminer les sources (bibliothèques, dictionnaires, journaux, documents audiovisuels ...);
- utiliser la documentation (catalogue, table des matières, index alphabétique...);
- isoler les éléments directement en rapport avec le problème posé en les présentant sous forme organisée et structurée.

#### RÉDIGER UN TEXTE, UN RAPPORT ET COMMUNIQUER ÉVENTUELLEMENT DES INFORMATIONS.

- Présenter une réponse claire et concise à une question ponctuelle.
- Décrire correctement, par voie orale, éventuellement en s'appuyant sur un graphique, un schéma, un objet, une action, un phénomène...
- Présenter, de manière claire et précise, une réponse écrite à une question ouverte en respectant des consignes éventuelles :
  - du point de vue de la forme: texte lisible, structuré, aéré et sans fautes d'orthographe, phrases courtes, simples, sans répétitions, vocabulaire adéquat,...
  - du point de vue du contenu: mise en exergue de l'essentiel dans le respect de la logique interne, mise en évidence des conclusions.
  - Exposer un sujet, un problème déterminé devant une assemblée (groupe, classe, auditoire...)  
En plus des exigences requises pour l'élaboration d'un document écrit, la communication orale requiert des qualités de décontraction, d'élocution claire et un vocabulaire adapté au public.

### 3.2.3. En rapport avec l'organisation du travail

- Gérer rationnellement son emploi du temps et sa méthode de travail.

### 3.3 Compétences d'ordre scientifique

*Il s'agit d'obtenir de la part des élèves qu'ils réagissent d'une manière objective, raisonnée et créative devant toute situation-problème en l'analysant et en tentant de la résoudre selon une démarche scientifique basée sur des faits en utilisant des méthodes et techniques appropriées.*

#### 3.3.1. La méthode scientifique

- **La méthode expérimentale qui procède par démarches inducto-déductives [points a) à e) ci-après].**
- **La méthode déductive [point f) ci-après].**  
*Les étapes mentionnées ci-dessous ne seront pas toujours toutes présentes dans une séquence d'enseignement.*

Elles:

- seront, dans toute la mesure du possible, liées à des *observations*;
- gagneront à être accompagnées d'une discussion qui sera de nature à nuancer la prise de décision ou la conclusion ;
- ne se dérouleront pas nécessairement dans l'ordre où elles sont énumérées dans le tableau de l'annexe 2 ci-après. D'ailleurs, il est possible que l'on soit, à un moment donné, amené à opérer un retour à une étape antérieure.

***Toute étude d'une situation-problème peut consister à:***

#### ***a) Observer (en premier lieu, la situation-problème elle-même !).***

- Recueillir par les sens, éventuellement par l'intermédiaire d'un instrument de mesure, des informations émanant de la réalité.

#### ***b) Analyser la situation et émettre des hypothèses.***

- Rechercher des relations entre les faits.
- Rechercher les paramètres et les variables indépendantes susceptibles d'influencer le phénomène.
- Distinguer la variable dépendante des variables présumées indépendantes.
- Prévoir les tendances éventuelles qui peuvent exister entre chaque variable indépendante et la variable dépendante.

**c) Mettre en œuvre une séquence expérimentale (ou expérimentation proprement dite) et/ou pratiquer une induction expérimentale**

- **Concevoir une démarche** destinée à vérifier la pertinence des hypothèses émises.
  - Imaginer une séquence expérimentale.
  - Concevoir le(s) montage(s) correspondant(s).
  - Choisir l'instrument de mesure et l'échelle appropriés.
- **Réaliser les expériences.**
  - Réaliser le montage expérimental.
  - Effectuer des mesures (ou repérer des valeurs).
  - Établir un tableau de mesures : titres, colonnes, grandeurs, unités ...
  - Préciser éventuellement les incertitudes sur les mesures directes.
- **Analyser les résultats expérimentaux, en induire les conclusions et vérifier éventuellement celles-ci.**
  - Tirer des conclusions partielles d'une expérience.
  - Calculer les incertitudes absolue et relative sur les mesures indirectes.
  - Interpréter le (ou les) tableau(x) des résultats.
  - Construire un graphique et l'exploiter
  - Conclure quant à la pertinence ou non pertinence de chacune des hypothèses formulées.

**d) Induire une tendance, un concept, une formule, un principe, une loi, une théorie ou un modèle...**

Exemples:

- construire un modèle;
- rechercher la (ou les) relation(s) physique(s) entre la variable dépendante et la (les) variable(s) indépendante(s).

**e) Dédire par la démarche hypothético-déductive**

- **Vérifier**
- **Confronter** la formule, la loi, le principe, la théorie, le modèle à la **réalité** et en **apprécier le domaine de validité.**
- **Appliquer** les formules, loi, principe, théorie ou modèle

**f) Dédire, démontrer, énoncer, établir une formule, une loi, une théorie ou un modèle.**

### 3.4 Tableau des savoir-faire scientifiques [cf. Annexes 1 & 2 ci-après]

- **DÉCOUVRIR, OBSERVER POUR ANALYSER UNE SITUATION-PROBLÈME**
- **OBSERVER UN OBJET, UN ÊTRE VIVANT POUR LE DÉCRIRE, LE DESSINER, LE SCHÉMATISER. « OBSERVER... POUR... »**
  - Observer pour décrire.
  - Observer pour dessiner.
  - Observer pour schématiser.
- **COMPARER DES ÉLÉMENTS D'INFORMATION, DES OBJETS, DES ÊTRES VIVANTS POUR LES ORDONNER, LES SÉRIER, LES CLASSER. « COMPARER... POUR... »**
  - Structurer l'information.
  - Relater des faits.
  - Dégager les traits essentiels.
  - Classifier des faits, des objets, des êtres.
  - Sérier, ordonner des faits, des choses.
- **ÉMETTRE DES HYPOTHÈSES, ÉTABLIR DES RELATIONS ENTRE DES FAITS**
  - Établir des relations entre des faits.
  - Émettre une hypothèse.
- **PRÉPARER UNE EXPÉRIENCE**
  - Formuler, identifier le but d'une expérience.
  - Dégager et préciser les conditions expérimentales, faire le plan d'une expérience.
- **RÉALISER UNE EXPÉRIENCE**
  - Maîtriser des processus opératoires.
  - Acquérir des habiletés manipulatoires.
  - Recueillir, contrôler des résultats.

- **TRAITER DES DONNÉES. « COMPARER DES DONNÉES... POUR... »**
  - Construire un tableau de données.
  - Lire, traduire, interpréter un tableau de données.
  - Construire un graphique.
  - Lire, traduire, interpréter un graphique.
  - Construire un schéma.
  - Lire, traduire, interpréter un schéma.
  - Tirer une conclusion (dégager des similitudes, généraliser avec prudence, établir une relation).
  
- **CONSTRUIRE, AMÉLIORER UN MODÈLE (SYNTHÈSE)**
  - Comparer, mettre en relation des conclusions partielles pour les structurer en un système cohérent (modéliser).
  - Transformer un outil de travail (modèle) pour le rendre plus performant (capacité impliquant esprit critique).
  
- **EXÉCUTER, UTILISER DES PROCÉDURES AUTOMATISÉES**
  - Utiliser des notions ou procédures vues en classe pour reproduire une ou des opérations étudiées.
  - Prédire l'effet de changement de divers facteurs.
  - Utiliser l'outil informatique.
  
- **RÉSOUTRE UN PROBLÈME NUMÉRIQUE OU NON NUMÉRIQUE**
  - Justifier des faits, expliquer un phénomène à l'aide d'un principe, d'une loi, d'une règle.
  - Résoudre un problème numériquement dirigé.
  - Résoudre un problème numériquement ouvert.
  - Transférer, appliquer, inventer (utiliser les notions vues en classe pour solutionner une situation-problème ou réaliser un objet original).
  
- **COMMUNIQUER (UTILISER DES NOTIONS VUES EN CLASSE POUR LES COMMUNIQUER À L'AIDE D'UN TYPE DE LANGAGE CONVENU POUR UN DESTINATAIRE DÉTERMINÉ)**
  - Rédiger un rapport d'une expérience réalisée par le professeur (démonstration).
  - Rédiger un rapport de manipulation de pratique de laboratoire.

## Annexe 1 :

## MÉTHODE SCIENTIFIQUE

### MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

Elle procède par démarches INDUCTO-DÉDUCTIVES,  
c'est-à-dire, par DÉMARCHES :

- **INDUCTIVE**, basée sur l'**observation** et l'**analyse**

et/ou

- **INDUCTIVE**, s'appuyant sur l'**expérimentation**

et/ou

- **HYPOTHÉTICO-DÉDUCTIVE**

qui, après émission d'une (ou d') hypothèse(s) obtenue(s)  
par induction,  
déduit :

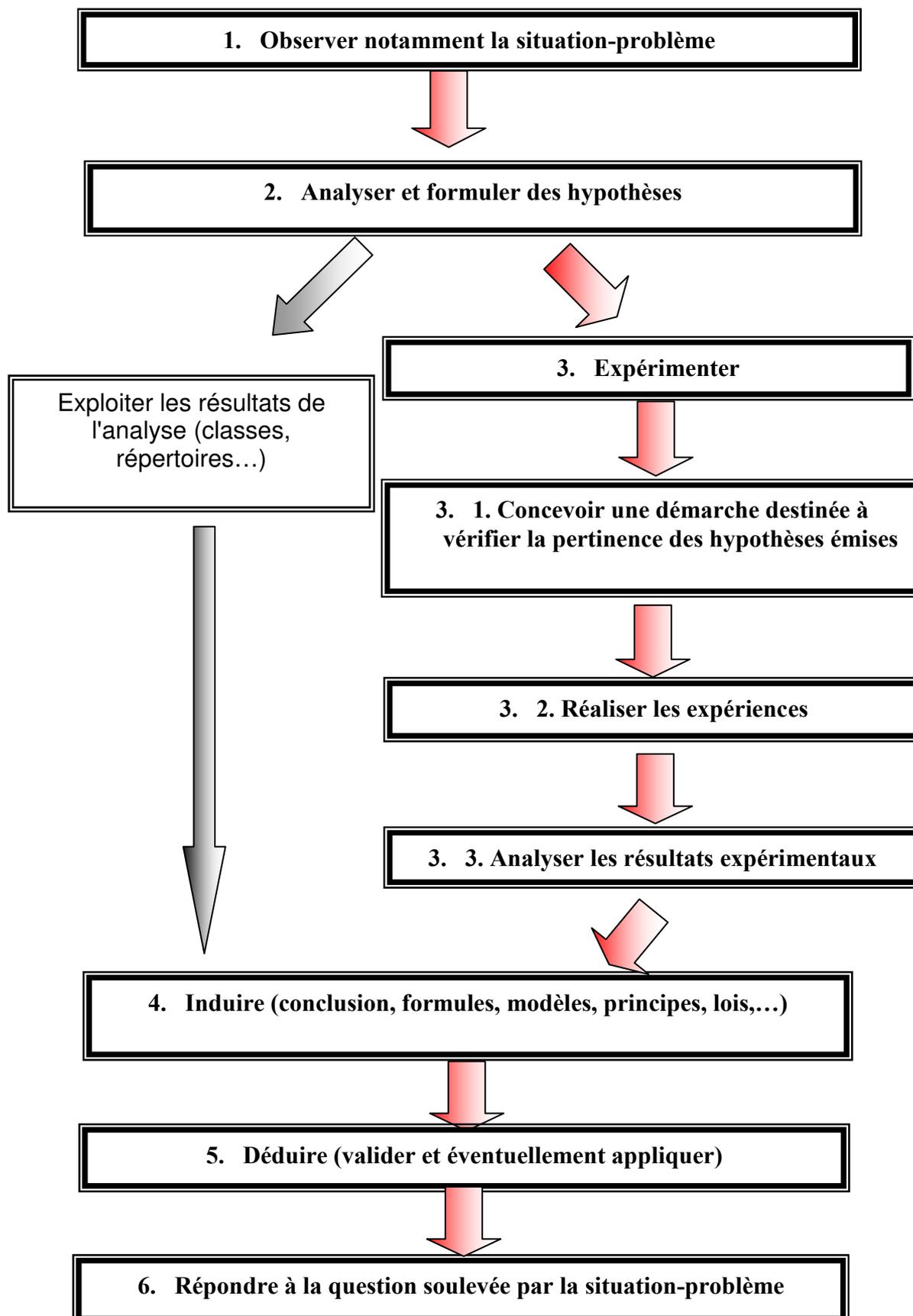
- soit par **vérification**
- soit par **confrontation**,
- soit par **application**,

les conséquences logiques que celle(s)-ci implique(nt).

### DÉMARCHE DÉDUCTIVE (PURE)

Elle s'apparente à celle utilisée en mathématique et/ou en logique.  
Il est exclu de la mettre en œuvre au niveau de la troisième année.

## Annexe 2 :

*La démarche inducto-déductive*

## 4. Évaluation

« *L'évaluation est une démarche d'observation et d'interprétation des effets de l'enseignement, visant à guider les décisions nécessaires au bon fonctionnement de l'école* »<sup>4</sup>.

**Évaluer**, c'est se situer par rapport au but pour favoriser et contrôler l'apprentissage.

Selon J. CARDINET, l'évaluation scolaire se développe selon deux axes :

1. d'abord, au service de **l'enfant**. Elle est inséparable de son processus d'apprentissage. Elle doit aider sa réflexion et son travail personnels. Elle oriente l'intervention éducative du maître. Elle peut guider le soutien des parents. Elle encourage l'élève par la reconnaissance de ses acquis ;
2. ensuite, elle sert à rendre des comptes à la **société**. Bulletins, certificats et diplômes attestent que les élèves ont bien acquis les compétences attendues.

Il en découle quatre objectifs fondamentaux de l'évaluation pédagogique :

- améliorer les décisions relatives à l'apprentissage de chaque enfant ;
- informer sur sa progression l'élève et ses parents ;
- décerner les certificats nécessaires à l'élève ;
- améliorer la qualité de l'enseignement en général.

Les premier et quatrième objectifs, relèvent de l'évaluation **formative**. En effet, ils constituent des *instruments au service de la formation*.

Les deux autres objectifs, visent à établir des bilans de ce que l'élève a appris et à les communiquer à l'extérieur. L'évaluation est ici **certificative**, car elle représente un *instrument de contrôle et de certification* à la fin d'une unité d'apprentissage ; elle a pour but de mesurer *la maîtrise des objectifs visés*, en vue de décider d'un passage de classe, d'une (ré)orientation ou de la délivrance d'un certificat.

Les cours de sciences de l'enseignement professionnel s'inscrivent en priorité dans la perspective de l'évaluation formative, même s'ils ne sont pas dépourvus de prétentions certificatives, du fait même de leur statut de cours inhérents à la *formation commune*.

Étant donné le temps réduit consacré aux sciences dans l'enseignement secondaire professionnel, les évaluations ne s'exerceront pas au détriment des apprentissages.

---

<sup>4</sup> Jean CARDINET, Pour apprécier le travail des élèves, Pédagogie en développement, De Boeck Université.

<b>ÉVALUATION</b> Au service de :	<b>FORMATIVE</b>	<b>CERTIFICATIVE</b>
<b>L'INDIVIDU</b> (l'enfant et ses parents)	Individualiser l'enseignement (instruments d'observation)	Informar des progrès en classe (bulletins périodiques)
<b>LA SOCIÉTÉ</b> (contrôles scolaires et professionnels)	Piloter l'enseignement (épreuves communes, enquêtes, recherche)	Certifier les acquisitions (examens, diplômes)
	<b>AMÉLIORER</b>	<b>EXPLICITER</b>
	<b>L'APPRENTISSAGE</b>	
	<b>POUR L'INTÉRIEUR</b>	<b>POUR L'EXTÉRIEUR</b>
	<b>DE L'ÉCOLE</b>	

## 5. ORGANISATION

Le cours «*Formation scientifique : mathématique et techno-scientifique*» au deuxième degré professionnel comprend les trois disciplines scientifiques que sont la biologie, la chimie et la physique. Il convient de ne pas favoriser une discipline au détriment d'une autre.

Une coordination au sein du degré doit être assurée. De même, elle s'impose tant avec les professeurs du premier degré qu'avec ceux du troisième degré.

Dans le but de rencontrer les compétences disciplinaires propres au deuxième degré de l'enseignement professionnel, tout professeur de sciences doit pouvoir disposer :

- d'un laboratoire ou à défaut d'un local adapté à la pédagogie des sciences ;
- d'un matériel didactique suffisant pour répondre à une approche expérimentale dans les trois disciplines.

**Les matières seront abordées selon le plan établi au point 6 ci-après.**

**Le module de chimie, sera étudié prioritairement en début d'année, car les différentes notions et concepts abordés constituent un des fondements des cours de sciences des deuxième et troisième degrés.**

**Pour permettre d'asseoir de manière sûre ces notions, le programme de chimie de cinquième année a été délibérément allégé et réduit à un module ne comportant qu'une séquence sur le thème «Acides, bases et sels». De cette manière, le professeur pourra effectuer, à l'entame du troisième degré, les rappels et les ajustements nécessaires, s'il devait s'avérer que certaines notions relevant du deuxième degré ne sont pas maîtrisées.**

## 6. Contenu notionnel et description des modules de troisième année

Répartition des périodes à consacrer aux séquences :  
8 périodes annuelles par discipline

### Module de chimie

Des phénomènes chimiques aux molécules, atomes et ions

- C.1.- Distinction entre un phénomène physique et une réaction chimique.
- C.2.- Molécules et atomes
- C.3.- Atomes (notion de valence), structure de l'atome, ions, isotopes.

### Module de biologie

Manger, pourquoi ?

*Les grandes fonctions*

- Physique de la digestion
- Des aliments aux nutriments
- Chimie de la digestion
- Action des sucs digestifs
- Absorption intestinale des nutriments
- La cellule, centrale énergétique
- La cellule, usine d'assemblage moléculaire

*Éducation à la santé*

- Règles de base d'une alimentation équilibrée

### Module de physique

Électricité et santé

- Électrisation
- Courant électrique
- Circuits électriques
- Effets du courant électrique
- Loi d'Ohm
- Puissance et énergie
- Effet Joule et l'électricité dans la maison

## 3<sup>ème</sup> P : Module de chimie

# Thème : DES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES AUX MOLÉCULES, ATOMES ET IONS

**Compétence générale :** Assurer l'évolution du modèle corpusculaire de la matière pour expliquer des phénomènes chimiques et la formation d'ions.

SAVOIR-FAIRE	NOTIONS (SAVOIRS)	Exemples de liens avec les autres disciplines scientifiques
<p>Utiliser des modèles simples (billes de couleurs différentes) pour opérer la distinction entre mélange et combinaison au niveau macroscopique et au niveau moléculaire.</p> <p>Schématiser une réaction sous forme d'équations nominatives et illustrer la transformation à l'aide de modèles moléculaires (sur base du modèle atomique de Dalton).</p> <p>Inclure la notion de valence à l'aide des modèles moléculaires.</p> <p>Relater l'expérience de Rutherford.</p> <p>Démontrer expérimentalement la réalité de l'existence des ions (Électrolyse ; Électrophorèse – cf. Annexe 1).</p>	<p><b>C.1 Distinction entre un phénomène physique et une réaction chimique.</b> Première approche de la notion de corps pur simple et de corps pur composé.</p> <p><b>C.2 Molécules et atomes.</b> Constitution de l'eau, du dioxygène, du dioxyde de carbone, de l'ammoniac ...</p> <p><b>C.3 Atomes (notion de valence), structure de l'atome, ions, isotopes</b> Notion de valence. Passage du modèle atomique de Dalton au modèle de Rutherford (noyau et nuage électronique). Notion d'isotope. Notion d'ion ion.</p>	<p>Changements d'état (cf. programme du 1<sup>er</sup> degré) – Ex. : cycle de l'eau. Mélanges (cf. programme du 1<sup>er</sup> degré) – Fractionnement d'un mélange – Ex. : épuration des eaux, fabrication de l'alcool, distillation du pétrole... Combinaisons. Ex. : formation du sulfure de fer (II), de l'oxyde de magnésium, de la rouille sur le fer ou l'acier, du vert-de-gris sur le cuivre ...</p> <p>Origine et propriétés de substances impliquées dans certains processus biologiques : respiration aérienne et respiration aquatique.</p> <p>Utilisation des isotopes : datation au <sup>14</sup>C, utilisation médicale (scintigraphie), production d'énergie nucléaire... Importance des ions dans les milieux biologiques (eaux naturelles, liquides physiologiques, muscles, nerfs...).</p>

**3<sup>ème</sup> P : Module de chimie****Thème : DES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES AUX  
MOLÉCULES, ATOMES ET IONS****Suggestions méthodologiques et commentaires**

***Il convient d'associer l'élève à la construction prudente et progressive d'outils élaborés, qui prennent en compte la nature corpusculaire de la matière (cf. programme du premier degré).***

*Animés des meilleures intentions, trop de professeurs croient bien faire en introduisant le plus tôt possible des outils notionnels tels que les symboles chimiques, les formules, les équations, la classification périodique et la configuration électronique de l'atome. À l'inverse, le présent programme propose une initiation très progressive. Dans un premier temps, une description et une explication provisoire de phénomènes relativement simples seront proposées à l'aide d'équations **nominatives**, de **modèles moléculaires** et de leur représentation figurative.*

*Au cours de cette première séquence, le modèle atomique de Dalton (chaque atome est représenté par une «boule») permettra de rendre compte des premiers phénomènes observés (réactions  $\text{Fe} + \text{S}$ ,  $\text{Mg} + \text{O}_2$ ...). Ce modèle élémentaire sera remplacé par le modèle de Rutherford pour introduire la notion d'isotope et la notion d'ion, lesquelles font intervenir les particules subatomiques<sup>5</sup>. En aucun cas il ne sera nécessaire d'introduire le concept de niveaux d'énergie des électrons pour expliquer les phénomènes en cause. Il est dès lors absolument exclu d'introduire le modèle atomique de Bohr à ce niveau.*

*Lorsque la notion d'ion est abordée, elle sera limitée à l'essentiel : un ion est formé chaque fois qu'un atome perd ou gagne un ou plusieurs électrons. Il n'y a pas lieu ici de justifier ce qui conditionne le type de comportement électronique (donneur ou capteur) de l'élément, mais d'opérer le constat (expérimental) du fait que certains éléments ont tendance à former des ions positifs (on pourra remarquer qu'il s'agit des métaux), tandis que d'autres forment plutôt des ions négatifs (les non-métaux).*

*Les isotopes seront caractérisés par le nombre de leur nucléons ou nombre de masse, A, (nombre de protons + nombre de neutrons). En effet, pour un élément donné, le nombre de neutrons présents dans le noyau peut varier, contrairement au nombre de protons. Ainsi, si tous les isotopes d'un élément donné possèdent le même nombre de protons (et aussi d'électrons), caractérisé par le nombre atomique Z de l'élément, ils se distinguent par le nombre de neutrons, donc par la valeur de leur nombre de masse A.*

*L'étude des isotopes ne se justifie que par leur importance dans divers domaines d'activités (datation, techniques de diagnostic médical, production d'énergie au moyen de réactions nucléaires...). Il est donc exclu d'en faire une étude détaillée.*

*C'est délibérément que les liaisons chimiques ont été ignorées, tant dans le programme du deuxième degré que dans celui du troisième degré. En effet, celles-ci ne peuvent être envisagées de manière rigoureuse qu'au prix de l'introduction de notions et de concepts qui dépassent largement le cadre d'un cours d'initiation : quantification de l'énergie électronique (modèle de Bohr), octet électronique (Lewis), électronégativité (Pauling), comportement électronique contrasté des métaux et des non-métaux, polarisation d'une liaison, charges entières et charges partielles... La notion de valence sera toutefois introduite, de manière strictement inductive, et sera définie comme la capacité de liaison de l'atome d'un élément.*

\* \* \*

<sup>5</sup> Référence utile : *Les atomes, une anthologie historique*, Agora, Les Classiques, Éd. Presses Pocket, Paris, 1991.

## C.1.- Distinction entre un phénomène physique et une réaction chimique

### Questionnement

- Le modèle corpusculaire de la matière construit antérieurement (voir programme du premier degré) permet-il d'expliquer la transformation, sous l'effet de la chaleur, du fer et du soufre en sulfure de fer ?
- Comment se forme la rouille sur une pièce en fer ou en acier ?
- Comment se forme le vert-de-gris sur une pièce en cuivre ou en laiton ?
- Que se passe-t-il lorsqu'une allumette soufrée s'enflamme ?

### Exemple d'activités

- Réaction entre le fer et le soufre.
- Combustion du magnésium, du soufre ou du carbone dans l'air.
- Réduction du dioxyde de carbone par Mg.
- Réaction d'un hydrocarbure dans le dichlore gazeux (sous hotte !!!).

## C.2 Molécules et atomes

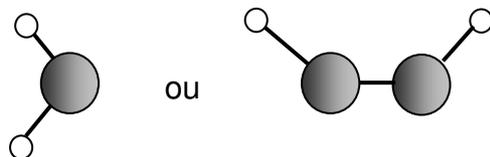
### Questionnement

- Comment pourrions-nous établir (ou vérifier) expérimentalement la formule moléculaire de l'eau ?
- Comment pourrions-nous modéliser les molécules d'eau, de dioxygène, de dihydrogène... ?
- Comment déterminer la composition de l'air (analyse de l'air) ?
- Comment identifier le gaz oxygène (dioxygène) ? le gaz hydrogène (dihydrogène) ?

### Exemples d'activités

- *Histoire des sciences*  
Quelques grands noms liés aux développements de la théorie atomique : Dalton, Avogadro, Rutherford, [Bohr].
- *Électrolyse de l'eau*  
Opérer avec un voltamètre d'Hofmann et de l'eau acidulée par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué. Recueillir les gaz produits à chacune des électrodes (H<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>) et les caractériser (combustible – comburant). Cette expérience sera l'occasion d'évoquer le fait qu'une transformation chimique n'est pas exempte d'aspect quantitatif (volume H<sub>2</sub> / volume O<sub>2</sub> = 2 / 1).

Ce rapport permettra de trancher entre les deux hypothèses relatives à la formule de l'eau, hypothèses illustrées par les deux modèles suivants :



- *Analyse de l'air*  
Il n'est pas nécessaire d'opérer la combustion du phosphore blanc, la réaction fonctionne très bien avec du phosphore rouge, moins dangereux à manipuler. On notera que la combustion d'une bougie donne déjà des résultats satisfaisants.

- Classer les modèles moléculaires en substances simples et substances composées.

Exemples de molécules représentées : dioxygène, diazote, dihydrogène, eau, dioxyde de carbone, ammoniac, méthane...

### C3 Atomes (notion de valence), structure de l'atome, ions, isotopes

#### Questionnement

- La molécule d'eau est formée d'hydrogène et d'oxygène dans la proportion 2 :1. Quelles sont les entités constitutives de la molécule d'eau ?
- Comment ces entités constitutives des molécules sont-elles rendues solidaires ?
- Que représente la valence d'un élément ?
- Qu'est-ce qu'un groupement polyatomique (« radical ») ?
- Quelle est la structure de l'atome ?
- Les archéologues opèrent la datation de certaines pièces très anciennes grâce à l'*isotope* « carbone-14 ». Que signifie le terme « isotope » ? Quelle est la signification du nombre « 14 » ?
- La scintigraphie de la thyroïde, une technique médicale qui permet de mettre en évidence la structure et l'activité de cette glande, utilise l'*isotope* 131 de l'iode. Qu'est-ce qu'un « isotope » ? Quelle est la signification du nombre « 131 » ?
- Qu'est-ce que « l'eau lourde » ?
- Certaines eaux minérales sont réputées « riches ou pauvres en ions ». Qu'est-ce qu'un « ion » ?

#### Exemples d'activités

- Utiliser les modèles moléculaires (H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl, CH<sub>4</sub>...) pour introduire la notion d'*atome*, unité constitutive d'une molécule.
- À l'aide des modèles moléculaires (modèles éclatés), introduire la notion de *liaison(s)* entre atomes pour constituer une molécule.
- Introduire la notion de *valence* sur une base strictement inductive : comparaison des modèles de diverses molécules simples, telles que H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S.  
La valence sera définie comme la *capacité de liaison* d'un atome de l'élément considéré. À partir des molécules utilisées ci-dessus comme exemples, demander aux élèves de prévoir le nombre de liaisons présentes dans des molécules telles que H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- Construire une ébauche de tableau des valences pour les éléments représentés dans les exemples précédents.  
Réaliser un exercice (qui prend la forme d'un jeu) visant à déduire la valence d'un élément nouveau (en caractère gras dans les exemples ci-dessous) à partir de la formule d'un de ses composés binaires qui inclut un élément dont la valence est déjà connue. Ex. : **NaCl**, **CaO**, **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, **MgS**, **HBr**, **KH**, **AsCl<sub>3</sub>**, **Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**...  
*NB : dans un premier temps, il convient de ne pas recourir à des éléments courants à valences multiples (Fe, Cu, Pb, Hg...).*
- À titre facultatif, envisager quelques exemples simples de composés ternaires, pour introduire la notion de *groupement polyatomique* (« radical »), ainsi que la valence et le nom de quelques groupements courants. Ex. : **NaOH**, **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**, **KNO<sub>3</sub>**, **CaCO<sub>3</sub>**, **Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>**, **NH<sub>4</sub>Cl**... Compléter le tableau des valences ébauché précédemment.

- Rappel : Modèle atomique de Dalton (J. Dalton, 1766-1844, chimiste anglais).

L'atome est considéré comme une sphère rigide, indivisible et indestructible (modèle parfois qualifié de « grain de riz »). Aucune des particules subatomiques n'est alors connue.

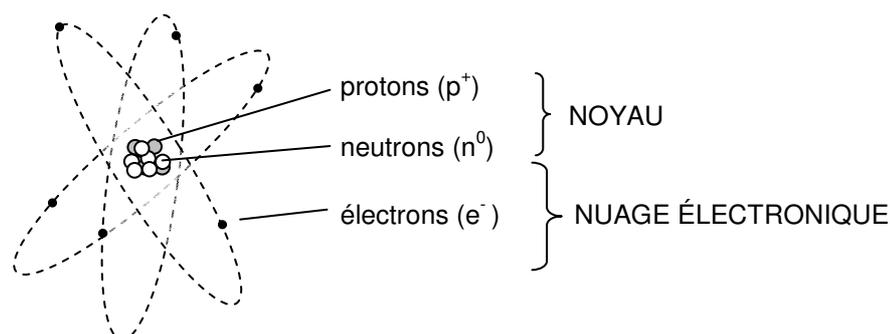
- Modèle de Thomson (J.J. Thomson, 1856-1940, physicien anglais, prix Nobel en 1906).

Ce modèle intègre la découverte de l'électron ( $e^-$ ), particule de charge unitaire négative, et du proton ( $p^+$ ), particule de charge unitaire positive. Le modèle de Thomson tient compte de la neutralité de l'atome, de sorte que l'atome est décrit comme une sphère rigide constituée par un amalgame de protons et d'électrons en nombre équivalent.

- Modèle de Rutherford (E. Rutherford, 1871-1937, physicien anglais, prix Nobel en 1908).

Ce modèle identifie un noyau, composé de protons, et un nuage électronique situé en périphérie. Notons qu'à cette époque, l'existence des neutrons n'était pas reconnue ; le neutron ( $n^0$ ), particule neutre de masse équivalente à celle du proton ne sera découvert qu'en 1935 par le physicien anglais James Chadwick (1891-1974), prix Nobel en 1935. Le modèle de Rutherford peut déjà être qualifié de *modèle planétaire*, puisque les électrons gravitent autour du noyau comme les planètes gravitent autour du soleil.

NB : Il s'agit bien sûr d'une vision simplifiée, car en réalité, les électrons en orbite ne décrivent pas des cercles, mais des trajectoires dont l'enveloppe serait, en première approximation, des sphères.



Modèle de Rutherford de l'atome de carbone ( $6 p^+$ ,  $6 n^0$ ,  $6 e^-$ )

NB : L'apport essentiel et novateur de Bohr (Niels Bohr, 1885-1962, physicien danois, prix Nobel en 1922) sera de préciser l'organisation du nuage électronique et de montrer que les électrons gravitent sur des orbites stationnaires bien définies, auxquelles correspondent des niveaux d'énergie précis des électrons.

- Notion d'isotope.

La neutralité électrique de l'atome impose l'égalité du nombre de protons ( $p^+$ ) et d'électrons ( $e^-$ ). Ce nombre, appelé *nombre atomique*  $Z$ , est la signature de l'élément : chaque élément est caractérisé par une valeur de  $Z$  qui lui est propre et exclusive.

L'exemple ci-dessus indique que l'atome de carbone a pour nombre atomique  $Z = 6$ , puisqu'il compte 6 protons et 6 électrons [condition de neutralité électrique :  $6(+)$  +  $6(-) = 0$ ].

Toutefois, le nombre de neutrons ( $n^0$ ) présents dans le noyau de l'atome d'un élément donné peut varier. Ainsi, le carbone naturel se compose-t-il non seulement d'atomes de carbone qui possèdent dans leur noyau 6 neutrons (98,90 % des atomes de carbone), mais aussi d'autres atomes de carbone qui en comptent 7, 8, voire 9.

Ces différentes *variétés* d'atomes de carbone sont appelées *ISOTOPES* de l'élément carbone.

Ces isotopes ne se distinguent pas par leur nombre de protons ou d'électrons (fixé par  $Z = 6$  pour le carbone), mais bien par la *masse* de leur noyau : un noyau d'atome de carbone composé de 6 protons et de 6 neutrons est plus léger qu'un noyau qui compte 6 protons et 7 neutrons. On peut donc caractériser les différents isotopes du carbone par la valeur de leur *nombre de masse*,  $A$ , qui représente le nombre total de nucléons, c'est-à-dire la somme du nombre de protons et de neutrons.

Les atomes de carbone dont le noyau est formé de 6 protons et de 6 neutrons ont donc un nombre de masse  $A = 6 + 6 = 12$ . Cet isotope du carbone sera identifié sous l'appellation de «carbone-12». De la même manière, l'isotope du carbone qui compte 6 protons et 7 neutrons dans son noyau sera appelé «carbone-13» et celui qui compte 6 protons et 8 neutrons, «carbone-14»...

Une notation fréquemment utilisée pour désigner un isotope consiste à l'identifier par le symbole  ${}^A_ZX$ , ou encore  ${}^A_ZX$ . Ainsi, les trois isotopes du carbone évoqués ci-dessus seront-ils représentés par les symboles  ${}^{12}_6C$ ,  ${}^{13}_6C$  et  ${}^{14}_6C$ .

Lorsqu'un élément possède plusieurs isotopes, il existe en général au moins un isotope stable et un ou plusieurs isotopes instables, lesquels sont dits *radioactifs*, car il se décomposent, souvent spontanément. Lors de leur décomposition, (par *fission* du noyau), les isotopes radioactifs émettent diverses particules ( $p^+$ ,  $n^0$ ,  $e^-$ , particules  $\alpha$ ...) et de l'énergie sous forme de chaleur et de rayonnement (rayons  $\gamma$  très énergétiques). Ce phénomène de *désintégration radioactive*, se déroule sur des échelles de temps bien déterminées, propres à chaque isotope, allant de quelques millisecondes (pour le fermium-244) à plusieurs centaines de millions d'années (pour l'uranium-235). La désintégration se termine par l'obtention d'un isotope stable. La désintégration de l'uranium-238 se termine par l'obtention de l'isotope stable du plomb-206 (au bout de 710 millions d'années !).

L'eau «lourde» est constituée de molécules d'eau,  $H_2O$ , dans laquelle l'isotope naturel le plus abondant (99,985%) de l'hydrogène,  ${}^1_1H$  a été remplacé par l'isotope  ${}^2_1H$ , appelé «deutérium» et auquel on attribue parfois le symbole D. Comme cet isotope a une masse deux fois plus élevée que le précédent, la molécule d'eau obtenue,  $D_2O$  est plus «lourde» que la molécule d'eau «normale»  $H_2O$  (sa masse volumique est de 11% supérieure à celle de l'eau ordinaire). L'eau «lourde» est utilisée dans certains réacteurs nucléaires qui utilisent le phénomène de *fusion* nucléaire (fusion de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd) pour générer une énergie considérable ( $3 \times 10^8$  kJ par gramme de deutérium !).

## o Applications des isotopes

### ◇ *Datation au C-14*

La désintégration du C-14 est une méthode utilisée pour la datation de pièces anciennes<sup>6</sup>. Elle s'applique quasi exclusivement à des vestiges d'origine végétale (bois, graines, cendres...), puisque les échantillons datés doivent contenir du carbone. En effet, à quelques rares exceptions près, les vestiges d'origine animale sont rarement conservés pendant de longues périodes<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Référence utile : Pour la Science, dossier hors-série, *Le temps des datations*, numéro de janvier / mars 2004, p. 50.

<sup>7</sup> Les mammoth conservés dans les glaces de Sibérie et les momies égyptiennes constituent des exceptions qui s'expliquent par l'existence de conditions favorables à la conservation des corps. Le cas d'Ötzi en est une autre illustration. En septembre 1991, la dépouille remarquablement conservée d'un individu préhistorique fut retrouvée à l'état momifié dans un glacier des Ötztaler, situé dans les Alpes du Sud-Tyrol, à 3200 mètres d'altitude. L'homme fut baptisé «Ötzi», d'après le nom de la région où il fut découvert. La datation au C-14, réalisée en février 1992 par les Universités d'Oxford et de Zürich, révéla que l'individu était enfoui dans les glaces depuis environ 5.300 ans. Les expertises médico-légales et scientifiques ont révélé que l'homme, âgé d'environ 45 ans, avait été assassiné : il serait mort des suites d'une blessure reçue par une flèche. Ötzi était probablement un berger qui emmenait son troupeau vers les plateaux du Nord-Tyrol, au début de l'été. Depuis 1998, la momie d'Ötzi est conservée (et visible) au musée archéologique de Bolzano. Elle se trouve dans une chambre réfrigérée à  $-6^\circ C$  où règnent une humidité relative de 98% et une luminosité constante de 15 lux.

Le principe de la méthode repose sur le fait que la désintégration du C-14 s'opère à un rythme bien précis : il faut 5730 ans pour que la moitié du C-14 se soit désintégrée (cette durée est appelée la *demi-vie* de l'élément radioactif ; elle correspond à la durée nécessaire pour que la moitié de la masse initiale du radioélément se soit désintégrée). Dès lors, compte tenu du fait que l'abondance du carbone naturel en C-14 reste remarquablement constante dans l'environnement et dans le temps, en mesurant la quantité de C-14 résiduelle d'un échantillon, on peut déterminer son âge. En effet, le stock de C-14, constant pendant la vie de l'organisme, a cessé d'être renouvelé à sa mort et a commencé à décroître selon le rythme indiqué ci-dessus.

◇ *Marquage isotopique (scintigraphie)*

Sur base de documents (clichés de scintigraphie thyroïdienne, rénale, cardiaque...) expliquer le principe de la scintigraphie réalisée à des fins diagnostiques en milieu hospitalier.

◇ *Fonctionnement d'une centrale nucléaire*

Sur base de documents (schémas, textes, photos, vidéo...) ou mieux encore, à l'occasion de la visite d'une centrale nucléaire, expliquer le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire utilisée dans la production d'énergie électrique.

Discuter des avantages et des inconvénients que présente l'utilisation de l'énergie nucléaire. Evoquer les risques d'accidents majeurs (Tchernobyl), les risques de pollution (fuites de combustible nucléaire), la problématique du stockage et du retraitement des déchets, les effets de la radioactivité sur les organismes vivants en fonction des doses de radiation reçues (lésions directes, troubles métaboliques, effets mutagènes, augmentation du risque de développer un cancer...).

○ Notion d'ion

- ◇ Réaliser l'électrolyse ou l'électrophorèse d'une substance ionique (acide, base ou sel). Selon la nature du produit obtenu aux électrodes ou selon le sens de migration, déterminer le signe de la charge électrique portée par l'ion dans la solution [cf. annexe 1].
- ◇ Opérer une classification des ions en
  - ions positifs = proton ( $H^+$ ), ion ammonium ( $NH_4^+$ ) et ions métalliques ( $Cu^{2+}$ ,  $Na^+$ ...);
  - ions négatifs = ions non-métalliques ( $Cl^-$ ,  $S^{2-}$ ...) et la plupart des ions polyatomiques ( $OH^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ...)
- ◇ Justifier la nature ionique et la charge, en termes de gain (ions négatifs) ou de perte (ions positifs) d'électrons.

**NB** : une bibliographie relative au cours de chimie du deuxième degré est proposée après le module de chimie de quatrième année.

## 3<sup>ème</sup> P : Module de biologie

### Thème: MANGER, POURQUOI ?

#### Considérations générales

La séquence poursuivra les objectifs suivants :

- **Poursuivre** la formation en matière de physiologie humaine. Après avoir abordé l'anatomie fonctionnelle dans l'enseignement fondamental et les interrelations entre systèmes digestif, respiratoire et circulatoire au 1<sup>er</sup> degré du secondaire, il s'agit à présent de dégager les aspects physiques et chimiques de la digestion des aliments et de comprendre l'utilisation des nutriments au niveau cellulaire.
- **Découvrir** l'existence d'un milieu intérieur (lymphe, liquide interstitiel) dans lequel baignent les cellules et surtout que les échanges cellulaires ne se déroulent pas directement entre les cellules et le sang mais entre les cellules et ce milieu intérieur.
- **Établir** le rôle du système lymphatique dans le transport de certains nutriments.
- **Mettre en évidence** deux activités cellulaires essentielles : produire de l'énergie ("cellule, centrale énergétique ") et assembler des nutriments en macromolécules (" cellule, usine d'assemblage moléculaire ").
- **Axer l'Éducation à la santé** sur les aspects nutritionnels liés à l'alimentation.

#### Considérations méthodologiques

- Bien qu'un **rappel anatomique du système digestif** soit indispensable (socles de compétences de l'enseignement primaire), celui-ci sera **englobé** dans la découverte des aspects physiques de la digestion.
- La partie du thème consacrée à l'alimentation équilibrée peut être envisagée, en fonction du temps et du matériel disponibles :
  - sous la forme d'une recherche documentaire conduite individuellement ;
  - à l'aide de différentes cassettes vidéo (voir catalogue " Éducation à la santé " de la Médiathèque de Belgique ) ;
  - en utilisant le logiciel " Équilibre alimentaire - BIOA " ;
  - en analysant une pyramide nutritionnelle (voir bibliographie).

- **Il est indispensable qu'une collaboration s'établisse entre les professeurs des cours de Biologie et de Physique.** En effet, par souci de rigueur et de cohérence, les données chiffrées se rapportant aux aspects énergétiques des aliments doivent être exprimées en **kJ** (et non en kcal) et la **masse** corporelle (et non le poids) en kg.
- La planification du thème a été conçue de manière à permettre à l'enseignant de présenter **expérimentalement** les deux points suivants:
  - digestion d'un aliment (ex. : action de la salive sur l'amidon...);
  - passage d'un nutriment au travers d'une membrane à dialyse (ex : glucose...).
- **Le niveau de formulation des concepts et notions abordés doit être adapté aux élèves. Cela implique qu'on évitera notamment :**
  - de parler de diffusion en ce qui concerne l'absorption intestinale (préférer utiliser les termes " traverser ", "passer au travers"...). En effet, les mécanismes d'absorption intestinale dépassent, et de loin, le niveau des élèves de 3<sup>ème</sup> année, puisqu'ils englobent la simple diffusion (ex. : acides gras), la diffusion facilitée (ex. : glucose), l'osmose (eau) et le transport actif (ex. : acides aminés) ;
  - de développer la notion d'enzyme. Si, chaque cellule produit des protéines pour elle-même, certaines en sécrètent pour l'organisme (anticorps, hormones, enzymes digestives...). Lors de cette première approche, on se contentera de la définition **provisoire** suivante " Une enzyme est une protéine produite par les cellules " ;
  - de développer, dans les paramètres liés à la digestion, l'importance du degré d'acidité. Si certaines enzymes fonctionnent de manière optimale en milieu acide (ex. : pepsine), ou en milieu neutre (ex. : amylase salivaire) ou encore en milieu basique (ex. : amylase pancréatique, lipases...), les connaissances des élèves ne leur permettent pas encore d'aborder les notions liées au pH ;
  - de décrire de manière détaillée la structure des aliments. C'est ainsi, par exemple, qu'il serait prématuré de caractériser les protéines (nombre, type et séquence d'acides aminés) ou encore de préciser la structure des lipides (on ne prend en considération que les triglycérides alors qu'en réalité il peut exister de 1 à 3 molécules d'acides gras liées à celle de glycérol) ;
  - de distinguer les différents sucres (on s'en tiendra autant que possible au seul glucose) ;
  - de détailler les réactions de dégradation des protides et des lipides lors des processus respiratoires. (On considérera qu'ils sont essentiellement transformés en glucose avant d'être dégradés).

- **Le cours de biologie du deuxième degré ne peut se réduire à une approche théorique. L'acquisition de compétences exige la mise en place d'une pédagogie active qui suppose des activités réalisées par les élèves (manipulations, recherches documentaires, activités extérieures, maîtrise d'outils spécifiques...).**

Le contenu de ce thème se prête particulièrement bien à la mise en œuvre de savoir-faire, tels que :

- construire un tableau de synthèse (ex. : tableau général de la digestion) ;
  - s'informer et organiser l'information (dossier sur l'alimentation équilibrée)
  - .....
- La présentation linéaire des mots-clés, notions et concepts de différents domaines ne fournit aucunement la structuration de la séquence. Chaque enseignant a la liberté d'établir les relations qu'il trouve les plus judicieuses entre les différents domaines de savoirs à acquérir.
  - Les mots-clés ne sont pas associés à une seule notion, c'est pourquoi il n'y a pas de césure dans la colonne qui leur est réservée. De plus, la maîtrise d'un mot-clé ne correspond pas à la mémorisation d'une définition mais bien à son utilisation pertinente.
  - Enfin, les savoirs abordés dans ce thème impliquent la maîtrise de notions et de mots-clés rencontrés dans l'enseignement fondamental et au cours du 1<sup>er</sup> degré de l'enseignement secondaire, à savoir :
    - Enseignement fondamental : anatomie fonctionnelle du système digestif ;
    - Enseignement secondaire (cours de sciences au 1<sup>er</sup> degré) :
      - ❖ Thème n°1 : milieu physique ;
      - ❖ Thème n°5 : matières organiques et minérales ;
      - ❖ Thèmes n°6 et n° 11 : chaîne énergétique et énergie dégradée (énergie thermique) ;
      - ❖ Thème n°11 : interrelations entre les systèmes digestif, respiratoire et circulatoire.

**Durée prévue pour ce thème :**  
**8 périodes (évaluation comprise)**

Domaines	Notions	Mots-clés
<p><b>Les grandes fonctions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Physique de la digestion</li> </ul>	<p>La digestion est une suite de phénomènes physiques et surtout chimiques qui se déroulent complémentaires tout au long du tube digestif.</p> <p>Les phénomènes physiques les plus importants sont :</p> <p>a) au niveau de la bouche, les aliments sont broyés par les dents, mouillés et ramollis par la salive. Ils forment une pâte qui est poussée par la langue vers le pharynx puis dans l'œsophage après déglutition ;</p>	<p>Digestion</p> <p>Broyer</p> <p>Déglutir</p>
	<p>b) au niveau de l'œsophage, les muscles de la paroi créent des mouvements péristaltiques qui font progresser les aliments vers l'estomac ;</p> <p>c) dans l'estomac, les aliments s'accumulent : ils sont brassés avec le suc gastrique grâce aux contractions musculaires ;</p> <p>d) au niveau du duodénum, la bile (qui n'est pas un suc digestif puisqu'elle ne contient pas d'enzymes) sécrétée par le foie et éjectée par la vésicule biliaire émulsionne les</p>	<p>Mouvement péristaltique</p> <p>Brasser</p> <p>Bile</p> <p>Émulsionner</p>

<p>Diversité apparente des aliments</p>	<p>lipides en les fractionnant en gouttelettes ;</p> <p>e) dans l'intestin grêle, des mouvements péristaltiques assurent la progression des aliments en voie de digestion et favorisent leur mélange avec les sucs digestifs.</p> <p>Il existe une grande variété d'aliments ainsi que de nombreuses façons de les préparer et de les manger. Cependant, cette diversité n'est qu'apparente : bien qu'ils aient des aspects différents, nos aliments ne sont (le plus souvent) que des mélanges formés à partir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des glucides, dont toutes les molécules sont constituées des éléments Carbone, Hydrogène et Oxygène. Les glucides comprennent les sucres (petites molécules : glucose, saccharose, fructose...) ainsi que les féculents (grosses molécules : amidon de la pomme de terre, de la banane...);</li> <li>- des lipides, dont toutes les molécules sont formées des mêmes éléments que les glucides. Les lipides, corps gras, sont formés de grosses molécules (macromolécules) contenant du glycérol et des acides gras ;</li> <li>- des protides, dont toutes les molécules sont formées des mêmes éléments que les glucides et les lipides et en plus d'azote. Les protides comprennent à la fois les acides aminés (petites molécules) et les protéines (macromolécules provenant de l'assemblage d'acides aminés).</li> </ul> <p style="text-align: right;">Glucide Sucres Féculents</p> <p style="text-align: right;">Lipide</p> <p style="text-align: right;">Protide</p> <p style="text-align: right;">Acides aminés Protéine</p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des aliments aux nutriments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de l'eau, petite molécule ;</li> <li>- des sels minéraux (ex. : sels de sodium, de calcium...) ;</li> <li>- des vitamines, molécules de petite taille.</li> </ul> <p>Dans la nature, seuls les organismes vivants sont capables de fabriquer des glucides, des lipides et des protides, d'où leur nom de matières organiques.</p> <p>Les matières minérales trouvent leur origine dans les milieux physiques (air, eau, sol, sous-sol). L'eau et les sels minéraux de nos aliments sont des matières minérales.</p> <p>Au cours de leur passage dans le système digestif, seules les macromolécules des aliments organiques vont être progressivement digérées c'est-à-dire simplifiées, cassées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la digestion des glucides les transforme principalement en glucose ;</li> <li>- la digestion des lipides aboutit à la libération de molécules de glycérol et d'acides gras ;</li> <li>- la digestion des protéines libère des molécules d'acides aminés.</li> </ul> <p>Les molécules de petite taille ne doivent pas être digérées : c'est le cas de l'eau, des sels minéraux, du glucose, des vitamines ... Ainsi, le glucose, les acides gras, le glycérol et acides aminés mais aussi l'eau et les sels minéraux vont pouvoir nourrir les cellules de l'organisme d'où leur nom de nutriments.</p>	<p>Eau</p> <p>Sels minéraux</p> <p>Vitamines</p> <p>Matières organiques</p> <p>Matières minérales</p> <p>Digérer</p> <p>Glucose</p> <p>Glycérol</p> <p>Acide gras</p> <p>Acide aminé</p> <p>Nutriments</p>
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>Chimie de la digestion</li> </ul>	<p>Pour que la digestion se fasse, plusieurs conditions doivent être remplies dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) la présence d'eau ;</li> <li>b) la présence d'enzymes contenues dans les différents sucs digestifs. Une enzyme accélère le déroulement de réactions chimiques ; son action est spécifique ;</li> <li>c) une marge de température limitée : les enzymes agissent de manière optimale entre 35 et 40 °C.</li> </ul>	<p>Suc digestif Enzyme</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Action des sucs digestifs</li> </ul>	<p>Les sucs digestifs agissent en fonction des enzymes qu'ils contiennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) la salive renferme de l'amylase, enzyme qui digère l'amidon en sucre ;</li> <li>b) le suc gastrique contient des protéases qui digèrent les protéines en petites chaînes d'acides aminés ;</li> <li>c) le suc pancréatique, déversé dans le duodénum, renferme : <ul style="list-style-type: none"> <li>- de l'amylase, qui continue la digestion de l'amidon ;</li> <li>- des lipases, qui commencent à digérer les lipides en glycérol et en acides gras ;</li> <li>- des protéases, qui poursuivent la digestion des protéines en chaînes d'acides aminés de plus en plus courtes ;</li> </ul> </li> </ul>	<p>Salive Amylase</p> <p>Suc gastrique Protéase</p> <p>Suc pancréatique</p> <p>Lipase</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorption intestinale des nutriments</li> </ul>	<p>d) le suc intestinal renferme des enzymes qui achèvent les digestions : des sucrases (enzymes spécifiques aux sucres), des protéases et des lipases.</p> <p>Le résultat final de la digestion consiste en un ensemble de petites molécules de glucose, d'acides aminés, d'acides gras et de glycérol.</p> <p>Quelle que soit l'efficacité de la digestion, la simplification moléculaire des aliments n'est jamais totale : il reste à la fin de la digestion des aliments mal digérés ou pas digérés du tout (ex. : cellulose des végétaux ou fibres).</p> <p>Ces résidus pénètrent dans le gros intestin qui, sans produire d'enzymes digestives, est le siège de plusieurs actions notamment l'absorption d'une grande partie de l'eau non absorbée au niveau de l'intestin grêle.</p> <p>L'intestin grêle n'est pas seulement l'organe où s'achève la digestion des aliments: c'est aussi un lieu où les nutriments traversent la paroi du tube digestif et pénètrent réellement dans le milieu intérieur de l'organisme (sang, lymphe). Ce passage des nutriments porte le nom d'absorption intestinale.</p> <p>La lymphe est le liquide dans lequel baignent les cellules. Elle provient du passage de certains éléments du sang au travers des vaisseaux capillaires. Après échanges avec les cellules, la lymphe est récupérée, par des capillaires lymphatiques puis par des vaisseaux lymphatiques, circule et rejoint la circulation sanguine au niveau de la veine cave supérieure.</p>	<p>Suc intestinal Sucrase</p> <p>Gros intestin</p> <p>Absorption intestinale</p> <p>Lymphe</p>
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cellule, centrale énergétique</li> </ul>	<p>L'absorption intestinale s'effectue au niveau des villosités ; elle est différente selon les nutriments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de l'eau, les sels minéraux, le glucose, le glycérol, les acides aminés et les vitamines hydrosolubles (ex. : vit C) passent dans le sang au niveau des capillaires sanguins des villosités. Ces nutriments suivent la voie sanguine, traversent le foie avant de rejoindre la veine cave inférieure;</li> <li>- de l'eau, les vitamines liposolubles (ex. : vit A) et surtout les acides gras passent dans la lymphe en traversant la paroi des villosités et celle des capillaires lymphatiques. La voie lymphatique entraîne ces nutriments et rejoint la circulation sanguine.</li> </ul> <p>Pour assurer ses activités vitales, chaque cellule doit produire, de manière permanente, de l'énergie : le sang lui amène le dioxygène et les nutriments dont elle a besoin.</p> <p>A l'intérieur d'une cellule, les nutriments organiques ne s'accumulent pas. Ils sont transformés grâce au dioxygène : c'est la respiration. Ces réactions chimiques produisent de grandes quantités d'énergie mais aussi de déchets (déchets azotés, dioxyde de carbone, eau...) qui seront repris par le sang :</p> <p>Glucose + Dioxygène → Dioxyde de carbone + Eau + Énergie  Acides gras + Dioxygène → Dioxyde de carbone + Eau + Énergie  Acides aminés + Dioxygène → Déchets azotés (urée...) + Dioxyde de carbone + Eau + Énergie</p> <p>Dans la cellule, centrale énergétique, une partie de l'énergie produite est perdue sous forme d'énergie dégradée (énergie thermique), le</p>	<p>Villosités</p> <p>Capillaire sanguin Voie sanguine</p> <p>Capillaire lymphatique Voie lymphatique</p> <p>Centrale énergétique</p>
--	--	--



<p style="text-align: center;"><b>Éducation à la santé</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Règles de base d'une alimentation équilibrée</li> </ul>	<p>Remarquons que pour chaque cellule, la construction de nouvelles macromolécules organiques exige de l'énergie et libère de l'eau.</p> <p>Pour s'alimenter, il faut tenir compte à la fois :</p> <p>a) des exigences de l'organisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fonctionnement et activités cellulaires ;</li> <li>- croissance et régénération de l'organisme ;</li> <li>- besoins énergétiques de l'organisme en fonction de différents paramètres (âge, sexe, activités physiques, stress....) ;</li> <li>- .....</li> </ul> <p>b) des aliments ingérés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de leur variété. Chaque groupe alimentaire doit être présent chaque jour (boissons, féculents, viandes-poissons, produits laitiers, fruits-légumes, matières grasses et sucres) ;</li> <li>- de leur quantité. Respecter au mieux les proportions</li> </ul> <p style="text-align: right;">Groupe d'aliments</p> <p style="text-align: right;">Pyramide nutritionnelle</p>
---	---

	<p>de chaque groupe alimentaire au sein de la pyramide nutritionnelle ;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- de leur qualité (privilégier les produits frais, respecter la chaîne du froid, lire les étiquettes ...).</li></ul> <p>c) du rythme des repas : trois repas (petit déjeuner essentiel) et collation(s).</p> <p>Une alimentation équilibrée implique notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- d'adapter les apports énergétiques aux besoins de l'organisme pour éviter par exemple l'obésité ;</li><li>- de varier les apports alimentaires de manière à éviter les carences (ex : anémie par carence en fer) et les excès (ex : maladies cardio-vasculaires par excès de lipides et de sel).</li></ul>	
--	---	--

## **Bibliographie et outils didactiques spécifiques aux objectifs du thème**

S. MADER, Biologie : évolution, diversité et environnement, Éd du Trécarré, Québec 1988

Pierre VUIBERT, Le corps humain, Éditions VUIBERT, 1983

Solomon DAVID, Anatomie et physiologie humaine, Éditions Mc-Graw-Hill, 1981

Collection Éric PÉRILLEUX, Sciences de la vie et de la Terre 2<sup>ème</sup>, Éditions Nathan, 2000

**Collection Éric PÉRILLEUX, Sciences de la vie et de la Terre 3<sup>ème</sup>, Éd. Nathan, 1999**

**Sous la direction de Jean-Claude HERVE, Biologie 3<sup>ème</sup>, Hatier, 1989**

Collection Raymond TAVERNIER, Sciences de la vie et de la Terre 2<sup>de</sup>, Éd. Bordas, 2000

**Collection Raymond TAVERNIER, Biologie 3<sup>ème</sup>, Éditions Bordas, 1989**

**Sous la direction de Michel LE BELLEGARD, Sciences de la vie et de la Terre 3<sup>ème</sup>, Éditions Hatier, 1999**

P. COUILLARD, P PIRLOT, JM DEMERS, A DESMARAIS, G DRAINVILLE, L'homme dans son milieu, Éditions Guérin, 1982

Sous la direction de J-C HERVE, Biologie 3<sup>ème</sup>, Éditions Hatier, 1989

R. TAVERNIER, C. LIZEAUX, Sciences de la vie et de la Terre 3<sup>ème</sup>, Éditions Bordas, 1999

**Collection TAVERNIER, Biologie 3<sup>ème</sup>, Éditions Bordas, 1989**

É. PÉRILLEUX, D. RICHARD, Biologie humaine, Éditions Nathan, 1999

**Collection réalisée par le groupe SO<sup>2</sup>, Les sciences par objectifs de comportement - Biologie, Éditions du Renouveau Pédagogique - Diffusion Vuibert-Paris**

CAMPBELL, Biologie, De Boeck Université, 1995

CTP (Centre Technique et Pédagogique de Frameries)

Route de Bavay, 70

7080 Frameries (Tél : 065/66.73.22 - Fax : 065/66.14.21

Courriel : [ctp.frameries@unicall.be](mailto:ctp.frameries@unicall.be)

CAF (Centre d'Auto-Formation)

La Neuville, 1

4500 Tihange (Tél : 085/27.13.60 - Fax : 085/27.13.99)

Service publications : 085/27.13.66

Courriel : [caf@skynet.be](mailto:caf@skynet.be)

<http://users.skynet.be/caf>

Site web: BIODIDAC c/o CAF

3<sup>ème</sup> P : Module de physique

## Thème : ÉLECTRICITÉ et SANTÉ

**Compétence générale** : Connaître quelques notions élémentaires d'électricité, les utiliser à bon escient et prévenir les accidents.

SAVOIR-FAIRE	NOTIONS (SAVOIRS)	Exemples de liens avec les autres disciplines scientifiques
Modéliser un circuit électrique simple. Utiliser les conventions de schématisation.	<p><b>P.1. Électrisation</b>            P.1.1 Électrisation par frottement            P.1.2 Électrisation par contact            P.1.3 Conducteurs et isolants</p> <p><b>P2. Étude d'un circuit</b>  <b>P3. Relation entre intensité et tension</b>  <b>Existence de 2 types de courant électriques : continu et alternatif</b>  <b>P4. Loi d'Ohm</b></p> <p><b>P5. Récepteur en série et en dérivation</b></p> <p><b>P6. Puissance</b></p> <p><b>P7. Électricité dans la maison</b></p>	<p>Le corps humain en tant que conducteur.            Analogie avec la gaine de myéline des neurones.</p> <p>Danger du courant électrique pour l'organisme humain.</p>

## 3<sup>ème</sup> P : Module de physique

### Thème: ÉLECTRICITÉ ET SANTÉ

#### Suggestions méthodologiques et commentaires

##### Questionnement général

Quelle est l'importance de l'électricité dans notre vie quotidienne?

Recherche quelles sont les parts des diverses énergies primaires entrant dans la production d'électricité dans notre pays.

Comment varie la consommation d'électricité au cours d'une journée?

L'histoire nous a laissé les noms de savants et de chercheurs liés à l'électricité : FRANKLIN, EDISON, AMPÈRE, VOLTA, OHM..., recherche une courte biographie de chacun d'eux.

...

## 1. Électrisation

##### Questionnement

Qu'observez-vous en déplaçant votre avant - bras nu devant l'écran d'un téléviseur en fonctionnement ?

Que constatez-vous en retirant dans l'obscurité un vêtement en fibres synthétiques ?

Pourquoi un filet d'eau est-il dévié par une règle plastique frottée avec de la soie ou de la laine ?

Par temps sec, il arrive qu'une petite décharge se produise lorsque l'on touche la carrosserie d'un véhicule qui vient de rouler.

Lors de leur chargement, les camions citernes sont obligatoirement reliés à la terre. Il en est de même pour les avions lors de leur ravitaillement en kérosène. Pourquoi ?

...

### 1.1. et 1.2. Électrisation par frottement et par contact

Les conditions optimales de réalisation de ces manipulations sont rencontrées par temps sec. L'utilisation préalable d'un sèche-cheveux peut être d'une bonne utilité.

Par leur côté interpellant et parfois spectaculaire, les expériences d'électrostatique sont d'excellents moyens pour stimuler et motiver nos élèves aux sciences.

Au départ d'expériences simples, réalisées avec des objets de la vie courante (tubes PVC, papiers, feuilles d'aluminium, règles en plastique...), montrer :

- qu'un corps électrisé attire des objets;
- que deux corps électrisés de la même manière, se repoussent;
- qu'il y a deux espèces d'électricité, (+) et (-);
- que deux objets portant la même espèce d'électricité se repoussent;
- que deux objets portant de l'électricité d'espèces différentes s'attirent.

### 1.3. Conducteurs et isolants

#### Questionnement

On dit qu'un générateur est une « pompe » à électrons. Expliquer cette expression.  
Y a-t-il un danger d'utiliser une brosse à dents électrique ?

...

Placer différents objets de nature différente dans un circuit électrique simple (générateur, lampe, fils) afin de vérifier la conductibilité de l'objet.

Introduire les notions de circuit fermé et circuit ouvert.

Relever des applications de ces propriétés (conducteur ou isolant) dans des objets de notre environnement (des métaux et des non-métaux, entre autres).

Montrer que le corps humain est conducteur dans certaines circonstances.

## 2. Courant électrique

### 2.1. Courant électrique

L'excès et le défaut de charges sont la cause d'attraction et de répulsion entre les électrons du fil conducteur. Ce flux de charges caractérise le courant électrique. Le nombre d'électrons passant en un endroit en une seconde est en relation avec l'intensité du courant. Elle s'exprime en ampères (A) . La différence de niveau électrique entre les bornes s'appelle la différence de potentiel ou tension. Elle s'exprime en volts (V).

Remarque : ce courant d'électrons ne caractérise le courant électrique que dans le cas de conducteurs solides (fils).

### 2.2 . Courant électrique continu ou alternatif

Dans les générateurs de type continu (piles, accumulateurs), c'est toujours la même borne qui présente un excès (borne négative) ou un défaut (borne positive) d'électrons. Le courant circule toujours dans le même sens, il s'agit du courant continu.

Par contre, aux bornes d'une prise du secteur, chaque borne change de polarité 100 fois chaque seconde. En conséquence, le courant circule 50 fois dans un sens et 50 fois dans l'autre à chaque seconde. Il s'agit du courant alternatif de fréquence 50 hertz (Hz).

### 3. Circuits électriques

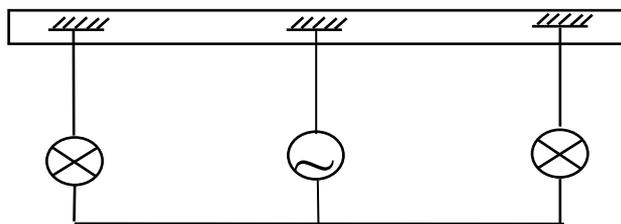
#### Questionnement

Observer et schématiser le circuit électrique d'une bicyclette.

Après avoir pris soin de débrancher l'alimentation électrique de l'appareil, observer l'intérieur d'un interrupteur dans le circuit d'une lampe de chevet.

...

L'observation et la schématisation du circuit électrique du vélo introduit l'idée qu'un circuit doit être fermé.



Quel est le rôle d'un interrupteur?

Modéliser un circuit électrique simple contenant un générateur de courant continu ou de courant alternatif.

### 4. Effets du courant électrique

Effet chimique : réaliser une électrolyse en rapport avec le cours de chimie.

Effet magnétique : réaliser l'expérience d'Oersted.

Placer une aiguille aimantée près d'une bobine dans laquelle circule un courant électrique continu. Autre possibilité, placer un petit aimant cylindrique à l'entrée d'une bobine dans laquelle circule un courant électrique continu.

### 5. Résistance électrique

5.1 Réaliser une expérience en connectant successivement deux récepteurs thermiques ayant des puissances nettement différentes (un plongeur de 500 W, un grille-pain de 1000 W) à la même lampe (6 V). Alimenter le circuit avec une tension telle que, lors de la connexion avec l'élément de plus faible résistance (la plus grande puissance), la lampe brille fortement. Comparer la brillance dans les deux cas. La lampe sera remplacée par un ampèremètre permettant d'objectiver et de quantifier l'intensité du courant.

5.2 *Attention ! Suivant les récepteurs et la lampe utilisés, il peut être nécessaire d'utiliser l'échelle 10 A de l'ampèremètre. En conséquence, utiliser d'abord l'échelle 10 A afin d'éviter de détruire le fusible de l'ampèremètre*

La conclusion à tirer est que le plongeur « résiste plus fortement au passage du courant » que le grille-pain.

## 6. Loi d'Ohm

On étudiera la relation entre la tension aux bornes du récepteur et l'intensité du courant en utilisant un récepteur d'usage courant (fer à repasser, grille-pain...) alimenté par un générateur dont on fera varier la tension. On utilisera simultanément deux multimètres. On choisira des valeurs entières de tension ( 1V, 2 V, 3 V...) pour mettre rapidement en évidence la relation linéaire entre I et U.

Le quotient de la tension appliquée aux bornes du récepteur par l'intensité du courant qui le traverse est constant et définit la résistance du récepteur.

On présentera l'ohmmètre comme étant l'appareil de mesure donnant directement la valeur de la résistance du récepteur.

L'ohmmètre permettra de mesurer la résistance du corps humain, de fils conducteurs...

## 7. Puissance et énergie

### Questionnement

Analyser et commenter les différentes rubriques d'une facture d'électricité.

Sur un appareil électroménager, rechercher les caractéristiques de celui-ci.

...

Deux voies sont à envisager :

- À partir d'un appareil électrique:

La relation  $P = UI$  peut être mise en évidence en utilisant une série de lampes fonctionnant en basse tension (lampe de Reuter, d'automobile...) sur le culot desquelles on peut lire des indications en volts et en watts. On applique la tension indiquée et l'on mesure l'intensité du courant. On constate que le produit  $UI$  est approximativement égal à la puissance indiquée.

- À partir d'une facture d'électricité:

La relation  $W = P \cdot t$  sera introduite par la consommation d'énergie indiquée sur la facture. L'énergie électrique consommée s'exprime en kilowattheure. Cette unité apparaît comme le produit d'une puissance (kilowatt) par une durée (heure).

Dans la perspective d'une utilisation rationnelle de l'énergie (URE), il est intéressant de faire, avec les élèves, un calcul du coût de l'utilisation d'un récepteur.

## 8. Effet Joule et l'électricité dans la maison

### Questionnement

Un filament de tungstène d'une ampoule à incandescence atteint 2 500 °C. Comment se fait-il qu'il ne fonde pas à cette température?

Comment parvient-on à avoir des enseignes lumineuses de couleurs différentes?

Utiliser un fil Ni-Cr de quelques de cm de longueur, de 0,2 mm de diamètre et lui appliquer progressivement une tension de plus en plus élevée. Il est impératif de disposer d'un générateur qui puisse dépasser 3 ampères.

En ce qui concerne l'électricité dans la maison, on utilisera avantageusement le panneau didactique « Énergie électrique dans la maison » du Centre technique et pédagogique de Frameries.

De même, en ce qui concerne les dangers du courant électrique un panneau « La vie ne tient qu'à un fil » a été conçu par le Centre technique et pédagogique de Frameries.

## 7. Contenu notionnel et description des modules de quatrième année

Répartition des périodes à consacrer aux séquences :  
8 périodes par discipline

### Module de chimie

#### Classification des éléments

- C.4.- Les équations chimiques
- C.5.- Les oxydes
- C.6.- Première classification des éléments (classification restreinte)
- C.7.- Formules et nomenclature des oxydes
- C.8.- Classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev)

### Module de biologie

#### Des stages en altitude pour les sportifs, un luxe ?

##### *Les grandes fonctions*

- Anatomie du système respiratoire chez l'Homme
- Anatomie du système circulatoire chez l'Homme
- Circulation
- Relations entre systèmes respiratoire et circulatoire
- Composition du sang
- Description des globules rouges
- Transport des gaz respiratoires :
- Échanges gazeux :
- But de la respiration
- Les mouvements respiratoires

##### *Les Hommes et l'environnement*

- L'Homme en altitude
- Bénéfice de l'altitude

##### *Éducation à la santé*

- Hygiène des systèmes respiratoire et circulatoire

### Module de physique

#### La Force d'Archimède

- Activité n° 1 : Force d'Archimède dans les liquides
- Activité n° 2 : Interprétation de la force d'Archimède : découverte de la pression hydrostatique
- Activité n° 3 : Exercices qualitatifs sur la force d'Archimède dans les liquides
- Complément : Évolution des modèles «gaz» et «liquide»

## 4<sup>ème</sup> P : Module de chimie

### Thème : CLASSIFICATION DES ÉLÉMENTS

**Compétences générales :** Établir une classification restreinte, puis une classification périodique des éléments, à partir de l'étude des oxydes (formation et propriétés).

SAVOIR-FAIRE	NOTIONS (SAVOIRS)	Exemples de liens avec les autres disciplines scientifiques
	<p><b>C.4.- Les équations chimiques</b></p> <p>Équation chimique : représentations nominatives, figuratives, symboliques et technique de pondération.</p>	<p>Équations rendant compte de la fermentation du glucose en éthanol, de l'oxydation du glucose en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O lors de la production d'énergie cellulaire, de la fixation du dioxygène ou du CO<sub>2</sub> sur l'hémoglobine, de la synthèse du glucose à partir de CO<sub>2</sub> et d'H<sub>2</sub>O lors de la photosynthèse chlorophyllienne,...</p>
<p>Caractériser les oxydes, les classer en vue d'établir une classification restreinte des éléments.</p>	<p><b>C.5.- Les oxydes</b></p> <p>C.5.1 Formation d'oxydes (exemples de réaction de combustion faisant intervenir des corps simples et le dioxygène) : synthèse de l'eau, d'oxydes métalliques, non métalliques.</p> <p>C.5.2 Oxydes métalliques (MO), non-métalliques (M'O) et produits obtenus lors de leur réaction avec l'eau : oxacides (HM'O) et bases hydroxydes (MOH).</p>	<p>Importance du CO<sub>2</sub> (respiration, photosynthèse chez les plantes vertes, rôle de CO<sub>2</sub> dans la genèse de l'effet de serre...).</p> <p>Toxicité du CO.</p> <p>Pollution atmosphérique (SO<sub>2</sub>) et pluies acides.</p> <p>Rôle des oxydes (chaux) dans l'amendement des sols acides.</p> <p>Importance des oxydes métalliques en métallurgie.</p>

<p>Établir une distinction entre les métaux et les non-métaux à partir de leurs propriétés physiques (conductibilité électrique, par exemple) et chimiques (propriétés contrastées de leurs oxydes),</p>	<p><b>C.6.- Première classification des éléments (classification restreinte)</b></p> <p>C.6.1 Métaux et non-métaux - Classification restreinte des éléments (M, H, M', O).</p>	<p>Utilisation des métaux pour la fabrication de fils électriques et de conducteurs thermiques. Intérêt de l'aluminium pour fabriquer des films protecteurs (improprement appelés «papier alu») utilisés en cuisine.</p>
<p>Établir les formules et les règles de nomenclature des oxydes.</p>	<p><b>C.7.- Formules et nomenclature des oxydes</b></p> <p>Technique de formulation et règles de nomenclature des oxydes.</p>	<p>Justification des noms «<b>dioxyde</b>» et «<b>monoxyde</b>» de carbone pour désigner CO<sub>2</sub> et CO, respectivement. Signification de la formule NO<sub>x</sub> par laquelle sont désignés collectivement les oxydes d'azote, agents polluants atmosphériques produits par la combustion des carburants automobiles.</p>
<p>Montrer l'existence d'une périodicité des propriétés des éléments. Situer les métaux et les non-métaux dans le tableau de Mendeleïev.</p>	<p><b>C.8.- Classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev)</b></p> <p>Construire un tableau périodique à l'aide du «puzzle périodique» (cf. bibliographie). Classification périodique des éléments (des groupes a).</p>	<p>Identifier les éléments chimiques les plus représentés dans les molécules constitutives des êtres vivants.</p>

## 4<sup>ème</sup> P : Module de chimie

### Thème : CLASSIFICATION DES ÉLÉMENTS

#### Suggestions méthodologiques et commentaires

*L'idée maîtresse de ce module est d'arriver progressivement, sur une base presque exclusivement expérimentale, à la notion de classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev).*

*Le cheminement inductif mis en œuvre obéit à une logique méthodologique qu'il convient de garder à l'esprit tout au long du parcours, au risque de se disperser en manquant l'objectif essentiel. Dès lors, il nous semble opportun de rappeler brièvement la démarche adoptée.*

*Après avoir envisagé en 3<sup>ème</sup> année les notions de base qui permettent de comprendre le sens véhiculé par des notions telles que atome, molécule, ion, réaction chimique, le programme de 4<sup>ème</sup> année débute par l'étude des oxydes (formation et propriétés des oxydes). Celle-ci permet de mettre en évidence une première différence majeure dans le comportement des éléments et d'opérer une première distinction entre métaux (M) et non-métaux (M'). Les différences de comportement des oxydes basiques (MO) et des oxydes acides (M'O) à l'égard de l'eau en apportent la preuve expérimentale<sup>8</sup>.*

*D'autre part, l'eau, n'ayant ni le comportement des premiers, ni celui des seconds conduit à attribuer un statut à part à l'hydrogène (H).*

*Enfin, le rôle central joué par l'oxygène (O), qui se combine aussi bien aux métaux qu'aux non-métaux et à l'hydrogène, conduit à établir une première classification des éléments, classification encore sommaire et qualifiée pour ce motif de «restreinte», qui s'exprime sous la forme M, H, M', O.*

*L'examen comparatif des formules et des propriétés des oxydes d'une série d'éléments (cf. le «Puzzle périodique») conduit à mettre en évidence une périodicité de celles-ci et débouche sur une classification plus fine des éléments, à savoir, le tableau de classification périodique des éléments ou tableau de Mendeleïev.*

*Pour établir une classification restreinte des éléments, un ancrage expérimental est particulièrement important. Une démarche expérimentale exploitée en vue de développer des savoir-faire de COMPARAISON implique le déroulement, au cours d'une même phase de leçon, de l'ensemble des réactions de combustion, avec quatre ou cinq substances pures simples (métaux et non-métaux confondus).*

*Les règles de NOMENCLATURE seront induites à partir d'exemples et à l'occasion de comparaisons mettant en évidence les analogies ou, au contraire, les différences de comportement ou de propriétés.*

*La construction du tableau de la classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev) s'effectuera sur base de données fournies à l'élève: A<sub>r</sub>, rayons atomiques, formules des oxydes (correspondant à la valence maximale), constantes physiques...*

*NB : Cette activité repose sur l'exploitation du «Puzzle périodique» mis au point par le LEM ULg (cf. bibliographie),*

<sup>8</sup> Il est souhaitable de montrer expérimentalement que les métaux et les non-métaux se différencient aussi par certaines propriétés physiques (conductibilité électrique ou thermique, par exemple).

## C.4 Les équations chimiques

### Questionnement

- Comment rendre compte d'une réaction chimique  
1°) à l'aide de modèles moléculaires?  
2°) à l'aide d'une notation appropriée (nominative/symbolique)?
- Quel(s) type(s) d'information véhicule une équation chimique?
- Pourquoi faut-il «pondérer» une équation chimique ?

### Équation chimique.

On représente une réaction effectuée en classe (synthèse du sulfure de fer, de l'eau,...) à l'aide de modèles moléculaires. On transpose l'équation dans le langage écrit, sous forme nominative dans un premier temps, sous forme symbolique ensuite,

## C.5 Les oxydes

### Questionnement

- Existe-t-il dans la nature des minéraux formés d'oxydes?
- Comment pourrions-nous former expérimentalement du gaz carbonique?
- Quelle est l'origine du dioxyde de soufre présent dans l'air atmosphérique des zones polluées ?
- Quelle est la cause des pluies acides ?
- Pourquoi les monuments et les édifices s'altèrent-ils plus rapidement dans les atmosphères urbaines polluées qu'à la campagne ?
- Quels sont les effets sur notre environnement des produits obtenus lors de combustions de substances composées de carbone, de soufre, d'azote?

### Exemple d'activités

#### Préparation et propriétés des oxydes.

- OBSERVER ET CONSTATER des faits de la vie courante : la réaction de combustion de substances au contact de l'air; le triangle du feu (risques liés à la conjonction de trois facteurs : un comburant – un combustible – une source de chaleur) et notions de sécurité.
- OBSERVER ET CONSTATER les caractéristiques des substances obtenues lors des expériences de combustion de divers corps purs simples suivies de l'hydratation de substances.
- Comparer et sérier les phénomènes étudiés, les représenter sous forme d'équations nominatives dans un premier temps.
- Comparer ces équations nominatives pour justifier les notions d'oxyde acide, d'oxyde basique, d'oxacide, de métal, de non-métal.
- Transposer ces équations dans le langage symbolique,
- Induire l'idée de pondération de l'équation sur base de la Loi de conservation de la matière (Lavoisier)

## C.6 Première classification des éléments (classification restreinte)

Justifier expérimentalement la classification restreinte des éléments : **M, H, M', O**. Un *élément* sera défini à ce stade comme un *ensemble d'atomes de même espèce*.

## C.7 Formules et nomenclature des oxydes

### Exemples d'activités

#### *Théorisation progressive*

- ÉTABLIR par étape successives les équations des réactions étudiées expérimentalement, en partant de l'équation nominative et en transformant progressivement celle-ci en équation moléculaire équilibrée : équation nominative avec formules des oxydes uniquement, puis avec les oxydes, les oxacides et les hydroxydes en introduisant des coefficients.
- UTILISER les modèles moléculaires (modèles éclatés) des substances étudiées expérimentalement pour justifier le concept de valence (capacité de liaison d'un atome), laquelle est matérialisée par le nombre de liaisons entre les différents atomes constitutifs de la molécule modélisée.
- CONSTRUIRE par étapes successives un tableau mettant en évidence les relations entre les différentes fonctions étudiées.

## C.8 Classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev)

- Mettre en évidence la périodicité de certaines propriétés des éléments à l'aide du «Puzzle périodique».  
NB : pendant cette phase, il est impératif de s'abstenir de se référer au tableau de Mendeleïev, sous peine de court-circuiter, dans le chef des élèves, la phase de découverte du caractère *périodique* de ces propriétés, ce qui constitue l'élément central de l'activité.
- Présenter le tableau périodique des éléments (tableau de Mendeleïev) comme la forme aboutie de l'activité qui vient d'être réalisée.
- Évoquer brièvement la démarche adoptée par Mendeleïev pour construire son tableau de classification.
- Commenter le tableau de la classification périodique des éléments
  - ◇ en situant H, O, les métaux (M), les non-métaux (M') dans le tableau ;
  - ◇ en montrant, à travers une ou deux propriétés particulières (rayon atomique, valence, charge portée par l'ion correspondant...), le caractère progressif de l'expression de ces propriétés (au sein d'un groupe et au sein d'une période en se limitant aux éléments des groupes a).
- Activité facultative : Illustrer par quelques exemples (simples) de quelle manière le tableau de Mendeleïev peut être exploité. Par exemple : recherche de la valence d'un élément appartenant à un groupe a, justification du caractère inerte des gaz nobles du groupe VIII ou 0, comportement amphotère de certains éléments médians du tableau, c'est-à-dire, le comportement métallique (M) ou non-métallique (M') de certains éléments situés à la frontière entre les métaux et les non-métaux (comme le carbone dans CO<sub>2</sub> d'une part et dans CaC<sub>2</sub><sup>9</sup> d'autre part ou comme le soufre dans SO<sub>2</sub> et FeS).

<sup>9</sup> CaC<sub>2</sub> est le carbure de calcium, qui était utilisé dans les anciennes «lampes à carbure» pour produire (par réaction avec l'eau) l'acétylène, dont la combustion fournissait l'éclairage.

## Bibliographie relative au programme de chimie du deuxième degré

### ◇ PUBLICATIONS DU CENTRE TECHNIQUE DE L'ENSEIGNEMENT DE LA C.F.

Adresse: Route de Bavay, 2B à 7230 - FRAMERIES.

Tél. 065/66.73.22. /67.62.61 Fax. 065/66.14.21.

- C.04 - Chimie 4 : Travaux pratiques, deuxième degré (1985).
- C.07 - Chimie 7 : Relations massiques et volumétriques (1981).
  - Fascicule 1 : Fiches de l'élève.
  - Fascicule 2 : Fiches du professeur.
- C.08 - Chimie 8 : Acides et bases qui nous entourent (1982).
  - Fascicule 1 : Fiches de l'élève.
  - Fascicule 2 : Fiches du professeur.
- C.09 - Chimie 9 : Oxydants et réducteurs qui nous entourent (1983).
  - Fascicule 1 : Fiches de l'élève.
  - Fascicule 2 : Fiches du professeur.
- C.10 - Expériences de cours I : L'air, l'oxygène, l'hydrogène, l'eau (1984).
- C.11 - Expériences de cours II : Halogènes, carbone (1985).
- C.14 - Emploi des produits dangereux (1989).
- C.15 - Tableau de Mendeleïev, format 21x29,7 cm.

### ◇ DOCUMENTS D'ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES

[PH. ARNOULD, J. FURNÉMONT, P. COLLETTE]

*Les documents d'accompagnement mentionnés ci-dessous, ainsi que d'autres outils didactiques (diaporamas, logiciels etc.), peuvent être téléchargés librement sur le site DIDACHIM à l'adresse suivante :*

<http://www.restode.cfwb.be/didachim>

- *Les équilibres acidobasiques - pH des solutions aqueuses* (CAF Tihange, 1996).
- *Le tableur EXCEL en chimie* (CAF Tihange, 1999-2000).
- *WINSTAB: Didacticiel de simulation de titrages acidobasiques* (pour PC et compatibles, 2000).
- *SEA : Didacticiel de calcul de pH de mélanges de solutions aqueuses* (pour PC et compatibles, 2000).

- *Fiches de séquences de leçons : les réactions acidobasiques et le pH* (CAF Tihange, 1997).
- *Fiches de séquences de leçons : Chimie organique* (CAF Tihange 2003).
- *Des piles aux oxydoréductions* (CTP 2002)
- *L'EXPÉRIMENTATION EN SCIENCES - RÉPERTOIRE DE FICHES MÉTHODOLOGIQUES DE LABORATOIRE 3 G - 4 G, L. MATHOT, L. MERCINY, P. BEAUJEAN ; VERSION ACTUALISÉE PAR P. ARNOULD, P. COLLETTE, J. FURNÉMONT, CAF 1994.*

#### ◇ MANUELS DE CHIMIE

- CHIMIE - DEUXIÈME DEGRÉ (4G et 4 TTr) - Fiches de séquences de leçons Travail collectif réalisé par des professeurs de chimie sous la direction des Inspecteurs Philippe ARNOULD et Jacques FURNÉMONT et de Pierre COLLETTE, Professeur-formateur au CAF TIHANGE, Direction générale de l'Organisation des Études - CTP, 1999.
- PIRSON P., BORDET H., CASTIN D., VAN ELSUWE R., *Chimie 3<sup>ème</sup>/4<sup>ème</sup>*, Éditions DE BOECK, Bruxelles (nouvelle édition de 2003).

#### ◇ OUVRAGES DE RÉFÉRENCE POUR LE PROFESSEUR

- Manuels de CHIMIE de la « Collection DURUPHTY », Hachette Éducation, Paris (1994).  
*Notamment les manuels de 1<sup>ère</sup> S et de Terminale S.*
- P. ARNAUD, Éditions DUNOD, Paris :
  - *Chimie-physique*, 1998.
  - *Chimie organique*, 1996.
  - *Exercices de chimie organique*, 1991.
- Mc QUARRIE, ROCK, *Chimie générale*, traduit de l'anglais par P.DEPOVERE, Éditions DE BOECK-Université, Bruxelles, 1992.  
*(Cet ouvrage contient un chapitre de chimie organique utilisant la nomenclature conforme aux dernières prescriptions de l'I.U.P.A.C. de mai / juin 1989).*
- VOLLHARDT, *Traité de chimie organique*, traduit de l'anglais par P. DEPOVERE, Éditions DE BOECK-Université, Bruxelles, 1990.  
*(NB : la nomenclature utilisée n'a pas été actualisée).*
- ALLINGER et al., *Chimie organique*. (3 volumes), traduit de l'anglais sous la direction de E.BROWN, Éditions Mc GRAW-HILL, Paris, 1976.  
*(Ouvrage très complet ; nomenclature antérieure à la réforme).*

<b>ADRESSES UTILES</b>
------------------------

- **PROGRAMMES DE L'ENSEIGNEMENT ORGANISÉ PAR LA C.F.**

Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique (A.G.E.R.S.).  
Service général des Affaires pédagogiques, de la Recherche en pédagogie et du Pilotage  
de l'enseignement organisé par la Communauté française. Direction " Méthodes -  
Expériences pédagogiques - Programmes - Documentation et statistique pédagogique ",  
Rue du Commerce, 68A, 1040 BRUXELLES  
Tél.: 02/500.48.11 ; fax : 02/500.48.23

- **CENTRE D'AUTOFORMATION DE L'ENSEIGNEMENT DE LA COMMUNAUTÉ FRANÇAISE (C.A.F.)**

La Neuville, 1 - 4500 TIHANGE (HUY) - Tél. : 085/27.13.60.  
Formateur pour les cours de chimie : Pierre COLLETTE. Tél. direct : 085/27.13.77 - Tél. :  
Secrétariat : 085/27.13.60 - Tél. Service vente publications : 085/27.13.63

- **CENTRE TECHNIQUE ET PÉDAGOGIQUE (C.T.P.) DE L'ENSEIGNEMENT DE LA C.F.**

Publications – Matériel scientifique  
Route de Bavay, 2B - 7230 Frameries - Tél.: 065/66.73.22 - 67.62.61.  
Formatrice pour les cours de chimie et de biologie : Louissette LHOIR

- **ASSOCIATION BELGE DES PROFESSEURS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE (A.B.P.P.C.)**

**PÉRIODIQUE TRIMESTRIEL**

Cotisation: 15 € - A.B.P.P.C. compte bancaire (CCP) n° 000-0192256-02, Trésorier : M.  
Alain BRIBOSIA, Rue de la Couture, 51, 5570 BEAURAING.

- **FÉCHIPLAST Association des transformateurs de Matières Plastiques**

Square Marie-Louise 49, 1000 BRUXELLES  
M. Bruno PHILIPPE Tél.: 02/238.98.04 (heures de bureau) : KIT Plastiques, dossier  
«PODIUM» sur les matériaux plastiques, PVC Info,...

- **WALCHIM**

Section régionale pour la Wallonie de la Fédération des Industries Chimiques de  
Belgique.  
Square Marie-Louise 49, 1000 BRUXELLES. Action " La chimie et les jeunes " :  
conférences dans les écoles et visites d'usines, Monique Hennico. Tél.: 02/238.98.57.

- **SERVICES UNIVERSITAIRES D'AGRÉGATION (CHIMIE)**

***ULB***

Prof. Cécile MOUCHERON (ULB, Faculté des sciences, Département de chimie  
organique et de photochimie – CP 160/08 – 50, Ave. FD Roosevelt, 1050 BXL),  
responsable du CUDEC (Centre Universitaire de la Didactique pour l'Enseignement de la  
Chimie, CP 160/04, Avenue F.D. ROOSEVELT 50 - 1050 BRUXELLES).

***ULg***

Prof. André CORNÉLIS  
UNIVERSITÉ DE LIÈGE – Faculté des sciences, département COSM, bâtiment B6a, Sart  
Tilman -4000 LIÈGE

## 4<sup>ème</sup> P : Module de biologie

### Thème : DES STAGES EN ALTITUDE POUR LES SPORTIFS, UN LUXE ?

#### Considérations générales

La séquence poursuivra les objectifs suivants :

- **Découvrir la physiologie de la respiration** afin de pouvoir comprendre, notamment, les effets de l'altitude sur l'organisme et l'adaptation de celui-ci à ces effets. Au niveau de la troisième année, les effets retenus sont l'hyperventilation, l'augmentation de la fréquence cardiaque et l'augmentation de la quantité de globules rouges.
- **Poursuivre** la mise en évidence qu'au sein d'un organisme, tous les systèmes fonctionnent en interrelation permanente. Ici, ce sont principalement les relations entre les systèmes respiratoire et circulatoire qui seront traitées de manière plus complexe qu'au cours du thème n°11 du 1<sup>er</sup> degré.
- **Approfondir la notion de diffusion**, abordée au 1<sup>er</sup> degré.
- **Prolonger l'éducation à la santé et à la citoyenneté** en insistant sur les conséquences de la prise de produits dopants (chez les sportifs par exemple) et de l'inhalation de substances toxiques.

#### Considérations méthodologiques

- Ce deuxième thème est assez difficile à cadrer, car il constitue une charnière entre les connaissances développées au cours de l'enseignement primaire et du premier degré du secondaire et les notions qui ne seront abordées qu'à partir de la cinquième année.

**Aussi, il est indispensable de préciser le niveau de formulation des notions suivantes :**

- durant le premier degré, le terme "système" a été préféré à celui d' "appareil". Ce choix est confirmé : sa justification se situe à la page 114 du programme 58/2000/240 du 1<sup>er</sup> degré ;
- en rapport avec l'approche fonctionnelle voulue par les concepteurs de ce programme, la description et les rôles des globules blancs seront abordés plus tard ;

- la diffusion a déjà fait l'objet d'une première approche (voir thème n°4 du programme du 1<sup>er</sup> degré) ; elle sera ici complétée par les notions de différences de concentration et de perméabilité de la membrane à certaines molécules. Toutefois, les savoirs liés aux phénomènes d'osmose, de plasmolyse et de turgescence ne seront pas envisagés à ce niveau.
- **Le cours de biologie au deuxième degré ne peut se réduire à une approche théorique. L'acquisition de compétences exige la mise en place d'une pédagogie active qui suppose des activités réalisées par les élèves (manipulations, recherches documentaires, activités extérieures, maîtrise d'outils spécifiques...).**
- Il a été dégagé suffisamment de temps pour que le professeur puisse réaliser les manipulations suivantes:
  - dissection d'un bloc cœur-poumons ;
  - diffusion au travers d'une membrane ;
  - relation entre variations de volume de la cage thoracique et mouvements respiratoires.
- La présentation linéaire des mots-clés, notions et concepts de différents domaines ne fournit aucunement la structuration de la séquence. Chaque enseignant a la liberté d'établir les relations qu'il trouve plus judicieuses entre les différents domaines de savoirs à acquérir.
- Les mots-clés ne sont pas associés à une seule notion, c'est pourquoi il n'y a pas de césure dans la colonne qui leur est réservée.  
De plus, la maîtrise d'un mot-clé ne correspond pas à la mémorisation d'une définition mais bien à son utilisation pertinente.
- Enfin, les savoirs abordés dans ce thème impliquent la maîtrise de notions et de mots-clés rencontrés dans l'enseignement fondamental et au premier degré.
  - a) Enseignement fondamental (4ème cycle : 10-12 ans) :**
    - " L'enfant prend conscience de sa respiration " (page 67) - mots-clés (page 458) : air, bronche, expiration, gaz carbonique, inspiration, narine, nez, oxygène, poumon, trachée
    - " L'enfant découvre la circulation du sang " (page 67) - mots-clés (page 487) : sang, artère, cœur, déchet, gaz carbonique, nutriment, oxygène, vaisseau, veine

**b) Enseignement secondaire (cours de sciences du 1<sup>er</sup> degré) :**

- thème n°4 : diffusion, agitation moléculaire (page 45) ;
- thème n°7 : pression atmosphérique ; relation entre pression atmosphérique et altitude (page 80) ;
- thème n°8: composition de l'air (page 87) ; solvant, soluté, solvant, concentration et diffusion (pages 85 et 86) ;
- thème n°11 :
  1. composition de l'air (page 117) ;
  2. comparaison entre air inspiré et air expiré (page 117) ;
  3. la cellule, siège de la respiration (page 118) ;
  4. rôles du système respiratoire = dispositif d'échanges (page 118) ;
  5. rôles du système circulatoire ; sang = transporteur (page 119) ;
  6. rôles du système digestif : aboutir aux nutriments (page 118-119).

**Durée prévue pour ce thème :  
8 périodes.**

Domaines	Notions	Mots-clés
<p><b>Les grandes fonctions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anatomie du système respiratoire chez l'Homme</li> </ul>	<p>Le système respiratoire comprend d'une part, les voies respiratoires qui conduisent l'air atmosphérique aux poumons, et d'autre part les poumons.</p> <p>a) les voies respiratoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les fosses nasales sont deux cavités situées après les narines. En les traversant, l'air s'échauffe, s'humidifie et se débarrasse d'une partie des poussières qu'il contient ;</li> <li>le pharynx, carrefour commun aux voies digestive et respiratoire ;</li> <li>le larynx (ou pomme d'Adam) renferme deux replis membraneux, les cordes vocales ;</li> <li>la trachée, gros tube muni d'anneaux cartilagineux incomplets. La paroi interne de la trachée est tapissée de nombreux cils englués de mucus dont le rôle est de retenir les poussières de l'air inspiré ;</li> <li>les deux bronches, ramifications de la trachée, présentent des anneaux cartilagineux complets ;</li> <li>chaque bronche, en pénétrant dans un poumon, se ramifie en une multitude de bronchioles. Chaque bronchiole se termine par un sac bosselé, la vésicule pulmonaire ;</li> <li>chaque vésicule pulmonaire est un ensemble de "bosses", les alvéoles pulmonaires.</li> </ul>	<p>Système respiratoire Voie respiratoire Poumon</p> <p>Narine Fosse nasale</p> <p>Pharynx</p> <p>Larynx</p> <p>Trachée</p> <p>Mucus</p> <p>Bronche</p> <p>Bronchiole Vésicule pulmonaire</p> <p>Alvéole pulmonaire</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Anatomie du système circulatoire chez l'Homme</li> </ul>	<p>Le réseau d'alvéoles pulmonaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>présente une surface d'échanges très étendue entre le sang et l'air (environ 200 m<sup>2</sup>) ;</li> <li>permet les échanges gazeux entre l'air et le sang grâce à une paroi alvéolaire fine, humide et bien vascularisée.</li> </ul> <p>b) les poumons, organes mous et spongieux, reposent sur le diaphragme ; ils sont enveloppés d'une double membrane, la plèvre. L'un des deux feuillets de la plèvre adhère intimement au poumon, l'autre colle à la cage thoracique et au diaphragme.</p> <p>Le système circulatoire comprend d'une part, un ensemble de vaisseaux sanguins dans lesquels le sang circule, et d'autre part, une pompe, le cœur assurant cette circulation.</p> <p>a) le cœur est un muscle creux situé dans la cage thoracique entre les deux poumons. Il est formé de deux parties indépendantes, la gauche et la droite, qui ne communiquent pas entre elles. Chacune de ces deux parties comprend deux cavités, une oreillette et un ventricule, qui communiquent entre elles.</p> <p>b) les vaisseaux sanguins comprennent les artères, les capillaires et les veines :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les artères ont une paroi épaisse et élastique. Elles restent béantes lorsqu'elles sont sectionnées. Elles se</li> </ul>	<p>Diaphragme Plèvre Cage thoracique</p> <p>Système circulatoire Vaisseau sanguin Cœur</p> <p>Oreillette Ventricule</p> <p>Artère Artériole</p>
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulation</li> </ul>	<p>ramifient en artérioles et celles-ci en capillaires ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les capillaires sont les vaisseaux sanguins les plus fins ; ils ont une paroi très mince (une seule couche de cellules). Ils forment, à l'intérieur des organes, un réseau de plusieurs milliers de km. Les vaisseaux capillaires assurent la jonction entre les artérioles et les veinules ;</li> <li>- Les veines proviennent de la réunion de veinules, elles ont une paroi mince et peu élastique. Elles sont flasques et s'écrasent lorsqu'elles sont sectionnées.</li> </ul> <p>Suite à la contraction des ventricules, le sang quitte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le ventricule gauche par l'artère aorte ; celle-ci distribue le sang dans tout le corps ;</li> <li>- le ventricule droit par l'artère pulmonaire ; celle-ci véhicule le sang jusqu'aux poumons.</li> </ul> <p>Arrivé dans les différents organes, le sang y circule à l'intérieur des capillaires. Après échanges entraînant une modification de sa composition, le sang retourne au cœur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par les veines caves (pour l'ensemble du corps) dans l'oreillette droite ;</li> <li>- par les veines pulmonaires (pour les poumons) dans l'oreillette gauche.</li> </ul> <p>Suite à la contraction des oreillettes, le sang est propulsé dans les ventricules.</p>	<p>Vaisseau capillaire</p> <p>Veine Veinule</p> <p>Contraction</p> <p>Artère aorte Ventricule gauche</p> <p>Artère pulmonaire Ventricule droit</p> <p>Veine cave Oreillette droite</p> <p>Veine pulmonaire Oreillette gauche</p>
---	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relations entre systèmes respiratoire et circulatoire</li> </ul>	<p>Le sens de la circulation du sang est déterminé par la présence de valvules situées:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre les oreillettes et les ventricules ;</li> <li>- entre les ventricules et la base des artères aorte et pulmonaire ;</li> <li>- dans les veines des membres inférieurs.</li> </ul> <p>Le système circulatoire pénètre dans les poumons et s'y ramifie. Le sang - pauvre en dioxygène mais riche en dioxyde de carbone - venant du ventricule droit pénètre dans chacun des deux poumons par une artère pulmonaire.</p> <p>Dans chaque poumon, la bronche et l'artère pulmonaire se ramifient parallèlement pour donner naissance à un réseau d'alvéoles entouré d'un réseau de capillaires. C'est à ce niveau que s'établissent les échanges entre l'air alvéolaire et le sang des capillaires.</p> <p>En effet, les vaisseaux capillaires sont les seuls vaisseaux à permettre ces échanges : leurs parois très fines se laissent traverser par les gaz et, leur très faible diamètre, en ralentissant le passage du sang, facilite les échanges.</p> <p>Les vaisseaux capillaires se rejoignent pour former des veinules, qui à leur tour se regroupent en quatre gros vaisseaux, les veines pulmonaires.</p> <p>Les veines pulmonaires relient les poumons au cœur : elles ramènent le sang - riche en dioxygène et appauvri en dioxyde de carbone - vers le cœur, et plus précisément, dans l'oreillette gauche.</p>	Valvule
---	---	---------

<ul style="list-style-type: none"> <li>Composition du sang</li> <li>Description des globules rouges</li> </ul>	<p>Le sang est un mélange homogène constitué de cellules (globules rouges et blancs) et de fragments cellulaires (plaquettes sanguines) dans un liquide, le plasma. Notre corps en contient environ 5 litres. L'hématocrite est le rapport entre le volume occupé par les globules rouges et le volume sanguin total. Ce rapport, exprimé en pourcentage, est d'environ 45% chez l'adulte</p> <p>Les globules rouges ou hématies sont des cellules particulières : elles sont dépourvues de noyau. Leur forme est celle d'un disque aminci au centre : leur diamètre est d'environ 8 <math>\mu\text{m}</math> ; leur épaisseur est d'1 <math>\mu\text{m}</math> au centre et de 2,5 <math>\mu\text{m}</math> sur les bords.</p> <p>Leur nombre est d'environ 5.000.000 par <math>\text{mm}^3</math> de sang. Notre corps produit chaque seconde environ 2.400.000 globules rouges pour remplacer ceux qui se brisent ou sont détruits dans les mêmes proportions.</p> <p>La production de globules rouges se fait au niveau de la moelle rouge de certains os, notamment, le sternum, les os du bassin et le fémur. Après 3 à 4 mois de vie, les globules rouges sont détruits par le foie et la rate.</p> <p>Les globules rouges sont de véritables " sacs " à hémoglobine : chaque globule rouge contient 300 millions de molécules d'hémoglobine.</p>	<p>Sang Globule rouge Globule blanc Plaquette sanguine Plasma Hématocrite</p> <p>Hématie</p> <p><math>\mu</math> (micro : <math>10^{-6}</math>)</p> <p>Moelle rouge</p> <p>Foie Rate</p> <p>Hémoglobine</p>
--	--	---



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Échanges gazeux :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- au niveau pulmonaire</li> </ul> </li> </ul>	<p>Au niveau des poumons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le plasma libère le dioxyde de carbone ;</li> <li>- les molécules de carbhémoglobine libèrent également leur dioxyde de carbone :</li> </ul> <p>Carbhémoglobine → Hémoglobine + dioxyde de carbone</p> <p>Après passage dans les poumons, l'air expiré n'a pas la même composition que l'air inspiré. L'air expiré est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- davantage chargé en dioxyde de carbone (environ 4.5 % contre 0.03 % dans l'air inspiré) ;</li> <li>- appauvri en dioxygène (environ 15% contre 21% dans l'air inspiré);</li> <li>- davantage chargé en vapeur d'eau.</li> </ul> <p>Ces différences sont la conséquence d'échanges gazeux qui s'effectuent au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Le dioxyde de carbone diffuse du milieu dans lequel il est en forte concentration vers le milieu dans lequel il est en faible concentration : il quitte le sang des capillaires et passe dans l'air alvéolaire pour être ensuite rejeté lors de l'expiration.</p>	<p>Air inspiré</p> <p>Air expiré</p> <p>Échange gazeux</p>
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>- au niveau cellulaire</li> <li>• But de la respiration</li> </ul>	<p>Le dioxygène diffuse du milieu dans lequel il est fortement concentré vers le milieu dans lequel il est en faible concentration : il passe de l'air alvéolaire vers le sang des capillaires.</p> <p>Le sang, enrichi en dioxygène, quitte les poumons, passe par le cœur pour être ensuite distribué à toutes les cellules de notre organisme.</p> <p>Le dioxygène diffuse du milieu dans lequel il est fortement concentré vers le milieu dans lequel il est en faible concentration : il passe du sang des capillaires vers le cytoplasme des cellules.</p> <p>Le dioxyde de carbone diffuse du milieu dans lequel il est en forte concentration vers le milieu dans lequel il est en faible concentration : il quitte le cytoplasme des cellules et passe dans le sang des capillaires qui le ramène aux poumons.</p> <p>Le sang, enrichi en dioxyde de carbone, circule - via le cœur - vers les poumons.</p> <p>Respirer, c'est transformer l'énergie chimique contenue dans les nutriments.</p> <p>Chaque cellule respire : elle transforme l'énergie contenue dans les nutriments en d'autres formes d'énergie (mécanique, thermique...) et ce, grâce au dioxygène. Ces transformations s'accompagnent d'une production de déchets (dioxyde de carbone, eau...).</p> <p>Le nutriment le plus utilisé est un sucre, le glucose.</p>	<p>Respiration</p> <p>Glucose</p>
---	--	-----------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les mouvements respiratoires</li> </ul>	<p>Le rôle du sang est d'assurer le transport du dioxygène (venant du système respiratoire) et des nutriments (venant du système digestif) vers les cellules et de reprendre les déchets pour les rejeter, notamment, via le système respiratoire.</p> <p>Le rôle du système respiratoire est de constituer une porte d'entrée pour le dioxygène et de sortie pour le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau.</p> <p>Les mouvements respiratoires, l'inspiration et l'expiration, ont pour effet de renouveler l'air alvéolaire : c'est la ventilation pulmonaire.</p> <p>Lors de l'inspiration, le volume de la cage thoracique augmente (contraction de muscles), les poumons suivent passivement et de l'air y entre (air inspiré).</p> <p>A l'expiration, le volume de la cage thoracique diminue (relâchement de muscles), les poumons suivent et de l'air en sort (air expiré).</p>	<p>Inspiration Expiration Ventilation pulmonaire</p>
--	--	--

<p><b>L'Homme et son environnement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'Homme en altitude</li> </ul>	<p>La pression atmosphérique diminue avec l'altitude. Cette diminution s'explique par la raréfaction de l'air.</p> <p>L'air étant un mélange, cela signifie que le nombre de molécules de chacun de ses constituants diminue : la quantité de dioxygène qui diffuse des poumons vers le sang est donc réduite.</p> <p>En altitude, chaque individu subit une "crise" liée au manque de dioxygène, le mal des montagnes. Celui-ci débute déjà à une altitude d'environ 1000 m et devient sévère dès 3000 m.</p> <p>Cette crise se manifeste notamment par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une ventilation pulmonaire plus rapide et plus profonde (le volume d'air inspiré par minute augmente) ;</li> <li>- des réactions circulatoires : le cœur bat plus vite : il y a plus de sang transporté par minute dans le corps ;</li> <li>- des troubles du comportement (euphorie, troubles intellectuels, malaises...).</li> </ul> <p>Après quelques jours, le corps s'adapte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la ventilation pulmonaire et les battements cardiaques se régularisent ;</li> <li>- le nombre de globules rouges dans le sang augmente. Dans les populations de hautes montagnes (Tibet, Andes...), le nombre de globules rouges par mm<sup>3</sup> de sang peut atteindre 8.000.000.</li> </ul> <p>C'est une hormone d'origine rénale, l'érythropoïétine ou E.P.O qui permet cette adaptation : elle stimule la production de globules rouges au niveau de la moelle rouge des os.</p> <p>Une hormone est une substance sécrétée par une glande : cette</p>	
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bénéfice de l'altitude</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Éducation à la santé</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hygiène des systèmes respiratoire et circulatoire</li> </ul>	<p>substance véhiculée par le sang agit sur des organes cibles.</p> <p>Lors d'un retour à une altitude proche du niveau de la mer, les différentes adaptations vont disparaître progressivement (plusieurs semaines à plusieurs mois). Toute activité physique est liée à la production d'énergie par les cellules. Cette production est dépendante de la quantité de dioxygène disponible.</p> <p>Si le nombre de globules rouges augmente, la quantité de dioxygène transporté par le sang vers les cellules augmente également : l'énergie produite est plus importante.</p> <p>C'est ce bénéfice que recherchent les sportifs lors de stages prolongés en altitude.</p> <p>a) <u>Drogues chez les sportifs</u></p> <p>La prise d'E.P.O. rentre dans le cadre général du dopage. Pouvant être fabriquée en laboratoire, cette hormone permet d'augmenter sensiblement les performances dans les sports d'endurance : elle augmente l'oxygénation musculaire par élévation du nombre de globules rouges du sang.</p> <p>De plus, cette substance remporte un large succès auprès des sportifs car elle est très efficace et difficile à détecter (coût très élevé et plusieurs jours d'analyse). Seules des analyses sanguines permettent d'identifier indirectement la présence d'E.P.O. : en cyclisme, si l'hématocrite dépasse 50 %, le sportif est déclaré inapte au travail.</p> <p>La prise d'E.P.O. est dangereuse : en épaississant le sang, elle peut provoquer la formation de caillots et créer ainsi des accidents vasculaires cérébraux ou des infarctus. L'E.P.O. favorise également</p>	
---	--	--

	<p>les poussées de tension artérielle.</p> <p>b) <u>Inhalation de substances toxiques</u></p> <p><i>Le tabac</i></p> <p>Les problèmes posés par le tabac sur la santé sont provoqués par l'inhalation des fumées provenant de la combustion du tabac. La fumée de tabac est un mélange de substances dont quelques-unes sont extrêmement dangereuses pour la santé, notamment, les goudrons, la nicotine et le monoxyde de carbone :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les goudrons sont responsables de la fréquence des cancers non seulement des voies respiratoires et des poumons mais aussi de la langue, des lèvres ...</li> <li>- la nicotine est une substance très toxique, une drogue qui crée chez le fumeur une dépendance ;</li> <li>- le monoxyde de carbone, en se fixant de manière irréversible sur l'hémoglobine, diminue la quantité de dioxygène transporté par le sang et donc l'oxygénation des cellules.</li> </ul> <p>En plus de la dépendance et des risques accrus de développer différents cancers, le tabac est encore responsable de la bronchite chronique, de troubles cardio-vasculaires (angine de poitrine, infarctus du myocarde...)...</p> <p>La fumée de tabac n'est pas seulement nocive pour le fumeur mais aussi pour son entourage puisqu'il pollue l'air que les autres respirent.</p> <p>Il n'y a aucune amélioration à fumer des cigarettes "light" à faible teneur en goudron et en nicotine : le fumeur a tendance à augmenter sa consommation de telle façon qu'il absorbe quotidiennement les mêmes doses.</p>
--	--

## Bibliographie et outils didactiques spécifiques aux objectifs du thème

Pierre VUIBERT, Le corps humain, Éditions VUIBERT, 1983

Solomon DAVID, Anatomie et physiologie humaine, Éditions Mc-Graw-Hill, 1981

Collection Éric PÉRILLEUX, Sciences de la vie et de la Terre 2<sup>ème</sup>, Éditions Nathan, 2000

Collection Raymond TAVERNIER, Sciences de la vie et de la Terre 2de, Éditions Bordas, 2000

Sous la direction de Michel LE BELLEGARD, Sciences de la vie et de la Terre 3<sup>ème</sup>, Éditions Hatier, 1999

P. COUILLARD, P PIRLOT, JM DEMERS, A DESMARAIS, G DRAINVILLE, L'homme dans son milieu, Éditions Guérin, 1982

Sous la direction de J-C HERVE, Biologie 3<sup>ème</sup>, Éditions Hatier, 1989

R. TAVERNIER, C. LIZEAUX, Sciences de la vie et de la Terre 3<sup>ème</sup>, Éditions Bordas, 1999

Collection TAVERNIER, Biologie 3<sup>ème</sup>, Éditions Bordas, 1989

É. PÉRILLEUX, D. RICHARD, Biologie humaine, Éditions Nathan, 1999

Collection réalisée par le groupe SO<sup>2</sup>, Les sciences par objectifs de comportement - Biologie, Éditions du Renouveau Pédagogique - Diffusion Vuibert-Paris

CTP (Centre Technique et Pédagogique de Frameries)  
Route de Bavay, 70  
7080 Frameries (Tél : 065/66.73.22 - Fax : 065/66.14.21  
Courriel : [ctp.frameries@unicall.be](mailto:ctp.frameries@unicall.be)

CAF (Centre d'Auto-Formation)  
La Neuville, 1  
4500 Tihange (Tél : 085/27.13.60 - Fax : 085/27.13.99)  
Service publications : 085/27.13.66  
Courriel : [caf@skynet.be](mailto:caf@skynet.be)  
<http://users.skynet.be/caf>  
site web : BIODIDAC c/o CAF

## 4<sup>ème</sup> P : Module de physique

### Thème : LA FORCE D'ARCHIMÈDE

Activité n°1 : Force d'Archimède dans les liquides	4 périodes
Activité n°2 : Interprétation de la force d'Archimède : découverte de la pression hydrostatique	1 période
Activité n°3 : Exercices qualitatifs sur la force d'Archimède dans les liquides	2 périodes
Complément : Évolution des modèles «gaz» et «liquide»	1 période
Évaluation	1 période

### Considérations méthodologiques générales

L'objectif principal de ce deuxième module est de faire découvrir aux élèves **la relation entre le poids  $G$  et la masse  $m$ , en l'occurrence, l'existence de  $g$ .**

Cette partie du cours visera à répondre à quelques questions que chacun peut se poser et auxquelles des réponses satisfaisantes peuvent être apportées sur base d'expériences que le professeur réalisera (impérativement) au cours. Nous pensons en particulier à des questions telles que :

- Pourquoi les bateaux flottent-ils ?
- Comment les sous-marins plongent-ils et font-ils surface ?
- Pourquoi les montgolfières s'élèvent-elles ?
- Pourquoi des glaçons flottent-ils dans un verre d'eau ?

Il est demandé de consacrer deux périodes aux exercices qualitatifs sur la force d'Archimède.

Enfin, dans un souci de cohérence, il est utile de s'appuyer sur les concepts mis en place lors du Thème n°7 "Tous sous pression ?" du cours de Sciences au premier degré.

## Activité n°1 : Force d'Archimède dans les liquides

### Objectifs de l'activité

- Rappeler la notion de forces pressantes exercées par l'eau (et tous les liquides) sur les surfaces du récipient qui la contient (surfaces pressées).
- Découvrir que les forces pressantes exercées par l'eau agissent aussi sur les corps :
  - partiellement immergés (corps flottants) ;
  - complètement immergés.
- Découvrir les paramètres qui influencent la force d'Archimède.
- Effectuer des mesures afin d'estimer la valeur de la force d'Archimède.
- Conclure en dégagant les 3 étapes conduisant à la loi d'Archimède :
  - 1- un objet dans un liquide déplace un volume de liquide ;
  - 2- ce volume de liquide déplacé a un poids ;
  - 3- la valeur de la force d'Archimède est égale à la valeur de ce poids.

### Objectifs de savoirs

- Découverte de la notion de corps flottant, de corps immergé.
- Découverte de la force d'Archimède.
- Découverte de ses caractéristiques (à l'exception du point d'application) et des paramètres d'influence.
- Applications.

### Objectifs de savoir-faire

- Dégager les variables dépendantes et contrôlées lors d'une expérience.
- Tracer un graphique et dégager le coefficient de proportionnalité.
- Transférer certaines notions dans d'autres contextes.

### Résumé de l'activité

#### a) Découverte de la notion de corps flottants

Sur l'eau, les bateaux sont plus ou moins enfoncés. Bien entendu, nous savons que cela dépend de leur charge : plus les bateaux sont chargés, plus ils s'enfoncent. Il est d'ailleurs évident qu'une charge maximale ne peut être dépassée !

Une expérience simple permet de modéliser cette situation :

Utilisons des bouteilles identiques de ½ litre (plastique). Lestons-les : 2 N, 4 N, 6 N et 8 N. Les deux premières flottent, les deux autres coulent.

Remarquons que, dans tous les cas, le niveau d'eau monte : un objet dans un liquide déplace un volume de liquide.

Pourquoi les deux premières bouteilles flottent-elles ? Pourquoi les bateaux ne coulent-ils pas ?

L'eau exerce une force qui les soutient.

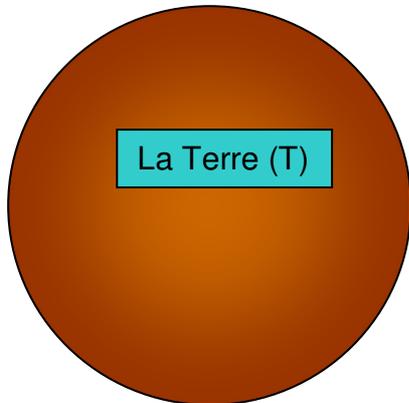
Quelle est l'orientation de cette force (droite d'action, sens) ? Quelle est sa valeur ?

Elle est dirigée verticalement vers le haut. Sa valeur est égale au poids de l'objet.

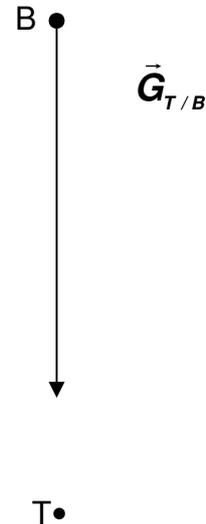
Schématisation du poids d'un corps en adéquation avec les Thèmes 3 et 7 du cours de sciences au 1<sup>er</sup> degré.

### Situation à Bruxelles ( $g \approx 10 \text{ N/kg}$ )

un objet (B) de masse 1kg



Échelle :  
1 cm / 2N



**Conclusion** : cette force exercée par l'eau sur l'objet flottant s'appelle *force d'Archimède*, elle est verticale, dirigée vers le haut et sa valeur est égale au poids de l'objet.

**b) Caractéristiques et mesure de la force d'Archimède dans les liquides****b<sub>1</sub>) Généralisation de la force d'Archimède.**

Voir document de travail CAF « Un exemple de la démarche inducto-déductive : la loi d'Archimède ».

L'eau exerce-t-elle également une force sur les deux bouteilles qui coulent ? (rappelons qu'il s'agit de deux bouteilles de 1/2 litre lestées de manières différentes) :

- peut-être : on fait de la gymnastique et de la rééducation en piscine pour que ce soit plus facile... « l'eau porte le corps ».
- si oui, cette force est plus petite que le poids puisque les bouteilles ne flottent pas.

Pour le vérifier, nous devons faire des mesures.

Utilisons la bouteille lestée à 6 N.

Suspendons-la à un dynamomètre (10 N). Il indique 6 N. Plongeons-la entièrement dans l'eau. Le dynamomètre indique 0,5 N (environ). L'eau exerce donc une force verticale vers le haut de 5,5 N.

**b<sub>2</sub>) De quoi la force d'Archimède dépend-elle ?****1. De la profondeur ?**

Toutes nos expériences montrent que... NON (dans la limite des récipients utilisés).

**2. De la forme du récipient ?**

Les expériences sont faciles à réaliser. Elles montrent que... NON.

**3. Du poids de l'objet immergé ?**

Utilisons la bouteille lestée à 8 N.

Quand elle est immergée, le dynamomètre n'indique plus que 2,5 N. L'eau exerce donc une force verticale vers le haut de 5,5 N.

Les deux bouteilles lestées à 6N et 8 N subissent la même poussée.

**Conclusion** : la force d'Archimède ne dépend pas du poids (de la masse) de l'objet immergé.

**4. Du volume de l'objet immergé ?**

Au moins deux expériences simples peuvent être proposées :

- utilisons deux sacs en plastique de même poids (2N). Le premier contient du sable et l'autre des petits grains de plomb. Leurs volumes sont très différents. Une fois les sacs entièrement immergés, le dynamomètre n'indique plus que 0,6 N (sable) et 1,7 N (plomb). Les forces d'Archimède sont de 1,4 N et 0,3 N. Elles diffèrent donc en fonction du volume immergé.
- Reprenons la bouteille lestée à 8 N, suspendons-la au dynamomètre et plongeons-la progressivement dans l'eau. La force indiquée par le dynamomètre diminue graduellement et donc la force d'Archimède augmente graduellement.

**Conclusion** : la force d'Archimède augmente quand le volume immergé de l'objet augmente.

## 5. De la nature du liquide ?

Refaisons les mesures avec le sac lesté à 2 N de sable dans de l'eau salée et du méthanol. Quand le sac est entièrement immergé, le dynamomètre indique 0,35 N (eau salée) et 0,9 N (méthanol).

La force d'Archimède est donc plus importante dans l'eau salée (1,65 N) que dans l'eau pure (1,4 N), et plus faible dans le méthanol (1,1 N).

**Conclusion** : la force d'Archimède dépend de la nature du liquide, elle est d'autant plus importante que la masse volumique du liquide l'est aussi.

## 6. D'autres facteurs ?

À réfléchir... et à tester !

### **Conclusion :**

**Un objet immergé (entièrement ou en partie) dans un liquide, subit de la part de celui-ci une force exercée verticalement vers le haut. La valeur de cette force dépend du volume immergé et de la nature du liquide (représentation vectorielle - voir annexe).**

### *b<sub>3</sub>) D'où cette force vient-elle?*

#### **Réalisons une expérience pour résoudre ce problème :**

Je pose un disque contre l'extrémité d'un tuyau en plastique souple. Quand je lâche le disque, il tombe. Je maintiens le disque contre le tuyau. J'introduis l'extrémité bouchée dans l'eau. Je lâche le disque, il reste collé au tuyau : l'eau le pousse.

**Conclusion** : l'eau exerce une force pressante sur le fond du récipient (surface pressée).

L'eau exerce-t-elle également une force pressante sur les parois verticales ?

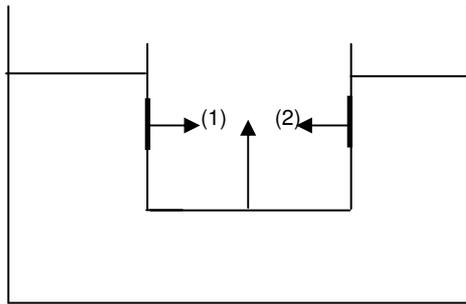
#### **Réalisons une expérience pour répondre à cette question :**

Je reprends le tube, mais cette fois, je le plie de telle sorte que l'ouverture fermée par le disque soit verticale. J'entre cette extrémité dans l'eau. Je lâche le disque. Il reste collé. L'eau pousse également sur les côtés. Cette force est horizontale.

Puisque l'eau la pousse horizontalement, pourquoi la bouteille ne se déplace-t-elle pas latéralement, vers la gauche ou vers la droite ?

Sans doute parce que les forces latérales (1) et (2) sont identiques et s'équilibrent.

**Conclusion** : de l'ensemble des forces pressantes exercées par l'eau sur tous les côtés de la bouteille qui flotte, il résulte une force verticale vers le haut. Elle s'appelle la force d'Archimède.

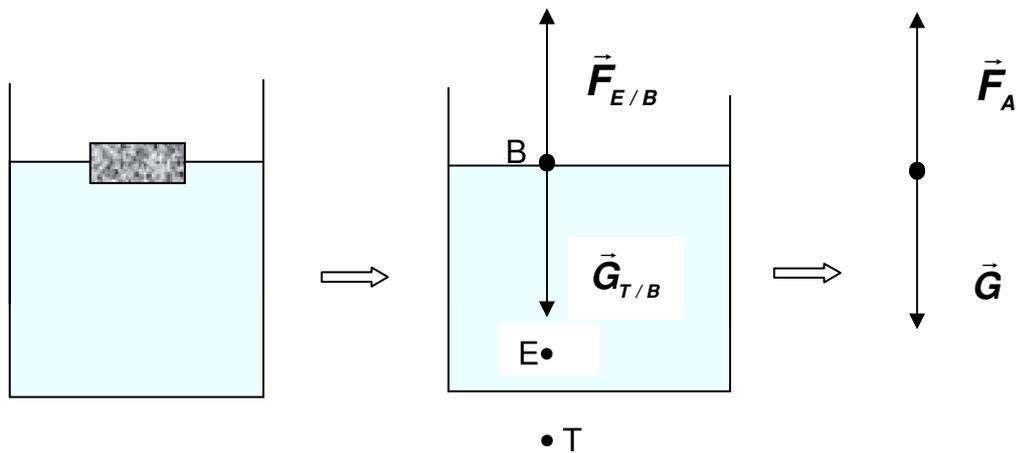


$\vec{F}_{E/B}$  force exercée par l'eau sur la bouteille  
 $\vec{G}_{T/B}$  force exercée par la Terre sur l'eau : poids de la bouteille

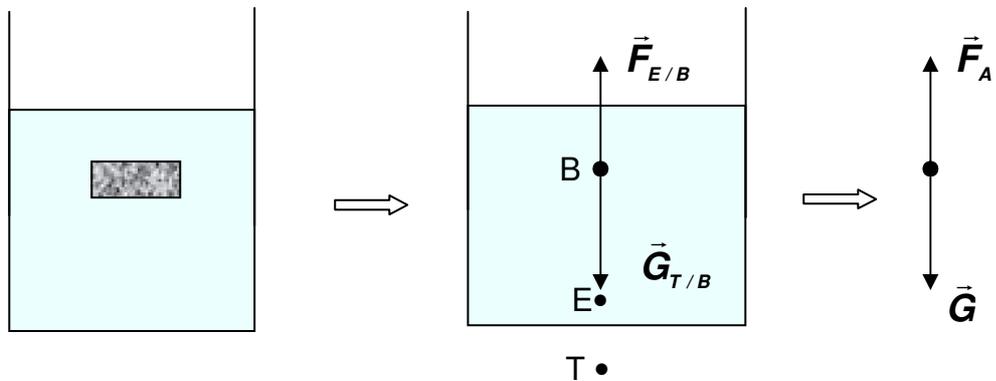
Schématisation de la force d'Archimède en adéquation avec le Thème 3 du cours de sciences au 1<sup>er</sup> degré.

**1. Corps flottant à la surface du liquide.**

Soit B l'objet, E l'eau, T la Terre et  $\vec{G}$  le poids du corps,  $\vec{F}$  la force d'Archimède.



**2. Corps en équilibre dans le liquide.**



**b<sub>4</sub>) Quelle est la valeur de la force d'Archimède ?**

Prenons une bouteille de ½ L que l'on gradue de 100 en 100 cm<sup>3</sup>. Elle est lestée suffisamment pour couler si on ne la soutient pas. On peut, par exemple, utiliser la bouteille lestée à 8 N.

Suspendons-la à un dynamomètre. Immergeons-la progressivement dans l'eau. Notons les valeurs lues sur le dynamomètre, pour différents volumes immergés. Calculons la force d'Archimède.

Volume immergé (cm <sup>3</sup> ) :	Le dynamomètre indique (en N) :	Force d'Archimède (en N):	Relation :
0		0	
100			
200			
300			
400			
500			

Quelles sont les variables mises en oeuvre ?

Quelle est la variable contrôlée ?

Existe-t-il une relation entre la variable contrôlée et la force d'Archimède ?

Quelle est donc la variable dépendante ?

A cette variable dépendante mesurée directement, correspond une autre variable dépendante à mesure indirecte, la force d'Archimède.

Trace le graphique que ces données suscitent et donne lui un titre.

Remarque : il est souhaitable que le graphique soit préparé à domicile.

Volume immergé (cm <sup>3</sup> ) :	Poids du liquide déplacé (N)
0	
100	
200	
300	
400	
500	

**Constatations :**

La valeur de la force d'Archimède est directement proportionnelle au volume immergé.

La valeur de la force d'Archimède est chaque fois égale à la valeur du poids du volume d'eau déplacé (équivalent au volume de la partie immergée de l'objet).

D'autres mesures réalisées dans différents liquides, permettent de confirmer ces premiers résultats.

Nous obtenons la **loi d'Archimède** : **la valeur de la force d'Archimède est égale à la valeur du poids du liquide dont l'objet prend la place.**

**b) Applications (en fonction du temps disponible)**

**c<sub>1</sub>) Comment un sous-marin fait-il surface ?**

Prenons une bouteille en plastique (330 mL par exemple).

Remplissons-la au tiers à l'aide de billes de verre. Elle flotte sur l'eau.

Perçons la bouteille de plusieurs trous dans le bas, de manière à pouvoir y faire passer un tuyau souple et à laisser passer l'eau, sans que les billes puissent sortir.

Ajoutons de l'eau pour remplir complètement la bouteille et refermons le bouchon. Maintenant, la bouteille coule.

Glissons une extrémité du tuyau dans la bouteille. Soufflons de l'air à l'intérieur.

Qu'observons-nous ? Comment l'expliquer ?

*Comment un sous-marin fait-il pour remonter à la surface ?*

**c<sub>2</sub>) L'eau ne pèse rien dans l'eau.**

Prenons un sac de congélation. Remplissons-le d'eau et fermons-le hermétiquement en prenant soin de ne pas laisser d'air (exemple : ½ L dans un sac d'un litre).

Suspendons-le à un dynamomètre. Plongeons le sac progressivement dans l'eau.

Qu'observons-nous ? Comment l'expliquer ?

*Expliquer le titre : « l'eau ne pèse rien dans l'eau ».*

Que se passerait-il si nous mettions de l'eau salée dans le sac ? (l'expérience peut facilement être réalisée).

**c<sub>3</sub>) Archimède et le faussaire.**

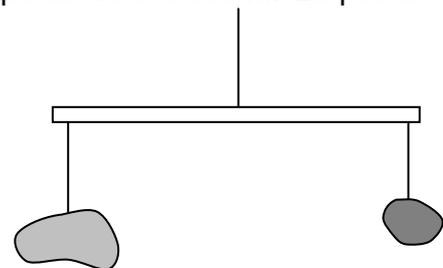
La légende raconte que c'est dans son bain qu'Archimède a découvert une méthode permettant de savoir si l'orfèvre auquel le tyran de Syracuse avait confié son or, l'avait utilisé pour faire la couronne demandée ou s'il en avait remplacé une partie par un métal moins cher.

Le poids de la couronne correspondait exactement au poids de l'or fourni. La peser ne permettait pas de savoir si elle était en or massif ou simplement recouverte d'une pellicule d'or.

La scier l'aurait abîmée !

Une expérience simple montre la méthode finalement utilisée.

Prenons un sac de 2 N de sable et un sac de 2 N d'un mélange sable-grains de plomb. Suspendons-les aux deux extrémités d'une tige de 25 cm de long. Suspendons la tige en son milieu. Nous possédons ainsi une balance à bras égaux. Elle est en équilibre. Plongeons les deux sacs dans l'eau. Que se passe-t-il ? Comment l'expliquer ?



Archimède a fait le même type d'expérience en suspendant d'un côté la couronne et de l'autre un même poids d'or pur.

**Durée prévue pour cette activité:  
4 périodes.**

## Activité n°2 : Interprétation de la force d'Archimède : Découverte de la pression hydrostatique

### Objectifs de l'activité :

- En accord avec le Thème 7 du cours de sciences du 1<sup>er</sup> degré, expliquer la variation de la pression exercée par un liquide en fonction de la hauteur et de la nature du liquide.

#### Objectifs de savoirs

- Découverte qualitative de la notion de pression hydrostatique.
- Applications.

#### Objectifs de savoir-faire

- Dégager les variables dépendante et contrôlée lors d'une expérience ;
- Tracer un graphique et dégager le coefficient de proportionnalité ;
- Transférer certaines notions dans d'autres contextes.

### Résumé de l'activité

- Recherche de la relation entre la force pressante exercée sur le fond d'un objet flottant et l'aire de ce fond.
- Recherche des relations permettant d'induire la formule de la pression hydrostatique
- Applications : le ludion  
les barrages (profil)  
les châteaux d'eau  
la pression sanguine  
les dangers de la plongée  
...

## Pression dans les liquides

### 1. Rappel des notions vues

(dans le nouveau programme du cours de sciences au 1<sup>er</sup> degré du secondaire, ces notions sont abordées en début de 2<sup>e</sup>, au cours du thème 7 : « *Tous sous pression* »).

Un liquide contenu dans un récipient exerce une force sur chaque fragment de la paroi avec laquelle il est en contact. La droite d'action de cette force est perpendiculaire à la paroi. On parle de **force pressante**.

Quand une surface pressée  $S$  est soumise à la force pressante  $F$ , on dit qu'il y a, à cet endroit, une pression  $p$  telle que :

$$p = \frac{F}{S}$$

La pression s'exprime en N/m<sup>2</sup> ou en Pascal (Pa).

### 2. Force pressante et pression

Nous avons vu (voir « Les corps flottants ») que l'eau exerce des forces pressantes sur le fond et sur les côtés des objets immergés.

On peut se demander si, à profondeur égale, chaque portion de la surface, chaque centimètre carré, chaque mètre carré, subit la même force.

Cette fois, il nous faut réaliser une expérience au cours de laquelle des **mesures** seront effectuées.

Nous utiliserons plusieurs boîtes cylindriques de sections différentes (conserves de différentes tailles). Elles vont nous servir à calculer la force exercée par l'eau sur chaque élément du fond, à une profondeur déterminée (5 cm par exemple). Il suffira de les surcharger pour qu'elles s'enfoncent jusqu'à cette profondeur. Comme elles flottent, la force pressante de l'eau sur le fond (à 5 cm de profondeur) est **égale** au poids de la boîte !

Traçons une ligne sur le côté de chaque boîte, à 5 cm du fond (attention au rebord). Posons-les sur l'eau. Elles flottent. Surchargeons-les de manière à ce qu'elles s'enfoncent jusqu'aux lignes marquées. Il est indispensable (et pas toujours facile) d'équilibrer les boîtes pour qu'elles restent verticales ! Sortons les boîtes, séchons-les et pesons-les (avec leur charge).

Les résultats des mesures seront placés dans le tableau ci-dessous.

Force pressante (.....)	Aire du fond (.....)	Force pressante Aire du fond (.....)

Il faudra ensuite calculer la force exercée sur chaque unité de surface. Rappelons que dans le Système International d'unité (SI), l'aire s'exprime en m<sup>2</sup>.

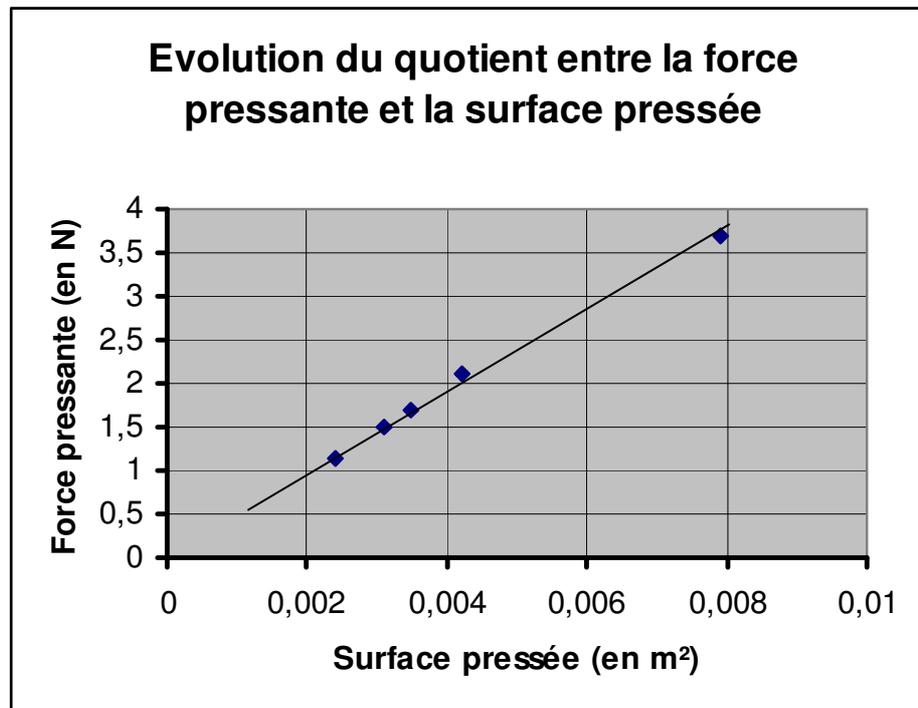
Les résultats des mesures sont placés dans le tableau ci-dessous.

Poids (N)	Force pressante (N)	Diamètre (cm)	Aire du fond (m <sup>2</sup> )	F/S (Pa)
1,15	1,15	5,5	0,0024	484
1,5	1,5	6,3	0,0031	481
1,7	1,7	6,7	0,0035	482
2,1	2,1	7,3	0,0042	502
3,7	3,7	10	0,0079	471

Les poids des boîtes ont été mesurés à l'aide d'un dynamomètre (3N).

pression moyenne : 484

pression théorique : 490

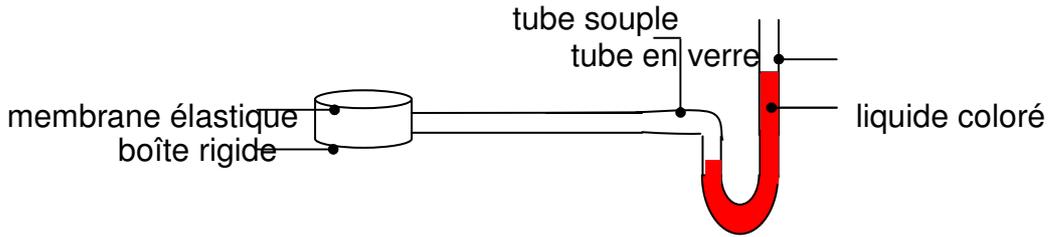


### Conclusion

Le quotient de la force pressante par l'aire de la surface pressée est constant. Ce quotient correspond à la force exercée sur chaque unité de surface. C'est **la pression**.

**3. Étude qualitative de la pression au sein d'un liquide.**

Utilisons une **capsule manométrique** :



Usage : si la capsule manométrique est hors de l'eau, les niveaux d'eau colorée dans les 2 branches du manomètre sont égaux ;  
le niveau du liquide coloré est en rapport avec la pression exercée sur la membrane ; plus la pression est élevée, plus le liquide monte.

**La capsule manométrique est l'instrument qui permet de estimer la pression hydrostatique.**

**1° Vérification de l'existence de la pression au sein d'un liquide.**

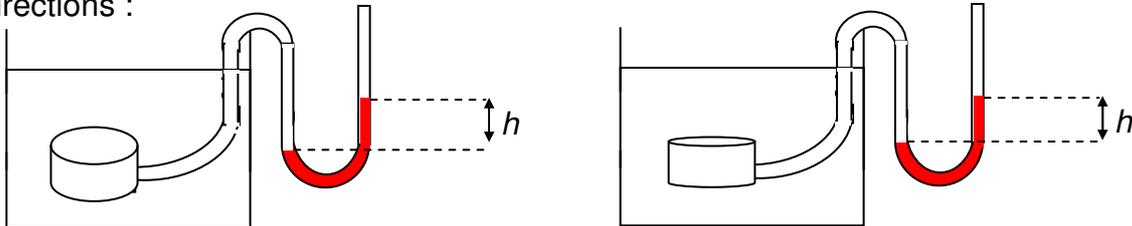
Plongeons la capsule manométrique dans l'eau.  
Nous constatons que le niveau de liquide coloré monte.

La pression hydrostatique est la pression qui existe au sein d'un liquide.

**2° Facteurs influençant la pression hydrostatique.**

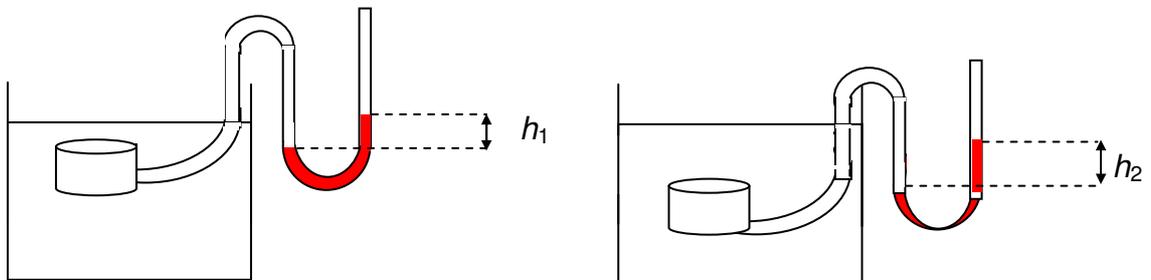
a) étude du paramètre direction

si on maintient la capsule à la même profondeur et qu'on la tourne dans toutes les directions :



**Le paramètre « direction » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ? Non.**

b) influence de la profondeur :



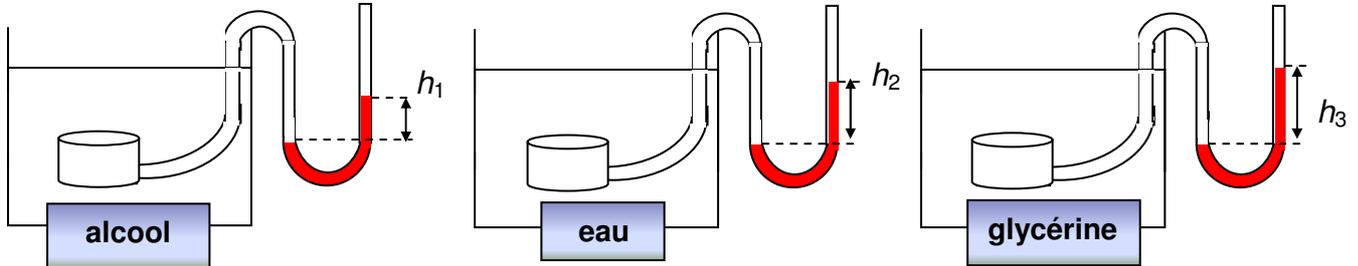
si on enfonce la capsule de plus en plus profondément dans l'eau : .....

Le quotient .....

**Le paramètre « profondeur » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ? Oui.**

c) influence de la nature du liquide :

si on enfonce la capsule dans des liquides de nature différente : .....



**Le paramètre « masse volumique » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ? Oui.**

**Formulons la relation recherchée :**

- la pression est une grandeur indépendante de la direction ;
- la pression dans un liquide est proportionnelle à la profondeur ( $h$  en mètre) ;
- la pression dépend de la masse volumique du liquide ( $\rho$  en  $\text{kg/m}^3$ ) ;
- (la pression dépend du champ de pesanteur mais nous ne pouvons pas le vérifier !)

$$p = \rho_{\text{liq}} \cdot g \cdot h$$

Pa     $\text{kg/m}^3$     N/kg    m

#### 4. Conséquences de la pression hydrostatique

- Les digues des rivières et des canaux subissent de la part de l'eau qu'ils contiennent de très fortes pressions. En période de crue, ces pressions peuvent atteindre des valeurs telles qu'elles rompent les digues et provoquent des inondations.
- Les murs des barrages ont une épaisseur croissante car la pression augmente avec la profondeur.



- Les parois des aquariums doivent être faites en verre épais.
- Les scaphandres doivent être d'autant plus résistants que les scaphandriers descendent plus profondément dans l'eau.

- Dans les profondeurs des mers, la pression hydrostatique atteint des valeurs énormes.  
Ex.: à 1000 m de profondeur :  $p = \dots\dots\dots$  ( $\rho_{\text{eau de mer}} = 1\,026 \text{ kg/m}^3$ )  
à 10 000 m de profondeur :  $p = \dots\dots\dots$   
*NB : La profondeur de l'océan peut atteindre 11 000 m.*
- Les poissons qui vivent dans les grandes profondeurs sont dotés d'organismes capables de résister à des pressions importantes (grande pression à l'intérieur de l'organisme animal).  
Si on ramène rapidement en surface ces poissons, ils explosent par suite de la diminution rapide de la pression hydrostatique.

**Durée prévue pour cette activité:  
1 période.**

## Activité n°3 : Exercices qualitatifs sur la force d'Archimède dans les liquides

(Exercices-types illustrant le niveau à atteindre)

### Objectifs de l'activité :

- S'assurer de la compréhension du concept " Force d'Archimède " et des notions s'y rapportant par le biais d'exercices qualitatifs.

### Exemples d'exercices :

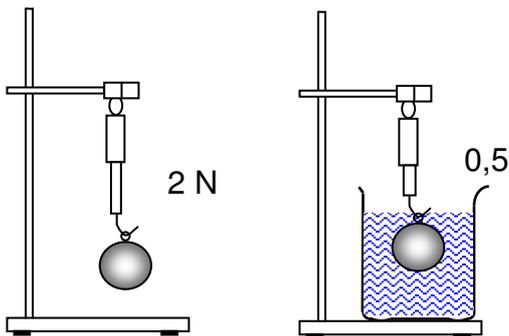
1. Choisis la bonne réponse :

- un corps immergé dans l'eau **remonte/coule** si son poids est supérieur à la force d'Archimède;
- un corps immergé dans l'eau remonte si la force d'Archimède est **supérieure/inférieure/égale** à son poids.

2. Complète le tableau :

Proposition	Vrai - Faux
➤ Pour un corps complètement immergé, la force d'Archimède dépend du volume du corps.	
➤ Lorsqu'un corps flotte, la force d'Archimède est supérieure au poids du corps.	
➤ Pour des corps de même volume, complètement immergés dans le même liquide, la force d'Archimède est la même.	
➤ La force d'Archimède se mesure en kilogramme.	
➤ Soit deux boules, de même dimension et de même matière, l'une pleine, l'autre creuse et complètement immergées dans un même liquide. Elles sont soumises à la même force d'Archimède.	
➤ Soit 2 boules pleines de même dimension et de matière différente (fer et aluminium) et complètement immergées dans un même liquide. Elles ne sont pas soumises à la même force d'Archimède.	

3. On réalise l'expérience suivante. Quelle est la valeur de la force d'Archimède sur la boule ?



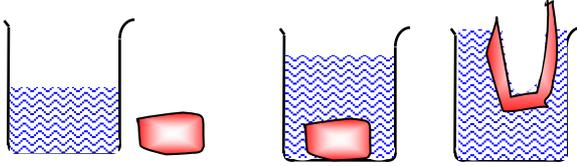
4. Une boule homogène est suspendue à un dynamomètre. Celui-ci indique 3N lorsque la boule est en l'air et 1 N lorsqu'elle est immergée complètement dans l'eau. Modélise l'expérience.
5. On détermine la force d'Archimède sur 3 corps (1) ; (2) ; (3) plongés dans un même liquide. Les résultats sont les suivants :

	(1)	(2)	(3)
masse	100 g	150 g	150 g
volume	50 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>	100 cm <sup>3</sup>

Pour 2 de ces corps, la force d'Archimède est la même. Lesquels et pourquoi ?

6. Deux élèves étudient la force d'Archimède en suspendant à un dynamomètre des pots fermés par un couvercle et lestés de grains de plomb. Les pots sont identiques mais les nombres de grains sont très différents.
- Dans l'air, les 2 dynamomètres indiquent-ils la même valeur ?
  - Lorsque les pots sont immergés complètement dans un liquide, les deux dynamomètres indiquent-ils la même valeur ?
  - Les forces d'Archimède exercées sur les deux pots sont-elles identiques ?
7. Le glaçon flotte à la surface de l'eau.
- Comparer son poids à la force d'Archimède exercée par l'eau sur le glaçon.
  - Comparer la force d'Archimède exercée par l'eau sur le glaçon au poids du liquide déplacé.
  - Comparer le volume déplacé au volume du glaçon.
  - Que se passe-t-il si on plonge le glaçon dans l'eau salée ?

8. On réalise l'expérience ci-dessous avec le même morceau de pâte à modeler.



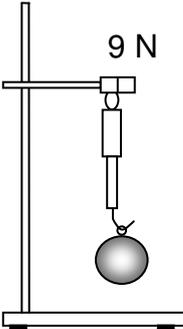
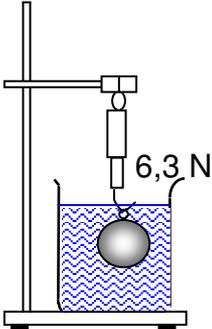
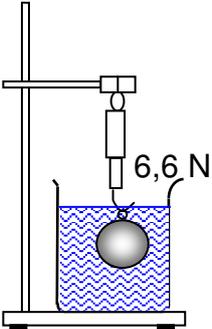
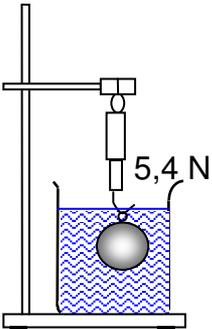
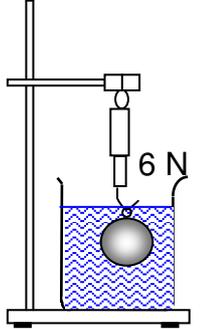
Explique les différentes étapes de l'expérience.

Pourquoi la pâte à modeler flotte-t-elle dans l'expérience c) alors qu'elle coule dans l'expérience b) ?

9. On a réalisé les expériences suivantes avec des liquides différents et le même objet.

Les liquides employés sont l'eau, l'alcool, l'eau salée et l'huile.

Sachant que  $\rho_{\text{alcool}} < \rho_{\text{huile}} < \rho_{\text{eau}} < \rho_{\text{eau salée}}$  attribue aux expériences 2, 3, 4 et 5 le liquide utilisé.

Expérience 1 liquide :	Expérience 2 liquide :	Expérience 3 liquide :	Expérience 4 liquide :	Expérience 5 liquide :
				

**Durée prévue pour cette activité:  
2 périodes.**

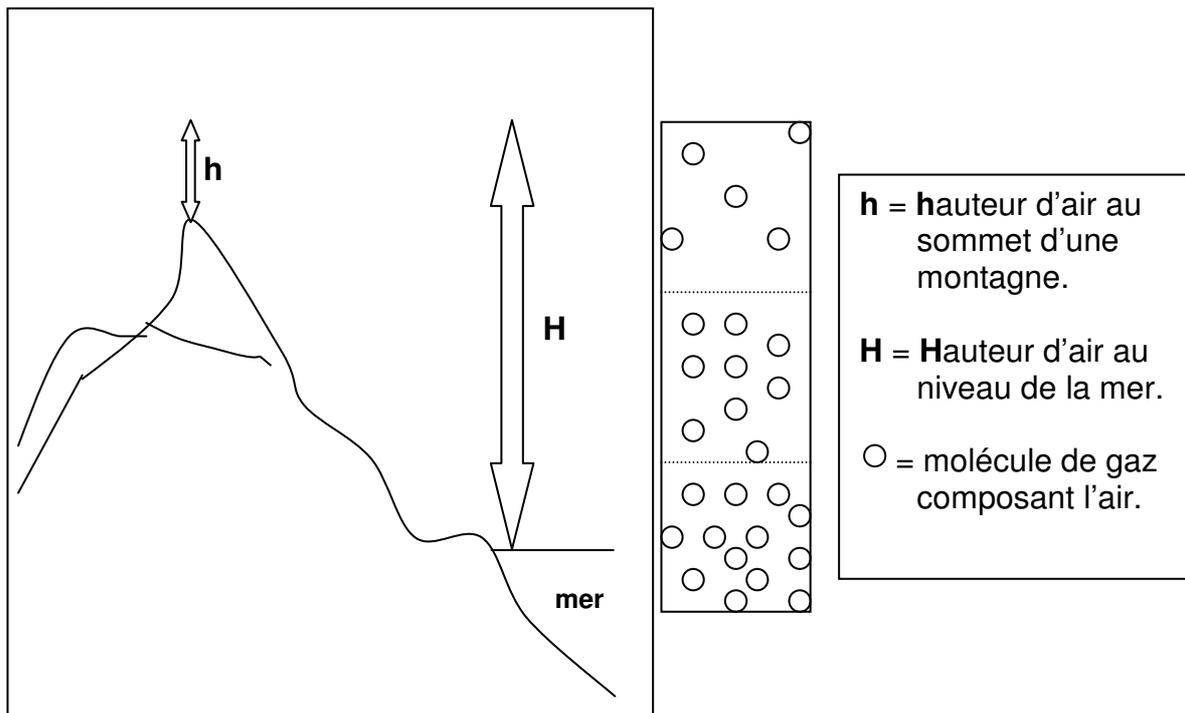
## Complément : Évolution des modèles «gaz» et «liquide»

Les activités précédentes, réalisées sur le thème de la force d'Archimède, débouchent inmanquablement sur une remise en cause des modèles qui rendent compte des états de la matière. Tout au moins, à ce niveau-ci, convient-il de revoir le modèle de l'état liquide à la lumière des acquis nouveaux.

### Modèle "gaz".

Il peut être maintenu tel quel.

Exemple : pression atmosphérique.



### Modèle "liquide".

Il doit être amélioré car il faut que les élèves construisent un modèle leur permettant de comprendre et de relier ce modèle aux nouvelles notions développées lors de l'étude de la force d'Archimède.

Exemple : Pourquoi la pression hydrostatique augmente-t-elle avec la profondeur ?

**Matériel :**

- 1 bouteille percée de 3 trous ;
- papier collant ;
- eau.

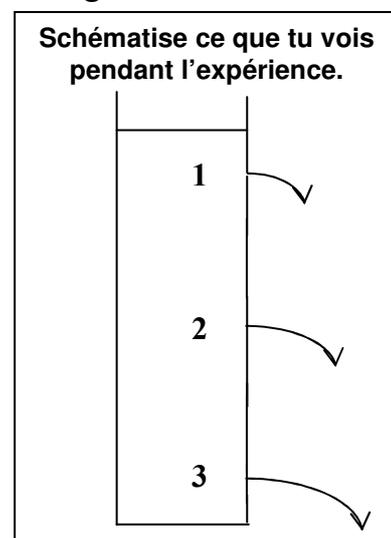
#### Mode opératoire :

- boucher les trous à l'aide de papier collant ;
- remplir la bouteille d'eau ;
- enlever rapidement le papier collant.

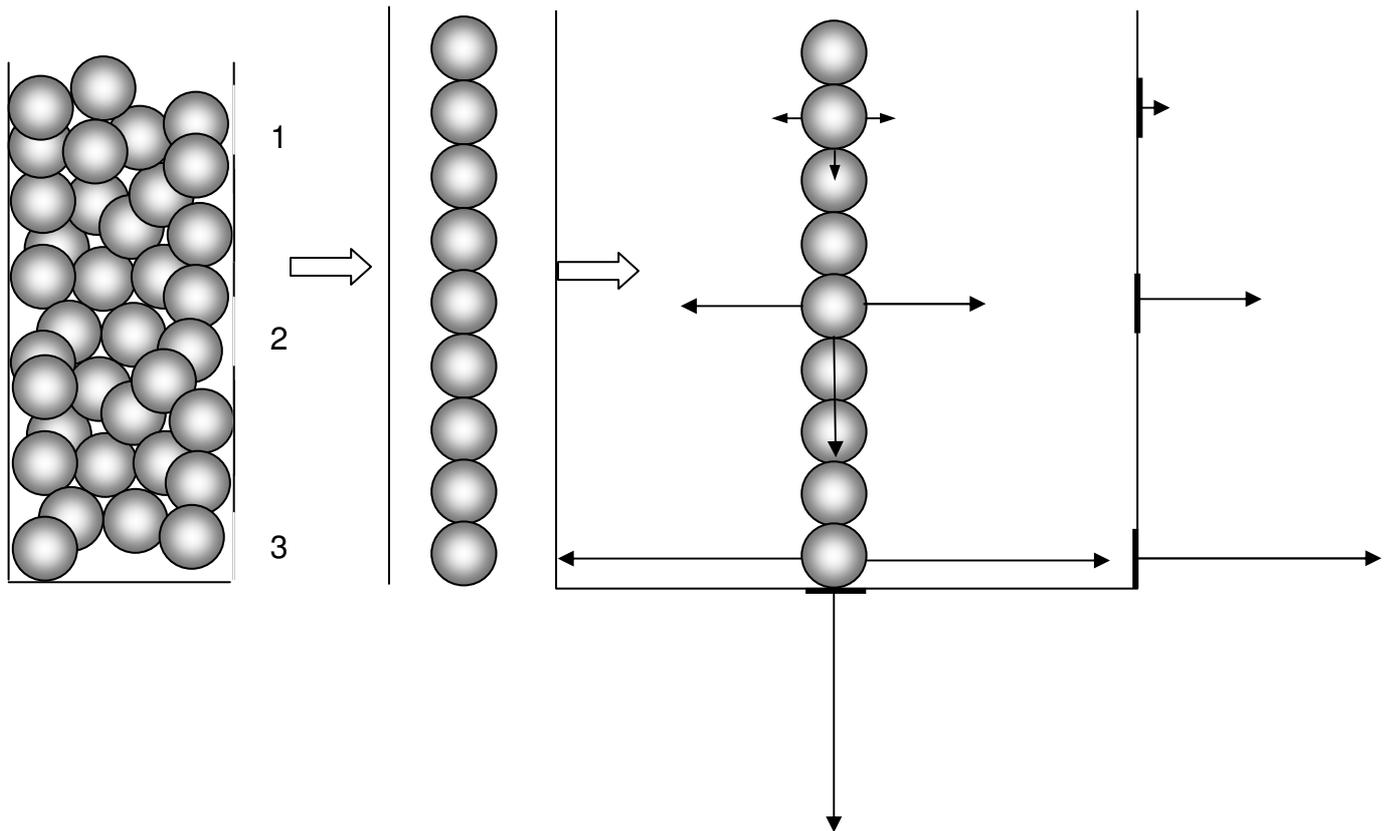
#### Constataion :

Les jets sortent perpendiculairement à la paroi de la bouteille :

- le jet n°1 est plus faible que le jet n°3 ;
- le jet n°3 est plus grand car la hauteur de la colonne d'eau est plus grande.



### Modélisation de cette expérience



### Prototype proposé par le Centre technique et pédagogique à Frameries :

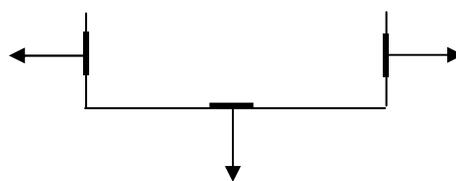
Le modèle est constitué par un cylindre plein en PVC fixé par une tige en aluminium et une vis à un anneau cylindrique élastique en inox. Le cylindre en PVC peut être remplacé par une bille; cette bille est alors collée à un anneau cylindrique en plastique (tranche de bouteille).



"La pression augmente avec la profondeur"



"Transmission de la pression"



### Modèle construit à l'aide de billes :

la pression augmente sous l'effet de la gravité, au fur et à mesure que la profondeur augmente.



### Matériel mis en œuvre :

- "ouatine" : feutre servant de filtre dans une hotte de cuisine ;
- boîte en bois dont la face frontale est en Plexiglas et dont la paroi droite est tapissée de "ouatine"; la base carrée mesure 4,5 cm sur 4,5 cm et la hauteur mesure 35 cm ;
- cinq carrés de "ouatine";
- un carré forme le fond de la boîte ;
- cinq couches formées de 27 billes de diamètre environ 1,5 cm séparées par un carré de ouatine

\* \* \*