

Série « Sciences et technologies de la santé et du social »

Cycle terminal

Projet de document d'accompagnement - Sciences physiques et chimiques -

Ce document peut être utilisé librement dans le cadre des activités de l'enseignement scolaire, de la formation des professeurs et de l'organisation des examens.

Toute reproduction, même partielle, à d'autres fins ou dans une nouvelle publication, est soumise à l'autorisation du directeur général de l'Enseignement scolaire.

Juillet 2007

Sciences physiques et chimiques

Cycle terminal de la série ST2S

Outils pour la mise en œuvre des programmes 2007

SOMMAIRE

1. Présentation d'ensemble du programme	
▪ tableaux synoptiques	page 3
▪ suppressions, ajouts, transferts	page 4
2. Exemples de progressions	page 6
- en première :	
▪ en physique	page 7
▪ en chimie	page 9
- en terminale :	
▪ en physique	page 11
▪ en chimie	page 13
3. Précisions sur les niveaux taxonomiques ; exemples d'activités	
- en première :	
▪ en physique	page 16
▪ en chimie.....	page 21
- en terminale :	
▪ en physique	page 26
▪ en chimie.....	page 32
4. Développement des pistes d'activités	
- La sécurité au cours des séances expérimentales	page 37
- Pistes d'activités en première :	
▪ en physique	page 38
▪ en chimie.....	page 44
- Pistes d'activités en terminale :	
▪ en physique	page 47
▪ en chimie.....	page 53
5. Des liens avec les autres disciplines	page 59
6. Liens avec le B2i-lycée	page 61
7. Autour de l'histoire des sciences	page 63
8. Le travail personnel des élèves	page 92
9. Des compléments didactiques	page 93

10. Guide d'équipement	page 102
11. Des ressources muséographiques	page 108
12. À propos des activités interdisciplinaires	page 111

Les numéros indiqués pour chaque partie du programme reprennent ceux mentionnés dans les BO hors série n° 2 du 26 octobre 2006 - volume 18 (classe de première) et dans l'encart du n° 14 du 5 avril 2007 (classe de terminale) :

- **physique première (1, 2 et 3)**
- **chimie première (7, 9 et 11)**
- **physique terminale (4, 5 et 6)**
- **chimie terminale (8, 10 et 12)**

En physique, les parties de programmes sont indépendantes (sauf les parties 2 et 5), ce qui justifie les numérotations progressives de la 1^{ère} à la terminale, tandis qu'en chimie, les parties 7 et 8, 9 et 10, 11 et 12 se complètent.

1. Présentation d'ensemble du programme

Ce nouveau programme permet :

- **de renforcer** les liens avec la biologie et la physiopathologie humaines (réflexion totale et fibroscopie...)
- **d'alléger** les parties non indispensables (relations de conjugaison, microscope, thermodynamique des fluides...)
- **d'ouvrir** sur des sujets d'actualité (les sons et l'oreille, la sécurité routière, l'EDD)
- **de développer** la culture scientifique (activités documentaires et maîtrise de la langue)
- **de contribuer** à la maîtrise des Tice (B2i lycée)
- **de compléter** la formation scientifique (cinétique réactionnelle, acides et bases, énergie cinétique).

Tableaux synoptiques

PHYSIQUE – CLASSE DE PREMIÈRE	
1- La vision	- L'œil : système optique - Les lentilles minces - L'œil réduit. Certains défauts et leurs corrections - Réflexion totale ; fibroscopie
2- Les ondes au service de la santé	- Les radiations électromagnétiques visibles - IR, UV, rayons X - Sons et ultrasons - Analogies et différences entre radiographie, scanner, échographie
3- Applications de l'électricité dans le domaine de la santé	- Sécurité des personnes et des appareils - Électricité au service de la médecine - Puissance et énergie électriques

CHIMIE – CLASSE DE PREMIÈRE	
7- Les molécules organiques dans le domaine de la santé	- Le lait et ses constituants - Étude de quelques groupes caractéristiques en chimie organique - Quelques notions sur les glucides
9- Introduction aux acides et aux bases	- Définitions - Présentation des acides et des bases
11- Antiseptiques et désinfectants	- Quelques antiseptiques et désinfectants courants ; leurs usages - Oxydoréduction en solution aqueuse - Action oxydante des antiseptiques et désinfectants usuels - Notion succincte de cinétique réactionnelle

PHYSIQUE – CLASSE DE TERMINALE	
4- Pression et circulation sanguine	- Pression - Tension artérielle - Écoulement des liquides
5- Physique et aide aux diagnostics médicaux	- Ondes électromagnétiques et corpuscule associé : le photon - La médecine nucléaire - Champ magnétique
6- Énergie cinétique et sécurité routière	- Travail d'une force - Définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation ; unité ; théorème de l'énergie cinétique - Applications

CHIMIE – CLASSE DE TERMINALE	
8- Des molécules de la santé	- L'aspartame - Les acides aminés - Liaison peptidique - Les esters
10- Acides et bases dans les milieux biologiques	- Acides faibles et bases faibles en solution aqueuse - Saponification
12- Solutions aqueuses d'antiseptiques	- Oxydoréduction en chimie organique. - Dosages d'oxydoréduction

Suppressions, ajouts et transferts

PHYSIQUE – CLASSE DE PREMIÈRE		
	Suppressions <i>Transfert de Première en Terminale</i>	Ajouts <i>Transfert de Terminale en Première</i>
La vision	- Images données par une lentille mince divergente - Relation de conjugaison - Construire la marche d'un pinceau lumineux issu d'un objet - Notion d'image virtuelle - focométrie - Application : projecteur de diapositive - Principe du microscope	- Astigmatisme (très rapide) - Connaître le rôle de la cornée et de l'humeur vitrée (très rapide) - Réflexion totale. Fibroscopie
Les ondes au service de la santé	- Principe de l'oscilloscope, de la télévision - <i>Radioactivité et applications</i>	- Courbe d'absorption - <i>IR</i> - Applications médicales : liste plus complète - Luminothérapie - Importance de la couche d'ozone - Oreille (intensité acoustique) - Sons et protection de l'audition
Applications de l'électricité dans le domaine de la santé	- Chauffage électrique ; effet joule - Loi d'additivité des puissances électriques	- Sécurité des personnes et des appareils (beaucoup plus développée) - Électrisation et électrocution, classe des appareils - Électricité au service de la médecine (électrocardiogramme, électroencéphalogramme, électrochoc, électrophorèse)

CHIMIE – CLASSE DE PREMIÈRE		
	Suppressions <i>Transfert de Première en Terminale</i>	Ajouts <i>Transfert de Terminale en Première</i>
Les molécules organiques dans le domaine de la santé	<ul style="list-style-type: none"> - Éléments du corps humain - <i>Oxydation des alcools</i> - Acide lactique (seulement utilisé à titre d'illustration) - <i>Biomatériaux</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe caractéristique amine primaire - Aspect énergétique des transformations chimiques
Introduction aux acides et aux bases		Beaucoup plus développée <ul style="list-style-type: none"> - Définitions : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$, produit ionique de l'eau, solutions acide, basique, neutre - Notions d'acides et de bases forts et faibles - Théorie de Brønsted - Exemples de couples - Dilution
Antiseptiques et désinfectants	<ul style="list-style-type: none"> - Classification qualitative des couples oxydant/réducteur - Écriture des demi-équations des couples d'antiseptiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Notion succincte de cinétique réactionnelle

PHYSIQUE – CLASSE DE TERMINALE		
	Suppressions <i>Transfert de Terminale en Première</i>	Ajouts <i>Transfert de Première en Terminale</i>
Pression et circulation sanguine	Cette étude est allégée (loi de Poiseuille...)	<ul style="list-style-type: none"> - Piqûre intraveineuse - Paliers de décompression (pressions partielles)
Physique et diagnostics médicaux	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Radiations UV et IR</i> - <i>Les rayons X</i> 	
Énergie cinétique et sécurité routière		<ul style="list-style-type: none"> - Travail d'une force - Définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation. - Théorème de l'énergie cinétique appliqué à un solide en translation

CHIMIE – CLASSE DE TERMINALE		
	Suppressions <i>Transfert de Terminale en Première</i>	Ajouts <i>Transfert de Première en Terminale</i>
Des molécules de la santé		- <i>Biomatériaux</i>
Des acides et des bases dans les milieux biologiques		- Acides et bases faibles en solution aqueuse : pKa, courbes de dosage pH-métrique, solutions tampon
Solutions aqueuses d'antiseptiques et de désinfectants	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stabilité de l'eau oxygénée</i> - Eau de Javel (Préparation et degré chlorométrique) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Oxydation ménagée des alcools</i> - Test de Fehling des sucres réducteurs

2. Exemples de progressions

Les programmes de la série précisent les connaissances ordonnées à acquérir. La présentation n'induit en aucun cas une chronologie d'enseignement, mais une simple mise en ordre cohérente des concepts.

Les propositions suivantes sont des progressions qui intègrent les heures de cours et les séances de travaux pratiques ou d'activités documentaires ainsi que les durées réservées aux évaluations sommatives. Il est à noter que les proportions horaires sont :

- 60 % de chimie
- 40 % de physique

Cette progression traduit une possibilité de déroulement chronologique. D'autres sont envisageables à condition que l'avancement d'ensemble soit cohérent et réponde aux besoins des autres disciplines.

L'une des nouveautés de ce programme est la création de **travaux pratiques en terminale**. Il est préférable d'effectuer une heure de TP toutes les semaines plutôt que deux heures par quinzaine (une séance de deux heures par quinzaine ne saurait être envisagée que si les deux groupes de la classe suivent cette séance la **même** semaine, le **même** jour).

Ces séances sont l'occasion de poursuivre l'acquisition de capacités expérimentales compte tenu de la spécificité de notre discipline. Elles facilitent l'acquisition de connaissances et de savoir-faire à travers la mise en œuvre d'expériences. Il est souhaitable en terminale comme en première d'intégrer cette composante dans l'évaluation à travers quelques comptes rendus individuels de TP, qui contribuent à la maîtrise de la langue, et en observant les élèves en situation d'expérimentation avec quelques items explicites.

Les activités documentaires sont importantes en vue de la poursuite d'étude ; elles permettent notamment une meilleure maîtrise de la langue, à l'écrit et à l'oral. Elles peuvent donner lieu à validation de compétences du B2i-lycée si les élèves effectuent eux-mêmes une recherche.

PARTIE PHYSIQUE

Horaire : ce programme est établi sur la base de 12 semaines : 18 h en classe entière et 12 séances de T.P. de 1,5 h.

Le choix des thèmes abordés dans cette classe est en relation directe avec les finalités de la série. Il privilégie le lien avec le monde médical : vision, ondes et santé, électricité et santé.

1) La vision : environ 12 heures (4 semaines)

L'objectif est d'expliquer le fonctionnement de l'œil, ses principales pathologies et leurs corrections.

La fibroscopie permet de visualiser certaines parties internes du corps.

2) Les ondes au service de la santé : environ 12 heures (4 semaines)

Il s'agit de donner aux élèves une explication simplifiée des phénomènes physiques qui interviennent dans les examens médicaux et les moyens thérapeutiques : LASER, luminothérapie...

3) Applications de l'électricité dans le domaine de la santé : environ 12 heures (4 semaines)

L'électricité est abordée sous trois angles : la sécurité, l'aspect biomédical et l'aspect énergétique.

<i>Progression du cours de physique (chaque case correspond à 1 h)</i>	<i>Activités expérimentales ou documentaires (certaines cases proposent plusieurs activités au choix)</i>
1. LA VISION <i>Environ 12 h sur 4 semaines : 6 h en classe entière et 6 h en demi-groupe</i>	
1.1 L'œil : système optique - Présenter les parties (pupille, cristallin, rétine) et expliquer leur rôle	TP - Comment distinguer les lentilles convergente et divergente ? (effet sur un faisceau) ; mesure de la distance focale - Image d'un objet à travers une lentille convergente ; grandissement ; construction
1.2 Les lentilles minces - Centre optique, foyers des lentilles minces convergentes et divergentes - Lentilles minces convergentes	
1.3 Œil réduit ; certains défauts et leurs corrections - Œil réduit - Vision d'un œil normal PP et PR - Accommodation - Myopie, hypermétropie, presbytie	
1.4 Réflexion totale ; fibroscopie	TP - Comment fonctionne un fibroscope ?
ÉVALUATION	

2. LES ONDES AU SERVICE DE LA SANTÉ

Environ 12 h sur 4 semaines :

6 h en classe entière et 6 h en demi-groupe

2.1 <u>Les radiations électromagnétiques visibles</u> - Domaine. Les différents domaines des ondes électromagnétiques ; approche historique	TP - Décomposition de la lumière (prisme ; réseau) ; courbe d'absorption (spectrophotomètre)
2.2 <u>IR, UV, rayons X</u> - Sources et nature des rayonnements - Applications des différents types de radiations électromagnétiques	Activité documentaire - <i>Comment se protéger des UV ?</i> <i>Analyse argumentée de documents sur la couche d'ozone</i>
2.3 <u>Sons et ultrasons</u> - Nature et propriétés : absorption et réflexion - L'oreille : récepteur acoustique - Nuisances sonores, protection de l'audition	TP - Quelle est la différence entre l'absorption et la réflexion ? Application à l'échographie
	Activité documentaire 2.4 <u>Analogie et différences entre radiographie, scanner, échographie</u> <i>-Quelques techniques d'imagerie médicale</i>
ÉVALUATION	

3. APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Environ 12 h sur 4 semaines :

6 h en classe entière et 6 h en demi-groupe

3.1 <u>Sécurité des personnes et des appareils</u> - Prise de courant - Notion de classe - Électrisation et électrocution	TP - tension alternative : tension maximale, tension efficace, période, fréquence (oscilloscope et multimètre)
3.2 <u>Électricité au service de la médecine</u> - Porteurs de charges, électrophorèse	TP - Autour de la sécurité électrique (maquette...)
3.3 <u>Puissance et énergie électriques</u> - Rappels sur puissance et énergie - Puissance électrique consommée par des appareils domestiques et médicaux	Activité documentaire - <i>Principe de l'électrophorèse ; tension et applications (électrocardiogramme, électroencéphalogramme, électrochoc)</i> TP - Puissance électrique consommée en lien avec les grandeurs nominales (appareils résistifs) - Consommation électrique (fiches techniques, facture EDF)
ÉVALUATION	

PARTIE CHIMIE

Horaire : ce programme est établi sur la base de 17 semaines : 26 h en classe entière et 17 séances de T.P. de 1,5 h.

En chimie, le programme comprend trois parties :

7) Des molécules organiques dans le domaine de la santé : environ 21 heures (7 semaines)

A partir des molécules rencontrées dans le lait, on étudie quelques groupes caractéristiques présents dans d'autres molécules organiques (glucose, acide lactique). Quelques notions sur les glucides sont également abordées.

9) Introduction aux acides et aux bases : environ 12 heures (4 semaines)

Il s'agit de familiariser les élèves avec les notions d'acides et de bases forts et faibles. La théorie de Brønsted permet l'introduction de la notion de couple acido-basique.

11) Antiseptiques et désinfectants : environ 18 heures (6 semaines).

Quelques connaissances d'oxydoréduction permettent d'interpréter le mode d'action des antiseptiques et des désinfectants. Les conditions d'application et les règles de sécurité relatives à l'utilisation des antiseptiques et des désinfectants sont également soulignées.

<i>Progression du cours de chimie (chaque case correspond à 1 heure)</i>	<i>Activités expérimentales ou documentaires (certaines cases proposent plusieurs activités au choix)</i>
7. LES MOLÉCULES ORGANIQUES DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ <i>Environ 21 heures sur 7 semaines : 11 h en classe entière et 7 h en demi-groupe</i>	
7.1 Le lait et ses constituants - Principaux constituants du lait - Tests de reconnaissance de quelques espèces présentes dans le lait	TP - Tests de reconnaissance de quelques espèces présentes dans le lait
7.2 Étude de quelques groupes caractéristiques en chimie organique - Rappels sur la structure électronique des atomes C, H, O, N - Introduction aux chaînes carbonées avec les alcanes - Groupes caractéristiques	TP - Construction de modèles moléculaires éclatés ; utilisation de logiciels spécifiques - Tests de reconnaissance de quelques groupes caractéristiques
ÉVALUATION 30 minutes	
7.3 Quelques notions sur les glucides - Classement succinct des glucides - Reconnaissance des groupes caractéristiques dans les modèles moléculaires de quelques glucides simples - Transformation enzymatique et en milieu acide du lactose - Solubilité dans l'eau des glucides - Liaisons polarisées et polarité de la molécule d'eau - Différenciation expérimentale des aldéhydes et des cétones - Aspect énergétique des transformations chimiques	Activité documentaire - Documentation sur la toxicité du méthanol et de l'éthanol ; taux d'alcoolémie ; exemples de molécules de la vie quotidienne et de la biochimie TP - Préparation d'une solution de concentration molaire apportée imposée (dissolution et dilution) - Modèles moléculaires du glucose et du galactose (formes ouvertes), et reconnaissance des groupes caractéristiques présents - Hydrolyse et synthèse de l'amidon - Transformation des glucides pendant la panification (hydrolyse enzymatique de l'amidon par l'amylase, hydrolyse du maltose) Activité documentaire Documentation sur les résultats d'une analyse médicale (diabète, obésité)
EVALUATION 30 minutes	

9. INTRODUCTION AUX ACIDES ET AUX BASES

Environ 12 h sur 4 semaines :

6 h en classe entière et 6 h en demi-groupe

9.1 Définitions <ul style="list-style-type: none">- Définition et notation d'une concentration- $[H_3O^+] = 10^{-pH}$- Mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre- Solutions acide, basique, neutre	TP <ul style="list-style-type: none">- Mesure du pH (pH-mètre, papier pH et indicateurs colorés)
9.2 Présentation des acides et des bases <ul style="list-style-type: none">- Théorie de Brønsted : acide, base et couple acido-basique- Exemples de couples- Réalisations de solutions acides et basiques de concentrations connues à partir d'une solution mère et mesures de pH- Réalisations de solutions acides et basiques de concentrations connues à partir d'une solution mère et mesures de pH- Influence qualitative de la dilution sur le pH	TP <ul style="list-style-type: none">- Réalisation de solutions acides et basiques à partir de solutions mères ; influence qualitative de la dilution sur le pH- Mesure du pH de solutions aqueuses de même concentration et de même température (acide chlorhydrique et acétique, soude et solution ammoniacale, polyacide, polybase)- Couples acido-basiques Manque de TP ou activités doc
ÉVALUATION	

11. ANTISEPTIQUES ET DÉSINFECTANTS

Environ 18 h sur 6 semaines :

9 h en classe entière et 9 h en demi-groupe

11.1 Quelques antiseptiques et désinfectants courants : leurs usages <ul style="list-style-type: none">- Principes actifs des antiseptiques et des désinfectants usuels- Quelques antiseptiques et désinfectants courants : leurs usages	Activité documentaire <ul style="list-style-type: none">- Analyse d'étiquettes et de notices de « produits » pharmaceutiques
11.2 Oxydoréduction en solution aqueuse <ul style="list-style-type: none">- Oxydoréduction en solution aqueuse- Oxydoréduction en solution aqueuse (suite)- Oxydoréduction en solution aqueuse (suite)	TP <ul style="list-style-type: none">- Tests de reconnaissance d'ions métalliques ; exemples de réactions entre un métal et un ion métallique- Action d'un acide à anion non oxydant sur un métal
11.3 Action oxydante d'antiseptiques et de désinfectants usuels <ul style="list-style-type: none">- Equations d'oxydoréduction mettant en jeu les antiseptiques et désinfectants usuels- Applications et sécurité	TP <ul style="list-style-type: none">- Propriétés oxydantes d'une solution de permanganate de potassium, d'eau oxygénée, de diiode et d'eau de Javel
11.4 Notion succincte de cinétique réactionnelle <ul style="list-style-type: none">- Facteurs qui influencent l'avancement d'une réaction chimique- Définition d'un catalyseur- Différents types de catalyse	TP <ul style="list-style-type: none">- Mise en évidence expérimentale des facteurs influençant la rapidité d'obtention de l'état final- Catalyse. Dismutation de l'eau oxygénée en présence de platine (mousse ou fil), Fe^{2+} ou Fe^{3+}, à chaud, à froid, en présence de catalase
ÉVALUATION	

PARTIE PHYSIQUE

Horaire : ce programme est établi sur la base de 12 semaines : 24 h en classe entière et 12 séances de T.P. de 1 h.

En physique, le programme comprend trois parties :

4) La circulation sanguine (pression, tension artérielle, écoulement des fluides ; partie traitée en harmonie avec le cours de biologie) : environ 12 heures (4 semaines). L'objectif est d'exploiter des lois fondamentales pour faire ressortir les paramètres intervenant dans l'explication des phénomènes physiologiques importants.

5) Physique et aide aux diagnostics médicaux (ondes électromagnétiques, médecine nucléaire, champ magnétique ; partie traitée en harmonie avec la physiopathologie) : environ 15 heures (5 semaines). Il s'agit ici de donner aux élèves une explication simplifiée des phénomènes physiques qui interviennent dans les examens médicaux et les moyens thérapeutiques : scintigraphie, IRM ...

6) Énergie cinétique et sécurité routière dans le but de contribuer à la formation du citoyen vis-à-vis de la sécurité routière et de donner une ouverture scientifique en vue d'une poursuite d'étude : environ 9 heures (3 semaines).

Horaire : ce programme est établi sur la base de 17 semaines : 34 heures en classe entière et 17 séances de TP ou de TD de 1 heure.

<i>Progression du cours de physique (chaque case correspond à 1 h)</i>	<i>Activités expérimentales ou documentaires (certaines cases proposent plusieurs activités au choix)</i>
4. PRESSION ET CIRCULATION SANGUINE <i>Environ 12 h sur 4 semaines : 8 h en classe entière et 4 h en demi-groupe</i>	
4.1 Pression - Représentation d'une force - Force pressante - Force pressante et pression	TP - Pression et force pressante
4.2 Tension artérielle - Masse volumique ; densité - Pression en un point d'un liquide en équilibre - Loi fondamentale de la statique des fluides - Etude de la tension artérielle : définition, étude des variations de la tension artérielle dans le corps humain, principe de la perfusion	TP - Masses volumiques et densités - Loi fondamentale de la statique des fluides Activité documentaire - <i>Pression et plongée</i>
ÉVALUATION	
4.3 Écoulement des liquides - Débit en volume - Débit en volume (suite)	TP - Etude de l'écoulement des liquides visqueux Activité documentaire - <i>Résistance vasculaire et circulation sanguine</i>

5. PHYSIQUE ET AIDE AUX DIAGNOSTICS MÉDICAUX

Environ 15 h sur 5 semaines :
10 h en classe entière et 5 h en demi-groupe

<p>5.1 Ondes électromagnétiques et corpuscule associé : le photon</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les différents domaines des ondes électromagnétiques ; approche historique <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Célérité de la lumière ; Le photon : $E = h \cdot \nu = \frac{hc}{\lambda}$ 	<p>Activité documentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Approche historique - Dangers des rayonnements
ÉVALUATION	
<p>5.2 Médecine nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constitution du noyau ; Isotopes - Radioactivités α, β (β^-, β^+), lois de conservation, désexcitation (rayonnement γ et énergie du photon associé) <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Radioactivités α, β (β^-, β^+) (suite) - Décroissance des éléments radioactifs, période (demi-vie), activité. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Dose absorbée et équivalent de dose - Effets des désintégrations radioactives, leurs dangers et les moyens de protection - Utilisation de la radioactivité : scintigraphie, traceur, radiothérapie 	<p>TP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Étude de la décroissance du radon - Étude de la radioactivité naturelle <p>Activité documentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Approche historique - Importance et conséquences de l'activité et de la période des échantillons radioactifs : gestion des déchets médicaux et industriels
<p>5.3 Champ magnétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Champ magnétique créé par un aimant et par un solénoïde parcouru par un courant continu - Vecteur champ magnétique (lignes de champ, spectre magnétique) - Création d'un champ magnétique intense : électroaimant ; intérêt dans l'instrumentation médicale 	<p>TP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Champ magnétique et spectres <p>Activité documentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - IRM, principe, intérêt et précautions
ÉVALUATION	

6. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Environ 9 h sur 3 semaines :
6 h en classe entière et 3 h en demi-groupe

<p>6.1 Travail d'une force</p> <ul style="list-style-type: none"> - Travail d'une force vectoriellement constante au cours d'un déplacement rectiligne entre 2 points - Travail du poids <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Travail du poids (suite) 	
<p>6.2 Définition de l'énergie cinétique ; théorème</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définition de l'énergie cinétique - Énoncé du théorème 	<p>TP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Théorème de l'énergie cinétique (chute libre)
<p>6.3 Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chute libre - Sécurité routière : distance de freinage, distance d'arrêt avec influence du facteur route mouillée 	<p>TP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Application du théorème de l'énergie cinétique à la sécurité routière (rail à coussin d'air horizontal, table) ; logiciels de simulation <p>Activité documentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Influences de différents facteurs (alcoolémie, drogues et médicaments, téléphone portable ...) sur le temps de réaction au freinage
ÉVALUATION	

PARTIE CHIMIE

En chimie, le programme comprend trois parties :

8) Des molécules de la santé. (Partie traitée en harmonie avec le cours de biologie : synthèse des protéines, cellules, chromosomes, gènes) : environ 24 heures (8 semaines).

10) Acides et bases dans les milieux biologiques. (Partie traitée en harmonie avec le cours de biologie : transport de CO₂; facteurs modulant l'affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène; respiration) : environ 15 heures (5 semaines).

12) Solutions aqueuses d'antiseptiques : environ 12 heures (4 semaines).

<i>Progression du cours de chimie (chaque case correspond à 1 heure)</i>	<i>Activités expérimentales ou documentaires (certaines cases proposent plusieurs activités au choix)</i>
8. DES MOLÉCULES DE LA SANTÉ <i>Environ 24 h sur 8 semaines 16 h en classe entière et 8 h en demi-groupe</i>	
8.1 L'aspartame - Groupes caractéristiques présents dans la molécule - Aspartame (suite) : présentation des groupes amide et Amine - Aspartame (suite) : DJA	TP - Modèles moléculaires Activité documentaire - <i>Aspartame-diabète-DJA</i>
8.2 Acides aminés - Formule générale ; exemples - Carbone asymétrique ; chiralité - Représentation de Fischer	TP - Hydrolyse de l'aspartame; modèles moléculaires d'acides aminés
ÉVALUATION	
8.3 Liaison peptidique - Synthèse d'un dipeptide - La liaison peptidique: polypeptides et protéines - La liaison peptidique : polypeptides et protéines (suite)	TP - Synthèse du paracétamol ; modèle moléculaire de la liaison peptidique (planéité et hélice-feuillet possibles, logiciel) TP et activité documentaire - Synthèse d'un nylon (polyamide artificiel du même type qu'un polypeptide) ; <i>documents sur l'albumine, l'insuline</i>
8.4 Les esters - Groupe caractéristique ; nomenclature - Estérification ; hydrolyse d'un ester - Glycérol, acides gras, triglycérides - Glycérol, acides gras, triglycérides (suite) - Exemples de polyesters : biomatériaux, polymérisation de l'acide lactique par polycondensation. Polymères biodégradables, polysaccharides, acides nucléiques (ADN et ARN)...	TP - Réaction d'estérification ; étude de l'équilibre estérification-hydrolyse d'un ester Activité documentaire - <i>Triglycérides et santé</i> - <i>(Phospholipides)</i>
ÉVALUATION	

10. ACIDES ET BASES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES

Environ 15 h sur 5 semaines

10 h en classe entière et 5 h en demi-groupe

10.1 Acides faibles et bases faibles en solution aqueuse <ul style="list-style-type: none">- Constante d'acidité ; pKa ; couple acido-basique- Réaction acide-base ; définition de l'équivalence- Exploitation du TP d'un dosage pHmétrique- Domaines de prédominance- Solution tampon introduite à partir d'une courbe de dosage et d'expériences- Solution tampon introduite à partir d'une courbe de dosage et d'expériences (suite)	TP <ul style="list-style-type: none">- Rappels sur le pH ; mesure du pH de différentes solutions- Dosages pHmétriques acide fort-base forte- Dosages pHmétrique et colorimétrique acide faible-base forte ou base faible-acide fort ; exploitation- Dosage d'un produit domestique ou alimentaire (degré d'un vinaigre, degré Dornic d'un lait, titre alcalimétrique complet d'une eau, déboucheur, détartrant, aspirine ...)
EVALUATION	
10.2 Saponification <ul style="list-style-type: none">- Formule d'un savon ; saponification- Exploitation du TP ; rendement- Mode d'action d'un savon	TP <ul style="list-style-type: none">- Synthèse d'un savon Activité documentaire <ul style="list-style-type: none">- <i>Micelles, liposomes. Travaux de Chevreul. Pollution engendrée par un savon (EDD)</i>

12. SOLUTIONS AQUEUSES D'ANTISEPTIQUES

Environ 12 h sur 4 semaines

8 h en classe entière et 4 h en demi-groupe

12.1 Oxydoréduction en chimie organique <ul style="list-style-type: none">- Classe des alcools, groupes caractéristiques des composés carbonylés- Oxydation ménagée des alcools- Dérivés carbonylés ; tests- Exploitation du TP aldéhyde cétone sucres	TP <ul style="list-style-type: none">- Oxydation ménagée des alcools- Aldéhydes, cétones, sucres
12.2 Dosage d'oxydoréduction <ul style="list-style-type: none">- L'eau oxygénée : dismutation ; titre en volumes- Exploitation du TP : dosage de I_2 par $S_2O_3^{2-}$- Exploitation du TP : dosage de H_2O_2 par manganimétrie	TP <ul style="list-style-type: none">- Dosage de I_2 par $S_2O_3^{2-}$- Dosage de H_2O_2 par manganimétrie
EVALUATION	

3. Précisions sur les niveaux taxonomiques - Exemples d'activités

Niveaux taxonomiques

Pour familiariser les enseignants de physique-chimie aux niveaux taxonomiques, le document qui suit, en trois colonnes, explicite les exigences correspondantes pour chacun des points du programme de façon exhaustive et limitative. Pour mémoire, ils sont présentés dans l'introduction des programmes de première (BO hors série n° 2 du 26 octobre 2006).

Le degré d'approfondissement est présenté sous la forme d'une taxonomie à quatre niveaux :

1 - Niveau d'information

Le contenu est relatif à l'appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet. Les réalités sont montrées sous certains aspects de manière partielle ou globale. Ceci peut se résumer par la formule "*l'élève en a entendu parler et sait où trouver l'information*". Il n'y a pas d'évaluation envisageable à l'examen pour les savoirs situés à ce niveau d'approfondissement.

2 - Niveau d'expression

Le contenu est relatif à l'acquisition de moyen d'expression et de communication permettant de définir et utiliser les termes composant la discipline. Le "savoir" est maîtrisé. Ceci peut se résumer par la formule "*l'élève sait en parler*".

3 - Niveau de maîtrise des outils

Le contenu est relatif à la maîtrise de procédés et d'outils d'étude ou d'action (lois, démarches, actes opératifs, ...) permettant d'utiliser, de manipuler des règles, des principes ou des opérateurs techniques en vue d'un résultat à atteindre.

Il s'agit de maîtriser un "savoir-faire". Ceci peut se résumer par la formule "*l'élève sait faire*".

4 - Niveau de maîtrise méthodologique

Le contenu est relatif à la maîtrise d'une méthodologie d'énoncé et de résolution de problèmes en vue d'assembler et organiser les éléments d'un sujet, identifier les relations, raisonner à partir de celles-ci, décider en vue d'un but à atteindre.

Il s'agit de maîtriser une démarche. Ceci peut se résumer par la formule "*l'élève maîtrise la méthode*".

Chacun de ces niveaux englobe les précédents.

1	l'élève en a entendu parler et sait où trouver l'information
2	l'élève sait en parler
3	l'élève sait faire
4	l'élève maîtrise la méthode.

Les numéros indiqués pour chaque partie du programme reprennent ceux mentionnés dans le BO :

- physique première (1, 2 et 3)
- chimie première (7, 9 et 11)
- physique terminale (4, 5 et 6)
- chimie terminale (8, 10 et 12)

Ces pistes d'activités ne correspondent qu'à des possibilités dans le déroulement chronologique.

1. LA VISION		
<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
1.1 L'œil : système optique	Niveau 2 - Nommer sur un schéma sommaire la pupille, le cristallin et la rétine. Expliquer leur rôle.	- Maquette de l'œil, film, logiciel
<p>L'œil lui-même est un appareil imageur. L'utilisation d'une maquette modélisant l'œil permet de comprendre que : voir, c'est avoir une image nette sur la rétine. Dans le cas où la maquette se réduit à une lentille mince, on évite d'affirmer que celle-ci s'identifie au cristallin de l'œil car l'œil est un système optique épais et complexe dans lequel la cornée et l'humeur vitrée jouent un rôle important : on utilise plutôt le terme « lentille équivalente à l'œil ».</p> <p>Animation flash sur l'œil http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/phy_chi/menus/pc/animations_flash_speTS.htm Animations et applets sur la description de l'œil http://www.ac-nice.fr/physique/articles.php?lng=fr&pg=98 Logiciel téléchargeable sur l'œil et la vision http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/perez/oeil/oeilindex.htm#</p>		
1.2 Les lentilles minces		<i>Activités expérimentales</i> TP : Lentilles convergentes et divergentes :
- Lentilles minces convergentes et divergentes	Niveau 2 - Connaître l'effet d'une lentille convergente ou divergente sur un faisceau incident parallèle - Placer sur un schéma les éléments remarquables des lentilles minces : centre optique, axe optique, foyer principal objet, foyer principal image pour les lentilles convergentes et divergentes - Tracer les rayons émergents de rayons : parallèles à l'axe optique, passant par le foyer objet et passant par le centre optique	- Distinguer lentilles convergentes et divergentes ; mesure de la distance focale de la lentille convergente <i>Logiciels d'optique</i>
- distance focale et vergence, unités ; - rayons particuliers	Niveau 3 - Connaître et appliquer la relation entre distance focale et vergence - Connaître les unités de la vergence et de la distance focale	<i>Activités expérimentales</i> TP : Construction de l'image - Logiciels d'apprentissage à la construction d'une image [B2i] L.1
- Lentilles minces convergentes - construction de l'image	Niveau 4 - Construire l'image d'un objet donné par une lentille convergente à l'aide de rayons particuliers - Savoir que l'image d'un objet situé entre le foyer objet et la lentille ne peut être recueillie sur un écran pour une lentille convergente mais que cette image existe (l'œil, bien placé, peut la voir)	- Schématisation des rayons pour une lentille convergente pour différentes positions de l'objet réel - Obtention ou non d'une image réelle à travers une lentille convergente
- relations de grandissement	Niveau 3 - Connaître et appliquer la relation de grandissement entre la taille de l'objet et la taille de l'image	<i>Activités expérimentales</i> TP : mesure de taille, de grandissement

Image formée par une lentille convergente

voir [dévédérom](#) lentille.swf

[**MATHÉMATIQUES** : éléments de géométrie ; mesures algébriques ; proportionnalité ; trigonométrie ; notion d'inverse]

1.3 L'œil réduit. Certains défauts et leurs corrections

- Œil normal

- Myopie, hypermétropie, presbytie, astigmatisme

- Verres correcteurs

Niveau 2

- Savoir que l'œil voit correctement un objet si : - de la lumière issue de cet objet pénètre dans l'œil
- l'objet est situé à une distance de l'œil telle que son image soit nette sur la rétine
- Connaître les définitions et les ordres de grandeur du PP et du PR
- Connaître le phénomène d'accommodation
- Connaître le rôle du cristallin (mais aussi de la cornée et de l'humeur vitrée)

Niveau 2

- Savoir traduire ces défauts en terme de qualité ou de position de l'image

Niveau 3

- Expliquer **qualitativement** le rôle des verres correcteurs et des lentilles cornéennes (pas de construction) ; savoir calculer la vergence de lentilles accolées

Activités expérimentales

Utilisation d'une maquette de l'œil, logiciels (œil et la vision), animations

Activités documentaires

- Documentation sur l'œil
[B2i] L.4

Activités expérimentales et documentaires

TP : Défauts de l'œil et correction

- Sur banc d'optique
- Documents sur les défauts de la vision

Il est souhaitable de signaler que la mise au point pour une lentille est réalisée en modifiant en général la distance lentille-écran alors que, pour l'œil, c'est la vergence du cristallin qui s'adapte automatiquement.

Tout travail associant deux lentilles non accolées ne fera pas l'objet d'une exigence de calcul, ni même d'une exigence de construction.

Le choix du verre correcteur de l'œil s'explique par la nécessité de rendre un faisceau plus ou moins convergent.

Dans l'approche de l'astigmatisme, le professeur se limite à définir cette notion et à indiquer que ce défaut est dû à des inégalités de la courbure de la cornée et à des milieux transparents non homogènes. Cette notion n'est pas exigible.

La vision

<http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/premiere/vision/vision.htm>

<http://www.myopes.com>

<http://www.astigmatismes.com>

<http://www.hypermetropes.com>

<http://www.snof.org/chirurgie/chirmyopie.html#excimer>

<http://www.cocnet.org/mg/focalOG7.html>

1.4 Réflexion totale ; fibroscopie

Niveau 2

- Savoir expliquer à l'aide d'un schéma la réfraction de la lumière (indices de réfraction, rayon incident, rayon émergent, angle d'incidence, angle de réfraction)

Niveau 3

- Savoir expliquer les conditions de la réflexion totale ; calculer l'angle d'incidence limite
- Savoir que l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion
- Savoir tracer les rayons dans une fibre optique

Activités expérimentales

- Expériences illustratives qualitatives et quantitatives

- Hémicylindre ; fibres optiques

Activités documentaires

[B2i] L.2, 3, 4

- Fibroscopie ; production d'un compte-rendu synthétique

Les lois de Descartes sur la réfraction ne sont pas à mémoriser (niveau 2)

[**BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES** : la nutrition ; étude de la fibroscopie : définition, principe, intérêts médicaux, avantages et inconvénients]

fibroscopie applet Java

<http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/terminale/refraction/refraction.htm>

animation flash ENS (espace numérique des savoirs) sur les lois de la réfraction : voir [dévédérom](#) (SnellDescartes.swf)

2. LES ONDES AU SERVICE DE LA SANTÉ

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>2.1 Les radiations électromagnétiques visibles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Domaine des radiations électromagnétiques. - Notion d'absorbance ; courbe d'absorption - Laser et applications - Luminothérapie 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître le domaine visible en termes de longueurs d'onde <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interpréter une courbe d'absorption <p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Étudier des documents sur les propriétés du laser (monochromaticité, directivité, densité d'énergie) utilisées en chirurgie, en ophtalmologie, en oncologie, en dermatologie... <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nommer quelques applications médicales du faisceau laser (correction de la myopie, de l'opacité du cristallin, du décollement de la rétine) <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expliquer ce qu'est la luminothérapie 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation et/ou étude de courbes d'absorption (spectrophotométrie) <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Étude de documents scientifiques (généraux ou médicaux) sur les applications du laser en ophtalmologie pour la plupart des défauts de l'œil (le laser excimer et le Lasik dans la chirurgie de la cornée), en dermatologie et en cardiologie - Étude de documents scientifiques (généraux ou médicaux) relatifs à la mélatonine
<p>Les notions de base abordées sont en nombre limité et permettent cependant la compréhension d'un large champ d'applications. Pour la protection de l'œil, le professeur raisonnera qualitativement sur les courbes d'absorption. Longueurs d'ondes des radiations électromagnétiques http://www.ac-reims.fr/datic/sc_physiques/docs/divers/Handbook/long_ond.pdf</p>		
<p>2.2 IR, UV, rayons X</p> <ul style="list-style-type: none"> - Domaines des radiations électromagnétiques - Applications des rayonnements IR, UV et X - Importance de la couche d'ozone 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la nature des rayonnements IR, UV, X et leur classement dans l'ensemble des radiations électromagnétiques (en longueur d'onde) - Savoir que l'absorption plus ou moins grande des rayons X est fonction de l'épaisseur de l'écran, de la longueur d'onde et de la nature des matériaux - Connaître les effets biologiques des radiations et les consignes de protection <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expliquer succinctement le rôle de l'ozone 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse argumentée de documents sur la vision nocturne, l'impact sur l'environnement des rayonnements électromagnétiques - Histoire des sciences concernant la découverte et l'application des rayonnements - Dangers comparés des UVA, UVB, UVC - Dangers des lampes UV mal réglées <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse argumentée de documents sur la couche d'ozone
<p>longueurs d'ondes des radiations électromagnétiques http://www.ac-reims.fr/datic/sc_physiques/docs/divers/Handbook/long_ond.pdf L'homme et les rayonnements http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/l_homme_et_les_rayonnements</p>		

<p>2.3 Sons et ultrasons</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nature et propriétés des sons et ultrasons : absorption et réflexion - L'oreille - Application médicale : l'échographie 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la nature et les propriétés des sons et des ultrasons <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expliquer de façon succincte le fonctionnement de l'oreille - Connaître le domaine des fréquences audibles - Définir la sensibilité et le niveau d'intensité acoustique <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître le principe de l'échographie ; influence qualitative des paramètres - Expliquer les analogies et les différences entre la radiographie, le scanner et l'échographie 	<p>Activités expérimentales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de l'oscilloscope (non numérique) pour mettre en évidence la nature et les propriétés des ultrasons <p>Activités documentaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Influence des paramètres concernant l'échographie, détartage dentaire, liposculpture, musicothérapie, biomécanique des os du crâne, test de glycémie par ultrasons, destruction des calculs rénaux... - Visite d'un laboratoire de recherche - Cédérom « promenade dans la cochlée » (INSERM de Montpellier)
---	---	---

[**MATHÉMATIQUES** : trigonométrie ; notion d'inverse ; exploitation de courbes ; puissance de 10]

Niveaux atteints par le son

http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=722

(site du Ministère de l'écologie et du Développement durable)

www.audition-infos.org

Le dossier "Halte au bruit" du journal du CNRS est consultable à l'adresse suivante :

<http://www2.cnrs.fr/presse/journal/3232.htm>

présentation animée sur l'imagerie médicale (rayons X)

<http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-42/jmonnet/physique/imagemedicale/ppttpe/sld001.htm>

site Marie Curie

<http://mariecurie.science.gouv.fr/accueil/homepage.htm>

décibels

http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/bruit/bruit_bas.htm

<p>2.4 Analogie et différences entre radiographie, scanner, échographie</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir expliquer que la radiographie et le scanner utilisent des rayons X ayant une certaine nocivité à la différence de l'échographie qui utilise des ultrasons sans risque 	
--	---	--

[**BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES** : motricité et système nerveux ; étude de la technique de radiographie conventionnelle appliquée à l'exploration osseuse et de tomodensitométrie ; transmission de la vie (sera vu en Terminale) ; l'échographie du rein ou du foie est possible]

3. APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Références au programme	Précisions sur les niveaux taxonomiques	Exemples d'activités
<p>3.1 Sécurité des personnes et des appareils</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tension alternative sinusoïdale 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir mesurer la tension avec un multimètre et un oscilloscope - Savoir distinguer tensions maximale et efficace, période et fréquence - Savoir calculer la fréquence à partir de la période 	<p>Activités expérimentales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visualisation de tensions alternatives sinusoïdales - mesurer les tensions efficace et maximale ainsi que la période d'une tension alternative sinusoïdale ; en déduire la fréquence

<ul style="list-style-type: none"> - Notion sommaire sur les classes des appareils - Prise de courant - Électrisation et électrocution 	<p>- Savoir calculer la tension efficace à partir de la tension maximale</p> <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir exploiter des oscillogrammes pour déterminer la fréquence et la tension efficace <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir expliquer les différentes classes d'appareil - Connaître les notions de phase, de neutre et de mise à la terre - Savoir expliquer la différence entre électrisation et électrocution ; connaître le danger de toucher la phase - Savoir expliquer le rôle du disjoncteur différentiel 	<ul style="list-style-type: none"> - Maquette, séquence audiovisuelle sur la sécurité électrique <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Classe des appareils en lien avec la sécurité
<p>Le professeur n'oubliera pas d'assurer les liaisons avec les programmes du collège. Il est suggéré de commencer par l'observation de plaques signalétiques d'appareils.</p> <p>[MATHÉMATIQUES : proportionnalité ; notions d'inverse ; exploitation de courbes]</p> <p>[BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : cœur et circulation sanguine : électrocardiogramme : définition, technique, étude d'un tracé normal]</p> <p>Animation flash ENS (espace numérique des savoirs): voir OscilloGBF.swf et OscilloACDC.swf</p> <p>Prévention aux risques professionnels</p> <p>http://www.ac-nancy-metz.fr/ensegn/physique/Securite/secu-elec/secu-elec.htm</p> <p>installation électrique à la maison</p> <p>http://www.ac-orleans-tours.fr/physique/phyel/trois/pagmai/maison.htm#personnes</p>		
<p>3.2 Électricité au service de la médecine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tension et applications : <ul style="list-style-type: none"> - électrocardiogramme - électroencéphalogramme - électrochoc - Porteurs de charges et application : électrophorèse 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extraire des informations pertinentes d'un document, les analyser et les exploiter. 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Exploitation d'enregistrements d'électrocardiogramme et d'électroencéphalogramme (fréquence, tension) - L'électricité au service de la médecine (diagnostic et traitement en cardiologie, psychiatrie) <p><u>Activités expérimentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Électrophorèse
<p>3.3 Puissance et énergie électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rappels sur puissance et énergie électriques ; unités (W, J, kWh) - Puissance électrique consommée par des appareils domestiques et médicaux 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer la puissance électrique et de l'énergie électrique en courant continu - Connaître la loi d'additivité des puissances électriques <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les ordres de grandeur de la puissance électrique consommée par des appareils domestiques et médicaux - Extraire des informations pertinentes d'un document, les analyser et les exploiter 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandeur des puissances et des énergies et recherche d'informations dans un document

7. LES MOLÉCULES ORGANIQUES DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>7.1 Le lait et ses constituants</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principaux constituants du lait - Tests de reconnaissance de quelques espèces présentes dans le lait 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les principaux constituants du lait ; pouvoir les citer <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser quelques protocoles concernant ces tests ; savoir les réaliser 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lecture d'étiquettes de laits du commerce <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : le lait</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tests relatifs aux espèces présentes dans un lait
<p>La chimie des aliments ; biochimie générale http://chimalim.free.fr/lait.htm</p>		
<p>7.2 Etude de quelques groupes caractéristiques en chimie organique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rappels sur la structure électronique des atomes C, H, O N - Introduction aux chaînes carbonées avec les alcanes - Groupes caractéristiques 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser l'utilisation des règles du duet et de l'octet - Connaître la géométrie imposée par un carbone tétragonal, trigonal ou digonal <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser la nomenclature des chaînes carbonées saturées, non cycliques, linéaires et ramifiées, en se limitant à 6 atomes de carbone au maximum <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier et nommer les groupes caractéristiques : alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique et amine primaire - Connaître les noms usuels et officiels de quelques alcools et composés carbonylés simples 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : modèles moléculaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction de modèles moléculaires éclatés et/ou utilisation de logiciels spécifiques <p>[B2i] L.1</p> <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rechercher ces groupes dans des molécules présentes dans la vie quotidienne (aspartame, menthol...), étudiées en biochimie (vitamine C), dans des résultats d'analyses biologiques (urée, acide urique, glucose, cholestérol...) <p>[B2i] L.4</p>
<p>Outil logiciel permettant de construire des formules développées et semi-développées à l'aide de WORD http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/scphys/accueil.htm Étude des molécules à l'aide de logiciels de simulation (gratuits et téléchargeables) http://www2.educnet.education.fr/sections/phy/pratiques/college</p>		
<p>7.3 Quelques notions sur les glucides</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classement succinct des glucides - Reconnaissance des groupes caractéristiques dans les modèles moléculaires de quelques glucides simples 	<p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Évoquer le classement en oses, osides, polyholosides des glucides <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les fonctions alcool primaire, secondaire et aldéhyde dans la formule d'un sucre réducteur (glucose ou galactose) 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>[B2i] L.1</p> <p>TP : modèles moléculaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction des modèles moléculaires du glucose et du galactose (formes ouvertes) - Reconnaissance des groupes caractéristiques présents

<p>- Transformation enzymatique et en milieu acide du lactose</p>	<p>Niveau 4 - Savoir que le lactose de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$ se transforme en glucose et galactose par hydrolyse en milieu acide ou en acide lactique par voie enzymatique - Écrire les équations des réactions correspondantes</p>	
<p>- Solubilité dans l'eau des glucides</p>	<p>Niveau 4 - Maîtriser le passage d'une concentration molaire à une concentration massique - Préparer une solution de concentration donnée par dissolution d'un solide et par dilution d'une solution mère (en raisonnant sur la conservation de la quantité de matière en espèce apportée) - Connaître le matériel et la verrerie nécessaires à ces opérations</p>	<p><u>Activités expérimentales</u> TP : dissolution, dilution - Préparation d'une solution de concentration donnée par dilution d'une solution mère - Préparation d'une solution donnée connaissant sa concentration massique</p>
<p>- Liaisons polarisées et polarité de la molécule d'eau</p>	<p>Niveau 1 - Justifier la dissolution des glucides en abordant la polarité de la molécule d'eau et quelques notions sur la liaison hydrogène</p>	
<p>- Différenciation expérimentale des aldéhydes et des cétones</p>	<p>Niveau 2 - Réaliser le test au réactif de Fehling afin de distinguer un aldéhyde d'une cétone. - Évoquer le passage des ions cuivre (II) en milieu basique à un précipité rouge d'oxyde de cuivre (I) pour identifier un sucre réducteur</p>	
<p>- Aspect énergétique des transformations chimiques</p>	<p>Niveau 2 - Connaître les termes exothermique, endothermique et athermique</p>	<p><u>Activités documentaires</u> [B2i] L.4 - Valeur énergétique des aliments, en lien avec la biochimie (intérêt énergétique des sucres) - Résultats d'une analyse médicale (diabète, obésité) - Toxicité du méthanol et de l'éthanol - Taux d'alcoolémie</p>

La chimie des aliments ; biochimie générale

<http://chimalim.free.fr/>

<http://chimalim.free.fr/Biochimie.htm>

Sites d'Hervé This : documents de niveau école/collège à adapter

http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/apprendre_experimenter/gastronomie_moleculaire

<http://www.academie-sciences.fr/fondations/FSCA.htm>

http://www.college-de-france.fr/chaires/chaire10/page_herve/recherche_herve.htm

[BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : nutrition et homéostasie, motricité et système nerveux. Représentation des modèles moléculaires du glucose et du fructose (forme cyclique). Aspect énergétique des glucides]

9. INTRODUCTION AUX ACIDES ET AUX BASES

Références au programme	Précisions sur les niveaux taxonomiques	Exemples d'activités
<p>9.1 Définitions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définition et notation d'une concentration - $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ - Mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre - Solutions acide, basique, neutre - Produit ionique de l'eau à 25°C - Notions d'acides et de bases, forts et faibles 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les notations C_X en espèce apportée et $[X]$ pour une espèce X en solution aqueuse et être capable de les utiliser pour la résolution d'un exercice ou lors d'un T.P. - Utiliser indifféremment le terme espèce ou soluté <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître cette relation et savoir l'utiliser <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distinguer, en utilisant un pH-mètre, des solutions acides, basiques ou neutres <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître l'expression et la valeur du produit ionique de l'eau à 25°C <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distinguer monoacide et monobase, dans les mêmes conditions de température et de concentration, par comparaison de leurs pH - Comparer le pH d'un monoacide et d'un diacide forts de même concentration (H_2SO_4) 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : solutions acides et basiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de solutions acides et basiques de concentrations connues à partir d'une solution mère <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : mesures de pH</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesurer le pH des solutions acides, basiques ou neutres à l'aide d'un pH-mètre, de papier pH - Utilisation des indicateurs colorés ; encadrement de valeurs de pH <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : acides forts et faibles, bases fortes et faibles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesures du pH de solutions aqueuses de même concentration et de même température (acides chlorhydrique et acétique ; soude et solution ammoniacale ...)
<p>[BIOLOGIE : homéostasie. Définition du pH et valeurs physiologiques du pH sanguin] [MATHÉMATIQUES : puissances de 10.]</p>		
<p>9.2 Présentation des acides et des bases</p> <ul style="list-style-type: none"> - Théorie de Brønsted : acide, base et couple acido-basique - Exemples de couples 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les définitions de Brønsted : <ul style="list-style-type: none"> - acides forts, faibles - bases fortes, faibles - couple acido-basique <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître : <ul style="list-style-type: none"> - les couples de l'eau H_3O^+ / H_2O et H_2O / HO^- et savoir que l'eau est un ampholyte - Les couples correspondant à l'ion hydrogénocarbonate - Le couple de l'acide lactique - Les couples de l'acide phosphorique - Trouver l'espèce conjuguée correspondant à un acide ou une base donné 	

<ul style="list-style-type: none"> - Réalisations de solutions acides et basiques de concentrations connues à partir d'une solution mère et mesures de pH - Influence qualitative de la dilution sur le pH 	<p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser la théorie (calculs préliminaires) et le protocole expérimental (matériel et verrerie nécessaires) pour ce type de manipulation <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que la dilution d'une solution acide augmente son pH et que la dilution d'une solution basique diminue son pH. 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : influence qualitative de la dilution sur le pH</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de solutions acides et basiques de concentrations connues à partir d'une solution mère et mesures de pH
<p>[MATHÉMATIQUES : puissances de 10.]</p>		

11. ANTISEPTIQUES ET DÉSINFECTANTS

<u>Références au programme</u>	<u>Précisions sur les niveaux taxonomiques</u>	<u>Exemples d'activités</u>
<p>11.1 Quelques antiseptiques et désinfectants courants : leurs usages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principes actifs des antiseptiques et désinfectants usuels - Usages des antiseptiques et précautions pour leur conservation et leur utilisation 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que le principe actif de l'eau de Javel est l'ion hypochlorite ClO^-, celui de l'eau oxygénée est le peroxyde d'oxygène H_2O_2, celui de l'eau et de l'alcool iodé est le diiode I_2 et que celui du permanganate de potassium est l'ion permanganate MnO_4^- - Connaître les précautions à prendre pour la conservation et lors de l'utilisation de ces produits 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : présentation de solutions commerciales d'antiseptiques et désinfectants courants</p> <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <p>Lecture d'étiquettes de « produits » pharmaceutiques</p>
<p>Notions concernant l'enseignement www.chu-rouen.fr/ssf/prod/desinfectants.html</p>		
<p>11.2 Oxydoréduction en solution aqueuse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction expérimentale du modèle par transfert d'électrons - Exemples de réactions entre un métal et un ion métallique - Réactivité du zinc, du fer, et du cuivre avec une solution diluée d'acide chlorhydrique ; mise en évidence des produits de la réaction : dihydrogène et ions métalliques - Définition des termes : oxydant et réducteur, oxydation et réduction - Première notion de couples oxydant/réducteur Écrire la demi-équation des couples M^{n+}/M et H^+/H_2. 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la définition des termes : oxydant et réducteur, oxydation et réduction, oxydo-réduction, couple oxydo-réducteur - Connaître les 4 couples Zn^{2+}/Zn, Fe^{2+}/Fe, Cu^{2+}/Cu, Ag^+/Ag et H^+/H_2 - Décrire les réactions entre le zinc (ou le fer) et l'ion cuivre (II) d'une part, le cuivre et l'ion argent d'autre part et préciser les produits des réactions - Décrire les réactions éventuelles entre les métaux (zinc, fer, cuivre) et une solution diluée d'acide chlorhydrique et préciser les produits de la réaction <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire la demi-équation ajustée d'un couple donné - En déduire les équations des réactions qui ont lieu éventuellement entre les métaux (zinc, fer, cuivre) et les solutions contenant 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : oxydoréduction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expériences préliminaires : tests de reconnaissance des ions métalliques - Exemples de réactions entre un métal et un ion métallique - Exemples de réactions des métaux avec des solutions diluées d'acide chlorhydrique et d'acide sulfurique - Mise en évidence des produits de la réaction : dihydrogène et ions métalliques

	<p>l'ion cuivre (II) ou l'ion argent</p> <ul style="list-style-type: none"> - En déduire les équations des réactions qui ont lieu éventuellement entre les métaux (zinc, fer, cuivre) et une solution diluée d'acide chlorhydrique 	
<p>11.3 Action oxydante d'antiseptiques et de désinfectants usuels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Équations d'oxydoréduction - Applications et sécurité. 	<p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire et exploiter les équations d'oxydoréduction mettant en jeu les couples oxydant/réducteur du programme pour les expériences avec Fe^{2+} et I^-, les demi-équations de ces couples étant données <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir qu'il ne faut pas verser une solution acide dans une eau de Javel, qu'il faut mettre des gants et des lunettes pour manipuler une eau oxygénée ou de l'eau de Javel concentrées 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : mise en évidence expérimentale des propriétés oxydantes des solutions d'antiseptiques et de désinfectants cités</p>
<p>11.4 Notion succincte de cinétique réactionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facteurs qui influencent l'avancement d'une réaction chimique - Définition d'un catalyseur - Différents types de catalyse 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les facteurs qui influencent l'avancement d'une réaction chimique - Savoir définir un catalyseur et les différents types de catalyse 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : cinétique réactionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en évidence expérimentale des facteurs influençant la rapidité d'obtention de l'état final - Réalisation de la dismutation de l'eau oxygénée en présence de platine (mousse ou fil), à chaud ou à froid, en présence de catalase
<p>[BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : nutrition, étude des catalyseurs et catalyse enzymatique]</p>		

4. PRESSION ET CIRCULATION SANGUINE

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>4.1 Pression</p> <ul style="list-style-type: none"> - Représentation d'une force - Force pressante - Relation $p = \frac{F}{S}$ - Unités, mesures ; pression atmosphérique - Applications : <ul style="list-style-type: none"> - Piqûre - Pression et plongée 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les différentes caractéristiques d'une force (point d'application, direction, sens et valeur) - Représenter une force dans quelques cas simples - Donner son unité dans le système international (SI) <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Représenter une force pressante dans le cas où elle est orthogonale à la surface pressée (force exercée par un fluide sur une capsule manométrique, force exercée par un objet posé sur une surface) - Appliquer la relation « $p = \frac{F}{S}$ » pour calculer la valeur d'une force pressante, une pression ou une surface pressée selon les données fournies <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître l'unité de pression SI (le pascal Pa) et quelques unités usuelles : le bar (utilisé en plongée), le mm Hg de mercure (utilisé dans la mesure des tensions artérielles). - Nommer les appareils permettant de mesurer des pressions : le manomètre et le baromètre (pour la mesure de la pression atmosphérique) - Connaître l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique (10^5 Pa) <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extraire l'information pertinente d'un document scientifique - Avoir une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible. 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordres de grandeur de quelques valeurs de forces <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : pression et force pressante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montrer l'existence de la force pressante exercée par l'eau et par l'air - Déterminer la valeur (intensité) d'une force pressante - Montrer que la pression est proportionnelle à la valeur (intensité) de la force pressante et inversement proportionnelle à la surface pressée. <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Quelques ordres de grandeur de pression <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plongée, pressurisation des caissons et des cabines d'avions - La pression artérielle et sa mesure - La seringue
<p>L'enseignant n'utilisera pas le terme d'intensité (qui peut prêter à confusion) mais le terme de valeur de la force. [MATHÉMATIQUES : vecteurs]</p>		
<p>4.2 Tension artérielle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masse volumique - Densité d'un liquide 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir la masse volumique, son unité SI (le kg.m^{-3}) et les autres unités usuelles - Appliquer la relation « $\rho = \frac{m}{V}$ » pour calculer une masse volumique, un volume ou une masse selon les données fournies - Déterminer la masse volumique d'un liquide ou d'un solide à partir de sa densité par rapport à l'eau et inversement 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : densité et masse volumique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer expérimentalement la masse volumique, la densité de solides ou liquides <p><u>Activités documentaires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Quelques ordres de grandeur de masses volumiques de liquides

<p>- Pression en un point d'un liquide en équilibre</p> <p>- Loi fondamentale de la statique des fluides</p> <p>- Tension artérielle</p>	<p>Niveau 2</p> <p>- Savoir que la pression dans un liquide :</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmente avec la profondeur - reste la même dans un même plan horizontal <p>Niveau 4</p> <p>- Utiliser la loi fondamentale de la statique des fluides pour déterminer la pression à une certaine profondeur</p> <p>Niveau 4</p> <p>- Définir la tension artérielle comme étant la surpression de la pression artérielle par rapport à la pression atmosphérique</p> <p>« $T_{\text{artérielle}} = p_{\text{artérielle}} - p_{\text{atmosphérique}}$ »</p> <p>- Montrer que la loi fondamentale de la statique des fluides aboutit à la relation</p> <p>« $T_B - T_A = \rho gh$ »</p> <p>- Calculer les tensions artérielles dans le corps humain debout, connaissant la tension artérielle au niveau du cœur</p> <p>- Calculer à quelle hauteur doit se trouver un flacon de liquide perfusé</p>	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser une capsule manométrique reliée à un tube en U pour visualiser la variation de pression dans un récipient rempli d'eau <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : loi fondamentale de la statique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier la loi fondamentale à l'aide d'une capsule manométrique reliée à un manomètre - Vases communicants - Principe du siphon - Fontaine de Héron <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tension artérielle - Perfusion veineuse
<p>[MATHÉMATIQUES : proportionnalité]</p> <p>[BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : cœur et circulation sanguine (définition de la pression artérielle, sa méthode de mesure ; écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins)]</p>		
<p>4.3 Écoulement des liquides</p> <p>- Définition du débit</p> <p>- Proportionnalité du débit et de la différence de pression en régime permanent laminaire</p>	<p>Niveau 4</p> <p>- Définir le débit en volume comme étant le volume de liquide écoulé par unité de temps</p> <p>« $D = \frac{V}{t}$ »</p> <p>- Utiliser la formule du débit « $D = v_{\text{moy}} \cdot S$ » pour calculer un débit ou une vitesse d'écoulement</p> <p>- Connaître l'unité SI du débit ($\text{le m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et une unité usuelle ($\text{le L} \cdot \text{min}^{-1}$) ; passer de l'une à l'autre.</p> <p>Niveau 4</p> <p>- Savoir que dans un tuyau, l'écoulement d'un liquide visqueux s'accompagne d'une chute de pression dans le sens de l'écoulement</p> <p>- Connaître la signification et savoir appliquer la relation (qui sera donnée) « $D = \frac{\Delta P}{R}$ » entre le débit et la perte de charge</p> <p>- Énoncer les différents facteurs qui influencent la valeur de R (viscosité du liquide, longueur et rayon du tuyau)</p>	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : écoulement des liquides visqueux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesure d'un débit - Visualiser la perte de charge lors de l'écoulement d'un liquide <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paramètres dont dépend la résistance hydraulique - Résistance vasculaire

5. PHYSIQUE ET DIAGNOSTICS MÉDICAUX

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>5.1 Ondes électromagnétiques et corpuscule associé : le photon</p> <ul style="list-style-type: none"> - Échelle des longueurs d'ondes pour les différents domaines - Célérité de la lumière dans le vide - Le photon: $E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ - Énergie, fréquence, longueur d'onde - Compléments sur les dangers des rayonnements électromagnétiques 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître l'ordre de grandeur des longueurs d'onde du spectre visible, de l'UV, de l'IR... <p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser la valeur de la célérité de la lumière dans le vide dans différents calculs, cette valeur n'étant pas à connaître <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que les interactions des ondes avec la matière se font par quanta d'énergie, le photon - Appliquer la formule « $E = h \cdot \nu$ » pour calculer l'énergie du photon, connaissant sa fréquence ou sa longueur d'onde, et inversement - Savoir que l'énergie du photon augmente avec la fréquence et diminue avec la longueur d'onde <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les rayonnements les plus et les moins dangereux - Énoncer quelques effets de ces rayonnements sur le corps humain 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les différents domaines des ondes électromagnétiques - Ouverture historique <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouverture historique - Dangers des rayonnements
<p>[MATHÉMATIQUES : notion d'inverse ; puissance de 10] L'homme et les rayonnements http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/l_homme_et_les_rayonnements http://www.inpes.sante.fr/ (pour information : l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé est un établissement public administratif créé par la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé)</p>		
<p>5.2 Médecine nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Noyau atomique - Radioactivité α - Radioactivité β (β^-, β^+) - Désexcitation : rayonnement γ et énergie du photon associé. - Lois de conservation. 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner le nom des différents constituants du noyau - Définir le mot « isotope » <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les effets des désintégrations radioactives - Distinguer les particules α, β (β^-, β^+) et le rayonnement γ <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calculer l'énergie du photon γ connaissant sa fréquence ou sa longueur d'onde. - Écrire les équations des réactions nucléaires 	<p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouverture historique <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : étude de la décroissance du radon</p> <p>TP : étude de la</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Activité - Période (ou demi-vie) - Dose absorbée et équivalent dose - Effets des désintégrations radioactives - Traceurs et scintigraphie, cobalthérapie - Traitements des déchets radioactifs médicaux 	<p>en utilisant les deux lois de conservation : nombre de charges et nombre de nucléons</p> <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir l'activité d'un échantillon radioactif comme étant le nombre de désintégrations par seconde - Donner l'unité d'activité, le becquerel (Bq) - Définir la période (ou demi-vie) d'un échantillon radioactif, indiquer son importance et ses conséquences - Savoir qu'au bout d'un temps égal à environ 20 fois la période du radioélément, l'échantillon qui le contient est considéré comme inactif <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir la dose absorbée et l'équivalent dose - Connaître leur rôle pour les personnes travaillant en zone soumise à des rayonnements <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les dangers de la radioactivité, les moyens de protection. <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expliquer le principe de la scintigraphie et savoir que les différentes applications nécessitent des traceurs appropriés différents. <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que les déchets radioactifs nécessitent un traitement, étant eux même radioactifs. 	<p>radioactivité naturelle</p> <p><u>Activités documentaires</u> [B2i] L.4 - Analyse de documents concernant les doses absorbées et les équivalents de dose</p> <p><u>Activités documentaires</u> [B2i] L.4 - Dangers de la radioactivité et les moyens de protection (iode...)</p> <p><u>Activités documentaires</u> [B2i] L.4 - Examens : scintigraphie, traceur. - Radiothérapie</p> <p><u>Activités documentaires</u> [B2i] L.4 - Gestion des déchets médicaux et industriels (EDD)</p>
--	---	--

[BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : cellules, chromosomes, gènes (radiothérapie), cœur et circulation sanguine (étude de la scintigraphie, définition, principe, intérêts médicaux, avantages et inconvénients)]

Imagerie médicale

http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/1_imagerie_medicale

L'atome

http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/1_atome

De l'atome à la radioactivité

<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/science.htm#>

La radioactivité

http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/la_radioactivite

L'homme et les rayonnements

http://www.cea.fr/jeunes/themes/la_radioactivite/1_homme_et_les_rayonnements

Scintigraphie thyroïdienne

<http://www.sfbmn.org/med/medecins/thyroide/thyroide.htm>

(Pour information : Société française de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire)

Radiothérapie

<http://www.infocancer.org/ESP/RADIOTHERAPIE/radiotherapie.htm>

Le site Internet « **InfoCancer** » a été développé grâce au soutien de « **ARCAGY** » (Association de Recherche sur les **C**Ancers dont **G**ynécologiques)

Gestion des déchets radioactifs

<http://www.andra.fr/sommaire.php3>

http://www.cea.fr/jeunes/themes/les_dechets_radioactifs/les_dechets_radioactifs

http://www.irsn.fr/index.php?position=dossier_dechets_0

Pour information : l'IRSN (institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) est un **établissement public à caractère industriel et commercial** placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de l'Environnement, de la Santé, de l'Industrie, de la Recherche et de la Défense.

La radioactivité au quotidien

<http://www.cndp.fr/themadoc/radioactivite/presentation.htm>

<p>5.3 Champ magnétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Champ magnétique - Vecteur champ magnétique uniforme - Lignes de champ Spectre magnétique <p>- Création d'un champ magnétique intense IRM</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner l'unité de champ magnétique SI, le tesla (T) - Savoir que 1 tesla représente un champ magnétique intense - Savoir que le sens et la direction du champ magnétique sont donnés par l'axe sn d'une aiguille aimantée. par une petite aiguille aimantée - Tracer le vecteur champ magnétique dans une bobine - Représenter et orienter les lignes de champ d'un barreau droit, d'un aimant en U et d'un solénoïde <p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extraire l'information pertinente d'un document scientifique 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : magnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spectres - Mesure d'un champ magnétique avec un teslamètre <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>quelques ordres de grandeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aimant - Courant - Champ magnétique terrestre - Champ magnétique utilisé en IRM - Aurores boréales <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>[B2i] L.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - IRM, intérêt et précautions
<p>[BIOLOGIE et PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : cellules, chromosomes, gènes (intérêt de l'IRM, dépistage des tumeurs du système nerveux central)]</p>		

6. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>6.1 Travail d'une force</p> <ul style="list-style-type: none"> - Travail d'une force - Unité - Travail du poids 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître et appliquer la relation $W = F.l.\cos\alpha$. pour $\alpha = 0^\circ, 90^\circ$ et 180° <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner l'unité de travail, le joule (J) <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner la formule du travail du poids « $W = (+/-) m.g.h$ » où h représente la dénivellation entre le point de départ et le point d'arrivée - Appliquer cette formule dans le cas d'un déplacement rectiligne et quelconque du centre de gravité 	
<p>L'enseignant n'utilisera pas le produit scalaire pour définir le travail d'une force</p> <p>[MATHEMATIQUES : trigonométrie]</p>		
<p>6.2 Définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation ; unité ; théorème de l'énergie cinétique</p>	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner la relation $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ - Savoir l'appliquer dans des calculs simples. - Donner et appliquer le théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un solide en translation rectiligne 	<p><u>Activité documentaire</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordres de grandeur d'énergies cinétiques de solides en translation <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : étude du théorème de l'énergie cinétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chronophotographie - Plan incliné - Rail à coussin d'air - Logiciels de simulation <p><u>Activité documentaire</u></p>

		[B2i] L.4 - Documents de la sécurité routière
<p>6.3 Applications</p> <p>- Chute libre</p> <p>- Sécurité routière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distance de freinage - Distance d'arrêt - Influence des facteurs (route mouillée, alcoolémie, drogues et médicaments, téléphone portable ...) 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calculer l'énergie cinétique d'un objet chutant d'une hauteur h <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyser des documents concernant la sécurité routière. - Avoir une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible. 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>[B2i] L.3</p> <p>TP : chute libre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'un banc de chute libre et traitement des données par un tableur numérique
<p><i>Les formules de la chute libre ne sont pas à savoir</i></p> <p>sécurité routière http://www.ac-reims.fr/datice/math-sciences/ftp/activites_mathsciences/securite_routiere.doc comparaison chute libre et choc voiture http://www.ac-grenoble.fr/phychim/prem/acti/prems/secuener.htm brevet ASSR http://eduscol.education.fr/D0160/c06_07securoutlivret.pdf cannabis et conduite http://www.cannabisetconduite.fr/ temps de réaction et alcool http://eduscol.education.fr/D0160/03_04assr12alcool.htm?etab=ASSR&niveau=1#1 vitesse et distance d'arrêt http://eduscol.education.fr/D0160/03_04assr12vitesse_distarret.htm?etab=ASSR&niveau=1 http://webpublic.ac-dijon.fr/pedago/physique/documents/Flash/distance_arret/distance_arret.htm temps de réaction au freinage http://www.ac-bordeaux.fr/Etablissement/SudMedoc/physique_chimie/divers/temps%20de%20reaction%20au%20freinage%20applet.htm</p>		

8. DES MOLÉCULES DE LA SANTÉ

<i>Références au programme</i>	<i>Précisions sur les niveaux taxonomiques</i>	<i>Exemples d'activités</i>
<p>8.1 L'aspartame</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupes caractéristiques - DJA 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les groupes caractéristiques de l'aspartame <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser la définition de la DJA dans un calcul simple 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : modèles moléculaires et/ou logiciels [B2i] L.1</p> <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>Aspartame, diabète et DJA [B2i] L.4</p>
<p><i>La connaissance de la formule de l'aspartame n'est pas exigible.</i> <i>La définition de la DJA n'est pas exigible.</i></p>		
<p>8.2 Acides aminés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hydrolyse de l'aspartame - Acides α aminés - Représentation de Fischer 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les groupes caractéristiques des produits obtenus dans l'hydrolyse de l'aspartame - Nommer la famille des composés obtenus - Justifier l'appellation acide α-aminé - Reconnaître quelques groupes caractéristiques dans les formules de certains acides aminés (sérine, lysine, acide aspartique...) - Définir un atome de carbone asymétrique dans une molécule - Définir des énantiomères et la propriété de chiralité <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître un acide α-aminé D ou L d'après la représentation de Fischer - Représenter les configurations D et L d'un acide α-aminé 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : hydrolyse de l'aspartame Modèles moléculaires et/ou logiciels [B2i] L.1</p> <p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : réaliser un modèle moléculaire d'après la représentation de Fischer et inversement</p>
<p>Représentation de modèles moléculaires en 3D (logiciels RASMOL et PCMOLECULES) http://www.ac-creteil.fr/physique/ACTIVITÉS_DOCUMENTAIRESGRISP/MOLECULE_3D/molecule_3d.html Les aminoacides http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/scphysiques/academie/ABCDORGA/Famille/WWAA1.htm</p>		
<p>8.3 Liaison peptidique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Liaison peptidique, formule semi développée - Synthèse d'un dipeptide 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montrer que la liaison peptidique est un cas particulier du groupe amide - Écrire l'équation de la réaction de formation de la liaison peptidique - Définir une réaction de condensation <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dénombrer les dipeptides susceptibles d'être obtenus par condensation entre deux acides α-aminés - Écrire les formules des dipeptides obtenus. - Retrouver la formule des deux acides aminés constitutifs à partir de la formule semi développée d'un dipeptide - Écrire l'équation de l'hydrolyse d'un dipeptide 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : synthèse du paracétamol</p> <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>Albumine, insuline [B2i] L.4</p>

<p>- Synthèse d'un polypeptide</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir une réaction de polycondensation - Écrire la réaction de condensation entre un diacide et une diamine - Écrire la réaction de condensation de l'acide amino-11 undécanoïque - Trouver le motif répétitif d'un polyamide 	<p>TP : synthèse du nylon : polyamide artificiel du même type qu'un polypeptide</p>

<p>8.4 Esters</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupes caractéristiques - Estérification et hydrolyse - Équilibre estérification-hydrolyse - Les triglycérides - Exemples de polyesters. 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître le groupe caractéristique ester. - Écrire la formule semi développée d'un ester - Nommer les esters <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation d'une réaction d'estérification - Écrire l'équation d'une réaction d'hydrolyse d'un ester - Retrouver l'acide carboxylique et l'alcool à partir de la formule semi développée d'un ester <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir que l'équilibre estérification-hydrolyse est un équilibre dynamique - Savoir que les deux réactions estérification et hydrolyse sont lentes et limitées <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la formule semi-développée du glycérol - Préciser que le glycérol est un trialcool <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montrer la différence entre un acide gras saturé et un acide gras insaturé d'après leur formule - Justifier qu'un triglycéride est un triester du glycérol et d'acide(s) gras - Écrire l'équation d'estérification du glycérol par un acide gras. Nommer les produits obtenus - Écrire l'équation d'hydrolyse d'un triglycéride. Nommer les produits obtenus <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation d'hydrogénation des corps gras insaturés <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier un polyester à partir d'une formule donnée - Justifier l'appellation polyester à partir d'une formule donnée - Citer quelques biomatériaux 	<p><u>Activités expérimentales</u></p> <p>TP : réaction d'estérification</p> <ul style="list-style-type: none"> - Synthèse du méthanoate d'éthyle, de l'éthanoate de 3-méthylbutyle ou autres <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>Triglycérides et santé (Intérêt des phospholipides)</p> <p>[B2i] L.4</p> <p><u>Activités documentaires</u></p> <p>Synthèse de polymères biodégradables (polysaccharides, acides nucléiques).</p> <p>[B2i] L.1</p>

<p><i>Pour la nomenclature des esters, le professeur se limite aux esters linéaires issus d'acides carboxyliques et d'alcools comportant au maximum 3 atomes de carbone.</i></p>		

Pour l'équilibre estérification- hydrolyse l'étude est succincte : on ne parlera pas de l'influence des différents paramètres sur la vitesse et la limite atteinte à l'équilibre
L'enseignant pourra montrer que les deux groupes caractéristiques de l'acide lactique peuvent réagir de manière intermoléculaire et parler de la polymérisation de l'acide lactique.

[BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : acides aminés, protéines]

Présentation 3D d'esters (plugins Chimie)

<http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/chimie/orga/ester/index.htm>

10. ACIDES ET BASES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES

Références au programme	Précisions sur les niveaux taxonomiques	Exemples d'activités
<p>10.1 Acides faibles et bases faibles en solutions aqueuses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constante d'acidité - Exemples d'acides faibles et de bases faibles 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Énoncer les définitions d'un acide et d'une base de Brønsted - Rappeler la définition d'un couple acide base - Écrire la demi équation d'un couple acide base (étudié en première ST2S) - Donner quelques exemples d'acides forts, faibles et de bases fortes, faibles 	<p>Activités expérimentales</p> <p>TP : mesures de pH</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesure de pH de différentes solutions aqueuses de vinaigre, d'eau de Javel, de lait, de savon, d'un acide gras soluble, d'ammoniac, de chlorure d'ammonium, de dioxyde de carbone, de sérum physiologique, d'acide acétique et d'acétate de sodium de concentrations connues en espèces apportées
<ul style="list-style-type: none"> - Applications en biologie 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les groupes caractéristiques de l'acide pyruvique, la formule semi-développée étant fournie - Savoir que l'acide urique est issu de la dégradation des acides nucléiques (la formule de l'acide urique est hors programme) 	
<ul style="list-style-type: none"> - Réactions acido-basiques 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation chimique correspondant à la réaction entre un acide et l'eau, entre une base et l'eau - Indiquer l'expression de la constante d'acidité, du pKa et l'existence des domaines de prédominance - Écrire l'équation d'une réaction acido-basique - Exploiter une courbe de dosage pHmétrique - Définir l'équivalence acido-basique 	<p>Activités expérimentales</p> <p>TP : tracé de courbes de dosages pH –métriques. Dosage de l'acide lactique dans le lait (degré Dornic)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Solution tampon 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Énoncer les propriétés d'une solution tampon - Citer quelques exemples de solutions tampon (le sang, le liquide lacrymal...) 	<p>Activités expérimentales</p> <p>TP : étude expérimentale des propriétés des solutions tampon ; tampon phosphate...</p>

L'étude théorique du pouvoir tampon est hors programme.

Simulations sous Excel de dosages acide/base

<http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/documents/Java/pages/dosage.htm>

<http://www.ac-lille.fr/~physiquechimie/lycee/termS/proaca/dosages/dosages.htm>

<p>10.2 Saponification</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaction de saponification - Les savons 	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation d'une réaction de saponification - Nommer les produits obtenus - Indiquer que la réaction de saponification d'un ester est totale - Exploiter quantitativement l'équation d'une réaction de saponification - Utiliser la notion de rendement dans un calcul simple <p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire la formule générale d'un savon - Savoir qu'un savon n'est pas efficace dans une eau acide, salée, dure - Reconnaître les pôles hydrophile et hydrophobe d'un savon 	<p><u>Activités expérimentales</u> TP : synthèse d'un savon</p> <p><u>Activités documentaires</u> Analyse de textes sur les micelles, les liposomes, pollution engendrée par les savons [B2i] L.1</p>
--	--	---

Le professeur limitera l'étude à la saponification d'un ester par la soude.

Olympiades de chimie

<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/Physique/CHIM/olympiad/olymp.htm>

[BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : transport du CO₂, affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène.]

[MATHEMATIQUES : proportionnalité, exploitation de courbes]

12. SOLUTIONS AQUEUSES D'ANTISEPTIQUES

Références au programme	Précisions sur les niveaux taxonomiques	Exemples d'activités
<p>12.1 Oxydoréduction en chimie organique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupes caractéristiques - Oxydation ménagée d'un alcool - Équation d'une réaction d'oxydation d'un alcool 	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présenter les groupes caractéristiques des trois classes d'alcools, d'un aldéhyde et d'une cétone - Indiquer les produits résultant de l'oxydation ménagée des trois classes d'alcool et d'un aldéhyde - Présenter le test des composés carbonylés (2,4 DNPH) - Décrire précisément le test au réactif de Fehling <p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation d'une réaction d'oxydation d'un alcool, les demi-équations correspondantes étant fournies - Nommer les produits obtenus 	<p><u>Activités expérimentales</u> TP : oxydation des alcools</p> <ul style="list-style-type: none"> - oxydation des alcools par le permanganate de potassium acidifié en solution aqueuse - identification des produits par chromatographie - Test du réactif de Fehling sur les sucres réducteurs (glucose, lactose). Oxydation des sucres réducteurs
<p>L'enseignant ne distingue pas la présence d'un défaut ou d'un excès d'oxydant.</p> <p>Olympiades de chimie http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/Physique/CHIM/olympiad/olymp.htm [BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES : aspect énergétique des glucides]</p>		
<p>12.2 Dosages d'oxydoréduction.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du matériel 	<p>Niveau 3</p>	<p><u>Activités expérimentales</u> TP : utilisation du matériel nécessaire pour</p>

<p>- Dosage du diiode par l'ion thiosulfate</p> <p>- Dosage d'une eau oxygénée par manganimétrie</p>	<p>- Nommer et schématiser le matériel nécessaire pour réaliser une dilution, un dosage (la dilution est déjà étudiée en 2^{nde} LEGT)</p> <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schématiser le dosage - Écrire l'équation d'oxydoréduction correspondant au dosage, les demi-équations étant données - Définir l'équivalence - Établir la relation entre les concentrations à l'équivalence - Calculer la concentration molaire d'une solution de diiode <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation d'oxydoréduction correspondant au dosage, les demi-équations étant données - Établir la relation entre les concentrations à l'équivalence - Calculer la concentration molaire d'une solution d'eau oxygénée - Utiliser la définition du titre en volumes d'une solution d'eau oxygénée - Relier le titre en volumes d'une eau oxygénée à sa concentration molaire 	<p>une dilution et un dosage</p> <p><u>Activités expérimentales</u> TP : dosage d'une solution aqueuse de diiode I₂ par une solution de thiosulfate de sodium</p> <p><u>Activités expérimentales</u> TP : dosage d'une eau oxygénée par manganimétrie Comparaison de l'indication portée sur l'étiquette d'un flacon d'eau oxygénée avec le résultat du dosage</p>
<p>[MATHEMATIQUES : exploitation de courbes].</p>		

4. Développement des pistes d'activités

LA SÉCURITÉ LORS DES SÉANCES EXPERIMENTALES

Au cours des séances expérimentales, le professeur doit être très vigilant quant à **la sécurité** aussi bien en physique qu'en chimie.

En particulier, lors du TP de chimie :

- le port d'une blouse en coton et de lunettes sont obligatoires
- les cheveux longs doivent être attachés
- les allées doivent être dégagées (pas de sacs dans les pieds)
- des gants peuvent être nécessaires dans certains cas ainsi que l'utilisation de la hotte
- les pipettes doivent être munies de poires à pipeter
- il est indispensable de manipuler debout

Attention, les élèves asthmatiques ou allergiques ne doivent pas manipuler certains réactifs. Ils doivent se placer au fond de la classe, près d'une fenêtre, lors des expériences où ces réactifs sont utilisés (ces renseignements doivent être collectés soit lors de la 1^{ère} séance sur la fiche à faire remplir par les élèves, soit auprès de l'infirmière sous le sceau de la confidentialité).

L'enseignant veille à responsabiliser les élèves vis à vis du matériel et des équipements ; il est souhaitable de contrôler le matériel **avant** que les élèves ne sortent, de faire démonter les circuits électriques, de faire vider les tubes à essais, de faire rincer la verrerie, de mettre en garde contre les détériorations de matériel.

Les élèves sont invités à ne plus jeter, sans réflexion préalable, les liquides usagés à l'évier mais dans des bidons de récupération collectés ensuite par les services compétents.

L'observatoire national de la sécurité des établissements scolaires a publié, en décembre 2000, une plaquette sur *la prévention du risque chimique dans les établissements scolaires* : elle peut être téléchargée à l'adresse suivante : www.education.gouv.fr/syst/ons/

Pour les problèmes liés à la sécurité, il est possible de contacter l'inspecteur hygiène et sécurité et le dispositif académique d'hygiène et de sécurité.

De nombreux textes existent concernant la sécurité au laboratoire de physique et de chimie. Ils sont disponibles sur :

- le site de l'INRS : www.INRS.fr/
- le site de l'Observatoire National de la Sécurité : http://ons.education.gouv.fr/texte_off.htm
- le site : http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/sc_index.htm

Les numéros indiqués pour chaque partie du programme reprennent ceux mentionnés dans le BO :

- physique première (1, 2 et 3)
- chimie première (7, 9 et 11)
- physique terminale (4, 5 et 6)
- chimie terminale (8, 10 et 12)

PREMIERE ST2S - PHYSIQUE –

1.1 LES PROPRIÉTÉS DES LENTILLES

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

- **Texte historique** (10 lignes) permettant de poser la problématique « comment ça marche ? » sur les travaux de Léonard de Vinci (problèmes liés à la dissection, quelle est l'explication de son fonctionnement ? Quelles ont été les différentes interprétations ? Depuis quand a-t-on compris son fonctionnement ?)
- **Maquette** de l'œil et le **logiciel** de M.PEREZ - Académie de Toulouse (observation des différentes parties, dimension de l'œil, rôle du cristallin).
- Faire **dessiner** par les élèves leur propre schéma en coupe de l'œil (savoir observer et représenter).
- Faire **compléter** un schéma anatomique de l'œil (pupille, cristallin, rétine, humeur vitrée).
- **Questions** :
 - à quoi sert l'œil ? Œil : récepteur de lumière (capteurs placés sur la rétine).
 - est-ce que toutes les espèces animales voient la même chose ?
 - comment la vision nocturne est-elle possible ?
 - quelle condition est nécessaire pour qu'un objet soit vu ? (la lumière arrive sur la rétine)
 - comment se comporte l'ensemble (cornée, humeur vitrée, cristallin) ? (comme une lentille convergente)

Travaux pratiques (plan et idées de manipulations)

1) Deux sortes de lentilles :

Conduire les élèves à comprendre la nécessité de **modéliser**. Symbole des lentilles convergentes et divergentes.

2) Lentille convergente

2.1) Le centre optique ; axe principal.

Manipulations permettant de comprendre à quoi correspondent l'axe principal et le centre optique.

2.2) Foyer principal image

À l'aide de rayons parallèles, montrer le point de convergence (foyer principal image).

2.3) Foyer principal objet

À l'aide d'une lentille convergente auxiliaire et de rayons incidents parallèles arrivant sur celle-ci, on cherche la position de la lentille pour laquelle les rayons émergent parallèlement à l'axe optique.

2.4) Mesure de la distance focale

- Mesure rapide

Réaliser sur une feuille-écran l'image d'un objet éloigné (considéré à l'infini : arbre, immeuble...). Mesurer alors la distance entre la lentille et la feuille.

- Mesure précise

Utiliser un banc d'optique

1.2 DE L'OBJET À L'IMAGE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris

Objectifs du TP :

Ce TP a pour objet d'introduire la notion d'image. Il vient s'insérer naturellement juste avant l'apprentissage de la construction d'une image qu'il permet de faciliter et de légitimer. Il peut aussi s'adapter en expériences de cours.

1) On montre d'abord l'unicité de l'image.

2) On montre ensuite qu'un point objet correspond à un point image, bien que l'image « ne voyage pas en bloc à travers la lentille » (ce que les élèves pensent habituellement), ce qui permettra lors de l'apprentissage de la technique de construction de l'image de légitimer l'utilisation de 2 rayons seulement.

3) Puis on traite le cas de l'image virtuelle en la définissant expérimentalement comme une image que l'on ne peut pas recueillir sur un écran mais que l'on peut observer en regardant à travers la lentille, donc située avant celle-ci, ce qui donne une réalité tangible à cette image si virtuelle dans la tête des élèves !

Prérequis du TP :

Avoir simplement défini ce que sont les lentilles et leurs caractéristiques (distance focale, vergence, centre optique, foyer objet, foyer image).

1.4 COMPRENDRE LE PRINCIPE DE LA FIBROSCOPIE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

- **Films ou documents sur la fibroscopie** permettant de présenter l'utilisation médicale du fibroscope, voire d'autres utilisations des fibres optiques comme dans les télécommunications (NET).

Il est intéressant de savoir que la télécommunication par fibre optique ne fut pas possible avant l'invention du laser dans les années 60. En effet, la transmission ne pouvait pas être réalisée sur une grande distance à cause de l'absorption importante de signaux insuffisamment puissants.

- Questions :

- quelles sont les applications médicales de la fibroscopie ? (voir des zones qui ne sont pas directement accessibles à l'œil)
- depuis quand utilise-t-on la fibre optique ?
- quel est le rôle de la fibre ?
- quel est le trajet de la lumière ?
- quelles sont les conditions nécessaires pour que la lumière soit transmise à l'extrémité de la fibre ?

- **Schéma** en coupe d'une fibre.

La fibre est constituée de matériaux d'indices de réfraction différents.

Il peut être intéressant de signaler l'existence de différents types de fibre (à saut d'indice, à gradient d'indice, monomode).

On se limite à l'étude des fibres à saut d'indice.

Demander aux élèves de tracer a priori le trajet de la lumière dans un schéma en coupe d'une fibre optique pour partir de leur représentation qui sera éventuellement rectifiée à la fin de l'étude.

À la différence du programme de seconde, l'objectif ici est de comprendre le principe de la fibroscopie. Il ne s'agit pas de recommencer l'étude des lois de Snell-Descartes. Après un rappel rapide des lois, on s'intéresse aux conditions de la réflexion totale.

- Travaux pratiques

1. Réfraction-réflexion totale

Quelles sont les conditions pour qu'un rayon se réfléchisse sur la surface de séparation entre deux milieux d'indice de réfraction différents ?

À l'aide d'un héli-cylindre, montrer la réfraction et la réflexion totale (indice de réfraction, rayon incident, rayon émergent, angle d'incidence, angle de réfraction).

L'objectif est de comprendre les conditions de réflexion pour un rayon passant d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent. L'élève calcule l'angle d'incidence limite.

Conséquences : l'angle du rayon incident sur le cœur de la fibre optique à saut d'indice ne peut pas être quelconque.

2. Tracé des rayons dans une fibre optique à saut d'indice

Appliquer les résultats précédents sur un schéma à compléter, représentant une fibre optique à saut d'indice en coupe pour un rayon arrivant sur le cœur de la fibre optique sous un angle permettant la réflexion dans la fibre.

2.3 SONS ET ULTRASONS

Cette note est une aide destinée à l'enseignant pour présenter cette partie

2.3. Sons et ultrasons

En ce qui concerne l'oreille, on en donne une description et un fonctionnement succincts, on précise les fréquences audibles, la sensibilité et le niveau d'intensité acoustique. L'introduction du décibel se fait sans utiliser la notion de logarithme.

La difficulté de cette partie consiste à expliquer la notion de décibel sans utiliser la fonction logarithme qui pose problème aux élèves de cette série.

1. Quelques informations sur l'intensité sonore.

Une intensité sonore de l'ordre de 10^{-2} W/m^2 à 1 000 Hz correspond approximativement à la perception d'un son émis par une personne qui nous parle à voix normale dans l'oreille à l'aide d'un tube de carton court.

L'oreille peut percevoir des intensités sonores allant de 10^{-12} W/m^2 à 1 W/m^2 (ce qui correspond au seuil de douleur).

La valeur la plus basse est prise comme référence.

L'intensité **sonore** de référence I_0 est égale à 10^{-12} W/m^2 à 1 000 Hz.

2. Le bel (et son sous-multiple le décibel : 1 dB = 0,1 B) est une unité sans dimension exprimant le rapport de deux grandeurs de même dimension.

À chaque fois que l'intensité sonore est multipliée par 10, le niveau sonore (ou acoustique) augmente de 10 dB, ce qui permet de caractériser l'énergie sonore perçue par l'oreille humaine.

Quand un son passe de 100 dB à 110 dB, le niveau sonore n'augmente que de 10 dB pourtant l'intensité sonore est multipliée par 10.

En tant que grandeur absolue, le niveau sonore prend pour référence (valeur 0 dB) le niveau associé à l'intensité de référence $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

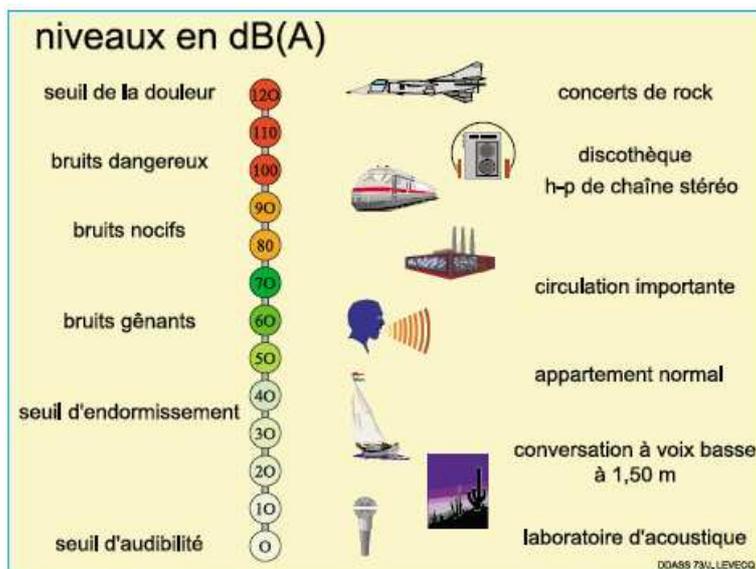
Exemples :

L'intensité sonore, citée plus haut, de 10^{-2} W/m^2 correspond à 10^{10} fois 10^{-12} W/m^2 ; son niveau sonore est donc de 10 B, soit 100 dB. Le seuil de douleur correspond à une intensité cent (10^2) fois plus forte et donc à un niveau plus élevé de 2 B (20 dB), soit 120 dB.

Pour des grandeurs énergétiques P (puissance, intensité énergétique...), l'écart en décibel entre P_1 et P_2

s'exprime par $x \text{ (en dB)} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$. Le niveau sonore est défini par $L \text{ (en dB)} = 10 \lg \frac{I}{I_0}$.

Le décibel permet de caractériser l'énergie sonore reçue par un récepteur sonore. Il suffit de dire que le décibel peut se mesurer avec un sonomètre. À partir de certaines valeurs il y a danger pour l'audition.



Document extrait du site

http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/bruit/bruit_bas.htm

3. 1 DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL

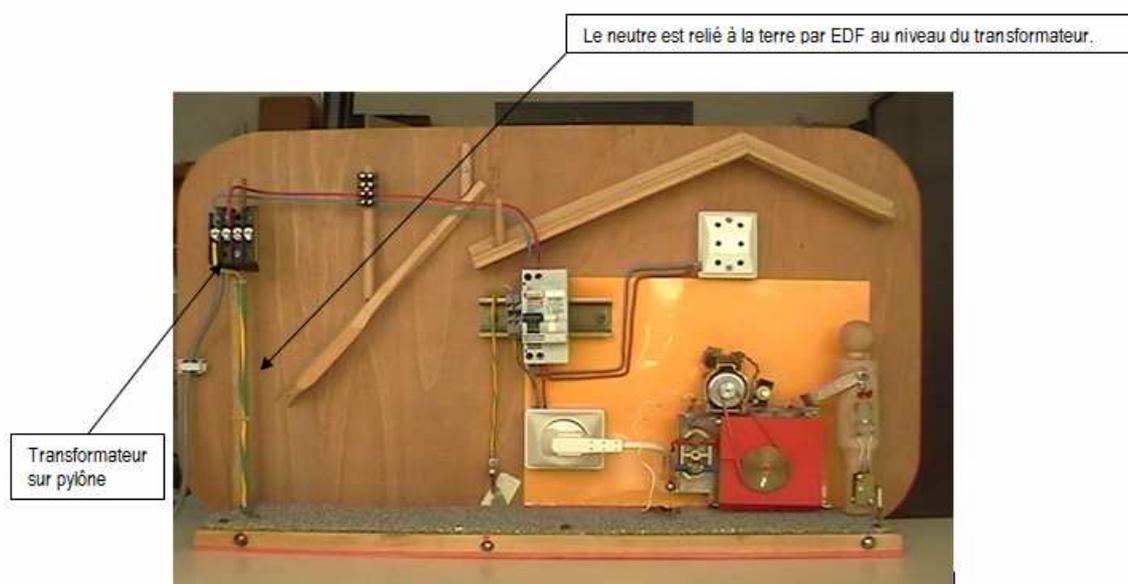
Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : Comprendre le rôle d'un disjoncteur différentiel dans différents cas de figure.

Commencer l'étude par une photographie d'un tableau électrique où l'on peut observer un disjoncteur de 30 mA. Des prérequis sur la prise électrique sont nécessaires (neutre, phase, terre) ; le neutre est relié à la terre par EDF.

Chacun doit savoir que la phase du secteur est très dangereuse. Lors de situations accidentelles, on peut être conduit à toucher la phase, que se passe-t-il alors ?

Pour répondre à cette question, l'enseignant gagne à utiliser des schémas ou des maquettes présentant un seul appareil électroménager branché sur une prise avec les fils électriques visibles.



La maquette ci-dessus est reliée à un transformateur isolateur et fonctionne en 6V alternatif.
Il est rappelé qu'il est **interdit** de travailler sur des tensions alternatives supérieures à 30V.

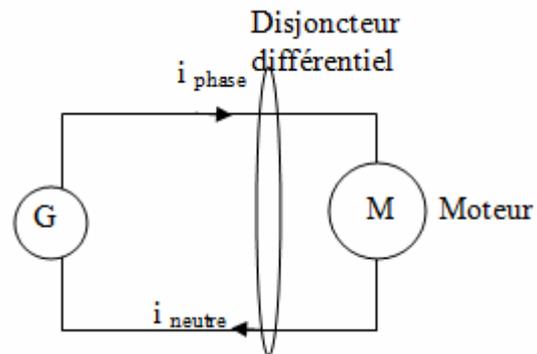
On s'intéresse aux trois situations suivantes :

1. Fonctionnement normal de l'appareil branché

Il n'y a aucun dysfonctionnement. On se place sur une demi-période pour simplifier l'étude (le courant électrique circule en sens inverse la demi-période suivante). On représente sur un schéma le passage du courant électrique circulant dans le fil de phase et dans le fil de neutre du circuit.

Quel est le rôle du disjoncteur différentiel ?

Le circuit est bien fermé (ne pas oublier le générateur de la centrale !). Le disjoncteur différentiel **compare** (y a-t-il une différence ?) les intensités instantanées des courants électriques qui circulent d'une part dans la phase et d'autre part dans le neutre, d'où le terme différentiel. Dans cette situation : $i_{\text{phase}} = i_{\text{neutre}}$.



2. Fonctionnement anormal de l'appareil branché

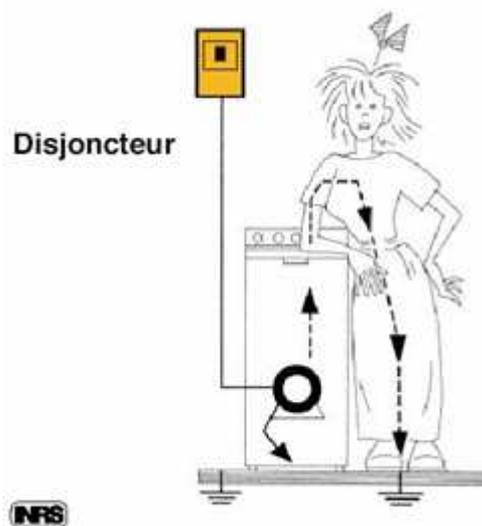
Cette situation peut se produire à cause d'un fil mal fixé ou d'un défaut d'isolation suite à une usure anormale (ou une pièce défectueuse) par exemple.

Sans prise de terre

L'appareil est isolé du sol (il n'est pas relié à la terre par un fil de terre).

Lorsque l'utilisateur pose la main sur la machine, l'utilisateur étant un conducteur électrique, un courant de fuite le traverse ; le disjoncteur détecte une différence d'intensité de courant électrique et coupe rapidement le circuit.

Mais l'utilisateur a été traversé par un courant qui, suivant la durée et l'intensité, peut être gravement électrisé voire électrocuté, d'où la nécessité de la prise de terre.



Avec prise de terre

L'appareil est relié à la terre par un fil de terre.

Cette fois, dès que la phase touche la carcasse métallique de la machine, un courant de fuite passe par le fil de terre qui est relié au sol.

Le circuit est fermé. Le courant de fuite, d'intensité i_F , passe dans le fil de terre car le neutre est relié à la terre par EDF.

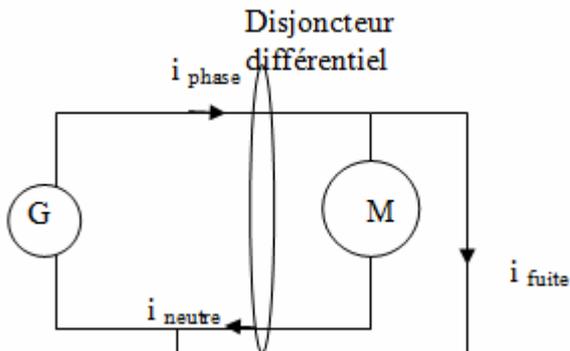
Il apparaît alors une différence d'intensité entre la phase et le neutre. Lorsque cette différence est supérieure à 30 mA, le disjoncteur va pouvoir « couper » c'est-à-dire ouvrir (d'où le terme de *disjoncteur*) le circuit avant que la personne soit en contact avec la machine, supprimant ainsi tout danger.

$$i_{\text{phase}} = i_{\text{neutre}} + i_{\text{fuite}}$$



Diaporama réalisé dans le cadre de l'habilitation d'électrique :

http://geea.org/article.php3?id_article=62



3.2 PROTECTION DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : À l'aide de photographies de plaques signalétiques et de documents EDF, il s'agit de voir si des appareils électroménagers peuvent être installés à proximité d'un point d'eau. Il est INDISPENSABLE de respecter les normes (NF C 15-100).

Les informations correspondantes se trouvent sur le site :

<http://www.edf.fr/141350i/EDF-Particuliers/conseils-pratiques/ma-securite/ma-salle-de-bains.html>

Les différents volumes d'une salle de bain sont définis, ainsi que les appareils ou installations autorisés.

1. Classe des appareils :

Construire un tableau regroupant les informations sur les volumes et les appareils en fonction des classes d'isolation ou installations électriques autorisées.

Donner une explication du symbole

Expliquer le rôle du disjoncteur pour les différentes classes.

2. Appareils domestiques :

Vérifier à l'aide des fiches signalétiques ou des fiches techniques si des appareils d'usage courant (rasoir électrique, sèche-cheveux, lave-linge...) sont utilisables dans le volume 2, conformément aux normes.

PREMIERE ST2S - CHIMIE –

7.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU LAIT

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : mettre en évidence la présence dans le lait de protéine (la caséine), d'ions chlorure et calcium, des lipides et du lactose

Préparation du lait caillé et du lactosérum :

Faire cailler le lait avec de l'acide éthanoïque ou du vinaigre. Mélanger et laisser reposer environ 5 minutes. Filtrer sur filtre papier ou filtre à café.

Attention : la quantité de réactif du Biuret nécessaire pour obtenir le précipité violet doit être supérieure à 1 mL (plutôt 5 mL).

Pour les enseignants : préparation des réactifs

Réactif du Biuret

Sulfate de cuivre pentahydraté = 3 g

Tartrate de sodium et de potassium = 9 g

Iodure de potassium = 5 g

Soude à 0,2 mol/L = 1 litre

Dissoudre le sulfate et le tartrate dans 500 mL d'eau distillée. Ajouter 8 g de soude. Ajouter l'iodure de potassium et compléter à 1L avec de l'eau distillée.
(coloration violette en présence de liaisons peptidiques).

Nitrate d'argent

Dissoudre 5 g de nitrate d'argent dans 100 mL d'eau distillée. Conserver à l'abri de la lumière.
(Donne un précipité blanc de chlorure d'argent en présence d'ions chlorure).

Réactif de Fehling

Solution 1 :

Dissoudre à chaud 40 g de sulfate de cuivre dans 1 L d'eau distillée.

Solution 2 :

Dissoudre à chaud 200 g de tartrate de sodium et de potassium dans 500 mL d'eau distillée.

Après refroidissement, ajouter 150 g de soude. Compléter à 1 L avec de l'eau distillée.

Réaliser un mélange 50/50 des solutions 1 et 2.

Rouge soudan III

Réaliser une solution saturée à chaud dans l'alcool éthylique à 70 %.

(Colore à froid les lipides en jaune orangé)

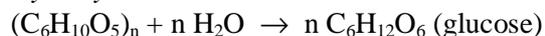
7.3 QUELQUES NOTIONS SUR LES GLUCIDES

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

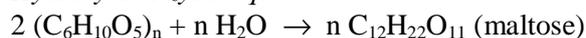
• Hydrolyse de l'amidon :

Elle peut être réalisée de deux façons.

Hydrolyse acide.



Hydrolyse enzymatique.

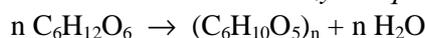


• Synthèse de l'amidon :

L'expérience de la synthèse de l'amidon se déroule en deux étapes :

- *Préparation d'une solution enzymatique.*

- *Action de la solution enzymatique sur le glucose.*



• Transformation des glucides pendant la panification :

La farine et le pain contenant tous deux de l'amidon, quelles transformations chimiques se produisent au cours de la panification ?

- *Test du glucose sur la farine.*

- *Test du glucose sur le pain.*

- *Fermentation.*



9.2 PRÉSENTATION DES ACIDES ET DES BASES

Objectif :

Savoir mesurer le pH d'une solution à l'aide d'un pH-mètre.

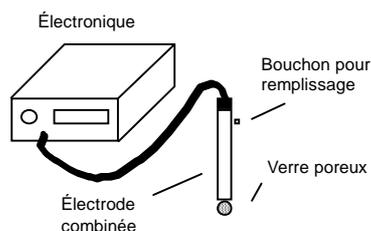
Savoir reconnaître le caractère fort ou faible d'une espèce chimique à partir d'une mesure de pH.

1) MATÉRIEL

On se propose de réaliser la mesure du pH de diverses solutions acides ou basiques afin de constituer une banque de données pour une analyse ultérieure plus approfondie de ces solutions.

Solutions $1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, pipettes, béchers, fioles jaugées, pH-mètre et solutions d'étalonnage.

2) PRINCIPE ET UTILISATION DU PHMÈTRE



Un pH-mètre se compose de deux électrodes (parfois combinées) qui mesurent la tension entre l'électrode de verre dépendant du pH de la solution dans laquelle elle est plongée et une électrode de référence. L'appareil dispose par ailleurs d'une partie électronique composée essentiellement d'un amplificateur et d'un afficheur.

Régulièrement, un pH-mètre doit être étalonné. Cette opération consiste à plonger les électrodes dans deux solutions de pH connu (solution tampon d'étalonnage) et à afficher la valeur exacte du pH à l'aide du bouton d'étalonnage.

Attention ! Avant de mettre en fonctionnement un pH-mètre, on doit s'assurer que les électrodes sont plongées dans une solution, de même qu'on doit éteindre le pH-mètre avant de retirer les électrodes de la solution.

On veillera à rincer et à essuyer les électrodes avant chaque utilisation pour ne pas souiller les solutions. L'électrode en verre est très fragile ; elle est à manipuler avec précaution.

3) PRÉLIMINAIRE précautions dans l'écriture des résultats.

Bien que, sur les pH-mètres utilisés, la lecture se fasse au centième de pH, les solutions n'étant pas thermostatées lors de l'étalonnage ou de la mesure, il convient d'arrondir les résultats au dixième de pH (0,1). Supposons que le pH d'une solution soit voisin de $2,0 \pm 0,1$.

Si $\text{pH}_1 = 2,0$ que vaut alors $[\text{H}_3\text{O}^+]$? De même si $\text{pH}_2 = 2,1$? Estimer alors l'incertitude absolue $\Delta[\text{H}_3\text{O}^+]$ puis l'incertitude relative $\Delta[\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_3\text{O}^+]$ en pourcentage. Conclure quant à la précision des mesures et au nombre de décimales que l'on devra utiliser pour exprimer les concentrations en ions hydronium ou hydroxyde.

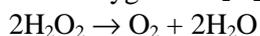
4) MESURES

Mesurer le pH de différentes solutions en faisant varier les espèces chimiques et leur concentration molaire apportée.

11.4 CINÉTIQUE DE LA RÉDUCTION DE L'EAU OXYGÉNÉE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

L'eau oxygénée H_2O_2 peut se décomposer suivant la réaction :



C'est une réaction de dismutation lente à température ambiante, catalysée par l'ion Fe^{3+} . Le peroxyde d'hydrogène se comportant comme un réducteur peut être oxydé par l'ion permanganate MnO_4^- . Cette réaction est rapide à 25°C .

Exemple d'étude expérimentale :

Dans un erlenmeyer de 250 mL on verse 5 mL d'une solution acidifiée de chlorure ferrique puis 85 mL d'eau. A l'instant origine on ajoute 10 mL d'eau oxygénée du commerce.

Toutes les cinq minutes on prélève 10 mL du mélange précédent auquel on ajoute 40 mL d'eau glacée et 10 mL d'une solution d'acide sulfurique de concentration 1 mol/L. On dose chaque prise d'essai par une solution de permanganate de potassium de concentration 0,02 mol/L.

- tracer le graphe $[\text{H}_2\text{O}_2] = f(t)$
- déterminer graphiquement la vitesse initiale de disparition du peroxyde d'hydrogène.
- déterminer le temps de demi réaction c'est à dire le temps au bout duquel la moitié du peroxyde d'hydrogène initialement présent a disparu. .

TERMINALE ST2S - PHYSIQUE

4.1 PRESSION ET FORCE PRESSANTE

Objectif : Présentation de quelques expériences sur la pression et les forces pressantes

Mise en évidence de l'existence des forces pressantes

Force pressante exercée par l'eau sur la paroi du récipient qui la contient :

Pour montrer que la force pressante exercée par un liquide sur une paroi est perpendiculaire à la surface quelle que soit la direction de la paroi, on peut utiliser :

- bouteille d'eau minérale en plastique percée à différents endroits (ou sphère de Pascal) remplie d'eau : les jets d'eau sont perpendiculaires à la paroi
- tube en verre, fermé par un obturateur mobile tenu par un fil, plongé dans un récipient : quelle que soit l'orientation du tube dans l'eau, l'obturateur reste en place, plaqué contre le tube.

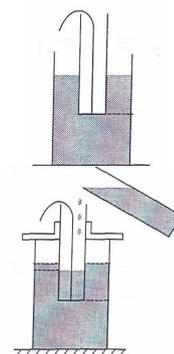
Force pressante exercée par l'air :

À l'aide de diverses expériences (hémisphères de Magdeburg, verre plein d'eau couvert d'une feuille de papier ou de plastique et retourné, expérience du crève-vessie, expérience du ballon sous la cloche à vide...) l'enseignant peut montrer rapidement l'existence des forces pressantes exercées par l'air ambiant.

Mesure de la valeur d'une force pressante exercée par l'eau sur une surface

Plonger, dans un récipient, un tube fermé par un obturateur tenu par un fil ; remarquer que l'obturateur reste en place grâce à la force pressante exercée par l'eau.

Verser de l'eau dans le tube à l'aide d'une éprouvette graduée et relever le volume d'eau versé lorsque l'obturateur tombe ; calculer le poids de l'eau qui permet à l'obturateur de se décrocher et en déduire l'ordre de grandeur de la force pressante exercée par l'eau sur l'obturateur ;



Introduction concrète de la relation entre pression et force pressante

Afin d'établir de façon concrète la relation $p = \frac{F}{S}$, l'enseignant peut utiliser différentes méthodes :

Utilisation d'un dispositif de pression :

Des tiges métalliques, surmontées chacune d'un plateau, guidées verticalement, pressent un morceau de mousse.

En plaçant différentes masses sur les plateaux, on montre que l'empreinte augmente avec la masse : donc la pression augmente avec la valeur de la force pressante.

En plaçant des pièces rondes de différents diamètres entre la mousse et les différentes extrémités des tiges, et en posant sur les plateaux des masses identiques, on montre que plus la surface de la pièce est grande, plus l'empreinte est petite : donc la pression diminue lorsque la surface pressée augmente.

Utilisation d'une capsule manométrique reliée à un manomètre :

Placer sur la capsule manométrique, un bouchon conique sur sa base la plus grande ; placer une masse sur le bouchon et relever l'indication du manomètre ; retourner le bouchon pour le mettre sur sa base la plus petite et placer de nouveau la même masse ; on note une pression plus importante lorsque la surface pressée est plus petite.

On peut également montrer que, pour une même surface pressée, la pression augmente avec la masse posée sur le bouchon.

Remarque : on peut pousser l'étude plus loin en faisant un relevé de valeurs (pression en fonction de la masse posée) et un tracé de courbe afin de montrer que la pression est bien proportionnelle à la masse posée sur la capsule manométrique.

Et pour la conclusion de cette partie :

À l'aide de ces diverses observations, laisser les élèves choisir la bonne formule entre :

$$P = F \cdot S ; P = \frac{S}{F} ; P = \frac{F}{S}$$

Conclure sur des exemples d'utilisation concrète de cette relation (statues posées sur de larges socles, utilisation de raquettes pour faciliter le déplacement dans la neige...)

4.2 MASSE VOLUMIQUE ET DENSITÉ

Objectifs :

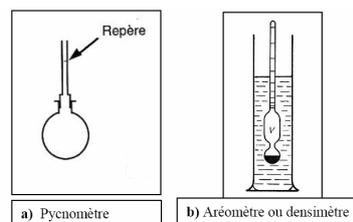
- découvrir plusieurs méthodes de mesure de masse volumique et de densité. Chacune des méthodes est adaptée à l'échantillon
- familiariser les élèves avec les différents changements d'unités lors des calculs à effectuer.

À l'aide de balances, éprouvettes, on pourra :

- déterminer la masse volumique de différents liquides
- déterminer la masse volumique de différents solides de forme géométrique de volume calculable : utiliser les cylindres de même volume en zinc, cuivre, plomb et aluminium (classiquement utilisés en calorimétrie) pour déterminer la masse volumique de différents métaux et comparer aux tables de données compte tenu des incertitudes de mesure.
- déterminer la masse volumique de différents solides de forme quelconque (petite cuillère...) non solubles et ne réagissant pas sur l'eau : faire réfléchir les élèves sur la méthode à utiliser.

Utiliser un flacon à densité ou pycnomètre, permettant de déterminer la masse volumique d'un petit solide

Utiliser des densimètres pour déterminer la densité de liquide plus ou moins lourds que l'eau



4.2 LOI FONDAMENTALE DE L'HYDROSTATIQUE

Objectif : découvrir les paramètres intervenant dans la loi fondamentale de l'hydrostatique, la vérifier puis l'appliquer dans diverses situations.

Introduction

Plonger une capsule manométrique reliée à un tube en U dans un récipient rempli d'eau et montrer :

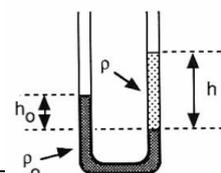
- que la pression exercée par l'eau augmente avec la profondeur, reste constante lorsque l'on se déplace horizontalement
- que la pression change si l'on plonge la capsule à la même profondeur dans une solution de chlorure de sodium saturée, dans l'eau ou dans l'alcool.

Vérification de la loi fondamentale de statique des fluides

Relier la capsule manométrique à un manomètre ; noter la pression atmosphérique P_A ; plonger la capsule dans le récipient et noter l'augmentation de 1 hPa lorsque la capsule s'enfonce de 1 cm.

On peut faire une étude plus quantitative en faisant un relevé de valeur (pression P_B en fonction de la profondeur h) et tracer la courbe correspondante qui aura pour équation $P_B = a h + P_A$; déterminer le coefficient directeur de la droite et le comparer à $\rho \cdot g \approx 10^4$

Mesure de la masse volumique d'un liquide (non miscible avec l'eau)



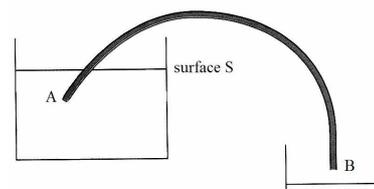
Utiliser un tube en U contenant un liquide de référence coloré (dont on connaît la masse volumique ρ_0) dans lequel on verse le liquide dont on veut déterminer la masse volumique ρ : montrer en appliquant la loi de la statique que l'on a la relation $\rho = \rho_0 \cdot \frac{h_0}{h}$; effectuer les mesures de h et h_0 et déterminer ρ ; profiter de cette expérience pour faire calculer un pourcentage d'erreur connaissant la vraie valeur de ρ .

Les vases communicants

Le dispositif des vases communicants permet de montrer aux élèves que, quelles que soient les surfaces des vases, les liquides à l'équilibre se trouvent au même niveau ; l'enseignant rappellera cette expérience lorsqu'il verra la chute de pression lors de l'écoulement des liquides, les liquides ne seront alors plus au même niveau.

Principe du siphon

A l'aide d'un montage simple on peut faire découvrir aux élèves les conditions pour que le siphon s'amorce : le point B doit être au dessous de la surface S et le tube AB doit être plein de liquide



La fontaine de Héron

Expliquer le principe de la fontaine de Héron qui permet de faire jaillir l'eau sous pression d'un point situé à la surface libre d'un liquide

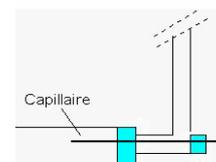
http://www.inrp.fr/she/instruments/instr_hydros_fontaine_heron.htm

4.3 ÉCOULEMENT DES LIQUIDES

Objectif : approche expérimentale de différentes notions d'hydrauliques: écoulement, perte de charge, débit, viscosité et résistance.

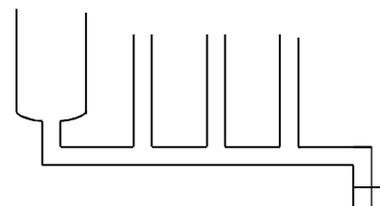
1) Écoulement laminaire ou turbulent

L'enseignant peut montrer la différence entre l'écoulement laminaire et turbulent : un capillaire traverse une canalisation dans laquelle s'écoule régulièrement de l'eau ; une solution colorée de permanganate de potassium sort du capillaire ; à l'aide d'un robinet, on règle le débit de permanganate sortant du capillaire et on visualise dans la canalisation son écoulement laminaire ou turbulent



2) Perte de charge au cours de l'écoulement

Pour montrer la perte de charge (variation de pression statique lors de l'écoulement d'un liquide), le professeur utilisera une éprouvette sur pied avec un orifice relié à une conduite horizontale le long de laquelle des colonnes verticales placées régulièrement sur la conduite repèrent les pressions à différentes abscisses. On peut remplacer l'éprouvette par une bouteille en plastique percée par un tuyau en plastique rigide (pour assurer l'étanchéité au niveau du trou, on utilisera de la colle silicone).



Un fluide s'écoule dans la conduite horizontale de section constante avec un débit déterminé, à l'aide d'un robinet par exemple : on observe une diminution régulière de la pression tout au long de la conduite

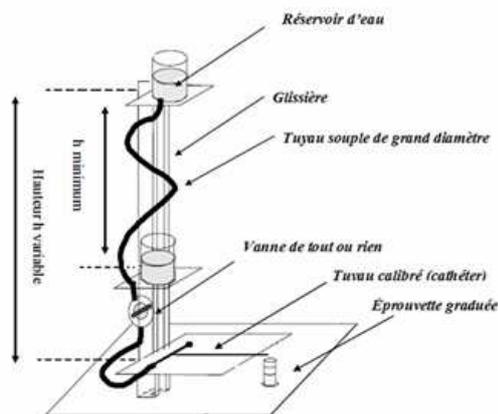
3) Débit et viscosité

Un récipient percé par un capillaire vertical déverse un liquide dans une éprouvette graduée ; on détermine le débit en mesurant le temps mis par le liquide pour s'écouler d'un certain volume ; cette mesure peut se faire

pour plusieurs liquides de viscosité différente (eau, acétone, eau sucrée à 400 g/L) afin de montrer que la viscosité détermine la vitesse de mouvement du fluide donc son débit.

Pour conclure la séance, un document sera présenté aux élèves montrant les paramètres dont dépend la résistance vasculaire ; il sera signalé que le modèle d'écoulement étudié n'est pas directement applicable à la circulation sanguine mais constitue un outil indispensable pour les raisonnements se rapportant à celle-ci.

4) Résistance hydraulique d'un conduit



Un réservoir contenant de l'eau distillée de masse volumique ρ , est monté sur une glissière. Par l'intermédiaire de cette glissière, on peut faire varier la hauteur h , du réservoir.

Un tuyau très fin, calibré (cathéter) est relié au réservoir par un tuyau souple.

Soit A, le point à la surface de l'eau dans le réservoir : $P_A = P_{\text{atmosphérique}}$

Soit B, le point d'entrée du cathéter.

Soit C, le point à la sortie du cathéter : $P_C = P_{\text{atmosphérique}} = P_A$

Lors de l'écoulement de l'eau dans le cathéter, du point B au point C, il existe une chute de pression ΔP telle que :

$$\Delta P = P_B - P_C = P_B - P_A \text{ car } P_C = P_A$$

Or le tuyau souple reliant le réservoir au cathéter a un diamètre suffisamment grand pour que l'on puisse considérer l'eau à l'équilibre dans ce tuyau et appliquer la relation de la statique des fluides entre le niveau de la surface libre et l'entrée du cathéter :

$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h$$

Donc la chute de pression dans le cathéter peut se mettre sous la forme $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$

On fait varier la hauteur h du réservoir de 40 cm à 80 cm : pour chaque hauteur h , on laisse l'eau s'écouler dans une éprouvette graduée pendant une durée $\Delta t = 240$ s.

On reporte dans un tableau la hauteur du réservoir h , le volume V prélevé dans l'éprouvette; on peut en déduire le débit volumique D ($D = \frac{V}{\Delta t}$) et la différence de pression ΔP ($\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$)

hauteur du réservoir h (m)	Volume prélevé V (m ³)	Débit volumique D (m ³ .s ⁻¹)	Différence de pression ΔP (Pa)

Une étude graphique du débit volumique D en fonction de la différence de pression ΔP permet de vérifier la loi $D = \frac{\Delta P}{R}$ et de déterminer la valeur de la résistance hydraulique R du cathéter.

La dépendance de la résistance hydraulique R avec le rayon r et la longueur L du conduit peut être étudiée qualitativement à l'aide de différents cathéters :

$r = 0,50 \text{ mm}$; $L = 2,0 \text{ m}$

$r = 0,25 \text{ mm}$; $L = 2,0 \text{ m}$

$r = 0,50 \text{ mm}$; $L = 4,0 \text{ m}$

.....

5.2 DÉCROISSANCE RADIOACTIVE DU RADON

Objectif : établir une courbe de décroissance radioactive

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

<http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/logiciels/radioactivite-jeulin/index.htm>

UTILISATION D'UN APPAREIL À DÉTECTEUR DE RAYONNEMENTS RADIOACTIFS

Le radon, de numéro atomique $Z = 86$, est un gaz incolore, inodore et chimiquement inerte (gaz rare ou noble). L'isotope 220, issu de la famille du thorium 232, provient de la désintégration du radium 224 par émission d'une particule alpha.

Le radon 220 est un émetteur alpha de courte demi-vie.

Le radon 220 est recueilli dans une fiole dont la paroi latérale est tapissée de sulfure de zinc. Cette fiole, dont le fond est transparent, est placée dans la chambre d'un photomultiplicateur. Lorsqu'une particule alpha, d'énergie 6,3 MeV heurte la paroi, une gerbe de photons est émise par fluorescence dans le domaine du visible. Le photomultiplicateur permet de transformer cette gerbe en une décharge électrique, qui est comptabilisée. Compte tenu de l'efficacité du détecteur, inférieure à 100 % mais constante, le nombre d'évènements détectés sur une durée Δt fixée est proportionnel au nombre de noyaux qui se sont transmutés pendant cette même durée Δt .

.....

5.2 RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : établir une courbe de décroissance radioactive ??

Un morceau de papier filtre est fixé à l'extrémité du tuyau d'un aspirateur. Après une heure de fonctionnement de ce dernier, on récupère le papier filtre et on le place devant un compteur de radioactivité.

.....

6.2 THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectifs :

- définir la chute libre.
- établir les équations du mouvement de chute libre sans vitesse initiale.
- vérifier le théorème de l'énergie cinétique dans le cas de la chute libre.

• Lors d'une expérience de chute libre, on enregistre à l'aide de capteurs reliés à un ordinateur, les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

H (en m)	V (en $m.s^{-1}$)	t (en s)
------------	----------------------	------------

0,00	0,00	0,00
0,10	1,40	0,140
0,20	1,97	0,199
0,40	2,79	0,283
0,50	3,14	0,317
0,60	3,46	0,347
0,70	3,71	0,376
0,80	3,94	0,402
1,00	4,38	0,450

- On utilise un tableur grâce auquel on peut tracer les trois représentations graphiques demandées $V(t)$; $V^2(h)$; $h(t^2)$

Le tableur donne les équations des droites :

$$v = 9,78 t ; v^2 = 19,4 h ; h = 4,93 t^2$$

Une fiche annexe est donnée afin d'aider les élèves dans l'utilisation du tableur.

- En comparant les coefficients directeurs des droites à la valeur de $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$, on peut déterminer les équations de la chute libre, en tenant compte des coefficients de corrélation :

$$v = g.t ; v^2 = 2g.h ; h = \frac{1}{2} g .t^2$$

À l'aide de ces dernières formules, l'enseignant peut amener les élèves à établir le théorème de l'énergie cinétique dans le cas de la chute libre.

6.2 THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectifs :

- Utiliser une table d'enregistrement à mobiles autoporteurs ou une table à digitaliser
- Mesurer des vitesses instantanées
- Vérifier le théorème de l'énergie cinétique

- Tiré par un fil auquel est suspendue une masse m , un mobile autoporteur de masse M , peut se déplacer sur une table plane et horizontale.

La poulie qui modifie la direction du fil a une masse négligeable et n'est le siège d'aucun frottement.

On admettra que la tension du fil est constante et vaut:

$$T = \frac{M.m}{M + m} g$$

- Enregistrer les positions du centre d'inertie G du mobile.
- Définir un repère adapté à l'étude du mouvement puis mesurer les abscisses x_i des positions successives du centre d'inertie du mobile. On appelle x_i la position du point G aux instants de dates t_i .
- Calculer les vitesses instantanées du mobile aux différents instants.
- On appelle $Ec(t_i)$ l'énergie cinétique du point G à la date t_i ; appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre les dates $t_0 = 0 \text{ s}$ et t_i et donner la relation simple entre $Ec(t_i)$ et x_i .
- Construire le graphe donnant l'énergie cinétique $Ec(t_i)$ en fonction de l'abscisse x_i .
- Déterminer le coefficient directeur de la droite obtenue et le comparer à la valeur théorique obtenue précédemment. Que constate-t-on ?

8.2 HYDROLYSE DE L'ASPARTAME

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : montrer que l'aspartame s'hydrolyse en phénylalanine et acide aspartique en faisant une CCM.

Cette séance peut se dérouler en 1 heure.

Placer deux comprimés de Canderel® dans un erlenmeyer de 100 mL. Ajouter 20 mL d'acide chlorhydrique à 1 mol.L⁻¹. Bien dissoudre les comprimés. Laisser au bain marie bouillant pendant 20 minutes.

Pendant cette durée, préparer la cuve à chromatographie avec l'éluant butan-1-ol + acide acétique pur + eau (rapport 6/2/2) et la plaque de chromatographie avec 4 repères A, B, C, D.

Neutraliser l'hydrolysate avec une solution d'hydrogénocarbonate de sodium à 10% jusqu'à ce que l'effervescence cesse : solution D.

Avec des pipettes Pasteur déposer :

- 1 goutte de solution A de phénylalanine (0,1 g dans 100 mL d'eau)
- 1 goutte de solution B d'acide aspartique (0,1 g dans 100 mL d'eau)
- 1 goutte de solution C d'aspartame commercial
- 1 goutte de solution D résultat de l'hydrolyse

Laisser éluer 20 minutes. Sortir la plaque, marquer le front du solvant et la sécher.

Sous la hotte, passer un pinceau trempé dans la ninhydrine (**ATTENTION À LA SÉCURITÉ**) sur la plaque. Chauffer légèrement la plaque CCM. Mesurer les rapports frontaux.

La conclusion du TP sera faite en cours.

.....

8.3 SYNTHÈSE DE NYLONS®

Objectif : réaliser la synthèse de polymères

Durée 30 minutes.

1. Synthèse du nylon® 6-6

Dans un bécher, verser 10 mL d'une solution de dichlorure d'hexanedioyle ClOC-(CH₂)₄-COCl en solution à 5 % en masse dans le dichlorométhane.

Verser très lentement, le long d'un agitateur, une solution aqueuse à 5 % en masse d'hexane-1,6-diamine H₂N-(CH₂)₆-NH₂ additionnée de quelques gouttes de phénolphtaléine.

Observer l'interface des deux solutions ; à l'aide d'une pince, tirer un fil de l'interface des deux solutions et l'enrouler sur un agitateur : c'est du nylon® 6-6.

2. Synthèse du nylon 11.

Dans une capsule en porcelaine placer un peu d'acide amino-11-undécanoïque H₂N-(CH₂)₁₀-CO₂H et chauffer doucement.

Après fusion du solide, poursuivre le chauffage ; la viscosité du solide croît alors que de la vapeur d'eau se dégage. Tirer un fil avec une pince : c'est du nylon 11 ou rilsan®.

.....

8.3 SYNTHÈSE DU PARACÉTAMOL

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : utiliser des techniques variées de chimie organique pour synthétiser du paracétamol

Dans un erlenmeyer de 250 mL, fixé à un support et placé dans un cristalliseur d'eau sur un agitateur magnétique chauffant, introduire :

- m = 2,72 g de para-aminophénol (1-amino-4-hydroxybenzène)
- environ 25 mL d'eau distillée
- 2 mL d'acide acétique (ou éthanoïque) pur

Adapter un réfrigérant à air et verser de l'eau bouillante dans le cristalliseur ; agiter pendant 10 minutes. Retirer l'erlenmeyer du bain-marie, laisser refroidir à l'air puis dans un bain d'eau froide.

Sous la hotte, ajouter au contenu de l'erlenmeyer, mL par mL, en agitant, 3,5 mL d'anhydride acétique (ou éthanoïque) $\text{CH}_3\text{-CO-O-CO-CH}_3$: le mélange s'échauffe. Refroidir dans un bain eau-glace : des cristaux blancs apparaissent. Filtrer sur filtre Büchner, rincer à l'eau glacée et récupérer le produit dans un petit bécher.

Le produit obtenu est impur : il faudrait le recrystalliser.

Recristallisation possible à cette séance ou à la suivante :

Introduire environ 20 mL d'eau bouillante dans le bécher et maintenir à ébullition sur un agitateur magnétique chauffant : le précipité se dissout. Laisser refroidir la solution dans l'eau puis dans un bain eau-glace. Des cristaux très blancs apparaissent. Filtrer sur filtre Büchner, sécher avec du papier filtre et placer les cristaux dans une étuve à 80°C pendant 30 minutes.

Identification possible :

À l'aide d'une C.C.M. ou d'un banc Köfler

.....

8.4 SYNTHÈSE D'UN ESTER : LE MÉTHANOATE D'ÉTHYLE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : montrer que la synthèse d'un ester a un rendement limité.

Dans un ballon, introduire

- 20 mL d'acide méthanoïque pur
- 30 mL d'éthanol (de préférence absolu, à défaut, alcool à 95° ; ne pas prendre d'alcool dénaturé car il contient du méthanol)
- une vingtaine de gouttes d'acide sulfurique concentré
- quelques grains de pierre ponce.

Peser une éprouvette sèche.

Réaliser un montage de distillation fractionnée ; faire circuler l'eau froide dans le condenseur, puis porter le mélange à ébullition. Lorsque la distillation commence, la température de tête de colonne se stabilise à 54°C environ : c'est donc du méthanoate d'éthyle qui est recueilli à la sortie du condenseur dans l'éprouvette.

Peser l'éprouvette contenant l'ester. En déduire la masse d'ester obtenu et le rendement de la réaction.

.....

10.1 DOSAGE DE L'ACIDE ACÉTYLSALICYLIQUE CONTENU DANS UN COMPRIMÉ D'ASPIRINE 500[®]

Objectif : réaliser un dosage acido-basique sur un médicament

Écraser deux comprimés d'aspirine 500[®] dans un mortier et introduire la poudre fine dans une fiole jaugée de 500 mL. Prélever 20,0 mL de cette solution aqueuse d'aspirine, à l'aide d'une pipette jaugée. Effectuer le dosage pHmétrique de la solution d'aspirine par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire apportée $C_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Tracer le graphe $\text{pH} = f(V_B)$.

Souligner l'acidité initiale de la solution et l'intérêt des solutions tamponnées qui seront étudiées dans la suite du programme.

Déterminer la concentration molaire apportée de la solution d'aspirine ; en déduire la masse d'acide acétylsalicylique contenue dans un comprimé. Comparer le résultat avec l'indication « aspirine 500[®] ».

Remarque : le pH à l'équivalence vaut environ 7,8. On pourra utiliser un indicateur coloré tel que l' α -naphtholphtaléine (zone de virage comprise entre 7,5 et 8,6 ; l'indicateur est jaune-rose pour un $\text{pH} < 7,5$ et bleu-vert pour un $\text{pH} > 8,6$).

10.1 DOSAGE DE L'ACIDE LACTIQUE DU LAIT

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : réaliser un dosage acido-basique d'une espèce présente dans un aliment

On teste deux échantillons de lait : l'un ouvert le jour même, l'autre ouvert depuis une semaine et laissé à l'air libre. On dose un volume $V = 20,0 \text{ mL}$ de lait additionné de 150 mL d'eau distillée et de 20 gouttes de phénolphtaléine. On plonge les électrodes du pH-mètre. On verse progressivement une solution de soude de concentration molaire apportée $C = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ et on trace la courbe du pH en fonction du volume de soude versé. On détermine le volume à l'équivalence lorsque la couleur rose persiste pendant 10 secondes et par le saut de pH (qui n'est pas net).

On en déduit la masse d'acide lactique présente dans l'échantillon et le degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$) qui caractérise la fraîcheur d'un lait en laiterie.

(Le degré Dornic : 1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait, les autres acides présents étant assimilés à de l'acide lactique)

10.1 DOSAGE DE L'ION HYDROGÉNOCARBONATE DANS L'EAU D'ÉVIAN[®]

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : réaliser un dosage acido-basique sur un produit de la vie courante

On dose un volume $V = 200 \text{ mL}$ d'eau d'Évian[®] par une solution chlorhydrique de concentration molaire apportée $C=0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de vert de bromocrésol-rhodamine (B.C.R environ 15 gouttes). On introduit les électrodes du pH-mètre préalablement étalonné et on mesure le pH initial.

On verse l'acide progressivement et on trace la courbe du pH en fonction du volume d'acide versé. On note le volume versé lors du changement de teinte de l'indicateur.

On déduit de la courbe le volume à l'équivalence puis la concentration molaire et massique des ions hydrogénocarbonate dans l'eau d'Évian[®]. On compare le résultat avec l'indication de l'étiquette et on évalue la précision de la mesure.

On pourra définir et calculer le titre alcalimétrique (T.A) et le titre alcalimétrique complet (T.A.C) de l'eau d'Évian[®]. Le titre alcalimétrique (T.A) est égal au volume d'acide chlorhydrique exprimé en mL de concentration $0,020 \text{ mol.L}^{-1}$ qu'il faut verser dans 100 mL d'eau pour faire virer la phénolphtaléine. Le titre

alcalimétrique complet (T.A.C) est égal au volume d'acide chlorhydrique exprimé en mL de concentration 0,020 mol.L⁻¹ qu'il faut verser dans 100 mL d'eau pour faire virer le vert de bromocrésol-rhodamine.

.....

10.1 ÉTUDE DE SOLUTIONS TAMPON

Objectif : montrer expérimentalement que le pH d'une solution tampon varie de façon négligeable par ajout en quantité raisonnable d'une solution basique ou acide ou par dilution (effet tampon), alors qu'il varie de façon notable dans le cas d'une solution quelconque.

- Dissoudre

1 comprimé d'aspirine 500[®] dans 250 mL d'eau : solution A.

1 comprimé d'aspirine tamponnée effervescente d'aspirine 500 dans 250 mL d'eau : solution B.

- Répartir la solution A dans trois béchers A₁, A₂ et A₃.

- Répartir la solution B dans trois béchers B₁, B₂ et B₃.

- Préparer deux béchers C₁ et C₂ contenant 40 mL d'acide chlorhydrique de concentration molaire apportée 0,010 mol.L⁻¹.

- Préparer deux béchers D₁ et D₂ contenant 40 mL d'une solution de soude de concentration molaire apportée 0,010 mol.L⁻¹.

- Préparer deux béchers E₁ et E₂ contenant 40 mL d'eau distillée.

- Mesurer les pH des béchers A₁, B₁, C₁, D₁ et E₁. Ajouter ensuite :

- 4 mL d'acide chlorhydrique de concentration molaire apportée 0,010 mol.L⁻¹ dans les béchers A₁, B₁, D₁ et E₁
- 4 mL de soude de concentration molaire apportée 0,010 mol.L⁻¹ dans les béchers A₂, B₂, C₁ et E₂
- 150 mL d'eau distillée dans les béchers A₃, B₃, C₂ et D₂.

Homogénéiser les mélanges sur agitateur magnétique et mesurer le pH final dans les douze béchers.

.....

10.2 SYNTHÈSE D'UN SAVON

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : réaliser une réaction de saponification.

Durée 50 minutes.

Dans un ballon de 250 ml, introduire :

- 20 mL de soude à 10 mol.L⁻¹
- 15 mL d'huile d'olive
- 20 mL d'éthanol à 90°
- Quelques grains de pierre ponce.

Adapter un réfrigérant à eau et chauffer à reflux le mélange réactionnel durant environ 20 minutes.

Laisser refroidir quelques minutes ; verser ensuite le mélange dans un bécher contenant environ 100 mL de solution saturée de chlorure de sodium : le savon précipite.

Filtrer le mélange obtenu sur un filtre Büchner ; récupérer le savon, le sécher et le peser.

Le protocole ci-dessus correspond à la première étape de la fabrication d'un savon qui n'est pas encore utilisable pour se laver car il contient beaucoup de soude qui est caustique.

.....

10.2 ÉTUDE DES SAVONS

L'enseignant exploite le document du site ci-dessous

http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/Nouvprog/prem_L/docs/chim_cuisine/Chimie&lavage-CH.pdf

Objectif : répondre aux questions suivantes

- qu'est-ce que la tension superficielle d'un liquide ?
- tous les liquides ont-ils la même tension superficielle ?
- quels sont les autres effets de la tension superficielle ?
- comment réduire la tension superficielle d'un liquide ?
- qu'est-ce qu'un détergent ?
- quelles sont les conditions optimales d'utilisation d'un savon ?
- qu'est-ce que la biodégradabilité des détergents ?

On terminera par une recherche sur l'industrie des détergents et des savons.

.....

12.1 OXYDATION D'UN ALCOOL PRIMAIRE

Une proposition de fiche détaillée de TP se trouve sur le site de l'académie de Paris.

Objectif : réaliser une oxydation ménagée et identifier par CCM les produits d'oxydation

Produits

alcool primaire $C_8H_{10}O_2$ <i>alcool 4-méthoxybenzylique</i> solution saturée : 5 g dans 200 mL	aldéhyde $C_8H_8O_2$ <i>4-méthoxybenzaldéhyde</i> (solution saturée : 5 mL dans 200 mL)	acide carboxylique $C_8H_8O_3$ <i>acide 4-méthoxybenzoïque</i> (grains)
solution oxydante (K^+ , MnO_4^-) <i>permanganate de potassium acidifié</i> 25 g et 100 mL d'acide sulfurique concentré dans 500 mL	éluant (cyclohexane et 1-éthanoate d'éthyle 10/5 en volume)	solvant pour l'extraction (cyclohexane, heptane ou éthoxy-éthane)

Matériel

Un présentoir avec 5 tubes à essais ; 5 bouchons ; 5 pipettes pasteur ; un sèche cheveux, une plaque CCM ; un crayon à papier ; une cuve à chromatographie ; pipettes pour prélèvements, gants, lunette de protection ; une lampe à UV pour la révélation.

Mode opératoire succinct

Préparation dans 5 tubes à essais :

- 3 mL de la solution d'alcool + 6 gouttes de la solution oxydante de permanganate ; agiter
- 3 mL de la solution d'alcool + 3 mL de la solution oxydante de permanganate ; agiter
- 3 mL de la solution d'alcool
- 2 gouttes d'aldéhyde pur
- un grain d'acide méthoxybenzoïque.

Dans chaque tube, ajouter 3 mL de solvant, puis prélever une goutte de la phase supérieure, et déposer sur la plaque CCM.

.....

12.2 DOSAGE DE LA VITAMINE C PAR LE DIODE DANS UN AGRUME

Objectif : réaliser des dosages d'oxydoréduction.

Presser un agrume (citron ou orange ou pamplemousse). Récupérer un volume $V_0 = 20,0$ mL à l'aide d'une éprouvette graduée. Ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon. Doser à l'aide d'une solution de diode de concentration molaire apportée $C_1 = 5,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ jusqu'au changement de teinte de l'empois d'amidon. (dosage direct). Continuer à ajouter la solution de diode jusqu'à un volume total ajouté $V_1 = 25,0$ mL.

Puis doser l'excès de solution de diode par une solution de thiosulfate de sodium de concentration molaire apportée $C_2 = 5,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ (dosage en retour).

Déduire des deux dosages la concentration molaire de la vitamine C dans l'agrume ; comparer les résultats obtenus ; en déduire la concentration massique en mg.L⁻¹.

Remarque : il est possible de doser la vitamine C par acido-basicité, par exemple dans un comprimé de Vitascorbol® 500.

5. Des liens avec les autres disciplines

Liens entre les sciences physiques et chimiques et les mathématiques

Le tableau ci-dessous résume les notions de mathématiques utiles pour aborder le programme des sciences physiques et chimiques de la série ST2S en classe de première et en classe de terminale. Ces notions nécessitent un travail de concertation en amont des deux enseignants concernés.

Notions de mathématiques	Classe de Première	Classe de Terminale
Éléments de géométrie	- Construction de l'image d'un objet donné par une lentille	
Mesures algébriques	- Relation de grandissement	
Proportionnalité	- Relation de grandissement - Valeur efficace, valeur maximale en électricité - Puissance et énergie électriques - Concentration molaire et massique, dilution (glucides, acido-basicité)	- Masse volumique - Définition du débit - Relation entre le débit et la différence de pression en régime permanent (écoulement des liquides) - Concentration molaire et dilution (acido-basicité) - Notion de rendement en % (saponification)
Trigonométrie	- Réfraction de la lumière	- Travail d'une force
Notion d'inverse	- Distance focale et vergence (lentilles) - Fréquence et période (électricité)	- Fréquence et période (photon)
Exploitation de courbes	- Courbe d'absorption (radiations électromagnétiques) - Electroencéphalogrammes, électrocardiogrammes.	- Courbe de dosage acido-basique - Courbe de dosage d'oxydoréduction
Vecteurs		- Représentation d'une force
Logarithme		- pKa ; pH
Puissance de 10	- Longueur d'onde - Produit ionique de l'eau - Définition du pH par $[H_3O^+] = 10^{-pH}$	- Longueur d'onde - Énergie du photon

Liens entre les sciences physiques et chimiques et biologie-physiopathologies humaines

Références au programme de Terminale	Parties traitées en sciences physiques et chimiques	Parties traitées en biologie et physiopathologie humaines
En physique : physique et circulation sanguine En biologie : cœur et circulation sanguine	- Définition de la tension artérielle - Etude des variations de la tension artérielle dans le corps humain - Principe de la perfusion	- Définition de la pression artérielle, sa méthode de mesure - Ecoulement du sang dans les vaisseaux sanguins
En physique : physique et diagnostics médicaux En biologie : cœur et circulation sanguine	- Scintigraphie	- Dans le cadre de l'IDM, étude de la scintigraphie (définition, principe, intérêts médicaux, avantages et inconvénients)
En physique : physique et diagnostics médicaux En biologie : cellules chromosomes gènes	- IRM : principe, intérêt et précautions - Radiothérapie	- Intérêt de l'IRM : dépistage des tumeurs du système nerveux central - Radiothérapie

Références au programme de Terminale	Parties traitées en sciences physiques et chimiques	Parties traitées en biologie et physiopathologie humaines
En chimie : acides et bases dans les milieux biologiques En biologie : respiration	- Définitions d'un acide et d'une base de Brønsted, des espèces acido-basiques d'un couple acide-base - Ecriture de l'équation d'une réaction acido-basique - Définition du pH et mesures du pH de différentes solutions - Solution tampon	- Transport du CO ₂ - Facteurs modulant l'affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène - Effet tampon
En chimie : molécules de la santé En biologie : cellules chromosomes gènes	- Acides aminés, synthèse des dipeptides et polypeptides	- Acides aminés (séquence polypeptidique), synthèse de protéines

Références au programme de Première	Parties traitées en sciences physiques et chimiques	Parties traitées en biologie et physiopathologie humaines
En physique : la vision En biologie : la nutrition	Réflexion totale : fibres optiques, fibroscopie	Étude de la fibroscopie : définition, principe, intérêts médicaux, avantages et inconvénients
En physique : les ondes au service de la santé En biologie : motricité et système nerveux	Etude des rayons X et de ses applications (radiothérapie, radio protection, radiographie) et tomodensitométrie (scanner)	Étude de la technique de radiographie conventionnelle appliquée à l'exploration osseuse et de tomodensitométrie
En physique : les ondes au service de la santé En biologie : transmission de la vie (vue en Terminale)	Nature et propriétés des sons et des ultrasons ; absorption et réflexion Analogies et différences entre radiographie, scanner et échographie	Étude possible de l'échographie du rein ou du foie
En physique : applications de l'électricité dans le domaine de la santé En biologie : cœur et circulation sanguine	Etude d'électrocardiogrammes	Électrocardiogramme : définition, technique, étude d'un tracé normal

Références au programme de Première	Parties traitées en sciences physiques et chimiques	Parties traitées en biologie et physiopathologie humaines
En chimie : les molécules organiques dans le domaine de la santé En biologie : nutrition et homéostasie, motricité et système nerveux	Notions sur les glucides (classement succinct) et représentation des modèles moléculaires du glucose et du galactose (forme ouverte) Aspect énergétique des glucides	Représentation des modèles moléculaires du glucose et du fructose (forme cyclique) Aspect énergétique des glucides
En chimie : introduction aux acides et aux bases En biologie : homéostasie	Définition de solutions acide, basique, neutre Définition du pH et mesures de pH à l'aide d'un pHmètre	Définition du pH et valeurs physiologiques du pH sanguin
En chimie : antiseptiques et désinfectants En biologie : nutrition	Facteurs influençant l'avancement d'une réaction chimique Définitions d'un catalyseur et des différents types de catalyse	Etude des catalyseurs et catalyse enzymatique

6. Liens avec le B2i-lycée (*Brevet informatique et internet*)

Le B2i vise à évaluer cinq champs de compétences communs à tous les niveaux :

1	s'approprier un environnement informatique de travail,
2	adopter une attitude responsable,
3	créer, produire, traiter, exploiter des données,
4	s'informer, se documenter,
5	communiquer, échanger

1- Des adresses utiles pour avoir des informations officielles.

<http://www2.educnet.education.fr/sections/formation/certification/b2i>

<http://eduscol.education.fr/D0053/documents.htm>

BO n° 42 du 16 novembre 2006 :

<http://www.education.gouv.fr/bo/2006/42/MENE0602673C.htm>

2- Modèles de feuilles de position (niveau lycée)

Tableau [synoptique du BO](#) N° 42 du 16 novembre 2006 par domaines pour les trois niveaux :

Compétences attendues

1 – S'approprier un environnement informatique de travail
1.1) Je sais choisir les services, matériels et logiciels adaptés à mes besoins.
1.2) Je sais structurer mon environnement de travail.
1.3) Je sais régler les principaux paramètres de fonctionnement d'un périphérique selon mes

besoins.
1.4) Je sais personnaliser un logiciel selon mes besoins.
1.5) Je sais m'affranchir des fonctions automatiques des logiciels (saisie, mémorisation mot de passe, correction orthographique, incrémentation...).
1. O 1) Je sais utiliser une plate-forme de travail de groupe.

2 - Adopter une attitude responsable
2.1) Je connais la charte d'usage des TIC de mon établissement.
2.2) Je protège ma vie privée en réfléchissant aux informations personnelles que je communique.
2.3) J'utilise les documents ou les logiciels dans le respect des droits d'auteurs et de propriété.
2.4) Je valide, à partir de critères définis, les résultats qu'un traitement automatique me fournit (calcul, représentation graphique, correcteur...).
2.5) Je suis capable de me référer en cas de besoin à la réglementation en vigueur sur les usages numériques.
2.6) Je sais que l'on peut connaître mes opérations et accéder à mes données lors de l'utilisation d'un environnement informatique.
2.7) Je mets mes compétences informatiques à la disposition des autres.

3 – Créer, produire, traiter, exploiter des données
3.1) Je sais créer et modifier un document numérique composite transportable et publiable.
3.2) Je sais insérer automatiquement des informations dans un document (notes de bas de page, sommaire...).
3.3) Je sais utiliser des outils permettant de travailler à plusieurs sur un même document
3.4) Je sais utiliser ou créer des formules pour traiter les données. (outil de suivi de modifications...).
3.5) Je sais produire une représentation graphique à partir d'un traitement de données numériques.
3.6) Dans le cadre de mes activités scolaires, je sais repérer des exemples de modélisation ou simulation et je sais citer au moins un paramètre qui influence le résultat.
3.7) Je sais publier un document numérique sur un espace approprié.
3. O 1) Je sais utiliser un modèle de document.

4 – S'informer, se documenter
4.1) Je sais interroger les bases documentaires à ma disposition.
4.2) Je sais utiliser les fonctions avancées des outils de recherche sur internet.
4.3) Je sais énoncer des critères de tri d'informations.
4.4) Je sais constituer une bibliographie incluant des documents d'origine numérique.
4. O 1) Je sais utiliser des outils de veille documentaire.

5 – Communiquer, échanger
5.1) Je sais choisir le service de communication selon mes besoins.
5.2) Je sais organiser mes espaces d'échange (messagerie, travail de groupe...)
5.3) Je sais adapter le contenu des informations transmises aux lecteurs potentiels : niveau de langage, forme, contenu, taille, copies.
5. O 1) Je sais paramétrer un logiciel de messagerie pour récupérer mon courrier électronique.
5. O 2) Je sais gérer des groupes de destinataires.

Tableau à remplir par les élèves et à valider par l'enseignant:

<http://eduscol.education.fr/D0053/accueil.htm>

<http://www2.educnet.education.fr/sections/formation/certification/b2i/>

7. Autour de l'histoire des sciences

L'histoire je le crains ne permet guère de prévoir ; mais associée à l'indépendance de l'esprit, elle peut nous aider à mieux voir.

Paul Valéry

Le souci de la clarté et de la concision amène souvent à présenter un sujet scientifique comme un ensemble de résultats achevés. Une telle approche, si elle est systématique, recèle des risques de dogmatisme. En faisant abstraction de la dimension historique de la construction des savoirs, elle donne aux élèves une idée fautive de la science, assimilée à un ensemble définitivement acquis de vérités révélées.

L'histoire des sciences est également un outil pour l'enseignant, tant certains raisonnements des élèves présentent des similitudes avec des conceptions erronées qui ont perduré pendant des siècles (les contextes historiques sont néanmoins bien différents), mais qui ont aussi stimulé des avancées de la science dans leurs affrontements.

Même si le professeur n'est pas en mesure, ne serait-ce que par manque de temps, de présenter systématiquement la genèse de tous les résultats, il doit toujours garder en vue la dimension historique du savoir scientifique.

Toutes les constatations faites dans les classes ont montré le grand engouement des élèves pour l'approche historique des phénomènes scientifiques et, en marge de l'histoire des sciences, pour la vie des savants. De nombreux textes existent à ce propos mais cela peut aussi être l'objet de recherches par groupe au CDI, sur Internet, dans des encyclopédies ...

Périodiquement, à l'occasion de certains sujets qui se prêtent particulièrement bien à une approche historique, le professeur saisira cette opportunité de motiver les élèves. C'est en répondant aux questions « Comment a-t-on découvert ceci ? », « Comment a-t-on compris cela... ? » que l'on peut faire naître des vocations scientifiques en montrant la science en construction.

Ces ouvertures en direction de l'histoire des sciences permettent de rendre les élèves actifs, de renouveler leur motivation et autorisent des activités pluridisciplinaires.

(Voir l'article de Cécile de Hosson sur le site de l'académie de Paris).

Chaque salle spécialisée pourrait porter le nom d'un savant ; ce nom pourrait changer d'année en année (lors des commémorations de naissances, de morts, de prix Nobel...) et serait l'occasion d'une recherche voire d'un concours du meilleur texte littéraire (nouvelle, poème...) écrit par les élèves en relation avec ce savant.

Imagerie médicale. Chronologie

Document pour le professeur

1. IR, UV, R. X, radioactivité, IRM

(Voir bibliographie à la fin du document)

	Applications médicales	Date	Événements scientifiques
		1800	W. Herschel découvre les <i>infrarouges</i> (le thermomètre placée dans le spectre lumineux indique une température de plus en plus élevée quand on va du bleu vers le rouge foncé. Au delà du rouge foncé, en dehors du spectre visible, elle est encore plus élevée. Il existe donc des rayons invisibles qui donnent un grand effet de chaleur)
		1801	J. Ritter découvre des <i>ultraviolets</i> au-delà du violet, dans la partie invisible du spectre.
		1814	En Bavière, Joseph von Fraunhofer (1787-1826) utilise des raies noires caractéristiques du spectre solaire pour déterminer l'indice de réfraction des verres qu'il fond, notamment ce qu'il appelle la raie D du sodium.
		1821	Théorie ondulatoire de la lumière d'Augustin Fresnel. La lumière est une onde transversale. Mais une onde nécessite un milieu matériel pour se propager. On postule donc l'existence de l'éther.
		1849	Hippolyte Fizeau mesure de la vitesse de la lumière par la méthode de la roue dentée.
		1850	Léon Foucault montre que la vitesse de la lumière est plus petite dans l'eau que dans l'air (méthode du miroir tournant).
		Années 1850	Tubes de Heinrich Geissler : un tube contenant un gaz raréfié dans lequel une décharge électrique traverse le gaz, était utilisé dans les foires. Excité, le gaz émet une lumière qui fascinait le public. La technique du vide va s'améliorer dans les années 1880.
		1857	Julius Plücker (Bonn) remarque que les phénomènes lumineux se modifient à mesure que le vide est plus poussé tandis qu'apparaît en face de l'électrode négative une tache lumineuse verte.
		1859-1862	Gustav Robert Kirchhoff et Robert Bunsen donnent l'explication du spectre solaire, et des spectres "inversés". Ils montrent que l'analyse spectrale de la lumière des tubes de Geissler est caractéristique de l'élément. Début de la <i>spectroscopie</i> . Appliquée en chimie, elle permet de découvrir beaucoup d'éléments inconnus. Appliquée en astronomie, elle donne naissance à une nouvelle discipline, l'astrophysique.
		1868	Johann Wilhelm Hittorf, élève de Plücker, montre que la tache lumineuse verte des tubes de Geissler est due à l'impact de rayons venant de la cathode, se propageant en ligne droite : ils sont nommés <i>rayons cathodiques</i> . L'Europe se passionne pour l'étude de ces nouveaux rayons.
		1879	William Crookes fait le vide dans un tube à décharges pour étudier les rayons cathodiques : ce sera le tube de Crookes.
		1891	G. Johnstone Stoney propose d'appeler <i>électron</i> l'unité naturelle de charge électrique : celle que porte un ion monovalent en électrolyse. Ce vocable ne désigne pas un corpuscule.
		1895	Jean Perrin montre que les rayons cathodiques portent une électricité négative. J.J. Thomson étudie la déviation des rayons cathodiques par un champ électrique et un champ magnétique (il utilise un tube de Braun, voir chronologie suivante). Il détermine le rapport q/m, et leur vitesse (environ 10% de celle de la lumière). Les

			rayons cathodiques ne sont donc pas de même nature que la lumière.
	Application médicale immédiate.	1895	En étudiant les rayons cathodiques, Roentgen découvre les <i>rayons X</i> . Ils ne sont pas matériels, et ont certaines propriétés des ondes lumineuses, mais sont plus énergétiques.
	Développement très rapide de la photographie X.	1896	Henri Becquerel, étudiant les rayonnements émis par des minerais exposés au Soleil, découvre fortuitement le <i>rayonnement uranique</i> .
	Antoine Béclère (1856-1939) crée le 1 ^{er} laboratoire de radiologie à l'hôpital Tenon (Paris). Il met sur pied l'enseignement de la radiologie en France.	1897	J.J. Thomson publie ses valeurs du rapport e/m, ce qui lui permet d'identifier l'électron comme un corpuscule de masse 1836 fois plus petite que celle de l'ion hydrogène. Ce corpuscule porte l'unité naturelle de charge électrique.
		1898	Marie et Pierre Curie étudient le rayonnement uranique, en donnent les propriétés et proposent le terme de <i>radioactivité</i> . Marie Curie analyse les rayonnements émis par les minerais de la famille de l'uranium, isole le polonium et soupçonne l'existence du <i>radium</i> , qui sera isolé quelques années plus tard. La radioactivité est mesurée à partir de la conductibilité de l'air traversé par le rayonnement, entre les plaques d'un condensateur.
		1900	Planck déduit de l'étude du rayonnement une valeur de la charge élémentaire : $1,602 \cdot 10^{-19}$ C.
		1900	Paul Villard découvre les <i>rayons γ</i> dans "l'émanation" du radium
	Le médecin français Danlos effectue les premières tentatives d'utilisation thérapeutique du radium pour les cancers de la peau (radiumthérapie).	1904	
		1905	Einstein explique le quantum de lumière de Planck. La lumière est constituée de grains d'énergie <i>hν</i> . La dualité onde-corpuscule pose une difficulté conceptuelle.
		1899-1909	Ernest Rutherford montre que le rayonnement radioactif est constitué de <i>particules positives ou α et de particules négatives ou β</i> . Ernest Rutherford et Frederick Soddy expliquent que la radioactivité résulte d'une transmutation d'élément. Rutherford et Royds montrent que α est un noyau d'hélium.
	Congrès de radiologie (Bruxelles), Marie Curie pose la question des standards nécessaires à la recherche et à la thérapie. Le congrès adopte de l'unité de radioactivité le <i>curie</i> .	1910	Marie Curie obtient un échantillon de radium pur.
		1911	Rutherford met en évidence la structure lacunaire de l'atome. Se pose alors la question de la stabilité de l'atome.
	L'ingénieur William Coolidge invente un tube à R. X à émission thermo-ionique qui va révolutionner la radiothérapie (perfectionné par le néerlandais Bouwers en 1929).	1913	Niels Bohr : les électrons ne peuvent occuper dans l'atome que des états stationnaires correspondant à des orbites le long desquelles ils ne rayonnent pas. Le passage d'une orbite à l'autre s'accompagne d'un échange de quantum de lumière <i>hν</i>
	Le Service de santé des armées met en place trois centres de radiumthérapie (curiethérapie postérieurement) à Paris, Bordeaux, Lyon.	1914	Ouverture de l'Institut du Radium conjointement par l'Université de Paris et l'Institut Pasteur.
	Pour aider A. Béclère, Marie Curie organise les "Petites Curie" : unités mobiles du Service de radiologie des armées, et forme le personnel.	1914-1918	
	M. Curie organise, dans son laboratoire de l'Institut du Radium, le <i>Service d'émanation</i> , destiné à produire des ampoules de radon pour les blessures de guerre.	1916	
	Utilisation de films en nitrate de cellulose à la place des plaques de verre en radiographie X.	1916	
	J.A. Sicard et J. Forestier (médecins)	1921	

	utilisent l'huile d'œillette iodée (Lipiodol) comme opacifiant radiologique. André Bocage dépose un brevet pour un procédé de radiographie en coupe (tomographie).		
	Le film en triacétate de cellulose s'impose en technique R. X.	1924	
		1926	Gilbert Newton Lewis baptise <i>photon</i> le corpuscule de lumière. Il propose également la notion de liaison covalente en chimie.
	E. Moniz utilise l'iode de sodium comme opacifiant injecté dans le sang pour l'étude de l'angiographie cérébrale.	1927	
		1931	Carl Anderson découvre le <i>positon</i> ou électron positif
		1932	James Chadwick découvre le <i>neutron</i>
		1934	Irène et Frédéric Joliot-Curie découvre la radioactivité artificielle
		1938	Isidor Rabi découvre le phénomène de <i>résonance magnétique nucléaire</i> en faisant dévier des faisceaux de molécules dans un champ magnétique et en les soumettant à des ondes radio.
		1939	Otto Hahn et Fritz Strassmann découvrent la fission nucléaire.
		1946	U.S.A. : Felix Bloch d'une part, E.M. Purcell et R.V. Pund d'autre part, mettent en évidence par expérience la résonance magnétique des noyaux, dans des échantillons de matière. La résonance magnétique du proton est très vite utilisée comme nouvel outil.
		1950	La RMN devient un outil très fin d'analyse chimique.
		1963-64	Allan M. Cormack (Harvard, É.-U.) réussit à reconstruire l'image 3D d'un objet en effectuant des coupes et en utilisant un ordinateur de bureau (1ers tomogrames). Il propose une application en radiologie mais il ne peut aller plus loin faute d'un calculateur assez puissant.
	1 ^{er} prototype de tomodynamométrie (scanner).	1968	
	Raymond Damadian propose d'appliquer les propriétés de la RMN à la détermination de la malignité d'une tumeur.	1971	
		1973	Paul Lauterbur (É.-U.) invente la zeugmatographie (future IRM) et publie les premières images RMN dans <i>Nature</i> : images de tubes d'eau obtenues en ajoutant une petite bobine de gradient de champ magnétique dans un spectromètre RMN conçu pour l'analyse chimique.
	Godfrey N. Hounsfield (R.-U.) associe la technique R. X au traitement informatique : brevet pour "computed tomography ou C.T. soit scanner X ."	1972	
	On expérimente sur l'IRM. La méthode se révèle féconde et sans danger : la technique IRM visualise les tissus sans traumatisme.	1973-81	
	Damadian (É.-U.) : premières images médicales par RMN. Peter Mansfield et son équipe obtiennent des images de doigts et de poignets	1976	
	RMN : premières images du cerveau humain.	1977-79	
	Allan M. Cormack et Godfrey N. Hounsfield reçoivent le prix Nobel de médecine pour le développement de la tomographie assistée par ordinateur.	1979	
		1982	Anatole Abragam (Collège de France) reçoit la médaille Lorentz pour ses travaux sur le magnétisme nucléaire. Spécialiste de la résonance magnétique nucléaire, il participe à la création du CIERM en 1985.
	L'imagerie par RMN entre dans la pratique hospitalière. L'IRM commence à donner des résultats anatomiques intéressants. Des unités mobiles commencent à circuler.	1982-85	
	Technique du double écran en technique R.	1990	

X.	Le détecteur à fils de Charpak est de plus en plus utilisé pour détecter les R. X.	1992	Georges Charpak reçoit le prix Nobel de physique pour l'invention et le développement des détecteurs de particules, la chambre à fils.
	Conjointement avec Peter Mansfield, Lanterbur reçoit le prix Nobel de médecine en 2003 pour leur contribution à la découverte de l'imagerie par résonance magnétique.	2003	

2. Ultrasons, Échographie

L'échographie repose sur l'utilisation d'une technique dont les éléments constitutifs ont été peu à peu inventés et lentement perfectionnés. Notons les principaux : l'émetteur-détecteur basé sur l'utilisation de cristaux piézoélectriques, l'amplificateur car les signaux sont trop faibles, et le tube cathodique muni d'un écran permettant de visualiser le signal détecté.

Excité par un courant électrique de haute fréquence, le quartz et les autres cristaux piézoélectriques vibrent mécaniquement à la même fréquence (phénomène de résonance). Dans le mode le plus simple, la vibration se fait à 1MHz.

L'utilisation des ultrasons en biologie et en médecine commence après la seconde guerre mondiale. Les premières échographies se font en mode A : une horloge synchronise le déclenchement d'une impulsion électrique au niveau de l'oscillateur et le départ de la base de temps de l'oscilloscope. L'impulsion excite le quartz qui émet à son tour une impulsion ultrasonore. Cette dernière pénètre le tissu biologique et se réfléchit. L'écho (onde réfléchi) de retour sur le quartz engendre à son tour une impulsion électrique, qui après amplification est détectée puis traitée.

Dans les années 1960, l'échographie de mode B fait son apparition. Elle fournit des "images" ultrasoniques ou dynamiques. Elle permet de "visualiser" l'intérieur du corps humain.

La première échographie tridimensionnelle apparaît dans les années 1980.

La chronologie suivante donne les grandes étapes de l'élaboration de l'ultra-sonologie à fin de diagnostic. À partir des années 1960, les innovations sont foisonnantes, et sont proposées principalement aux Etats-Unis et au Japon mais aussi en Europe (Allemagne et Grande-Bretagne principalement). Elles sont dues à des équipes qui réunissent des médecins et des ingénieurs. Les grands centres de recherches sont aussi associés aux constructeurs de ces instruments de plus en plus sophistiqués.

	Applications médicales	Date	Événements scientifiques
		1879	Rappel : tube de Crookes (voir chronologie précédente).
		1880	Découverte de la piézoélectricité par Pierre et Jacques Curie.
		1882	Création de l'EPCI (École de physique et chimie industrielles de la ville de Paris, P. Curie y devient enseignant. Il y donnera un cours original. Il y fera ses recherches.
		1882-1886	Pierre et Jacques Curie inventent le quartz piézoélectrique, le dynamomètre piézoélectrique, l'électromètre à bilame de quartz, un électromètre à quadrants, le manomètre piézoélectrique.
		1891	André Eugène Blondel : essais de visualisation d'une tension alternative.
		1897	Karl Ferdinand Braun (Allg.) invente l'oscilloscope cathodique pour visualiser la forme du courant électrique qui parcourt une bobine placée sur le trajet du faisceau cathodique. Il obtient une tache lumineuse sur un écran fluorescent.
		1901	Owen-William Richardson obtient une émission thermoélectronique. Ceci est perfectionné par Irving Langmuir (É.-U.) en 1913.
		1903	Édouard Hospitalier invente l'ondographe
		1905	Paul Langevin professeur à l'EPCI.
		1914	Début de la guerre : Paul Langevin affecté au Bureau des Inventions.
		1915	Langevin et Constantin Chilowski commencent à travailler sur l'utilisation des ultrasons pour la détection des sous-marins.

		1917	Langevin a l'idée de génie d'utiliser la piézoélectricité pour construire un récepteur à quartz avec amplificateur à triode. Puis il utilise le dispositif pour émettre les ultrasons.
		1918	Les premiers essais à Toulon sont un succès. L'Angleterre se lance dans la recherche, sous la direction de Langevin venu demander une collaboration. Puis les États-Unis s'y joignent. Une conférence interalliée se tient à Paris en octobre sur le sujet. La collaboration s'arrête lorsque la paix revient. Des controverses de priorité s'installent. Langevin va travailler plusieurs années sur le sujet (futur sonar). Les inventions sont patentées.
	Langevin note la destruction de coquilles sous l'impact d'ultra-sons. Dans les années 1930, débutent les premières applications médicales.	1920	
		1922	J. Johnson ((É.-U.) produit industriellement des oscilloscopes. Les améliorations sont notables : cathode chaude selon l'idée d'Arthur Wehnet en 1905, concentration du faisceau d'électrons, accélération des électrons, amélioration des bobines ou des plaques de déviation, base de temps.
		1924	Edward Appleton (G.-B.) utilise les échos radios pour déterminer la hauteur de l'ionosphère.
		1935	Premier RADAR par Robert Watson-Watt.
		1940-1945	L'oscilloscope s'améliore considérablement, il prend la forme connue aujourd'hui (tube cathodique, amplificateurs, base de temps).
	A la Salpêtrière (Paris), André Dognon et André utilisent l'ultra-sonologie. Dénier propose un système d'ultrasonologie à l'Académie des sciences, ainsi les principes de l'ultrasonoscopie. Mais l'invention reste dans les cartons.	1946	
	L'Autrichien Karl Dissik travaille sur le sujet depuis dix ans. Il obtient en 1947 une image cérébrale.	1947	
	Des Américains s'inspirent des travaux de Dussik, mais travaillent sur les différences de vitesse et non sur l'écho.	1948	
	John Julian Wild (E.-U) utilise les ultrasons pour mesurer l'épaississement de la paroi intestinale au cours de maladies digestives aiguës.	1949	
	Publication aux États-Unis des travaux de George Ludwig sur l'utilisation des ultrasons pour le diagnostic.	1949	
	Les Japonais sont de véritables pionniers dans la réalisation d'une technique échographique. Mais leurs essais restent ignorés de l'Europe, jusqu'à la reprise des congrès internationaux, qui les fera connaître. Rokuro Uchida met au point le premier appareil mode A avec une sonde de 15 MHz.	1949	
	John M. Reid et Wild développe le premier appareil à ultra-sons à usage médical.	1950-1957	
	L'ultrasonologie Doppler fait son apparition	1950...	
	Toshio Wagaï montre que l'on peut observer certains aspects de la lithiase du foie et du cancer du sein.	1951	
	Kenji Tanaka, Toshio Wagaï et Yoshimitsu Kikuchi ont construit un nouvel appareil mode A qui permet le diagnostic de masses intracérébrales.	1952	
	Reid et Wild construisent le premier échoscope de mode B. Ils obtiennent la première image en temps réel d'un cancer du sein. Reid est toujours une référence mondiale en ultra-sonologie.	1953	

	Oka à Osaka plonge son patient dans une baignoire pour observer en mode B.	1955	
	Shigo Satomura et Yasuharu Nimura (Osaka) mettent au point le premier Doppler cardiaque. Essai isolé.	1955	
	La sonde est équipée d'un enrobage hydrique sous ballonnet, ce qui le libère de l'utilisation de la baignoire.	1962	
	Apparition d'appareils Doppler à ondes pulsées. Voir travaux de Reid.	1966	
	Apparition de sondes électroniques qui remplacent les sondes mécaniques.	1980-90	
	Hôpital A. Béclère (Clamart) : première échographie en 3D.	1989	

3. Propositions bibliographiques

Ces chronologies ont été établies à partir de très nombreuses sources parcellaires, qu'il n'est pas possible de reproduire ici faute de place. Voici quelques indications bibliographiques facilement accessibles qui permettront d'approfondir telle ou telle information. Ces sources donnent elles-mêmes une bibliographie.

Fernandez Bernard, *De l'atome au noyau, une approche historique de la physique atomique et de la physique nucléaire* (Ellipses, Paris, 2006).

Merran Samuel (dir.), *Cent ans d'imagerie médicale, histoire et perspectives d'avenir* (Société française de radiologie et d'imagerie médicale, Paris, 1995).

Le corps transparent, la nouvelle imagerie médicale, numéro spécial de *Pour la Science*, 338, décembre 2005.

Bordry Monique, Boudia Soraya (dir.), *Les rayons de la vie : une histoire des applications médicales des rayons X et de la radioactivité en France, 1895-1930* (Institut Curie, Paris, 1998).

Hurwic Anna, *Pierre Curie* (Flammarion Champs, Paris, 1995).

Bensaude-Vincent Bernadette, *Langevin : science et vigilance* (Belin, Paris, 1987).

Guinier André, "Les étranges rayons du professeur Röntgen", *La Recherche*, 281, novembre 1995, p. 86-89. Complète la notice Roentgen et intéressant pour l'utilisation des rayons X en cristallographie.

Gerward Lef, Rassat André, "La découverte des rayons γ ", *Pour la Science*, 275, septembre 2000, p. 8-10.

Boudia Soraya, "Le radium pour le meilleur et pour le pire", *La Recherche*, 315, décembre 1998, p. 76-80.

Écrit par une spécialiste de l'histoire de la radioactivité, et longtemps responsable du Musée Curie. Cet article donne une idée de la diffusion dans le public des applications du radium.

Radvanyi Pierre, Bordry Monique, *La radioactivité artificielle et son histoire*, Coll. Points S42 (Seuil, CNRS, Paris, 1984). Au niveau de l'histoire, reste d'actualité.

Goldman Maurice, Courtieu Jacques, "Résonance magnétique", *Encyclopédie Universalis*, 1985, vol. 15, p. 987-992. Pour les informations historiques, voir p. 987 et 991-992.

Pallardy Guy, Mots-clés imagerie médicale, radiologie et radiothérapie (repères chronologiques), Antoine Béclère, in *Encyclopédie Universalis*, 2007, <http://www.universalis-edu.com>

Notices G. Charpak, G. N. Hounsfield, A. M. Cormack, P. Lauterbur, P. Mansfield à <http://nobelprize.org>

Pour l'ultrasonologie, un site à consulter pour compléter : <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>

Document pour le professeur

On peut extraire quelques lignes du texte suivant portant sur la découverte des rayons X. Le reste du texte peut servir de réserve d'informations données oralement par le professeur.

Wilhelm Conrad Roentgen est né en 1845 en Rhénanie, d'un père tisserand et d'une mère hollandaise. En 1848, à cause des troubles politiques, la famille migre à Apeldoorn, puis à Utrecht, aux Pays-Bas. Après des études peu cohérentes mais visant à se former pour reprendre l'entreprise familiale, Wilhelm suit en auditeur libre les cours scientifiques de l'université d'Utrecht, et entre sur dossier à l'école polytechnique de Zurich en 1865, décidé à devenir ingénieur. Il a comme professeur August Kundt, dont il devient proche. Il obtient son titre en 1868, avec d'excellentes notes, puis prépare une thèse de doctorat qu'il soutient en 1869. Kundt, qui jouera un rôle important dans la suite de la carrière de Roentgen, lui offre un poste d'assistant à l'Université de Zurich. Après la guerre de 1870, Kundt est nommé à Strasbourg où une université allemande est nouvellement créée, et y fait venir Roentgen en 1874 comme *Privat Docent* (chargé de cours). Ce dernier devient professeur associé en physique théorique en 1875, poste créé pour lui. Sa réputation, déjà bien établie, est basée sur ses travaux en physique théorique et expérimentale, concernant les effets des champs électriques sur les cristaux et sur ses études de la rotation du plan de polarisation de la lumière dans les gaz. Il est nommé ensuite à Giessen en 1879 où l'université aménage un laboratoire et un amphithéâtre. C'est une période fructueuse sur le plan scientifique. Il va jeter les bases d'un travail qui conduira à la spectroscopie photoacoustique moderne, employée pour l'analyse du sang, ou la pollution de l'air.

Il rejoint l'université de Würzburg (chaire de physique) en Bavière en 1888. Il a 43 ans. Il trouve un laboratoire de physique équipé et organisé de façon excellente. En 1894, il décide d'orienter ses recherches sur la décharge des courants de haute tension dans les gaz raréfiés, domaine dans lequel plusieurs savants ont déjà posé leurs marques comme Heinrich Hertz, William Crookes, Jean Perrin ou Philipp Lenard. Par décharge électrique, ces gaz raréfiés rayonnaient, on pouvait alors étudier leur lumière au spectroscope. Les savants avaient remarqué qu'un rayonnement particulier semblait participer

à l'expérience, et semblait provenir d'une des électrodes, à l'extrémité du tube, l'électrode négative ou cathode. Ils appelèrent rayons cathodiques, ce rayonnement. Roentgen se met à l'étude de ces rayons cathodiques. Puis, nommé doyen de l'université, il semble abandonner ses travaux jusqu'à la fin de son mandat de recteur à l'automne 1895. C'est, à cette époque, un physicien dont les qualités expérimentales sont bien reconnues, et qui a déjà publié quarante-huit articles de recherches. Sa découverte des rayons X peut être considérée comme une discontinuité dans l'histoire de la physique. On entre dans une nouvelle période d'une dizaine d'années dont les débuts seront marqués par l'identification de l'électron (Joseph J. Thomson, 1897), la découverte de la radioactivité (Henri Becquerel, 1896, Marie et Pierre Curie, 1898), du quantum d'action (Max Planck, 1900) et de la relativité restreinte (Albert Einstein, 1905).

À l'automne 1895, Roentgen reprend ses recherches personnelles sur les rayons cathodiques. En particulier, il désire étudier leur propagation dans l'air. Il utilise pour cela un tube de verre dit de Crookes, modifié par Lenard, dans lequel il fait le vide. Lenard avait modifié le tube de façon à ce qu'un mince faisceau de rayons cathodiques puisse sortir du tube ; il mettait une petite fente métallique à l'opposé de la cathode (1894). Le 8 novembre 1895, dans le laboratoire entièrement obscur, Roentgen enveloppe un tube de Lenard avec du papier noir pour éviter toute lumière visible, puis il lance le courant à travers le tube. Sur une feuille de papier, qui se trouvait par hasard sur la table, est déposée de la poudre de platino-cyanure de baryum. Roentgen aperçoit une trace lumineuse sur la feuille ; intrigué, le savant recommence l'expérience. Dans le noir absolu, le petit amas de poudre s'éclaire dès que le courant haute tension passe dans le tube, et cesse lorsque le tube est débranché. Un rayonnement invisible à l'œil nu provenant du tube, capable de traverser plusieurs épaisseurs de papier et de carton, et plusieurs mètres d'air, est donc à l'origine de cette illumination. Il constate que des plaques photographiques de son laboratoire sont voilées ;

sur certaines, on aperçoit des formes géométriques dont un anneau posé sur la boîte où étaient enfermées ces plaques. Ce rayonnement semble provenir de la tache lumineuse provoquée par l'impact des rayons cathodiques sur le verre du fond du tube. Ce qui se passe ensuite a été rapporté de façon diverse, Roentgen ayant demandé que tous ses papiers soient brûlés après sa mort.

Roentgen entreprend une série d'expériences minutieuses afin d'établir les propriétés des nouveaux rayons, et montre ainsi qu'ils sont différents des rayons cathodiques. Il réalise un écran au platino-cyanure de baryum qui lui permet d'intercepter ces rayons inconnus, puis interpose sa main entre le tube et l'écran : il distingue très nettement les os de sa main. Il va ainsi placer tous les objets qu'il trouve et constate le même effet. Ces rayons ne sont déviés ni par un champ électrique, ni par un champ magnétique, ils ne sont donc pas corpusculaires. Ils ne sont pas réfractés par une lentille, et donc sont différents des rayons lumineux. Ils doivent avoir une longueur d'onde très courte, et sont très énergiques. Roentgen décide de les appeler, pour l'instant, *rayons X*, mais ses contemporains les appellent *rayons Roentgen*. Ce travail, mené avec une grande rigueur, durera neuf ans.

Le 22 décembre, son épouse Bertha maintenue dans l'ignorance jusque là, le rejoint, et Roentgen prend une photographie de sa main. La pose dure quinze minutes. C'est la première radiographie d'un être vivant. L'application médicale est absolument évidente. Ce moment marque la naissance de la radiologie.

Le 28 décembre, Roentgen présente au secrétaire de la Société physico-médicale de Würzburg un manuscrit décrivant ses expériences, et lui demande de le faire publier immédiatement dans les *Annales* de l'année 1895 de cette Société, sans présentation orale ni *peer review*. L'autorité scientifique de Roentgen est telle que la demande est acceptée.

Le 2 janvier 1896, il reçoit les premières épreuves. Puis il envoie son mémoire accompagné de plaques négatives à quelques collègues dont Henri Poincaré à Paris. Ce dernier en parle à un ami, rédacteur en chef du journal viennois *Die Presse* qui publie la découverte sans en parler à Roentgen le 6 janvier. L'information se répand par câble dans le monde entier. En une dizaine de jours, la nouvelle fait le tour du monde. Dans les mois suivants, des patients sont examinés avec le nouveau procédé, que Roentgen refuse de faire breveter. Le savant devient une sommité internationale très admirée, qui reçoit le premier prix Nobel de physique en 1901 "pour les services

extraordinaires qu'il a rendus par la découverte des rayons remarquables qui portent son nom". Il verse les 50 000 couronnes suédoises du prix à son université.

L'observation a donc été fortuite, et par conséquent, il était impossible que d'autres savants n'aient pas remarqué quelque chose en manipulant les rayons cathodiques. Mais ils n'étaient pas préparés à "voir", c'est-à-dire à considérer cet aspect perturbant comme un fait nouveau, posant question et méritant d'être étudié. Ainsi, Crookes, le plus connu des savants étudiant les rayons cathodiques, se plaignait toujours auprès de son fournisseur que les plaques photographiques livrées étaient souvent voilées avant d'être déballées, et cela bien avant la découverte de Roentgen. Le fabricant échangeait les plaques mais avait fait remarquer que cela ne pouvait venir que du laboratoire de Crookes, puisque aucun autre client n'avait envoyé de réclamation semblable. Un professeur de l'université de Pennsylvanie avait également fait sans le savoir une radiographie (1890), puisqu'il avait obtenu une plaque impressionnée présentant deux pièces de monnaie placées sur la boîte, alors qu'il manipulait un tube cathodique. Il n'avait pas compris ce qu'il avait vu ; à l'annonce de la découverte de Roentgen, il réalisa qu'il était passé six ans plus tôt devant une découverte majeure. Mais Lenard entama une longue polémique après l'attribution du prix Nobel à Roentgen. Ce dernier avait pourtant rendu hommage à ses travaux. Le projet de Roentgen était d'étudier les propriétés des rayons cathodiques à *l'extérieur* du tube à décharges, ce qui l'a préparé à la découverte qu'il fit ; cette étude n'était pas du tout celle de Lenard. Roentgen ne se laissa jamais entraîner dans la polémique, et resta serein.

En 1899, Roentgen accepte de prendre la direction de l'Institut de physique de l'Université de Munich. Ses recherches s'orientent alors sur les caractéristiques des cristaux. Au début de la Première guerre mondiale, il signe la déclaration des 93 intellectuels, « un appel au monde civilisé », qui niait les atrocités de guerre commises par les Allemands. Cette lettre coupe d'ailleurs la communauté des savants allemands de la communauté internationale. Roentgen regrettera ensuite cet engagement et a été très affecté par la défaite de son pays. Il perd sa femme en 1919, et se retire. Il poursuit encore ses recherches dans les deux pièces que l'institut lui octroie, mais subit de plein fouet la dépression économique. Il meurt le 10 février 1923 d'un cancer intestinal (tumeur cancéreuse).

D. F.

Document pour l'élève

La découverte des rayons X (1895)

Après une longue interruption de ses recherches personnelles, due à ses charges administratives, Roentgen voudrait reprendre l'étude des rayons cathodiques (1) et en particulier étudier leurs propriétés à l'extérieur du tube à décharges. Le 8 novembre 1895, dans le laboratoire entièrement obscur, Roentgen enveloppe un tube de Lenard (2) avec du papier noir pour éviter toute lumière visible, puis il lance le courant haute tension (3) à travers le tube. Roentgen aperçoit une trace lumineuse sur une feuille de papier, qui se trouvait par hasard sur la table, et sur laquelle est déposée de la poudre de platino-cyanure de baryum (4). Intrigué, il réfléchit, puis recommence plusieurs fois l'expérience. Dans le noir absolu, le petit amas de poudre s'éclaire dès que le courant haute tension passe dans le tube, et cesse lorsque le tube est débranché. Un rayonnement invisible à l'œil nu provenant du tube, capable de traverser plusieurs épaisseurs de papier et de carton, et plusieurs mètres d'air, est donc à l'origine de cette illumination. Il constate que des plaques photographiques de son laboratoire sont voilées ; sur certaines, on aperçoit des formes géométriques dont un anneau posé sur la boîte où étaient enfermées ces plaques. Ce rayonnement semble provenir de la tache lumineuse (5) provoquée par l'impact des rayons cathodiques sur le verre du fond du tube.

Ce qui se passe ensuite a été rapporté de façon diverse, Roentgen ayant demandé que tous ses papiers soient brûlés après sa mort.

Roentgen entreprend une série d'expériences minutieuses afin d'établir les propriétés des nouveaux rayons, et montre ainsi qu'ils sont différents des rayons cathodiques. Il réalise un écran au platino-cyanure de baryum qui lui permet d'intercepter ces rayons inconnus, puis interpose sa main entre le tube et l'écran : il distingue très nettement les os de sa main. Il va ainsi placer tous les objets qu'il trouve et constate le même effet. Ces rayons ne sont déviés ni par un champ électrique (6), ni par un champ magnétique (7), ils ne sont donc pas corpusculaires (8). Ils ne sont pas réfractés par une lentille (9), et donc sont différents des rayons lumineux. Ils doivent avoir une longueur d'onde très courte, et sont très énergiques. Roentgen décide de les appeler, pour l'instant, *rayons X*, mais ses contemporains les appellent *rayons Roentgen*. Ce travail, mené avec une grande rigueur, durera neuf ans.

Le monde entier se passionne pour les rayons X, dont l'application médicale est immédiate. Roentgen reçoit le premier prix Nobel (10) de physique en 1901 "pour les services extraordinaires qu'il a rendus par la découverte des rayons remarquables qui portent son nom". Il a versé les 50 000 couronnes suédoises du prix à son université.

Préparation à l'étude du texte

1. Le professeur présentera le savant d'une part, et le contexte de la recherche sur les rayons cathodiques d'autre part. En effet, on discute à cette époque de la nature de ces rayons : sont-ils électromagnétiques comme la lumière ou corpusculaires, c'est-à-dire matériels ? Le secret des rayons cathodiques est l'objet d'une quête effrénée dans les années 1890. Roentgen est donc un savant parmi d'autres qui s'intéresse à cette énigme. Parmi les tenants d'une nature ondulatoire, on trouve H. Hertz et son élève Ph. Lenard.

Parmi les matérialistes, Jean Perrin montre en 1895 que les rayons cathodiques transportent de l'électricité négative. Dans le même temps, Joseph John Thomson étudie le rapport e/m , ou charge massique des rayons cathodiques ; on lui attribue en 1897 la paternité de l'identification de l'électron comme particule à part entière. Mais on voit bien que beaucoup de savants contemporains, par leurs

travaux dans le même domaine, ont en réalité contribué à cette identification. Le nom d'*électron* donné par G. Stoney en 1891 caractérisait une charge électrique élémentaire et non une particule individualisée.

2. Vocabulaire

Les mots ou expressions répertoriées de (1) à (10) seront expliqués, dans le sens d'aujourd'hui.

Il est bon de préciser le sens du mot *découverte* en science : "on donne généralement le mot de *découverte* à la connaissance d'un fait nouveau ; mais je pense que c'est l'idée qui se rattache au fait découvert qui constitue en réalité la découverte " écrit Claude Bernard.

Les *rayons cathodiques* ont été nommés ainsi aux environs de 1868, mais leur nature restait alors inconnue. Le mot *cathode* a été proposé par Faraday pour décrire les électrodes d'un bac à électrolyse : *cathode* ou "chemin vers le bas" pour

l'électrode reliée au pôle négatif, et *anode*, "chemin vers le haut" pour l'électrode reliée au pôle positif, en référence au sens supposé du courant électrique.

Nous savons maintenant que les rayons cathodiques sont constitués d'un flux d'électrons émis par une cathode et attirés par une anode sous l'action d'une *haute tension* d'environ $3 \cdot 10^4$ volts par cm. Cette tension est modulable. La source de cette tension est une bobine de Rühmkorff inventée au milieu du XIX^e siècle (l'atelier de Rühmkorff était rue Champollion à Paris). Le choc des électrons sur un solide permet d'éjecter des électrons des couches profondes de l'atome. On peut montrer en classe un *tube de Crookes* en action (le tube de Lenard est un tube de Crookes légèrement modifié, mais le principe est le même), et expliquer le phénomène de fluorescence de l'écran qui intercepte le faisceau. Cette expérience permettra à l'élève de se situer dans le contexte de l'époque.

La *luminescence* est un rayonnement électromagnétique émis par les gaz, les liquides ou les solides, l'énergie nécessaire étant fournie par toute autre cause que l'élévation de température. On parlera de photoluminescence par absorption de photons, de cathodoluminescence par absorption d'électrons, etc. Il y a deux étapes dans le processus, une absorption par excitation des niveaux électroniques des atomes d'abord, puis une émission ensuite par désexcitation progressive. Si l'émission suit rapidement l'excitation, il s'agit de *fluorescence*, si au contraire, la durée d'émission est beaucoup plus longue, dans le cas des solides cristallins ou verveux, on parlera de *phosphorescence*. Dans ce texte, le *platino-cyanure de baryum*, qui s'illumine uniquement quand le tube est soumis à la haute tension, est le siège d'une fluorescence.

Propositions de questions

1. Quel est l'objectif des recherches menées par Roentgen avant qu'il ne découvre les rayons X ?

[R. : il veut étudier comme beaucoup d'autres les rayons cathodiques, mais plus particulièrement leurs propriétés à l'extérieur du tube à décharges.]

2. Le vendredi 8 novembre 1895.

a. Quelles précautions Roentgen prend-il, et pourquoi, pour réaliser l'expérience qu'il envisage ?

b. Roentgen observe un phénomène inattendu. Lequel ? Comment réagit-il ? Qu'entreprend-il immédiatement ?

c. A-t-il conscience ce jour-là d'être devant une découverte majeure ?

3. Après le 8 novembre

La notion de *champ* est définie de façon simple dans l'enseignement secondaire. Il suffit de rappeler aux élèves qu'on appelle champ une région de l'espace douée de propriétés particulières. Si on place une particule électrique dans un champ électrique, elle est soumise à une force électrique. Si elle est en mouvement, elle va être déviée si sa vitesse n'est pas colinéaire à la direction du champ ou accélérée dans le cas contraire (on peut citer une application : l'oscilloscope). Dans un champ magnétique, la particule chargée en mouvement sera déviée sous l'action de ce champ si sa vitesse n'est pas colinéaire à la direction du champ (autre exemple, le tube cathodique du poste de télévision). À la fin du XIX^e siècle, les savants, qui étudient les rayonnements, ne connaissent pas leur nature. Rappelons que la structure atomique de la matière n'est pas acceptée par un grand nombre de scientifiques. Donc il n'est pas encore question de sa constitution. La théorie électromagnétique est acceptée, elle a fait ses preuves. On connaît parfaitement les infrarouges (W. Herschell, 1800), les ultraviolets (Ritter, 1801) et les ondes hertziennes (H. Hertz, 1887). Aucun de ces rayonnements ne subit de modification dans un champ électrique ou magnétique.

Enfin, il est bon de rappeler ce que recouvre l'expression *Prix Nobel*. La Fondation Nobel a été créée par le testament d'Alfred Nobel (1833-1896), inventeur de la dynamite qui a fait sa fortune, à charge pour la Suède d'organiser la remise des prix de physique, chimie, médecine ou littérature, tandis que la Norvège organise la remise du prix Nobel de la Paix. La séance de remise des prix a lieu de 10 décembre de chaque année. La première cérémonie a eu lieu en 1901.

On peut imaginer avec quelle fébrilité mais très maîtrisée, Roentgen entreprend l'étude des nouveaux rayons. Il ne dira rien de sa découverte, pas même à son épouse avant le 22 décembre. Il voulait être absolument sûr de l'originalité de ses observations.

a. Il observe l'image du squelette de sa main. Donner deux propriétés des rayons X que cette observation révèle ?

[R. : propagation en ligne droite puisque l'image est homothétique du squelette et rayons pénétrants traversant des matières constituées de petits atomes (la chair), et étant arrêtés par les parties constituées d'atomes plus massifs (les os)]

b. Donner deux comportements des rayons X qui permettent de dire qu'ils ne sont pas matériels ?

c. Les rayons X sont de nature électromagnétique. En vous servant d'une information donnée dans le texte, placer leur domaine d'existence par rapport à celui de la lumière visible. Comment appelle-t-on les ondes dont le domaine d'existence est situé entre celui des rayons X et celui de la lumière visible ?

d. Pourquoi les rayons X furent-ils tout de suite utilisés en médecine ?

e. Ces rayonnements sont dangereux. Pourquoi ? Quelles précautions faut-il prendre pour s'en protéger ? À l'époque de Roentgen, avait-on conscience de la dangerosité de ces rayons ?

4. *Susciter une discussion* dans la classe sur le rôle du hasard dans la découverte d'un fait nouveau, et sur le fait que d'autres savants auraient "vu" eux-aussi les rayons X, sans comprendre qu'ils observaient un fait nouveau.

Indications bibliographiques

Colin Renan, *Histoire mondiale des sciences* (Paris, Seuil : 1988).

Emilio Segrè, *Les physiciens modernes et leurs découvertes, des rayons X aux quarks* (Paris, Fayard : 1984).

E. Segrè a été prix Nobel de physique. C'est un ouvrage écrit par un témoin des débuts de la physique moderne, qui mêle événements scientifiques et anecdotes entourant ces découvertes, et qui reste toujours d'actualité.

A.L. Baert, G. Pallardy, "Wilhelm Conrad Roentgen", In Samuel Merran (dir.), *Cent ans d'imagerie médicale. Histoire et perspectives d'avenir* (Paris, Société française de radiologie et d'imagerie médicale : 1995), p. 6-13.

Une étude très complète a été publiée en 1995 pour le centenaire de la découverte des rayons X par Bruno Jech, "1995 : Centenaire de la découverte des rayons X. Sur un nouveau type de rayons", in *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 779, p. 1887-1909. La bibliographie en est particulièrement riche.

Document pour le professeur

Marya Sklodowska naît à Varsovie en Pologne le 7 novembre 1867, cinquième enfant d'une famille d'enseignants. Elle apprend seule les mathématiques, et travaille comme préceptrice pendant trois ans pour pouvoir ensuite aller faire des études à l'étranger. Puis elle ajoute à son emploi du temps un cours d'analyse chimique, et s'exerce à refaire les expériences décrites dans les manuels dans le laboratoire où travaille l'un de ses cousins. En 1891, elle peut enfin venir à Paris. Après des études brillantes, elle rencontre Pierre Curie à l'occasion d'un travail sur les propriétés magnétiques des aciers.

En 1896, Marie Curie est reçue première à l'agrégation. Puis, trois mois après la naissance de sa fille, Irène, en 1897, elle commence à préparer une thèse de doctorat sur les rayons « uraniques » émis par l'uranium et ses composés, et découverts un an auparavant par Henri Becquerel. Marie effectue ses recherches dans un atelier inconfortable et humide de l'Ecole de physique et chimie industrielles où Pierre enseigne. Les découvertes sont rapidement prometteuses et Pierre rejoint Marie. Ils vont découvrir le polonium en 1898, puis Marie, après avoir traité des tonnes de pechblende, isole suffisamment de radium pour en donner la masse atomique en 1902.

Entre-temps, à la rentrée 1900, Marie Curie est nommée chargée de conférences à l'Ecole normale supérieure de Sèvres, poste qu'elle occupera jusqu'à la mort de Pierre, en 1906. Le 25 juin 1903, Elle soutient sa thèse de doctorat, *Recherches sur les substances radioactives*, qui fait d'elle la première femme docteur ès sciences en France.

En 1903, le prix Nobel de physique est attribué, moitié à Henri Becquerel « pour la découverte de la radioactivité spontanée », moitié à Pierre et Marie Curie « pour leurs recherches communes sur les phénomènes de radiations découverts par le professeur Henri Becquerel ». Ce prix apporte la gloire et des moyens financiers ; une chaire à la Sorbonne est spécialement créée pour Pierre (à laquelle Marie est attachée en tant que chef de travaux). Mais Pierre meurt dans un accident hippomobile le 19 avril 1906. Marie succède à son époux à la chaire de physique, devenant ainsi la première femme en France professeur dans l'enseignement supérieur.

En novembre 1911, le comité Nobel attribue à

Marie Curie un deuxième prix, de chimie cette fois, pour la découverte du radium et du polonium, l'obtention du radium pur et l'étude de ses propriétés.

Une autre période commence. Désormais, Marie Curie partage son temps entre la radiochimie, domaine qu'elle a créé, et la mise en place des moyens permettant les applications scientifiques, médicales, industrielles du radium. Elle se montre très habile et efficace, de grand sens pratique dans les négociations. Dès 1912, elle entreprend les démarches en vue de la création à Paris de l'Institut du radium. Achevé en 1914, il comprend un laboratoire de recherche sur la radioactivité, dont elle prend la direction, et un autre consacré aux applications.

Quand éclate la Première Guerre mondiale, alors que peu d'hôpitaux possèdent un service radiologique et que les spécialistes sont rares, M. Curie rassemble les appareils nécessaires, forme le personnel, met en place des centres d'examen fixes et, puis mobiles : elle équipe avec le matériel radiologique des voitures se rendant sur le front ; elle le fait en personne, secondée par sa fille Irène âgée de dix-huit ans. Parallèlement, elle crée un service de curiethérapie auquel son laboratoire fournit des ampoules de radon pour les soins de malades.

Après la fin de la guerre, elle dirige l'Institut du radium, fonde des bourses, forme de jeunes chercheurs, met au point des instruments. Elle devient vice-présidente de la Commission intellectuelle de la Société des Nations.

Gravement malade d'une leucémie contractée par la manipulation des substances radioactives, elle meurt le 4 juillet 1934 au sanatorium de Sancellemoz en Haute-Savoie. Marie Curie a été inhumée aux côtés de Pierre à Sceaux. Le 20 avril 1995, leurs cendres ont été transférées au Panthéon.

La radioactivité (1898)

On a peu de renseignements sur les intérêts scientifiques de Marie Curie lorsqu'elle décide de choisir d'étudier les rayons uraniques. Son étude des aciers était un travail de commande. Pierre est alors plus connu et on ne peut pas douter de son influence sur sa jeune épouse. Or, en 1894, il a consigné dans ses carnets plusieurs projets d'expériences d'étude de rayonnements et en a réalisé certaines dans son laboratoire. Comme les

rayons uraniques impressionnent la plaque photographique, ionisent l'air qu'ils traversent et déchargent l'électroscope, ils constituent par ailleurs, une première possibilité d'utilisation de l'électromètre à quartz piézoélectrique, instrument inventé par Pierre et son frère Jacques dix ans auparavant et qui n'avait pas, jusqu'ici, trouvé d'applications pratiques.

Quelles que soient les raisons ayant déterminé son choix, Marie Curie – elle procèdera toujours de cette manière – aborde le sujet par son côté quantitatif et entreprend une étude systématique, dont les aspects fastidieux ne l'ont jamais découragée. Disposant de l'électromètre à quartz, elle peut mesurer avec précision la conductibilité de l'air que les rayons provoquent et dont Becquerel, faute d'instruments aussi perfectionnés, n'avait fourni que des estimations. Elle commence par vérifier si d'autres minerais sont capables d'émettre un tel rayonnement.

Les premiers résultats, publiés en avril 1898, montrent que tous les composés contenant de l'uranium et – fait nouveau – du thorium, sont les seuls actifs (c'est-à-dire émettent le rayonnement). Leur activité est la même quelles que soient les conditions de mesures, quel que soit leur état physique, qu'ils soient purs ou qu'ils fassent partie d'un composé chimique. Seule la quantité d'uranium (ou du thorium) contenue dans la substance compte. L'activité semble donc être une propriété atomique, caractéristique des atomes d'uranium et de thorium. Cependant, deux minerais d'uranium, la pechblende et la chalcopite sont encore plus actifs que l'uranium lui-même. Si le raisonnement précédent est juste, les impuretés présentes dans ces minerais devraient contenir un élément inconnu, très actif. Pour s'en assurer, Marie prépare de la chalcopite à partir des produits purs : L'activité de cette chalcopite de synthèse est beaucoup plus faible, et proportionnelle à la quantité d'uranium qu'elle contient. La chalcopite naturelle doit donc contenir cet élément inconnu qu'elle soupçonne. Pour lui donner une existence légale, Marie Curie doit l'isoler et en fournir les caractéristiques physiques et chimiques.

À ce stade, Pierre Curie abandonne ses autres recherches pour se joindre à sa femme ; au cours de l'année suivante, la majorité de leurs communications sur la radioactivité (terme inventé par Marie et utilisé pour la première fois le 18 juillet 1898) seront signées de leurs deux noms. L'objectif est d'extraire de la pechblende le nouvel élément dont l'unique propriété connue est son intense radiation. Le travail de séparation chimique est d'autant plus fastidieux que la pechblende contient en proportions diverses presque tous les métaux qu'il s'agit de séparer par

une suite de précipitations fractionnées. Le principe de la méthode, mise au point par les Curie, est encore en usage actuellement. En juillet, ils obtiennent une substance qu'ils appellent *polonium*. Elle est environ 400 fois plus radioactive que l'uranium et difficile à séparer par des procédés chimiques du bismuth, dont elle doit partager les principales propriétés. Les recherches suivantes montrent la présence d'un autre élément chimique nouveau, aux propriétés différentes de celles du polonium : les Curie lui donnent le nom de *radium*. En un an, les Curie ont élucidé la nature (atomique) d'un phénomène mystérieux qui venait d'être mis en évidence et ont découvert l'existence de deux nouveaux éléments chimiques. Isoler une quantité pondérable suffisante de radium, travail devenu légendaire par sa difficulté et les conditions particulièrement pénibles de son exécution est long et ingrat. Entrepris par M. Curie (seule à s'en occuper dorénavant) à la fin de 1898, il ne donne de résultats probants qu'en 1902 (détermination de la masse atomique du radium).

La présence du radium dans le chlorure de baryum tiré de la pechblende est confirmée par l'observation spectroscopique réalisée par Eugène Demarçay, d'une raie caractéristique, jusque-là inconnue, d'autant plus intense que l'activité de l'échantillon est forte. Dès la fin de 1898, M. Curie entreprend d'extraire le chlorure de radium à partir du chlorure de baryum radifère. Malgré sa très forte activité, le pourcentage de radium dans la pechblende est minime : pour en obtenir une quantité significative, il faut des tonnes de pechblende. Un autre instrument inventé par P. Curie (qui maintenant étudie surtout les propriétés du rayonnement), la balance aperiodique à lecture directe, brevetée en 1890, rend ici de grands services. En 1902, M. Curie parvient à obtenir 0,1 g du chlorure de radium suffisamment pur pour déterminer la masse atomique du radium.

Ses recherches vont restées centrées sur l'obtention du radium métallique pur : elle y parvient en 1910. La même année, elle réussit également à produire une préparation contenant 0,1 mg de polonium, quantité suffisante pour observer enfin ses raies caractéristiques.

Une science nouvelle naît de l'application de la radioactivité. Le Congrès de radiologie adopte l'unité de radioactivité proposée par Marie et l'appelle *curie*, en l'honneur de Pierre ; en 1911 M. Curie prépare un étalon du radium, source de rayonnement de référence.

Extraits de la notice "Marie Curie (1867-1934)", écrite par Anna Hurwic pour le *Dictionnaire biographique des présidents de la Société française de Chimie*, à paraître, 2007.

Le professeur pourra utiliser ce document par extraits pour illustrer son cours sur la radioactivité naturelle. La notice biographique précédente permettra de préciser le contexte des découvertes.

Extraits d'un texte de Marie Curie : Les nouvelles substances radioactives et les rayons qu'elles émettent (1900)

Pierre et Marie Curie communiquent au premier Congrès international de Physique organisé par la Société française de physique en 1900 à l'occasion de l'Exposition universelle. Ils présentent une synthèse de leurs découvertes et de leurs méthodes d'investigation. Le texte est d'une grande clarté. En 1900, on ne connaissait pas encore la structure d'un atome ; certains savants et non des moindres ne croyaient pas à l'existence de l'atome à cette époque. La structure en noyau positif et cortège électronique ne sera acceptée qu'une quinzaine d'années plus tard. Mais, sous les observations très précises de Marie Curie, on peut reconnaître certaines des particules dont elle parle et la nature des rayonnements observés, grâce aux connaissances acquises depuis.

Le plan de la communication se décompose selon les items suivants : Rayons uraniques ou rayons de Becquerel / Méthode de mesure / Radioactivité des composés d'urane / Substances radioactives / Minéraux radioactifs / Méthode de recherches / Gaz temporairement actif / Polonium, radium, actinium / Spectre du radium / Masse atomique du radium / Rayons émis par les nouvelles substances radioactives / Effets de fluorescence, effets lumineux / Effets chimiques, coloration du verre / Action de la température / Action du champ magnétique sur les rayons de Becquerel. Rayons déviés et non déviés / Pouvoir pénétrant des rayons non déviables / Charge électrique des rayons de radium / Radioactivité induite / Dissémination des poussières radioactives / Nature des rayons de Becquerel.

La conférence se termine sur une interrogation : "Mais la spontanéité du rayonnement est une énigme, un sujet d'étonnement profond. Quelle est la source de l'énergie des rayons de Becquerel ? Faut-il la chercher dans les corps radioactifs eux-mêmes ou bien à l'extérieur ?" Il faut attendre 1902 et les travaux de Rutherford et Soddy pour obtenir un début de réponse.

Vocabulaire :

Rayons uraniques ou rayons de Becquerel : rayonnement radioactif émis par un échantillon naturel d'un composé d'uranium.

Urane : nom employé pour l'uranium à la fin du XIX^e siècle.

Voici des extraits de cette conférence :

1. "Rayons uraniques : "Les recherches sur les substances radioactives ont leur point de départ dans la découverte des rayons uraniques par M. Becquerel. L'émission de rayons particuliers par les composés d'urane et les propriétés de ces rayons ont été exposées par M. Becquerel dans son rapport. Nous rappellerons donc seulement que les rayons uraniques ou rayons de Becquerel sont caractérisés par les propriétés suivantes : ils se propagent rectilignement ; ils agissent sur les plaques photographiques comme la lumière, mais à un degré extrêmement faible ; ils peuvent traverser des écrans de diverses natures, mais seulement sous très faible épaisseur ; (...) ; en traversant les gaz, ils les rendent faiblement conducteurs de l'électricité.

Le rayonnement uranique est spontané et constant ; il n'est entretenu par aucune cause excitatrice connue ; il semble insensible aux variations de température et d'éclairement.

Si l'on fait abstraction de l'origine inconnue du rayonnement uranique et si l'on ne considère que les propriétés, on constate qu'il y a analogie entre les rayons uraniques d'une part, les rayons cathodiques et les rayons de Roentgen d'autre part (...) Nous appellerons *radioactives* les substances qui émettent des rayons de Becquerel."

2. "Méthode de mesure : Pour étudier la radioactivité de diverses substances, nous employons la méthode électrique. On mesure la conductibilité acquise par l'air sous l'influence de la substance radioactive."

Marie Curie décrit ensuite le dispositif qui lui permet de relever la valeur du courant électrique apparu lors de l'ionisation de l'air entre les plateaux horizontaux A et B d'un condensateur dans un circuit électrique simple. Le circuit comporte un instrument de mesure, l'électromètre à plateaux, inventé par Pierre Curie, qui peut mesurer des courants très faibles de l'ordre de 10⁻¹¹ Ampère. La substance radioactive est sur le plateau B inférieur, le rayonnement radioactif ionise l'air entre les plateaux, qui devient conducteur, fermant le circuit électrique. Le circuit est alors parcouru par un courant faible que l'électromètre permet de mesurer, par l'intermédiaire d'un quartz piézoélectrique dont les propriétés avaient été étudiées par les frères Curie.

3. *"Substances radioactives* : Il est naturel de se demander si d'autres corps que les composés d'urane émettent des rayons de Becquerel...Il existe un autre groupe de corps radioactifs, à savoir les composés du thorium (...). [Notre] travail a établi que la radioactivité des composés d'urane et de thorium est une propriété atomique. Elle semble liée à la matière qui en est douée et ne peut être détruite ni par un changement d'état physique, ni par une transformation chimique. Les combinaisons chimiques ou les mélanges contenant de l'uranium et du thorium sont, en première approximation, d'autant plus actifs qu'ils contiennent une plus forte proportion de ces métaux ; toute matière inactive ajoutée diminue l'activité, agissant à la fois comme matière inerte et comme matière absorbante...

La radioactivité atomique est-elle un phénomène général ? Il semble peu probable que cette propriété appartienne à une certaine espèce de matière à l'exclusion de toute autre. Cependant nos mesures permettent de dire que, pour les éléments actuellement considérés comme tels, y compris les plus rares et les plus hypothétiques, l'activité, si elle existe, est au moins 100 fois plus faible que pour l'uranium métallique ..."

4. *P. et M. Curie examinent tous les minéraux de la collection du Muséum. Les minéraux radioactifs contiennent tous de l'uranium mais ils ont observé une activité plus forte que celle prévue pour certains minéraux dont la pechblende, la chalcopite, l'autunite :*

"Il devenait dès lors très probable que, si la pechblende, la chalcopite, l'autunite ont une activité si forte, c'est que ces minéraux contiennent, en petite quantité, une substance fortement radioactive différente de l'uranium, du thorium et des corps simples actuellement connus. Nous nous sommes proposé d'extraire cette substance de la pechblende et nous sommes en effet parvenus à montrer qu'il est possible, par les méthodes ordinaires de l'analyse chimique, d'extraire de la pechblende des substances dont la radioactivité est environ cent mille fois plus grande que celle de l'uranium métallique...

Notre unique guide, dans cette recherche, était la radioactivité, et voici comment nous nous en servions : on mesurait l'activité d'un certain produit ; on effectuait sur ce produit une séparation chimique ; on mesurait l'activité de tous les produits obtenus, et l'on se rendait compte si la substance active cherchée était restée intégralement avec l'un d'eux ou bien si elle s'était séparée entre eux et dans quelle proportion. On avait ainsi une indication qui était analogue, jusqu'à un certain degré, à celle que pourrait fournir l'analyse spectrale. Pour avoir des nombres comparables, il faut mesurer l'activité des

substances à l'état solide et bien desséchées. La difficulté principale de cette recherche provenait de ce que la pechblende est un minerai extrêmement compliqué, qui renferme en quantité notable presque tous les métaux connus."

5. *Marie va donc procéder à des fractionnements successifs en identifiant toutes les substances contenues dans la pechblende. Elle trouve successivement un gaz radioactif inconnu, de l'argon, de l'hélium, et de l'oxyde de carbone, ces trois derniers n'étant pas radioactifs*. En 1898, avec son mari Pierre, elle découvre la présence du polonium et du radium, ce dernier avec la collaboration de Bémont, en 1898. Ces deux éléments étaient totalement inconnus. Leur collaborateur André Debierne découvre l'actinium en 1899. Ces trois éléments sont radioactifs. Et le radium est le plus actif des trois.*

"Toutes les trois substances radioactives nouvelles se trouvent dans la pechblende en quantité absolument infinitésimale. Pour arriver à les obtenir à l'état de concentration actuel, nous avons été obligés d'entreprendre le traitement de plusieurs tonnes de résidus de minerai d'urane. Le gros du traitement se fait dans une usine, il est suivi de tout un travail de purification et de concentration. Nous arrivons ainsi à extraire de ces milliers de kilogrammes de matière première quelques décigrammes de produits qui sont prodigieusement actifs par rapport au minerai dont ils proviennent. Il est bien évident que l'ensemble de ce travail est long, pénible et coûteux..."

"Le rayonnement de Becquerel émis par les nouvelles substances radioactives est considérablement plus intense que celui de l'uranium ordinaire ; ce rayonnement est au moins 100 000 fois plus fort."

Il n'est pas possible de mesurer le courant maximum dans ce cas, car il dépasse ce que peut mesurer l'instrument de mesure.

"Les rayons du polonium sont très intenses, mais très peu pénétrants (...). Le rayonnement du radium comporte à la fois des rayons peu pénétrants et des rayons très pénétrants...L'action photographique des nouvelles substances est extrêmement rapide à petite distance. À grande distance on peut obtenir des radiographies avec le radium avec un temps de pose suffisant. On peut, par exemple, obtenir la radiographie d'une boîte de compas, d'un porte-monnaie, en utilisant quelques centigrammes de chlorure de baryum radifère placés dans une ampoule de verre. En opérant à 20cm de distance, quelques heures de pose sont nécessaires."

Au cours de la première guerre mondiale, Marie Curie, assistée de sa fille Irène, dix-huit ans, va mettre au point des voitures radiographiques pour soigner les grands blessés.

Extraits de texte in

Œuvres de Marie SKŁODOWSKA CURIE, recueillies par Irène Joliot Curie (Académie polonaise des sciences, PWN, Varsovie, 1954), pp. 106-133.

Origine du texte : *Rapports présentés au Congrès international de Physique*, 1900, t. III, p. 79 et suivantes.

*¹Ce gaz est probablement composé de radon, provenant de la désintégration naturelle du radium présent dans la pechblende, et de thoron produit des désintégrations successives de l'uranium 238.

En classe

Le professeur pourra choisir un ou plusieurs extraits. Il lui suffira de compléter oralement les extraits choisis en donnant les informations nécessaires puisés dans les autres parties. Un diagramme des familles de l'uranium et du thorium serait très utile comme documentation complémentaire. Il permettra de repérer les désintégrations α et β^- successives. Le professeur pourra compléter en précisant qu'elles sont accompagnées d'émission γ . C'est ce dernier rayonnement qui est analogue aux rayons X (Roentgen), alors que les précédents, particuliers, sont analogues aux rayons cathodiques. Il ne faut pas oublier qu'il faudra attendre quelques années pour que chacun des rayonnements radioactifs soit bien individualisés. En effet, à partir de 1902,

Rutherford et Soddy vont découvrir la véritable identité des rayonnements radioactifs : α est bien une particule qui possède une masse considérablement plus grande que β . Rutherford montre que la radioactivité manifeste une transmutation de l'atome père en atome fils. Beaucoup plus tard, il montrera que l'atome possède un noyau positif. Un débat va alors s'engager sur un choix de modèle de structure atomique.

Tout au long de l'étude des textes, le professeur soulignera la conduite méthodique des expériences, l'analyse des résultats, l'interprétation prudente et argumentée.

Proposition d'étude

Extrait 1

Rappeler d'abord aux élèves la signification des trois appellations : rayonnements uraniques ou de Becquerel, cathodiques, de Roentgen.

1. Marie Curie rappelle les propriétés des rayons uraniques observés par Becquerel en 1896. Elle ajoute qu'il y a analogie entre les rayons uraniques d'une part, et les rayons de Roentgen (rayons X) et cathodiques d'autre part, au seul regard des propriétés. Cependant, elle ne conclut pas à une identité de nature. Nous savons aujourd'hui que l'uranium est le premier terme d'une famille radioactive, dont les éléments subissent des désintégrations successives. Le rayonnement émis par un échantillon naturel est donc forcément complexe.

a. Rappeler la nature des rayons cathodiques et la nature des rayons de Roentgen.

b. Quels rayonnements compose l'émission radioactive d'un échantillon naturel d'uranium ?

c. Classer ces rayonnements selon leur nature, et les comparer aux rayonnements précédents.

2. Pourquoi appelle-t-elle radioactives les substances émettant des rayons uraniques, et non

celles qui émettent des rayons X ou électroniques ?

Extrait 2

Quelle propriété citée dans l'extrait 1 est susceptible d'être quantifiée ?

Extrait 3

1. Expliquer la phrase : "La radioactivité des composés d'urane et de thorium est une propriété atomique". Quelle justification Marie donne-t-elle à cette affirmation ?

2. Dans la phrase "toute matière inactive ajoutée diminue l'activité, agissant à la fois comme matière inerte et comme matière absorbante", expliquer les mots *inactive*, *inerte* et *absorbante*. Quelle application de cette propriété peut-on présenter aujourd'hui ?

3. La radioactivité n'est pas réservée à la famille de l'uranium et à celle du thorium, pour M. Curie, mais que pense-t-elle alors de l'activité des autres

éléments radioactifs ? Sur quoi se base-t-elle ? Aujourd'hui, nous connaissons des noyaux beaucoup plus radioactifs que celui de l'uranium ? Quelle est leur origine ? Pouvaient-ils être connus à l'époque des travaux de M. Curie ?

Extrait 4

Sur la piste des éléments inconnus

1. Quels indices mettent Pierre et Marie sur la piste d'une substance encore plus radioactive ? Comment savent-ils qu'elle est inconnue ? [Rappel : Marie a testé tous les minerais du Muséum, et a trouvé que seuls ceux d'uranium et de thorium étaient radioactifs, elle a également mesuré la radioactivité de composés purs de ces deux métaux].
2. Pour isoler cette substance, ils vont utiliser deux méthodes, l'une chimique, l'autre quantitative. En quoi consiste la méthode chimique, et quel est le but poursuivi ? Que fait Marie pour chaque produit obtenu au terme de chaque réaction chimique mise en œuvre ?
3. Quelle est la méthode quantitative utilisée par Marie ? Comment sait-elle qu'elle progresse vers l'identification de l'élément inconnu ?

Extrait 5

1. Quel est l'ordre de grandeur du rapport massique de l'élément inconnu à la masse de pechblende traitée ?
2. La pechblende naturelle est essentiellement un mélange d'oxydes d'uranium. Les substances radioactives qui y sont présentes proviennent des désintégrations des noyaux formés. Le tableau ci-dessous donne l'ordre de grandeur de la demi-vie de quelques noyaux.
En considérant un nombre ΔN_0 de noyaux de chaque espèce qui se désintègrent dans la même durée Δt , pouvez-vous justifier la phrase à la fois du point de vue qualitatif et du point de vue quantitatif : "Le rayonnement de Becquerel émis par les nouvelles substances radioactives est considérablement plus intense que celui de l'uranium ordinaire ; ce rayonnement est au moins 100 000 fois plus fort."
3. Pourquoi M. Curie fait-elle une comparaison avec l'analyse spectrale ? (N.B. : rappeler le programme de la classe de seconde).

	U (235;92)	Ra (226;88)	Po (209;84)	Th (234;90)
t $\frac{1}{2}$	7,2. 10 ⁹ ans	1600 ans	100 ans	24 jours
émission	α	α	α	β^-

Indications bibliographiques

Les ouvrages sur Pierre et Marie Curie sont très nombreux. Rappelons les titres suivants :
 Curie Ève, *Madame Curie* (Paris, Gallimard : 1938). Plusieurs fois réédité depuis en édition de poche.
 Hurwic Anna, *Pierre Curie* (Paris, Champs Flammarion : 1995).
 Hurwic Józef, *Marie Sklodowska-Curie et la radioactivité* (Lodart, Lodz : 2003).
 Reid Robert, *Marie Curie derrière la légende* (Paris, Seuil : 1979).
 Lemire Laurent, *Marie Curie* (Paris, Perrin : 2001). Existe aujourd'hui en édition de poche, coll. *Tempus*.
 Rappelons le numéro spécial des Cahiers de science et Vie, *Marie Curie*, HS, n° 24, décembre 1994.
 Notons un ouvrage consacré aux instruments inventés par Pierre Curie, et fabriqués par les ateliers Beaudouin, situés à proximité de l'Ecole de physique et chimie industrielles de la ville de Paris où travaillait Pierre. :
 Bardo Loïc, Beaudouin Denis, Laguës Michel, *L'expérience retrouvée* (Paris, Espaces des Sciences, Belin : 2005).

Document pour le professeur

Le professeur pourra consulter avec profit le site web de la Fondation Nobel : <http://nobelprize.org>

Jean-Marie Lehn est né en 1939 en Alsace, d'un père boulanger dans une petite ville proche d'Obernai. Il suit ses études au lycée de cette ville, et obtient le baccalauréat de philosophie en juillet 1957, puis de sciences expérimentales en septembre 1957. Il commence des études scientifiques à l'Université de Strasbourg, et installe un laboratoire de chimie dans la maison de ses parents. Il suit les cours de Guy Ourisson puis entre dans son laboratoire en octobre 1960. Stagiaire de recherche au CNRS, il étudie les propriétés conformationnelles et physicochimiques des triterpènes comme sujet de thèse. Après sa thèse soutenue en 1963, il part pour l'université de Harvard où il participe à l'entreprise de la synthèse totale de la vitamine B12. Il suit les cours de mécanique quantique et est témoin des débuts de ce que l'on appellera les règles de Woodward-Hoffmann (1).

De retour à Strasbourg, il dirige, comme professeur, le laboratoire de chimie organique physique, associé au CNRS, à partir de 1970, puis il est nommé au Collège de France en 1979, à la chaire de chimie des interactions moléculaires. Depuis, il occupe des postes de responsabilité dans plusieurs laboratoires ou comme président d'associations internationales prestigieuses. Il reçoit le prix Nobel de chimie en 1987, qu'il partage avec Charles J. Petersen (DuPont de Nemours) et Donald J. Cram (Université de Californie, Los Angeles) " pour l'élaboration et l'utilisation exerçant, avec une grande sélectivité, une interaction spécifique de structure ", c'est-à-dire pour ses travaux sur la reconnaissance moléculaire.

Lorsqu'il entre au laboratoire d'Ourisson, il est chargé du fonctionnement du nouveau spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN). Il va en devenir un spécialiste reconnu, pour la compréhension des propriétés physiques de molécules organiques.

En parallèle, il s'intéresse à l'interface chimie-biologie, en particulier aux phénomènes électriques liés à la diffusion des ions sodium et potassium à travers les membranes. " On venait alors d'observer que certains antibiotiques rendaient les membranes perméables aux cations ". Lehn entreprend de concevoir des

substances chimiques qui conduiraient au même phénomène.

Avec ses collaborateurs Bernard Dietrich et Jean-Pierre Sauvage, il commence ses recherches sur les *cryptands* (du mot grec κρυπτος qui signifie caché). Ces molécules tridimensionnelles offrent une cavité dans laquelle un cation spécifique peut s'imbriquer. L'édifice réalisé est stable grâce à plusieurs interactions. Lehn étudie les propriétés de ces nouvelles structures en catalyse et en reconnaissance moléculaire, pour le transport des ions ou des molécules, puis élargit son étude à l'étude d'entités supramoléculaires (1978).

Cette entité formée par un processus d'auto-organisation utilise la reconnaissance moléculaire pour contrôler et diriger la formation spontanée d'un ensemble de molécules formant une architecture complexe. En particulier, le système est susceptible de stocker et de traiter des informations au niveau moléculaire. Par exemple, en utilisant les liaisons hydrogène ou la reconnaissance métal-ligand, il peut former un arrangement tridimensionnel, qui aujourd'hui est étendu à la formation de polymères supramoléculaires.

Contrairement à la chimie " traditionnelle ", les entités supramoléculaires sont des assemblages réversibles, plus ou moins sensibles à leur environnement. Une entité supramoléculaire échange, incorpore et réarrange sans discontinuer ses composants moléculaires. Lehn va utiliser ces propriétés pour développer une chimie dynamique constitutionnelle (CDC). Il peut ainsi sélectionner dans un ensemble de molécules en recombinaison permanente, celle qui forme le meilleur lien avec une molécule-cible introduite dans le milieu. L'image clé-serrure est encore ici valable, mais c'est en quelque sorte la serrure qui forme la clé.

L'application de cette propriété en pharmacie ouvre une nouvelle voie : il s'agit de trouver le module susceptible de neutraliser la molécule-cible. Un des premiers succès est obtenu avec un module inhibiteur d'enzyme (par exemple, l'anhydrase carbonique).

En science des matériaux, la CDC conduit à l'élaboration de polymères dynamiques, appelés *dynamères* dont les propriétés sont modifiables par incorporation de nouveaux composants. Cette

chimie adaptative est un pas de plus vers la chimie de la matière complexe.

D'après Laurence Lestel (CNAM), " Jean-Marie Lehn ",
in L. Lestel (coord.), *Dictionnaire biographique des présidents de la Société française de chimie* (SFC, EDP Sciences, Paris) à paraître, 2007.

Document pour l'élève

Jean-Marie Lehn, prix Nobel de chimie en 1987

Avec ses collaborateurs Bernard Dietrich et Jean-Pierre Sauvage, Jean-Marie Lehn commence des recherches sur les *cryptands* (du mot grec κρυπτος qui signifie caché). Ces molécules tridimensionnelles offrent une cavité dans laquelle un cation spécifique peut s'imbriquer, d'où le nom de molécule-cage qu'on lui donne parfois. L'édifice réalisé est stable grâce à plusieurs interactions. Lehn étudie les propriétés de ces nouvelles structures en catalyse et en reconnaissance moléculaire, pour le transport des ions ou des molécules, puis élargit son étude à l'étude d'entités supramoléculaires (1978).

Cette entité formée par un processus d'auto-organisation utilise la reconnaissance moléculaire pour contrôler et diriger la formation spontanée d'un ensemble de molécules formant une architecture complexe. En particulier, le système est susceptible de stocker et de traiter des informations au niveau moléculaire. Par exemple, en utilisant les liaisons hydrogène ou la reconnaissance métal-ligand, il peut former un arrangement tridimensionnel, qui aujourd'hui est

Présentation du texte

Le professeur présentera le savant et ses travaux, puis après lecture du texte en classe en expliquera le vocabulaire.

Le texte élève peut être présenté à titre culturel, comme une ouverture sur le monde moderne, quant à son contenu, et comme exemple de

(1) Règles de Woodward-Hoffmann (1965) : conservation de la symétrie des orbitales qui concerne la stéréochimie des réactions électrocycliques, in R. B. Woodward, "Aromaticity", *Spead Publications*, The Chemical Society, London, 1967, p. 217.

étendu à la formation de polymères supramoléculaires.

Contrairement à la chimie " traditionnelle ", les entités supramoléculaires sont des assemblages réversibles, plus ou moins sensibles à leur environnement. Une entité supramoléculaire échange, incorpore et réarrange sans discontinuer ses composants moléculaires. Lehn va utiliser ces propriétés pour développer une chimie dynamique. Il peut ainsi sélectionner dans un ensemble de molécules en recombinaison permanente, celle qui forme le meilleur lien avec une molécule-cible introduite dans le milieu. L'image clé-serrure est encore ici valable, mais c'est en quelque sorte la serrure qui forme la clé.

L'application de cette propriété en pharmacie ouvre une nouvelle voie : il s'agit de trouver le module susceptible de neutraliser la molécule-cible. De là, la recherche se développe en particulier pour élaborer des médicaments anticancéreux.

D.F. d'après L. Lestel

démarche scientifique novatrice. Il peut être l'occasion d'un échange avec le professeur de biologie, avec élaboration de questions communes. Notamment, une recherche documentaire peut être entreprise sur les applications de ces molécules-cages en médecine.

Document pour le professeur

Yves Chauvin est né en 1930 en Flandre occidentale de parents français. Il effectue ses études secondaires en France, et prépare un diplôme d'ingénieur à l'École supérieure de chimie industrielle de Lyon (promotion 1954). Il entre à l'Institut du Pétrole (IFP) où il effectue toute sa carrière ; il y devient directeur scientifique responsable du groupe de catalyse moléculaire, dont le laboratoire était de taille modeste. Après sa retraite de l'IFP, il poursuit des recherches à l'École de chimie, physique, électronique de Lyon (CPE) dans le laboratoire de Jean-Marie Basset.

Il reçoit le prix Nobel de chimie en 2005, qu'il partage avec Robert H. Grubbs (California Institute of Technology, Pasadena, CA), et Richard R. Schrock (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA) pour le "développement de la méthode de la métathèse dans la synthèse organique". Selon le comité Nobel, ces recherches, "initiées par Yves Chauvin en 1971, ont conduit à des applications écologiques dans la production de matières plastiques et de produits pharmaceutiques avancés". Le comité poursuivait : "la manipulation atomique de la métathèse pouvait être comparée à une danse dans laquelle les couples échangent leurs cavaliers".

Chauvin a orienté très tôt ses recherches vers la chimie organométallique et la catalyse de coordination, domaine encore pratiquement inexploité en France. Il se forma essentiellement par la lecture des publications de ses confrères et aînés, et contrairement aux habitudes dans le milieu scientifique, il voyagea peu. Son modèle principal a été Giulio Natta qui exerça une profonde influence sur sa méthode de travail. Il entretenait aussi des relations très suivies avec des chimistes travaillant sur la catalyse comme Henri Kagan, spécialiste de la catalyse asymétrique. Chauvin a travaillé essentiellement en recherche industrielle où, disait-il, "la recherche appliquée est une école de solidarité ; quand tout va mal (et ça arrivait souvent ! il faut que tout le monde tende vers le même but : que ça marche !".

Chauvin a réalisé avec son équipe, dans les années 1960, des recherches originales sur les

transformations (polymérisation, isomérisation, dimérisation et métathèse) des oléfines. Ses travaux sur la métathèse partent de cette époque. Ainsi, on peut résumer la transformation catalytique de métathèse des oléfines par

$$C(R_1)_2 = C(R_2)_2 \Leftrightarrow C(R_1)_2 = C(R_1)_2 + C(R_2)_2 = C(R_2)_2.$$

La découverte de la liaison métal-carbone par Ernst Otto Fischer en 1964 a déclenché des recherches sur son rôle éventuel en catalyse. Chauvin fait co-réagir des oléfines cycliques et acycliques en présence d'un catalyseur organométallique. Le résultat montre l'existence de restes alkylidènes sur le métal de transition, ce qui révélait le mécanisme de la transformation. En 1971, Chauvin et son étudiant Jean-Louis Hérisson ont publié une explication simple de ce mécanisme, dit aujourd'hui "mécanisme de Chauvin". Celui-ci fait intervenir un complexe métal-alkylidène sur lequel se coordonne une oléfine pour donner un métallocyclobutane (cycle carré) topologiquement symétrique qui peut évoluer, soit pour redonner les entités de départ, soit pour produire un nouveau métal-carbone et une nouvelle oléfine métathésée. Une application a été faite en 1974, par Charles P. Casey, de l'université du Wisconsin, à Madison.

Poursuivant l'idée du métallocarbène de Chauvin, Schrock et Grubbs ont développé des catalyseurs moléculaires de métathèse très efficaces. Le mécanisme de Chauvin a été, depuis, appliqué en catalyse homogène.

Chauvin s'est ensuite intéressé à la chimie verte, et s'est révélé aussi être un pionnier dans cette voie. Il a introduit des liquides ioniques non aqueux comme solvant en catalyse (tension de vapeur quasi nulle et volume de solvant réduit), ce qui a permis de diminuer considérablement les nuisances. En particulier, il choisit la famille des sels d'imidazolium, comme électrolytes non aqueux pour batteries.

D'après Didier Astruc, "Yves Chauvin" in L. Lestel (coord.), *Dictionnaire biographique des présidents de la Société française de chimie*, (SFC, EDP Sciences, Paris) à paraître, 2007.

Document pour le professeur

Emil Hermann Fischer (1852-1919), fils d'un négociant, est destiné lui-même à une carrière commerciale où il révèle très vite son incompetence. Il suit alors les cours de chimie de Kekulé, à Bonn en 1871, puis ceux d'Adolf von Bayer à Strasbourg en 1872. Il devient successivement professeur de chimie aux universités d'Erlangen (1882), Würzburg (1885) et enfin Berlin (1892). Il reçoit le prix Nobel de chimie en 1902 pour ses synthèses des groupes "sucres et purines". Il est le premier savant à s'intéresser à la structure des purines dès 1875 pour lesquelles il propose des formules structurales (ce qui est tout à fait nouveau en chimie organique à cette époque). Parmi les purines notons la xanthine ou la guanine d'origine animale ou la théobromine ou la caféine d'origine végétale. Il travaille dans ce domaine jusqu'en 1900, en explorant toute la série, en établissant la structure et en réalisant la synthèse d'environ 130 dérivés.

Corrélativement, il commence l'étude des "hydrates de carbone" dès 1884. Il y avait alors quatre monosaccharides connus : deux aldohexoses (glucose et galactose) et deux cétohexoses (fructose et sorbose), correspondant à la formule brute $C_6H_{12}O_6$. Ajoutons trois disaccharides tels le sucrose, le maltose et le lactose. La structure générale des sucres simples avait été établie. Le glucose et le galactose étaient constitués d'une chaîne droite dite pentahydroxyaldéhyde, tandis que les cétohexoses étaient formés d'une chaîne droite dite pentahydroxycétone. Fischer en synthétise plusieurs et établit la configuration des seize possibles isomères du glucose. Il procède pour cela de carbone en carbone, en allongeant la chaîne carbonée. Il convertit les pentoses en hexoses puis en heptoses, etc., jusqu'à neuf carbones. La première synthèse d'un sucre est réalisée en 1887. Par différentes réactions chimiques (oxydation, réduction, dégradation, addition, etc.), et établissant la valeur du pouvoir rotatoire de chaque produit, il élucide peu à peu la structure des composés successifs. Il s'appuie pour cela sur la théorie de van't Hoff et Le Bel du carbone asymétrique (1874). En particulier, il établit la configuration de tous les isomères de la D-série des aldohexoses. La lettre D représente selon Fischer la place du groupe hydroxyle à

droite du carbone adjacent à la fonction alcool primaire. Fischer prépare aussi plusieurs sucres artificiels et établit la structure des pentoses naturels comme l'arabinose et le xylose.

Fischer examine aussi les propriétés des enzymes (dits à cette époque "diastases", dont on ne connaissait que les réactions d'hydrolyse), substances responsables de la fermentation des sucres, et en note la spécificité de réaction. Ainsi, par hydrolyse, la maltase donne l' α -méthylglycoside mais pas le β -méthylglycoside. Il en déduit que l'enzyme est active seulement avec une configuration particulière. Il conclut donc que les enzymes sont des agents asymétriques, capables d'attaquer seulement les molécules ayant une configuration géométrique spécifique. Il est le premier à imaginer la relation structurale "clé-serrure" entre un sucre et son enzyme (1894). L'asymétrie moléculaire définie en 1874 trouvait là une signification particulière et nouvelle. Les transformations chimiques dans un organisme vivant dépendent de l'asymétrie.

De tels travaux en France auraient été difficiles à cette époque. Sous l'influence de Marcelin Berthelot, la théorie atomique sur laquelle est basée l'approche de Fischer était encore rejetée par une grande partie de la communauté des chimistes français qui refusait de donner crédibilité à la notion d'atome, car trop hypothétique. La chimie, disaient-ils, devait reposer uniquement sur des faits. Quelques chimistes comme Charles-Adolphe Wurtz (faculté de médecine et la Sorbonne) et son élève et disciple Charles Friedel (son successeur à la Sorbonne), ou encore Édouard Grimaux à l'École polytechnique ont milité sans relâche pour diffuser la théorie atomique en France : elle se révélait si féconde chez nos voisins d'outre-Rhin, qu'il était donc devenu impossible de la négliger ; mais ils ne s'occupaient pas de chimie physiologique. À partir de 1900, la génération qui a suivi a pu, elle, appliquer la théorie atomique. Gabriel Bertrand (1867-1962), de l'Institut Pasteur, par son étude des enzymes et de leurs propriétés oxydantes (elles étaient dites alors oxydases), en particulier, a prouvé son efficacité. Mais l'Allemagne avait pris une avance considérable que le prix Nobel attribué à Fischer consacrait.

Bibliographie principale

Bertrand Gabriel, “Résumé historique de la chimie des oses particulièrement depuis Emil Fischer”, in *Bulletin de la Société chimique de France*, 1931, 4^e s., t. XLIX, 629-650.

Fauque Danielle, “Gabriel Bertrand”, in *Dictionnaire biographique des présidents de la Société française de chimie*, 2007, à paraître.

Découverte du goût sucré de l'aspartame (1965)

D.Fauque

Document pour le professeur

La découverte du goût sucré de l'aspartame a été accidentelle. James M. Schlatter, chimiste de la compagnie G. D. Searle and C^o, de Stokie dans l'Illinois (É.-U.), procédait à des recherches sur un inhibiteur de la gastrine, hormone gastro-intestinale, comme traitement possible des ulcères. Un tétrapeptide dérivé de la gastrine permettait de faire des essais cliniques. L'ester méthylique de L-aspartyl-L-phénylalanine, dit depuis aspartame, est un intermédiaire de synthèse nécessaire à la préparation de cette substance. Schlatter raconte lui-même :

“ En décembre 1965, je travaillais avec le docteur Mazur sur la synthèse d'un tétrapeptide dérivé de la gastrine. Nous avons préparé les substances intermédiaires et essayions de les purifier. En particulier, je voulais recristalliser l'ester méthylique de L-aspartyl-L-phénylalanine [aspartame] qui avait été préparé par l'hydrogénolyse du dipeptide ester et que m'avait donné le docteur Mazur. J'étais en train de le chauffer dans un ballon avec du méthanol quand le mélange a été projeté en dehors du récipient. Ma main en reçut quelques gouttes qui cristallisèrent en une poudre blanche sur mes doigts. Un peu plus tard, j'ai humecté un de mes doigts pour prendre une feuille de papier, et je notais un goût très fort et très sucré.

J'ai pensé tout d'abord que j'avais dû mettre du sucre sur mes doigts plus tôt le matin, cependant, j'ai réalisé très vite que ce n'était pas du tout le cas, parce que j'avais lavé mes mains depuis. Je fis le lien avec le contenu du récipient que j'avais utilisé. J'espérais que ce dipeptide n'était pas toxique, j'en prélevai un peu et je le goûtai. Le goût était exactement le même que celui que j'avais relevé sur mes doigts précédemment ”.

Le goût sucré de l'aspartame n'aurait pu être prévu avant, à cause de sa constitution à partir du goût des acides aminés dont il dérive. L'acide aspartique est sans goût tandis que la phénylalanine est amère. Les L-configurations

naturelles de ces deux substances sont nécessaires pour donner le goût sucré de l'aspartame. Les trois autres diastéréoisomères de l'aspartame (LD, DL, DD) sont légèrement amers. Cela est un bon exemple de l'importance de la spécificité de la disposition stéréochimique dans la liaison substrat-récepteur. Le groupe méthyl-ester est aussi nécessaire car l'aspartylphénylalanine est sans goût. Les autres aminoacides ayant un goût sucré sont tous, sauf la glycine, des D-isomères. La glycine qui est sans centre asymétrique, est aussi assez douce.

Le goût de l'aspartame ressemble à celui du sucre, sans arrière-goût amer ou métallique, ce qui est souvent le cas des autres édulcorants. Le pouvoir sucrant de l'aspartame est de 150 à 200 fois celui du sucre, mais dépend de l'usage que l'on en fait ; il peut être comparé avec celui du cyclamate (30 fois) ou de la saccharine (300 fois). Dès la découverte de cette propriété de l'aspartame, la Compagnie Searle prit un brevet et effectua une série d'expériences. Elle demanda l'autorisation de mise sur le marché de l'aspartame comme un édulcorant dans la préparation de certains mets en 1973. La FDA (Food and Drug Administration) des États-Unis donna son accord en 1974. Searle avait présenté de nombreux résultats d'essais de non-toxicité. Cependant, des critiques se manifestèrent alors et des contres expériences semblèrent donner à l'aspartame à forte concentration un possible rôle dans le développement de la tumeur du cerveau chez le rat, à cause de son métabolisme qui libère du méthanol.

Cette découverte a ouvert un champ de recherche d'autres édulcorants, et plus particulièrement des recherches sur la relation entre la structure chimique et le goût.

Depuis 1965, plusieurs dérivés de l'aspartame ont été synthétisés et sont classés en deux groupes : amides de l'acide aspartique d'une part, et dipeptides de l'acide aspartique d'autre part.

Bibliographie principale

L'extrait présenté est traduit de "Discovery of Aspartame", par Robert H. Mazur, G. D. Searle & Co, Stokie, Illinois, in Lewis D. Stegink, L.J. Filer, Jr. (ed.), *Aspartame : physiology and biochemistry* (New York, Marcel Dekker, inc. : 1984), pp. 3-4.

Voir aussi :

Prévost Valéry, Langrand Christelle, Vidal Joëlle : "L'aspartame : un édulcorant intense", *BUP*, vol 96, octobre 2002, pp. 1467-1483, (avec TP possible).

Robert H. Mazur, James M. Schlatter, Arthur H. Goldkamp, Chemical Research Department, G. D. Searle and Co, Skotie, Illinois (Etats-Unis) : "Structure-Taste Relationships of some Dipeptides", in *Journal of the American Chemical Society*, 91, 10 (1969), 2684-2691, (premier article de référence).

Robert H. Mazur, Judith A. Reuter, Kenneth A. Swiatek, James M. Schlatter, "Synthetic Sweeteners. 3. Aspargyl Dipeptide Esters from L- and D- Alkylglycines, in *Journal of medicinal Chemistry*, 1973, vol. 16, n°11, 1284-1287.

Document pour l'élève

Découverte du goût sucré de l'aspartame

L'aspartame est un édulcorant dont le goût sucré a été découvert par James Schlatter. Il raconte lui-même :

"En décembre 1965, je travaillais avec le docteur Mazur sur la synthèse d'un tétrapeptide dérivé de la gastrine. Nous avons préparé les substances intermédiaires et essayions de les purifier. En particulier, je voulais recristalliser l'ester méthylique de L-aspartyl-L-phénylalanine [aspartame] qui avait été préparé par l'hydrogénolyse du dipeptide ester et que m'avait donné le docteur Mazur. J'étais en train de le chauffer dans un ballon avec du méthanol quand le mélange a été projeté en dehors du récipient. Ma main en reçut quelques gouttes qui cristallisèrent en une poudre blanche sur mes doigts. Un peu plus tard, j'ai humecté un de mes doigts pour prendre une feuille de papier, et je notais un goût très fort et très sucré.

J'ai pensé tout d'abord que j'avais dû mettre du sucre sur mes doigts plus tôt le matin, cependant, j'ai réalisé très vite que ce n'était pas du tout le cas, parce que j'avais lavé mes mains depuis. Je fis le lien avec le contenu du récipient que j'avais utilisé. J'espérais que ce dipeptide n'était pas toxique, j'en prélevai un peu et je le goûtai. Le goût était exactement le même que celui que j'avais relevé sur mes doigts précédemment".

1. Préparation pour l'étude du texte

a. Le professeur devra donner quelques informations sur l'ensemble des édulcorants, leur rôle à côté du sucre, et dans la lutte contre l'obésité. Il précisera aussi la législation à ce sujet, et en France, plus particulièrement en ce qui concerne l'aspartame. L'élève saisira alors l'enjeu sanitaire et économique de l'aspartame.

Le texte au-delà du sujet "aspartame" présente un exemple de découverte fortuite d'une propriété inconnue d'une substance couramment utilisée en chimie de synthèse. Ici encore, d'autres chimistes avaient peut-être relevé le goût très doux de l'aspartame mais sans faire d'analogie avec le sucre, ou sans entrevoir cette application dans la vie quotidienne. Schlatter a su tout de suite saisir les implications de cette propriété. L'industrie pour laquelle il travaillait a immédiatement pris un brevet.

Le génie de Schlatter est bien dans la ligne des découvreurs tels que les définit Cl. Bernard. L'esprit de Schlatter était prêt à accueillir la nouveauté, l'inhabituel qui immédiatement l'a fait réfléchir et agir. Il s'agit dans la discussion avec les élèves de faire ressortir cet aspect de la recherche scientifique, où l'ouverture d'esprit est nécessaire, et le questionnement permanent.

b. Explication du vocabulaire

Le texte contient quelques mots chimiques difficiles. Le professeur reliera ses noms aux items du programme. La structure de l'aspartame aura été vue, et facilitera la compréhension.

2. Propositions de questions

- Relever dans le texte les expressions montrant le caractère inattendu de la découverte.
- Quelle est la réaction du chimiste devant un événement inattendu ?
- Qu'entreprend-t-il pour vérifier l'hypothèse qu'il émet malgré le danger potentiel ?
- Que sous-entend sa conclusion ?
- Nommer d'autres édulcorants de synthèse. Quels sont ceux qui ont été découverts par hasard ?
- S'il est possible, comparer les réactions des découvreurs devant l'inattendu.

Document pour le professeur

L'humanité a commencé par consommer les sucres naturels sous forme de miel en Europe, de la manne pour les Hébreux, ou de la sève de certains végétaux. La cuisine antique, romaine et grecque, propose de nombreuses recettes à base de miel.

La canne à sucre est une plante d'origine asiatique, sans doute originaire de Nouvelle-Guinée. Sa consommation est attestée dès le quatrième siècle avant Jésus-Christ. Puis du Bengale, par les échanges commerciaux, la canne s'est répandue vers l'intérieur du continent, a gagné la Perse puis le Moyen-Orient. Les Arabes l'introduisent en Afrique du Nord puis en Espagne. À la fin du XIII^e siècle, Marco Polo rapporte de Chine un procédé de raffinage. Au Moyen Âge, le sucre est considéré comme une épice et de ce fait vendue par les apothicaires devenus des épiciers. Son usage est exceptionnel, et le sucre de canne est considéré comme un produit de luxe. Au XVI^e siècle, les Espagnols cultivent la canne à sucre dans les colonies des Indes occidentales, c'est-à-dire aux Antilles, en Jamaïque ainsi qu'aux Canaries. Les Français et les Hollandais la cultivent à leur tour dans leurs possessions de l'océan indien. Le sucre brut arrive dans les grands ports de la métropole où il est raffiné. Ainsi à Bordeaux, il existe quinze raffineries de sucre en 1735.

À la veille de la Révolution, les Français consomment 80 000 tonnes de sucre par an, dont la provenance est tout entière d'outremer. Le sucre n'est plus un produit d'apothicairerie. Les guerres révolutionnaires et de l'Empire, le blocus qui s'ensuit, limitent puis arrêtent quasiment l'approvisionnement en provenance des colonies. Il s'agit alors de trouver un substitut. En Allemagne, le sucre de betterave est déjà exploité. En effet, Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782), chimiste prussien, et fils d'apothicaire, membre de l'Académie royale des belles-lettres et des sciences de Berlin, innove en procédant à des analyses douces et à des extractions par solvants (la méthode usuelle était alors la distillation ou la combustion). Il lave et recristallise les produits finaux qu'il obtient. Sa contribution la plus importante est l'extraction et la recristallisation du sucre provenant des plantes poussant en Europe, dont les betteraves blanche et rouge. En 1747, il confirme l'identité de ce dernier sucre avec celui de la canne à sucre par observation microscopique. C'est probablement la première

fois que le microscope est utilisé au laboratoire de chimie. Il envisage une industrie de la betterave sucrière mais est incapable de mettre au point un procédé économiquement rentable. C'est seulement en 1802, que la première industrie du sucre de betterave devient opérationnelle.

En France, des recherches suscitées par l'État sont entreprises pour extraire et traiter le sucre de la betterave sucrière. Jean Antoine Chaptal (1756-1832), chimiste industriel, est chargé d'examiner la question en 1811. Un autre chimiste français, Benjamin Delessert, obtient les premiers pains de sucre par extraction du saccharose de la betterave en 1812. Mais c'est seulement en 1815 que Chaptal présente un rapport sur une industrie de la betterave sucrière qui soit économiquement rentable.

La recherche de sucre ne s'est pas limitée à l'extraction de la betterave. Le sucre de raisin a aussi été l'objet d'études. Joseph Louis Proust (1754-1826), chimiste et fils d'apothicaire, originaire d'Angers, a effectué, lui aussi, des recherches sur une source possible de sucre, à côté de ses importants travaux reconnus d'analyse minérale et de chimie inorganique. En 1799 (il est alors installé en Espagne), il isole le sucre du raisin qu'il reconnaît comme étant du glucose, sucre isolé du miel par Lowitz en 1792, et suggère qu'il pourrait être industriellement préparé pour remplacer le sucre de canne. Proust publie ses travaux en 1802, puis à son retour en France en 1806. Cette idée est alors retenue par le gouvernement impérial qui lui offre 100 000 francs pour l'aider à installer une industrie de production de sucre de raisin. Michel Eugène Chevreul trouve aussi du glucose dans l'urine des diabétiques en 1815. On l'extrait aussi de l'amidon (Kirchoff, 1811) ou de la cellulose (Braconnot, 1819).

La paix revenue, l'approvisionnement en sucre de canne retrouve son niveau normal. Cependant, l'industrie du sucre de betterave va se développer suffisamment pour répondre à la demande. Les deux sucres vont coexister.

Recherches sur les sucres

La fin du XIX^e siècle voit les études sur les sucres naturels se développer considérablement. Notons, la découverte du galactose par Pasteur en 1856, l'arabinose par Scheibler en 1868, le xylose par Koch en 1886, le mannose par Emil Fisher et Hischberger en 1888. On relève aussi des études sur des méthodes de production de sorbose, de

xylose, de sorbitol, ou de leurs dérivés. La structure des sucres aussi est un sujet très travaillé. La nature de la fonction réductrice apparaît différente selon le sucre. Certains se transforment en acides carboxyliques et d'autres non, ces derniers sont coupés (cas du lévulose). On crée les groupes des aldoses (glucose, galactose, mannose, arabinose, xylose...) et des cétooses (sorbose...). Puis on reconnaît que ces molécules présentent aussi des fonctions alcools. Le nombre de ces fonctions sera donc indiqué dans un préfixe : hexose, pentose... Emil Fischer dans ses importants travaux sur les substances sucrées va en proposer la structure stéréochimique [voir document annexe]. Il propose aussi le nom de fructose pour le lévulose.

Un certain nombre de ces sucres ont rapidement une utilisation commerciale. Le glucose a été le premier sucre fabriqué industriellement par hydrolyse acide de l'amidon et de la fécule. Au début du XX^e siècle, on fabrique aussi le fructose à partir de l'inuline des racines de topinambour ou de chicorée, on fabrique du xylose à partir du son des graines du cotonnier, et les axes des épis de maïs, et les coques d'arachide. C'est surtout comme aliment sucré des diabétiques que ces dernières fabrications sont alors été entreprises.

Un autre exemple, on utilise aujourd'hui le sorbose (utilisable par les diabétiques) dans les chocolats, le chewing-gum (non cariogène), les pâtisseries, les confitures, les glaces, les boissons et les conserves de fruits.

Au début du XX^e siècle, le sucre était déjà une substance de base de l'alimentation en France. À côté du sucre, un premier édulcorant avait fait son apparition en 1879. La saccharine, avait été découverte par Constantin Fahlberg (1850-1910), qui travaillait avec Ira Remsen, fondateur du département de chimie à l'Université Johns Hopkins de Baltimore. Fahlberg était venu de Leipzig faire de la recherche avec Remsen, qui avait passé son doctorat de chimiste en Allemagne en 1870. Ce dernier lui suggéra d'étudier l'action oxydante du permanganate sur les cycles benzéniques substitués. Fahlberg oxyda l'orthotoluène sulfamide dans le but d'obtenir le sulfimide orthobenzoylé. Il remarqua le goût sucré de cette substance. Fahlberg prit tout de suite un

brevet pour cette nouvelle molécule qu'il nomma saccharine (o-benzosulfimide ou o-sulfobenzimide). Remsen ne contesta jamais cette découverte. De retour en Allemagne, Fahlberg créa son industrie de saccharine, qui fut mise sur le marché en 1884. La saccharine n'a aucun pouvoir calorique. Son innocuité a été contestée un temps. Elle est utilisée dans les boissons. Elle a constitué quasiment le seul substitutif du sucre pendant les deux guerres mondiales. Pour cette raison, elle est psychologiquement associée à un sucre de médiocre qualité et donc délaissée. De plus des taxes élevées sont imposées sur cette production afin de protéger l'industrie du sucre. Les diabétiques sont les principaux consommateurs de cet édulcorant.

En 1937, le goût sucré des sels de l'acide cyclohexylaminosulfonique est découvert accidentellement par M. Sveda. Cet édulcorant nommé cyclamate (1937) se révèle avoir un pouvoir sucrant supérieur à celui de la saccharine. Il est approuvé par certains pays où il est utilisé dans les boissons, et mélangé à la saccharine (10 %), et interdit par d'autres.

Dans le dernier tiers de ce siècle, la consommation de sucre commence à être considérée comme trop importante, et pose un vrai problème d'hygiène publique, l'obésité est en croissance inquiétante dans les pays développés. La demande sociale pour des produits au goût sucré est en constante augmentation.

On cherche des substitutions. Il s'agit d'élaborer un édulcorant, c'est-à-dire une substance sucrante de parfaite innocuité et sans apport calorique. Deux édulcorants sont développés, l'acésulfame de potassium (découvert par Clauss et Jensen, 1970) et l'aspartame (1965) [voir document joint], leur propriété sucrante ayant été, pour les deux, découverte accidentellement ; ils ont été acceptés par de nombreuses administrations de santé publique. D'autres, comme la thaumatococine (d'origine végétale, et décrit dès 1855), sont déjà approuvés dans plusieurs pays. Des produits sont actuellement sous évaluation comme l'alitame ou sur le point d'entrer sur le marché comme le sucralose, découvert en 1976. Il est actuellement autorisé aux États-Unis.

Bibliographie principale

Charlotte Bruker-Ballu, Denis Brançon, Nicole Galand, Claude Viel : " Des sucres naturels aux édulcorants de synthèse ", in *Nourrir les hommes, hier et demain, apports de la chimie*, numéro spécial de *L'Actualité chimique*, éditée par la Société française de chimie, novembre 2000, n°11, p. 28-34.

Gert-Wolfhard von Rymon Lippinski, " Sweeteners " in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6^e éd., vol 35 (Wiley-VCH, Weinheim, Allemagne : 2003), p. 407-429. Article très documenté. (Voir également dans cette encyclopédie l'article " Glucose, " vol. 15).

Gabriel Bertrand : “ Résumé historique de la chimie des oses particulièrement depuis Emil Fischer ”, in *Bulletin de la Société chimique de France*, 1931, 4^e s., t. XLIX, 629-650.

George E. Inglett : “ Sweeteners : An overall perspective ” in Lewis D. Stegink, L. J. Filer Jr (dir.), *Aspartame : physiology and biochemistry* (New York : Marcel Dekker : 1984), p. 11-25.

Voir aussi les dictionnaires biographiques nationaux et les dictionnaires de biographie scientifique.

Du savon au glycérol

D.Fauque

Document pour le professeur

1. Du savon au “ principe doux des huiles ”

Des tablettes mésopotamiennes (cc 2500 av. JC) font état de la préparation d'une pâte à laver faite avec des graisses mélangées à des cendres de bois. En 79, dans son *Histoire naturelle*, Pline l'Ancien accorde l'invention du savon aux Phocéens : faire bouillir de la cendre de bois avec de la graisse animale (bœuf, porc ou chèvre), relarguer à l'eau salée, rincer, et jeter les eaux. Mais ils tenaient peut-être la recette des Égyptiens par l'intermédiaire des Phéniciens.

Les Germains le fabriquent également de façon quasi-industrielle, et leur savon est apprécié de Rome. Jusqu'au XVII^e siècle, le savon de Venise conserve une excellente réputation. À cette époque, le mot “ savon ” recouvre le résultat d'un mélange d'une matière grasse ou huileuse (animale ou végétale) avec un “ alkali fixe ” (soude obtenue à partir des cendres de plantes marines ou potasse (pot ashes) obtenue à partir des cendres de bois). Nicolas Lemery donne cette définition dans son *Cours de chimie*, plusieurs fois réédité de la fin du XVII^e siècle à 1756. Aucune hypothèse n'est encore avancée sur sa structure. À la fin du XVIII^e siècle, les chimistes s'intéressent à ce corps d'usage quotidien, et cherchent à en augmenter le rendement. La première hypothèse est que si la graisse et la potasse donnent un savon, celui-ci est accompagné d'une “ potasse ” c'est-à-dire d'un alcali affaibli. On pense alors qu'il existe dans le corps gras un “ acide caché ” qui atténue la force alcaline de la potasse. Cet acide serait un principe constitutif de l'huile ou de la graisse.

Cette idée est reprise par Macquer dans son *Dictionnaire de chimie* de 1778. Pour lui, lorsque cet acide se libère, l'huile devient rance. Carl Wilhelm Scheele, chimiste et apothicaire suédois, est un expérimentateur exceptionnel. Il analyse de façon systématique les substances végétales et animales. Il étudie l'action d'une chaux de plomb (un oxyde de plomb PbO dit litharge) sur de l'huile d'olive, en présence d'eau portée à ébullition. Il obtient une pâte, que l'on nomme alors “ emplâtre de plomb ”, et qui est connu depuis l'Antiquité, Pline l'Ancien en décrit la préparation et l'emploi. Un emplâtre est destiné à être appliqué sur la peau comme un onguent

(Marie Meurdrac en 1666 en donnait la recette). Mais Scheele recueille et analyse l'eau du mélange que, jusqu'ici, on jetait. Cette eau résiduelle est sucrée ; il obtient la même substance, quelle que soit l'huile dont il part. En conséquence, Scheele considère qu'elle est un des principes constitutifs de l'huile et l'appelle le “ principe doux des huiles ”. Son étude est traduite en 1784 sous le titre “ Sur un principe doux volatil reconnu comme partie constituante des huiles exprimées et des graisses animales ”. Cette découverte n'a pas de suite immédiate.

2. Du savon aux corps gras

En 1809, l'attention de Michel Eugène Chevreul est attirée par le bel éclat brillant d'un sel d'acide gras ” :

“ l'observation que je fis des cristaux de margate de potasse dans un savon mou, employé avec succès dans le département de la Seine-inférieure au foulage des draps , a été le point de départ de mes recherches, et tout fortuit qu'il fût, il était le plus favorable qui pût se présenter à des travaux dont le but devait être de réduire la matière soumise à l'expérience en espèces chimiques définies par leurs propriétés ” (J. Jacques, 1990, p. 63).

Chevreul (1786-1889) était arrivé à Paris, en 1803, pour étudier la chimie avec Nicolas Vauquelin au Muséum d'histoire naturelle. Il commence, dans cet établissement, une carrière qui durera près de 90 ans et où il sera nommé professeur en 1830. En 1824, il succède à Claude Louis Berthollet comme directeur des Manufactures royales des Gobelins. Pendant 60 ans, il enseigne la chimie dans ces deux établissements. Ses premiers travaux portent sur les teintures. Mais son association avec Vauquelin au Muséum le conduit à s'intéresser aux corps gras. Ce fut sa principale recherche de 1811 à 1824. Il retournera à l'étude des teintures après sa nomination aux Gobelins.

Chevreul représente une des plus grandes figures de savants dans le domaine de l'étude des corps gras naturels et pour la naissance d'une véritable chimie organique. À cette époque, les chimistes avaient isolé beaucoup de substances animales et végétales et étudié leurs propriétés, mais ne

connaissaient pas leur constitution. On supposait également que leur formation au sein d'un organisme vivant procédait d'une force vitale. Ce qui les différençait du monde minéral. Chevreul est le premier à poser des principes de recherche méthodique sur leur constitution (détermination des principes immédiats). Dans la fabrication des savons, en particulier, peu de choses étaient connues sur le procédé de saponification, et quasiment rien sur la nature chimique des réactifs et des produits, jusqu'à Scheele. Chevreul commence par analyser le savon à la potasse, préparé à partir d'une graisse de porc. Après traitement acide, ce savon produisait une matière cristalline aux propriétés acides. C'est le premier des acides gras que Chevreul devait découvrir. Cela le conduit à entreprendre une étude systématique des graisses animales. Il publie une série d'articles dans les *Annales de chimie* puis les réunit en un volume dans ses *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale* en 1823.

Il obtient une série de nouveaux acides en décomposant des savons obtenus avec différentes graisses animales, dont l'acide "butyrique" (quatre carbones) et l'acide "stéarique" (18 carbones). En 1816, il établit que les graisses animales proviennent de la réaction d'un acide gras avec le principe doux de Scheele obtenu par saponification avec un alcali. Il donne à ce principe le nom de *glycérine* (de $\gamma\lambda\upsilon\kappa\epsilon\omicron\varsigma$ qui en grec veut dire doux, suivi du suffixe *-ine* attribué à des substances liées à la vie).

Il peut alors mettre au point de façon rigoureuse l'opération de saponification.

Il soumet la matière grasse à l'action de la potasse caustique en milieu alcoolique. Après réaction, il acidifie le milieu et sépare une phase aqueuse et une phase grasse. Il distille la phase aqueuse et obtient les acides gras volatils et la glycérine. Il reprend ensuite la deuxième phase, la phase grasse, il en précipite les acides gras fixes sous forme de sels de baryum, et solubilise le résidu qu'il considère comme une cire et donc non saponifiable. Les sels de baryum sont dissociés par l'acide chlorhydrique et reconstitués sous forme potassique.

Il effectue un bilan pondéral de ses opérations. Il constate que la somme des masses des produits dépasse de 4 à 6% la masse de la graisse initiale, cependant des analyses suivantes montrent que les produits contiennent autant de carbone mais plus d'hydrogène et d'oxygène dans les proportions de l'eau que dans la graisse initiale. Il conclut que la saponification est essentiellement une fixation d'eau. Durant la réaction chimique, l'alcali remplace la glycérine dans sa combinaison avec l'acide gras. Donc le savon est une combinaison

d'acide gras avec une base inorganique : c'est un vrai sel.

Ainsi, Chevreul a montré que les acides ou les bases décomposent les triglycérides en acides gras et en glycérine. Un acide, comme l'acide chlorhydrique, libère l'acide gras et s'unit à la glycérine en donnant une chlorhydrine, tandis qu'une base se combine avec l'acide gras et ne réagit pas avec la glycérine :

Graisse ou huile + acide fort = acide gras + "sel" neutre

Graisse ou huile + base forte = savon + glycérine

Ces résultats amènent Chevreul à penser que les graisses sont constituées de "principes immédiats" ou substances chimiques simples à partir desquelles il peut les reconstituer. Il en tire une loi générale de constitution des corps gras : "ce sont des corps ternaires susceptibles, en fixant de l'eau, de se dédoubler en acides et en glycérine".

Son étude des acides gras conduit Chevreul à inventer la bougie stéarique (constituée d'acides gras libres) – notre bougie actuelle – qui remplace en 1825 la chandelle de suif faite à partir de graisse animale non saponifiée. Ce qui lui valut un grand prix de 12 000 francs de la part de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale en 1852.

Cette recherche sur les corps gras a été l'origine d'une série de techniques originales en chimie organique. Il a développé des techniques de séparation des constituants en faisant un choix judicieux des solvants, et en renouvelant les méthodes de fractionnement. Son livre est descriptif et expérimental ; c'est seulement à la fin qu'il livre ses idées sur l'arrangement des éléments dans les graisses. En conclusion, il considère les graisses analogues à des corps appelés aujourd'hui esters obtenus par action d'un acide gras plus un alcool. Mais quelle sorte d'alcool était le glycérol il ne saura pas le dire.

3. La glycérine est un trialcool

Marcelin Berthelot (1827-1907) allait faire avancer considérablement la connaissance de la structure de la glycérine. Il suit d'abord les cours de la faculté de médecine puis de la faculté des sciences. Il travaille dans le laboratoire privé de Jules Pelouze, puis devient l'assistant de Jérôme Balard, le découvreur du dibrome, au Collège de France. Il soutient sa thèse de doctorat ès sciences en 1854 sur les combinaisons de la glycérine avec les acides et la synthèse des principes immédiats des graisses des animaux. Puis il effectue des études de pharmacie ; il est diplômé pharmacien en 1858. Son livre, *Chimie organique fondée sur la synthèse*, paru en 1860, a un retentissement considérable. Il montre, qu'il n'y a pas besoin de force vitale pour constituer des substances

organiques en les décomposant et recomposant à partir des corps simples. Son étude de la réaction de la glycérine avec les acides allait le conduire à étudier en collaboration avec L. Péan de Saint-Gilles, les propriétés de la formation et de la décomposition des esters.

Il constate que, dans sa réaction avec les acides, la glycérine joue le rôle d'un véritable alcool, et en donne tous les dérivés. Puis il ajoute :

“ Toutefois, si la glycérine se rapproche de l'alcool ordinaire par la nature des combinaisons auxquelles les acides donnent naissance, la formule de ces mêmes composés, l'existence de plusieurs combinaisons neutres entre la glycérine et un même acide, établissent entre la glycérine et l'alcool une différence profonde...

De même, tandis que l'alcool ne produit qu'une seule série d'éthers neutres [nous dirions aujourd'hui des esters] avec chaque acide, la glycérine donne naissance à trois séries principales de combinaisons neutres. Ces trois séries, par leur décomposition totale en présence de l'eau, reproduisent un seul et même corps, la glycérine ” (*Chimie organique*, p.27).

Il poursuit plus loin :

“ ces diverses réactions présentent un grand intérêt par leur application aux principes immédiats des huiles et des graisses et par leur

extension aux combinaisons naturelles formées par les sucres proprement dits. ... Traitées par les alcalis, tels que la potasse, la soude, la baryte, ou par certains oxydes métalliques, tels que l'oxyde de plomb, l'oxyde d'argent, etc., toutes les combinaisons glycériques se décomposent lentement à 100 degrés et reproduisent l'acide primitif et la glycérine, avec fixation des éléments de l'eau. Si l'on opère avec la potasse ou la soude, cette décomposition est précédée par la formation d'une émulsion ou mélange intime entre l'eau, l'alcali et les corps gras. Ces faits, étudiés et définis avec tant de rigueur par M. Chevreul, relativement aux corps gras naturels et qui se retrouvent avec des caractères identiques dans l'étude des corps gras artificiels, constituent le phénomène de la saponification ” (Id., p.49-50).

Ainsi, Berthelot en 1854 identifie les trois fonctions alcool de la glycérine.

Au congrès international de nomenclature chimique, qui s'est tenu à Genève en 1892, sous la présidence de Charles Friedel, il a été décidé de donner la terminaison *-ol* aux alcools. La glycérine devient officiellement le glycérol. L'évolution de sa nomenclature suivra ensuite les recommandations de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA).

Bibliographie principale

Christoph Ralf, Schmidt Bernd, Steinberner Udo, "Glycerol" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6th ed., vol. 15, 2003, pp. 677-691.

Schumann Klaus, Siekmann Kurt, "Soaps" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6th ed., vol. 33, 2003, pp. 129-150.

Chevreul Michel-Eugène, *De la méthode a posteriori expérimentale et de la généralité de ses applications* (Paris, Dunod : 1870).

Chevreul Michel-Eugène, *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale* (Paris, F.-G. Levrault : 1823). Réédité en 1889.

Berthelot Marcelin, *Chimie organique fondée sur la synthèse* (Paris, Mallet-Bachelier : 1860).

Berthelot, Marcelin, *La synthèse chimique* (Paris, Germer Baillière : 1875). Multiples rééditions depuis.

Association française pour l'avancement des sciences (AFAS), "Rapport sur la nomenclature", in *Congrès de Pau, 1^{ère} partie* (Paris, AFAS, Masson : 1892), p.401.

Jean Jacques, *L'imprévu ou la science des objets trouvés* (Paris, Odile Jacob : 1990).

Adrian Jean, *Les pionniers français de la science alimentaire, leur vie, leurs découvertes* (Paris, Lavoisier Tec & Doc : 1994).

Meurdrac Marie, *La chimie charitable et facile, en faveur des dames*, 1666. Nelle éd. présentée et annotée par Jean Jacques (Paris, CNRS éd. : 1999).

8. Le travail personnel des élèves

Travail à la maison et évaluation formative :

L'enveloppe globale hebdomadaire passe de 34 h à 32 h de façon à laisser aux élèves du temps d'assimilation et de travail personnel régulier. Il est donc indispensable que l'enseignant propose aux élèves des exercices à chercher à la maison ou en étude avec vérification de l'investissement des élèves dans le cadre d'une évaluation formative. De temps en temps un devoir à rédiger à la maison pour améliorer la qualité rédactionnelle des travaux et parvenir à une meilleure maîtrise de la langue serait des plus profitables.

En dehors des travaux réalisés en classe, il importe que les élèves fournissent un travail personnel en étude ou à la maison. Il est en effet indispensable qu'ils apprennent à fournir un travail autonome régulier qui complète les activités menées avec le professeur et qui leur permette d'asseoir les connaissances de base tout en suscitant recherche et curiosité.

Ce travail personnel peut prendre des formes diverses :

- résolution d'exercices d'entraînement de différentes natures (savoir-faire théoriques, exercices à entrée expérimentale, activité ayant pour support un texte documentaire, scientifique...);
- travaux de rédaction consécutifs à des recherches personnelles (au CDI, sur le Web...); exploitation de textes scientifiques, historiques ou d'actualité;
- analyse et/ou établissement de protocoles expérimentaux; interprétation d'expériences; reformulation d'un compte rendu d'expériences;
- réponse à des questions se rapportant à un document préparant la prochaine séquence d'enseignement.

Il convient de veiller à un équilibre judicieux entre ces activités tout en préparant l'élève à gagner progressivement une autonomie indispensable à la réussite des études ultérieures.

Le travail scolaire hors la classe joue un rôle essentiel dans la réussite des apprentissages; il est donc fondamental de le valoriser aux yeux des élèves. La diversification des différentes formes qu'il peut prendre, ainsi que l'utilisation de supports thématiques très concrets, empruntés à la vie courante et aux applications, sont autant de facteurs permettant de susciter la curiosité des élèves, donc leur intérêt pour ces activités proposées hors la classe.

L'évaluation sommative :

Elle ne doit pas se limiter à trois contrôles sommatifs traditionnels. Elle doit porter de manière équilibrée non seulement sur les connaissances et les savoir-faire théoriques mais aussi sur les activités expérimentales. Elle doit prendre des formes variées: restitution du cours, exercices traditionnels, à entrée expérimentale, à support documentaire (textes ou documents audio ou vidéo scientifiques, historiques ou d'actualité)... Les activités expérimentales sont une composante importante de l'enseignement des sciences physiques et chimiques; l'enseignant doit donc veiller à évaluer aussi les capacités qui s'y rattachent et traduire cette évaluation dans l'appréciation (chiffrée ou non) portée sur l'élève. Cette évaluation s'effectue à travers des comptes rendus d'expériences et, à l'aide de quelques indicateurs, en observant les élèves en train de manipuler.

La conception des évaluations doit se faire en référence aux compétences exigibles telles qu'elles figurent dans les programmes; ces compétences sont donc à énoncer de manière explicite aux élèves.

9. Des compléments didactiques

PREMIÈRE ST2S - PHYSIQUE –

1- La vision :

Il peut se révéler utile de tester en début de cours sur l'optique si les élèves ont bien intégré l'idée –abordée dès la 5^e- qu'un objet est vu lorsque la lumière vient de l'objet vers l'œil et non pas le contraire.

- Il peut se révéler très productif en introduction à un TP sur la formation des images par une lentille (*voir proposition de TP « De l'objet à l'image » de ce document d'accompagnement*), de proposer aux élèves de prévoir comment l'image est affectée lorsque l'on cache une partie de la lentille par une feuille opaque. Le but est d'éviter la représentation de « voyage de l'image en bloc », et de fonder ainsi la méthode de construction d'une image par correspondance point à point entre un point objet et son point image.

2- Les ondes au service de la santé

- Pour fonder la notion de radiation monochromatique dans la tête des élèves, le fait de montrer que celle-ci est elle-même indécomposable peut se révéler fort judicieux ; elle leur apparaît sinon – tels que certains l'expriment – comme « une couleur parmi tant d'autres ». L'expérience historique de Newton en 2 parties où on fait prédire aux élèves si une radiation de couleur donnée sélectionnée par une fente à la sortie d'un premier prisme va être elle-même décomposée se révèle particulièrement adaptée.

Le lien suivant explicite l'expérience historique de Newton en deux phases :

<http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier597-3.php>

- Il peut être utile de synthétiser les différents aspects des radiations électromagnétiques vus ça et là en physique et en chimie, sous la forme « l'histoire d'une onde, de sa production jusqu'à sa disparition » : après la production/émission, il y a propagation tant que l'onde ne rencontre pas d'obstacle dans le vide, puis à la rencontre de matière une partie est réfléchi/diffusée (c'est aussi un lien avec « le fait de voir »), et l'autre partie est transmise. Cette partie transmise se propage dans la matière en étant en partie absorbée (lien avec spectre et spectrophotomètre) et l'autre est transmise, et ainsi de suite jusqu'à absorption totale.

On se cantonne ici à un modèle d'onde plane : on néglige le fait que la source n'est pas infiniment étendue, ainsi que le phénomène de diffraction. L'onde sonore dans les conditions usuelles montre déjà aux élèves que ce modèle n'est pas suffisant en général.

2- Applications de l'électricité dans le domaine de la santé

Le professeur de sciences physiques et la sécurité électrique

Le programme comporte de nombreuses références aux dangers du courant électrique et l'élève doit être conscient des risques d'électrocution présentés par une installation domestique.

Un article paru dans le bulletin de l'union des physiciens apporte des questions et des réponses à un certain nombre de notions qui peuvent être utiles pour satisfaire la curiosité de nos élèves.

Certaines affirmations sont trop imprécises pour pouvoir répondre simplement **OUI** ou **NON** ; il faut alors compléter l'affirmation pour enlever toute ambiguïté.

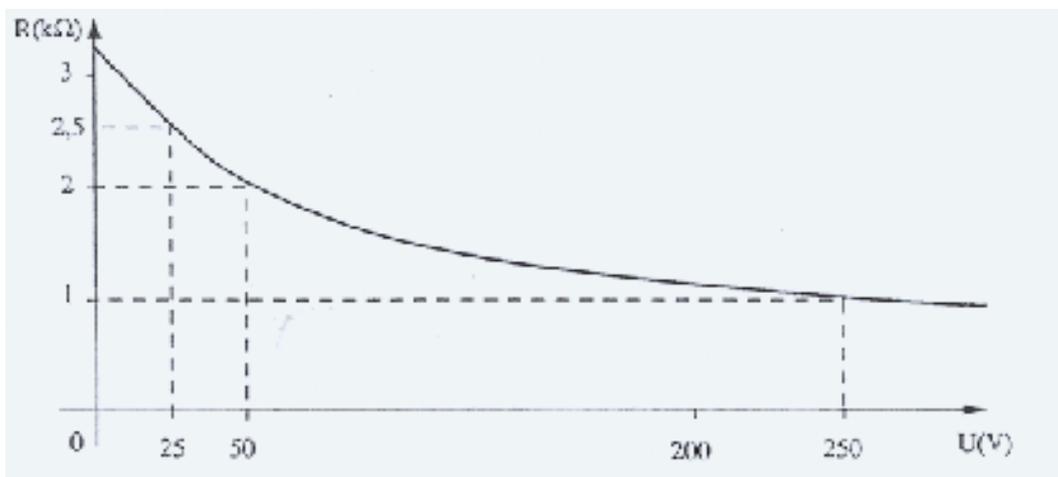
Question 1 : vrai ou faux ?

La résistance du corps humain, mesurée par exemple entre deux mains, diminue avec la tension appliquée entre ces deux mains.

Réponse 1 : **vrai**

La résistance du corps humain varie avec la tension de contact. Suivant que la peau est sèche, humide ou mouillée cette résistance a une valeur différente pour une même tension.

Pour une peau humide, on considère que la résistance du corps humain évolue en fonction de la tension de contact de la façon suivante :



La résistance du corps humain diminue avec la tension de contact.

Question 2 : vrai ou faux ?

La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est de l'ordre de 200000 Ω .

Réponse 2 : **faux**

La courbe précédente (voir commentaire réponse 1) concerne une peau humide. Il est normal qu'une peau sèche entraîne une résistance du corps humain plus élevée que dans le cas d'une peau humide, mais cette valeur n'atteint pas 200 000 Ω . En effet, soumis à une tension de 250 V, le corps humain a une résistance inférieure à 2000 Ω avec une peau sèche et de l'ordre de 4 000 Ω sous une tension de contact de 50 V.

La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est très inférieure à 200 000 Ω : on peut retenir la valeur moyenne de 2 000 Ω sous 250 V pour une peau sèche et la valeur moyenne de 1000 Ω sous 250 V pour une peau humide.

Question 3 : vrai ou faux ?

On peut s'électrocuter avec une tension alternative de 60 V.

Réponse 3 : **vrai**

L'intensité du courant est un paramètre essentiel qui intervient dans le risque électrique ; elle est liée, entre autres, à la tension de contact (nous avons vu que cette tension modifie la résistance du corps humain). En condition normale, la valeur limite de cette tension est pour l'alternatif 50 V. Elle est de 25 V en condition mouillée. Dans nos locaux de travail comme les salles de TP, nous sommes dans des conditions normales et la tension limite est de 50 V (efficace) pour l'alternatif.

On peut effectivement s'électrocuter avec une tension alternative de 60 V.

Question 4 : vrai ou faux ?

En condition normale, on peut s'électrocuter avec une tension continue de 60 V.

Réponse 4 : **faux**

On appelle condition normale de travail, les lieux de travail autres que les emplacements mouillés. En condition normale la valeur limite de la tension de contact est pour le continu 100 V. Elle est de 50 V en condition mouillée.

Dans nos locaux de travail comme nos salles de TP, nous sommes dans des conditions normales et la tension limite à retenir est de 100 V pour le continu.

Dans des conditions normales, on ne peut pas s'électrocuter avec une tension continue de 60 V.

Remarque : Le mot électrocution est utilisé lorsqu'il y a mort d'homme, dans le cas contraire, on parle d'électrisation.

Question 5 : vrai ou faux ?

De manière générale, à valeur égale, le continu est plus dangereux que l'alternatif.

Réponse 5 : **faux**

Le courant alternatif est plus dangereux que le courant continu. En effet, il faut des intensités continues plus élevées qu'en alternatif 50 Hz pour obtenir des effets semblables. Sans parler de brûlures, la fréquence de 50 Hz du secteur peut provoquer une tétanisation des muscles ainsi qu'une fibrillation du cœur.

De manière générale, à tensions égales, le continu est moins dangereux que l'alternatif.

Question 6 : vrai ou faux ?

Une personne en contact direct avec une tension de 230 V est traversée par un courant d'intensité de plusieurs ampères.

Réponse 6 : **faux**

Voilà une bonne application de la loi d'Ohm ! Nous avons vu que sous une tension de valeur efficace $U = 250 \text{ V}$, la résistance du corps humain avait une valeur moyenne de $R = 1000 \Omega$. Cela donne une intensité efficace de 0,25 A.

Une personne en contact direct avec une tension de 230 V est traversée par un courant d'intensité inférieure à l'ampère.

Question 7 : vrai ou faux ?

Les conséquences de l'effet électrothermique (brûlures) se manifestent dans un délai de 10 minutes.

Réponse 7 : **faux**

En plus des brûlures externes, il peut y avoir des brûlures internes d'organes dont les conséquences ne sont pas immédiates. Des troubles ne peuvent apparaître que plusieurs dizaines de minutes après le choc électrique.

Les conséquences de l'effet électrothermique (brûlures) peuvent se manifester dans un délai de plusieurs dizaines de minutes.

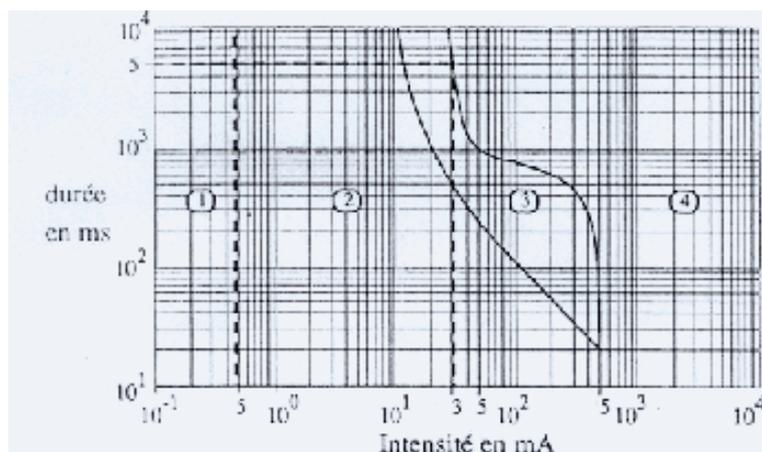
Question 8 : vrai ou faux ?

Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.

Réponse 8 : **vrai**

Cette question avait pour but d'attirer l'attention sur la notion de durée : ce n'est pas parce que l'intensité du courant est faible qu'il n'y a pas danger. Le graphe ci-après représente les domaines

durées/ intensités pour les courants alternatifs (entre 15 Hz et 100 Hz) caractérisant les effets habituellement provoqués sur le corps humain.



Dans le domaine 1, il n'y a généralement pas de réaction.

Dans le domaine 2, des picotements mais aucun effet dangereux.

Dans le domaine 3, des effets non mortels avec perturbations généralement réversibles.

Dans le domaine 4, une fibrillation du cœur probable.

Une limite souvent donnée est 30 mA pendant 5 s (30 mA est le calibre de nombreux dispositifs différentiels).

Bien que 30 s ne soit pas repérable sur ce graphe, on imagine bien qu'une intensité de 25 mA pendant 30 s se place légèrement dans le domaine 4 : ce qui peut effectivement entraîner la mort.

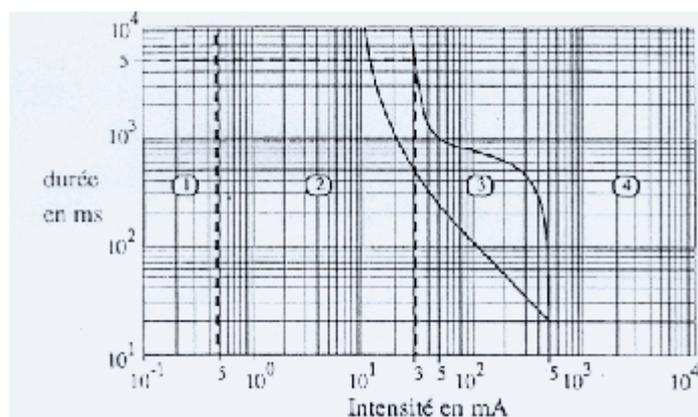
Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.

Question 9 : vrai ou faux ?

Il y a danger si le corps humain est traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 40 mA pendant une durée de 5 s.

Réponse 9 : **vrai**

En se référant à la figure, 40 mA pendant 5 s correspond à un point se situant dans le domaine 4 : il y a danger de mort.



Dans le domaine 1, il n'y a généralement pas de réaction.

Dans le domaine 2, des picotements mais aucun effet dangereux.

Dans le domaine 3, des effets non mortels avec perturbations généralement réversibles.

Dans le domaine 4, une fibrillation du cœur probable.

Il y a danger si le corps humain est traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 40 mA pendant une durée de 5 s.

Question 10 : vrai ou faux ?

Il est plus dangereux pour le corps humain d'être traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 100 mA pendant 50 ms que par un courant alternatif d'intensité efficace 50 mA pendant 2s.

Réponse 10 : **faux**

La notion d'intensité /durée est très importante. Ces deux grandeurs ne doivent pas être dissociées. Sans avoir les courbes précédentes (voir commentaires des réponses 8 et 9) sous les yeux, il n'est guère possible de répondre à la question posée.

100 mA pendant 50 ms correspond à un point se situant dans le domaine **2** (sans effet dangereux) alors que 50 mA pendant 2 s correspond à un point se situant dans le domaine **4** (risque d'électrocution).

Il est moins dangereux pour le corps humain d'être traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 100 mA pendant 50 ms que par un courant alternatif d'intensité efficace 50 mA pendant 2 s.

Question 11 : vrai ou faux ?

La Très Basse Tension (TBT) correspond à des tensions inférieures à 50 V en alternatif et 120 V en continu.

Réponse 11 : **vrai**

Il existe trois domaines de tension : la Très Basse Tension (TBT), la Basse Tension (BT) et la Haute Tension (HT). Ces deux derniers domaines sont subdivisés en A et B. Les limites de ces domaines sont différentes suivant que l'on considère l'alternatif ou le continu. Ces limites sont indiquées dans le tableau suivant :

Domaines de tensions		Tensions nominales	
		Alternatif	Continu
Très Basse Tension	TBT	$U \geq 50 \text{ V}$	$U \geq 120 \geq 120$
Basse Tension (BT)	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
	BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ V}$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 \text{ V} < U \leq 50\,000 \text{ V}$	$1500 \text{ V} < U \leq 75\,000 \text{ V}$
	HTB	$U > 50\,000 \text{ V}$	$U > 75\,000 \text{ V}$

Nous travaillons la plupart du temps en TBT, quelque fois en BTA et pratiquement jamais en BTB (et au-delà).

La Très Basse Tension (TBT) correspond à des tensions inférieures à 50 V en alternatif et 120 V en continu.

Question 12 : vrai ou faux ?

Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA.

Réponse 12 : **vrai**

Il est bon d'avoir quelques repères significatifs sur le risque électrique. L'intensité électrique doit être l'un d'eux :

- 50 mA pendant une seconde peut provoquer une fibrillation du cœur (et un arrêt circulatoire) ;
- 25 mA peut provoquer une tétanisation du diaphragme (et un arrêt respiratoire) ;
- 10 mA peut provoquer un " collage " (c'est le seuil de non- lâcher) ;

- 5 mA est le seuil de sensibilité électrique (non dangereux).

Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA.

Question 13 : vrai ou faux ?

En condition normale, il y a risque électrique pour des tensions alternatives inférieures à 48 V.

Réponse 13 : **faux**

La tension limite conventionnelle de sécurité est de 50 V pour l'alternatif en condition normale (25 V pour des emplacements mouillés).

En condition normale, il n'y a pas de risque électrique pour des tensions alternatives inférieures à 48 V.

Sous certaines conditions (qui ne sont plus appelées conditions normales), des tensions comprises entre 25 V et 50 V en alternatif, 50 V et 100 V en continu, peuvent être dangereuses. Pour ne pas avoir à utiliser de systèmes de protection, on parle alors de TBTS : Très Basses Tensions de Sécurité, dont les limites supérieures sont 25 V pour l'alternatif et 50 V pour le continu.

Question 14 : vrai ou faux ?

Un contact indirect est un contact involontaire d'une phase par un objet conducteur (un tournevis par exemple).

Réponse 14 : **faux**

Un contact indirect est un contact réalisé par une personne qui assure une liaison électrique :

- entre un matériel en défaut (masse conductrice par exemple) et la terre ;
- entre deux matériels en défaut (assez rare).

Un contact indirect n'est donc pas un contact involontaire d'une phase par un objet conducteur.

Question 15 : vrai ou faux ?

La NORME NF C 15 100 impose pour la plupart des prises de courant des dispositifs différentiels de calibre 30 mA.

Réponse 15 : **vrai**

Il y a quelque temps la sensibilité de la plupart des dispositifs différentiels était de 50 mA. La norme a réduit cette valeur pour retenir actuellement 30 mA.

La NORME NF C 15-100 impose pour la plupart des prises de courant des dispositifs différentiels de sensibilité 30 mA.

Remarque : un Dispositif Différentiel à courant Résiduel (DDR) a pour but de protéger les personnes contre les dangers des courants indirects.

Il existe des disjoncteurs différentiels et des interrupteurs différentiels.

Les disjoncteurs différentiels protègent contre les courants de défaut (c'est la fonction différentielle du disjoncteur), contre les surintensités (par un dispositif thermique) et contre les courts-circuits (par un dispositif magnétique).

Les interrupteurs différentiels ne protègent que contre les courants de défaut.

Question 16 : vrai ou faux ?

Pour établir un tétanos parfait des muscles, il suffit de 20 excitations/ seconde.

Réponse 16 : **faux**

Pour établir un tétanos parfait, 40 excitations par seconde suffisent. La distribution des tensions en Europe se faisant avec une fréquence de 50 périodes par seconde, une électrisation par le secteur peut entraîner un tétanos parfait.

Pour établir un tétanos parfait des muscles, il faut plus de 20 excitations par seconde.

Question 17 : vrai ou faux ?

La téτανisation est un phénomène irréversible.

Réponse 17 : **faux**

La téτανisation des muscles est liée au passage d'un courant électrique alternatif. Elle cesse lorsque le courant ne passe plus. Elle se traduit par des contractions incontrôlables des muscles. Dans le cas d'une électrisation main / pied, le courant passe par les muscles respiratoires et peut provoquer une asphyxie respiratoire qui cesse si l'on coupe rapidement le courant.

La téτανisation est un phénomène réversible.

Question 18 : vrai ou faux ?

La téτανisation des muscles peut se produire avec des courants alternatifs de 10 mA.

Réponse 18 : **vrai**

En effet, la contraction involontaire des muscles peut se produire avec un courant alternatif d'intensité efficace de 10 mA.

Cependant la téτανisation n'est pas certaine. Dans le cas de muscles extenseurs, il y a projection de l'électrisé loin du conducteur (il a " pris une châtaigne "). Dans le cas de muscles préhenseurs, l'électrisé reste " collé " au conducteur : il y a téτανisation des muscles, la rapidité de l'ouverture du circuit devient alors primordiale.

La téτανisation des muscles peut se produire avec des courants alternatifs de 10 mA.

Question 19 : vrai ou faux ?

La fibrillation cardiaque est un phénomène irréversible.

Réponse 19 : **vrai**

Un muscle présente une période réfractaire durant laquelle il ne peut pas être réexcité : elle est de 300 ms pour le muscle cardiaque (de 1 ms à 2 ms pour les autres muscles) c'est-à-dire presque aussi longtemps que sa contraction : le muscle du myocarde n'est pas téτανisable par la tension du secteur (de période 20 ms). Cependant les ventricules peuvent se mettre à se contracter de manière désordonnée, anarchique : c'est ce que l'on appelle la fibrillation ventriculaire qui continue même si la cause qui la provoque est supprimée. Cette fibrillation ne peut cesser que par la mise en œuvre d'un défibrillateur cardiaque par un médecin.

La fibrillation cardiaque est un phénomène extrêmement grave et irréversible.

TERMINALE ST2S - PHYSIQUE –

4- La circulation sanguine :

- Il est utile d'avoir à l'esprit que l'on base implicitement toutes les applications dans le chapitre sur la pression sur le modèle suivant : une paroi libre ne se déplace que si elle est soumise à deux forces pressantes différentes de part et d'autre, ce qui revient à comparer deux pressions puisque la surface est la même des deux côtés de la paroi : une paroi libre se déplace dans le sens de la somme des forces pressantes donc des pressions décroissantes. Ce résultat, non démontré en ST2S car le principe de la dynamique n'est pas au programme, peut néanmoins être souligné lorsque l'on traite des applications de la pression.

- L'enseignant pourra faire remarquer à l'occasion de l'utilisation de la loi de la statique des fluides pour rendre compte des différences de valeurs de pressions sanguines dans le corps alors que le sang est en mouvement, que ceci ne se justifie que comme approximation limite car précisément la vitesse d'écoulement est faible. C'est l'occasion de montrer que l'utilisation d'un modèle ou d'un autre dépend de ce qu'on veut mettre en évidence, et de relier de façon cohérente deux modèles appris cette année là par les élèves, ceci par une démarche d'approximation, typique de la physique.

PREMIÈRE ET TERMINALE ST2S - CHIMIE –

Résoudre un exercice en chimie à l'aide d'un tableau :

Le professeur peut utiliser le tableau d'avancement pour résoudre un exercice en chimie, s'il le juge nécessaire.

La méthode décrite ci-dessous utilise un tableau qui n'est pas un tableau d'avancement ; ce n'est qu'un outil qui permet aux élèves :

- de relever dans un texte les données numériques,
- de classer ces données suivant leur signification (masse, quantité de matière ...)
- de visualiser (grâce à un circuit fléché) les différentes étapes nécessaires à la rédaction de la réponse, en ayant sous les yeux les données essentielles.

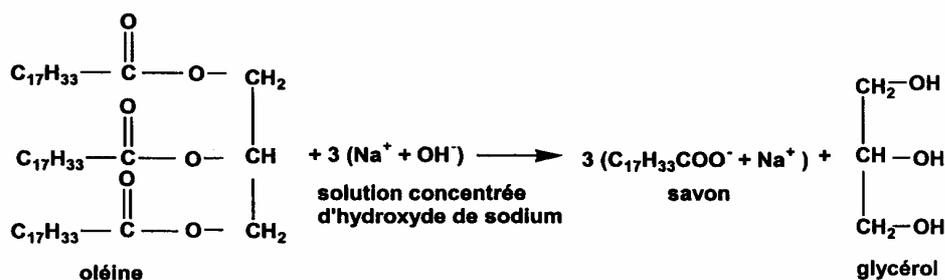
L'élève utilise ce tableau comme une aide et ne doit pas se limiter à remplir les cases dans la rédaction de l'exercice.

Ce tableau est valable simplement dans le cas où l'on se trouve dans les proportions stœchiométriques.

Exemple en terminale

On réalise la saponification de 2,0 kg d'oléine : calcul de la masse de soude nécessaire à la réaction ainsi que la masse de savon formée.

1) Commencer par écrire l'équation de la réaction associée à la transformation sans oublier d'ajuster les nombres stœchiométriques **puis sans les ions spectateurs mais pas ici car on cherche la masse de soude (donc avec les ions spectateurs Na⁺)**:



2) Élaborer le « tableau-aide »

	oléine	soude	oléate de sodium	glycérol
n (mol)	1	3	3	1
	case 1?? ↑	→ case 2?? ↓	→ case 3?? ↓	
m (g)	2,0.10³	case 4??	case 5??	
M (g.mol ⁻¹)	884	40	304	92

	oléine	soude	oléate de sodium	glycérol
n (mol)	1	3	3	1
	2,3 ↑	→ 6,9 ↓	→ 6,9 ↓	
m (g)	2,0.10³	280	2,1.10 ³	
M (g.mol ⁻¹)	884	40	304	92

3) Rédiger les réponses

Quantité d'oléine :

$$n_{oléine} = \frac{m_{oléine}}{M_{oléine}} = \frac{2.10^3}{884} = 2,3 \text{ mol } (\rightarrow \text{case 1})$$

Quantité de soude :

D'après l'équation :

- 1 mol d'oléine réagit avec 3 mol de soude
- donc x mol d'oléine réagissent avec 3 x mol de soude, soit :
- 2,3 mol d'oléine réagissent avec $3 \times 2,3 = 6,9$ mol de soude

$$n_{soude} = 3 \times n_{oléine} = 3 \times 2,3 = 6,9 \text{ mol } (\rightarrow \text{case 2})$$

Quantité d'oléate de sodium (savon) :

D'après l'équation :

- 1 mol d'oléine peut donner 3 mol d'oléate de sodium donc
- x mol d'oléine peuvent donner 3 x mol d'oléate de sodium, soit :
- 2,3 mol d'oléine donneront $3 \times 2,3 = 6,9$ mol d'oléate de sodium

$$n_{savon} = 3 \times n_{oléine} = 3 \times 2,3 = 6,9 \text{ mol } (\rightarrow \text{case 3})$$

Masse de soude

$$m_{soude} = n_{soude} \times M_{soude} = 6,9 \times 40 = 280 \text{ g } (\rightarrow \text{case 4})$$

Masse de savon

$$m_{savon} = n_{savon} \times M_{savon} = 6,9 \times 304 = 2,1.10^3 \text{ g } (\rightarrow \text{case 5})$$

10. Guide d'équipement

Il faut stocker le minimum de produits chimiques.

En caractère *italique* quelques produits non disponibles dans le programme de S.

En caractère droit le matériel disponible dans le programme de S.

Classe de première

1. LA VISION

L'œil ; les lentilles minces ; l'œil réduit ; réflexion totale, fibroscopie

1	<i>Maquette de l'œil</i>
12	Banc d'optique gradué (Rail de 2 mètres, cavaliers avec index, 3 supports pour lentilles, écran, objet, diaphragme, disque diffusant))
12	Source optique sur pied (alimentation, fils connexion)
12	Lentilles convergentes et divergentes pour supports
12	Lentilles convergentes et divergentes planes aimantées
12	Sources lumineuses planes
12	Prismes
12	Fibre optique, miroir.
1	Rétroiseur
1	Logiciel optique de simulation (version établissement).

2. LES ONDES AU SERVICE DE LA SANTE

Les radiations électromagnétiques visibles ; IR, UV, rayons X ; sons et ultrasons ; radiographie, scanner, échographie

12	Réseau (diapo)
12	Spectroscope plat gradué
1	Spectroscope à cuve
1	Sonomètre analogique ou digital
1	Spectrophotomètre
12	Emetteur ultrasons
12	Récepteur ultrasons
1	Microphone à électret
	Différents matériaux (bois, mousse...)

3. APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Sécurité des personnes et des appareils ; électricité au service de la médecine ; puissance et énergies électriques

12	Générateur 6V
12	Oscilloscope
12	GBF
24	Multimètres
12	Fiches BNC
12	Générateur de tension variable.
1	<i>Maquette sécurité électrique</i>
	Fils câblage

PARTIE CHIMIE Matériel

40	Agitateur verre ordinaire
12	Ampoule à décanter
4	Bécher forme basse, en verre borosilicaté, 100 mL (lot de 10)
2	Bécher forme basse, en verre borosilicaté, 200 mL (lot de 10)
1	Bécher forme basse, en verre borosilicaté, 250 mL (lot de 10)
5	Bécher forme haute sans bec verseur, en verre borosilicaté, 100 mL (lot de 10)
1	Bidon 5 L en matière plastique
1	Bidon 10 L en matière plastique
2	Boîte de Pétri
12	Bouchon à évaporation (constitué par un tube en verre coudé à angle droit et d'un bouchon percé d'un trou.).
12	Büchner
12	Fiole à filtration sous vide verre borosilicaté, 250 ml
12	Trompe à eau en laiton, avec clapet anti-retour
12	Tube à vide pour filtration par l'entonnoir büchner, Ø 5/15 mm, en rouleau de 5 m
24	Capsule à fond plat avec anses, en inox, pour bain-marie, 500 mL, Ø 120 mm environ
24	Capsule à fond plat avec anses, en inox, pour bain-marie, 1L, Ø160 mm environ
12	Entonnoir en polypropylène
12	Réfrigérant à boules verre borosilicaté, avec rodage 24/29
12	Clips de sécurité pour verrerie rodée
12	Statifs
24	Noix de serrage
12	Pincés de serrage
12	Support élévateur à croisillon
12	Éprouvette graduée 10 mL, en verre
12	Éprouvette graduée 25 mL, en verre
12	Éprouvette graduée 50 mL, en TPX
12	Éprouvette graduée 100 mL, en verre
12	Erlenmeyer à ouverture étroite en verre borosilicaté, usage intensif, 125 mL
12	Erlenmeyer à ouverture étroite en verre borosilicaté, usage intensif, 250 mL
48	Pipette compte-gouttes 4 mL environ, en polyéthylène (lot de 100)
12	Fiole jaugée 50 mL, classe B, avec bouchon polypropylène ou PTFE
12	Fiole jaugée 100 mL, classe B, avec bouchon polypropylène ou PTFE
15	Fiole jaugée 250 mL, classe B, avec bouchon polypropylène ou PTFE
15	Fiole jaugée 500 mL, classe B, avec bouchon polypropylène ou PTFE
24	Fiole jaugée 1 L, classe B, avec bouchon polypropylène ou PTFE
12	Pipette jaugée 1 mL, à 2 traits, classe B
12	Pipeteur 20 mL
24	Pissette 250 mL
12	Tubes à essais en verre borosilicaté Ø 16, lot de 100
5	Portoir pour tubes à essais 6 trous
6	Portoir pour tubes à essais 12 trous en ligne
10	Portoir pour tubes à essais 2 fois 6 trous
10	Goupillon pour tubes à essai
12	Agitateur magnétique chauffant 0 à 1000 tr/mn environ - avec barreau aimanté recouvert de téflon - capacité d'agitation : 1 litre
12	Barreau aimanté forme ovale pour ballon à fond rond, recouvert de téflon
	Paire de lunettes de protection quantité fonction des besoins
12	pH-mètre + électrode
12	Balance électronique
1	Boîte de modèles moléculaires boîte pour le professeur. Modèles compacts et éclatés
12	Boîte de modèles moléculaires boîte élèves pour TP. Modèles éclatés
1	Spectrophotomètre
1	Banc de Kofler

12	Thermomètre - 10 à + 150 °C Papier filtre Papier Joseph Papier pH
----	--

PARTIE CHIMIE Produits chimiques

1 L	Acétone pure
5 L	Acide acétique pur
5 L	Acide chlorhydrique 35 % - densité 1,18
1 L	Acide sulfurique 95 % - densité 1,83
1 kg	Amidon
1 kg	Chlorure d'aluminium, 6H ₂ O
1 L	Solution d'ammoniac 28 % pure, densité 0,89
500 g	Oxalate d'ammonium, H ₂ O
250 g	Nitrate d'argent pur
1 L	Bleu de bromothymol, solution aqueuse à 0,02 %
1 kg	Sulfate de cuivre II, 5H ₂ O
5 L	Éthanol 95 % pur
1 L	Éthanol absolu pur
1 L	Empois d'amidon
1 kg	Chlorure de fer III, 6H ₂ O
1 kg	<i>Glucose</i>
1 L	Peroxyde d'hydrogène à 3 % ou à 10 vol
500 mL	Liqueur de Fehling solution A
500 mL	Liqueur de Fehling solution B
12	Papier pH 1 à 10 en rouleau (rouleau de 6 m environ)
1	Platine en fil
1 kg	Permanganate de potassium pur
1 kg	Carbonate de sodium anhydre pur
1 kg	Hydroxyde sodium pur en pastilles (soude)
1 kg	Sulfate de sodium anhydre pur
1	Tampon pH 4 En ampoule ou prêt à l'emploi
1	Tampon pH 7 En ampoule ou prêt à l'emploi
1	Tampon pH 10 En ampoule ou prêt à l'emploi
1 L	Éthoxyéthane (éther) <i>Rouge Soudan III</i> <i>Amylase (l'équivalent d'une spatule par binôme d'élèves)</i>

Classe de terminale

4. LA CIRCULATION SANGUINE

Pression ; Tension artérielle ; Ecoulement des liquides

1	Tube en verre, fermé par un obturateur mobile tenu par un fil
1	<i>Hémisphères de Magdeburg</i>
1	Cloche à vide
12	Dispositif de pression pour étudier la relation entre pression, force pressante et surface pressée
12	Capsules manométriques
12	Manomètres numériques
12	Boîtes de masses marquées
1	Pycnomètre (ou flacon à densité)
12	Densimètres
1	<i>Manoscope à eau (capsule manométrique à membrane élastique reliée à un manomètre à liquide pour estimer la pression dans un liquide). Prévoir une grande cuve</i>

1	Tube en U
1	Dispositif des vases communicants
1	Dispositif pour montrer la perte de charge lors de l'écoulement des liquides

5. PHYSIQUE ET AIDE AUX DIAGNOSTICS MEDICAUX

Ondes électromagnétiques ; La médecine nucléaire ; Champ magnétique

1	Générateur de radon - fiole scintillante
1	Compteur de radioactivité. Appareil de cours avec sortie pour saisie des mesures sur informatique.
1	Logiciel de radioactivité pour compteur ci-dessus.
	Lots d'aiguilles aimantées sur pivot (10 mm, 40 mm)
5	Aimant droit
5	Aimant en U
1	Solénoïde parcouru par un courant
2	Plaquettes pour projection de spectres de barreaux aimantés et de circuits type solénoïde.
	Poudre de fer
1	Électroaimant
12	Teslamètre avec sonde de Hall
12	Solénoïde long avec sorties intermédiaires

6. ENERGIE CINETIQUE ET SECURITE ROUTIERE

Travail d'une force ; Théorème de l'énergie cinétique ; Applications

1	Banc à coussin d'air avec capteurs et logiciel.
1	Table à digitaliser
	OU à défaut 1 table à mobiles autoporteurs avec accessoires et prise de données
1	Appareil pour l'étude de la chute libre avec capteurs et logiciel.

MATERIEL COMMUN AUX TROIS PARTIES DU PROGRAMME DE CHIMIE

12	Gants, lunettes
12	Erlenmeyer 100 mL
12	Erlenmeyer 250 mL
12	Agitateur magnétique chauffant + barreau aimanté
60	Bécher 100mL
60	Bécher forme haute 150 mL
12	Cuve à chromatographie
50	Plaque CCM
1	Sèche cheveux
12	Pinceau
12	Pince
12	Agitateur en verre
12	Pipette simple
60	Pipette Pasteur
12	Pipette graduée 5 mL
12	Pipette jaugée 10mL
12	Pipette jaugée 20mL
12	Propipette
12	Compte gouttes
24	Eprouvette graduée 10 mL
24	Eprouvette graduée 50 mL
12	Fiole à vide
12	Trompe à eau
12	Filtre büchner

12	Papier filtre
12	Balance au dg
1	Lampe à UV
24	Support élévateur
12	Chauffe ballon
12	Ballon 150 mL
12	Support
24	Noix et pince
12	Colonne de Vigreux
12	Réfrigérant adaptable à la colonne de Vigreux
12	Thermomètre -10 +110°C
12	Burette graduée 25 mL
1	Grains de pierre ponce
12x12	Tube à essais
12	Petit cristalliseur pour bain-marie
1	Parafilm

8. DES MOLECULES DE LA SANTE

L'aspartame ; acides aminés ; liaison peptidique ; les esters

12	Boite de modèles moléculaires
3 boîtes	3 comprimés d'aspartame (Canderel®)
1L	Acide chlorhydrique 1 mol.L ⁻¹
1L	Solution d'hydrogénocarbonate de sodium à 10%
1L+1L	Eluant : mélange butan-1-ol + acide acétique pur + eau rapport 6/2/2
100 mL	Solution de phénylalanine (0,1 g. dans 100 mL d'eau)
100 mL	Solution d'acide aspartique (0,1g. dans 100 mL d'eau)
1L	Révélateur : ninhydrine
1L	Phénolphtaléine
200 mL	Solution aqueuse à 5% d'hexane-1,6-diamine
200 mL	Solution à 5% en masse de dichlorure d'hexanedioyle dans le dichlorométhane
200 g	1-amino-4-hydroxybenzène (paraaminophénol)
1L	Anhydride éthanoïque
1 boîte	Paracétamol (doliprane, ...)
1L+1L+1L	Eluant éthanoate de butyle, cyclohexane, acide méthanoïque dans le rapport 6/4/1
1L	Acide méthanoïque pur
1L	Ethanol
1L	Acide sulfurique concentré
	Réfrigérant à air

10. ACIDES ET BASES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES

Acides et bases faibles ; saponification

12	pH-mètre + électrode
1	Solution tampon pH 4
1	Solution tampon pH 7
1	Solution tampon pH 9
3L	Acide chlorhydrique 0,1mol.L ⁻¹
3L	Acide chlorhydrique 0,01mol.L ⁻¹
3L	Soude 0,1mol.L ⁻¹
3L	Soude 0,01mol.L ⁻¹
1L	Vinaigre
1L	Eau d'Evian
1L	Ammoniac commercial à 20%
1L	Lait
1L	Déboucheur

3sachets	Détartrant
1L	Soude à 10 mol.L ⁻¹
1L	Huile d'olive
1L	Ethanol à 90°
1L	Solution saturée de chlorure de sodium
12	Réfrigérant à eau vertical
12	Verre de montre

12. SOLUTIONS AQUEUSES D'ANTISEPTIQUES

Oxydoréduction en chimie organique ; dosages d'oxydoréduction

1L	Butan-1-ol
1L	Butane-2-ol
1L	2-méthylpropan-2-ol
100	cyclohexane
mL	éthanoate d'éthyle
1L	<i>alcool 4-méthoxybenzylique</i>
100 g	<i>4-méthoxybenzaldehyde</i>
100 g	<i>acide 4-méthoxybenzoïque</i>
100 g	Heptane
1L	KMnO ₄ solide
1L	2,4-DNPH
1L	Réactif de Fehling
1L	Glucose
	Lactose
1L	Fructose
	Solution de diiode à 5. 10 ⁻² mol.L ⁻¹
12	<i>Betadine à 5%</i>
12	Solution de thiosulfate de sodium à 0,1 mol.L ⁻¹
	Solution de permanganate de potassium à 2.10 ⁻² mol.L ⁻¹
	Eau oxygénée du commerce à 10 volumes
	Fiole jaugée 100 mL
	Fiole jaugée 50 mL

11. Des ressources muséographiques

Pistes et ressources du Musée des Arts et Métiers / du Palais de la Découverte Baccalauréat Technologique - « Santé Publique et Sciences Sociales »

1) Résumé de la nature des ressources

Musée des Arts et Métiers

La nature des ressources multimédia mises en ligne sur le site du musée a été exposée dans le travail consacré aux programmes de 4^{ème} et 5^{ème}. Cette description peut être reproduite ici. Voici le rappel des liens renvoyant aux différentes ressources, suivant leur nature.

- Les dossiers de l'enseignant
<http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=175&lang=fr&flash=f>
- Les Carnets
<http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=158&lang=fr&flash=f>
- Les vidéos en ligne
<http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=191&lang=fr&flash=f>
- Les dossiers documentaires et les ressources du centre de documentation
<http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=167&lang=fr&flash=f>
- Ressources internet sélectionnées par le musée
<http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=172&lang=fr&flash=f>

Patrimoine scientifique et technique contemporain

Le Ministère de la Recherche a chargé le Musée des arts et métiers d'organiser un réseau national de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain. Cette mission a initié le développement d'un programme à l'échelle de la Région des Pays de la Loire. Le projet est porté par le Groupement d'Intérêt Public Atlantech-Pays de la Loire, en collaboration avec l'Université de Nantes.

Le site Web associé à ce projet met en ligne de nombreuses ressources multimédia :

- photographies et fiches d'inventaire d'objets témoins de la recherche publique et privée
- interviews vidéos de chercheurs
- animations pédagogiques

Adresse du site : <http://patrimoine.atlantech.fr>

L'utilisation du site dans un cadre pédagogique est encouragée. La conception du site ne permet pas l'usage de liens pointant directement vers les ressources du site. Il est nécessaire de consulter la page de sommaire, donnant la liste des thèmes traités dans le site.

<http://patrimoine.atlantech.fr/atlantech/foffice/portail/edito/ressources/parcourir/tableDesMatières.html>

Le Palais de la Découverte

<http://www.palais-decouverte.fr>

Le site web du Palais de la découverte prend progressivement en compte l'objectif de la création d'un centre de ressources scientifiques multimédias. Il s'agit pour l'instant de textes assez courts sur « les grandes thématiques et les fondamentaux des sciences ». Les thèmes retenus sont les suivants :

- Terre et univers (astronomie, sciences de la terre, météorologie...)
- Matière et énergie (structure, transformation et mouvements de la matière...)
- Mathématiques (formes mathématiques, statistique et probabilités...)
- Le vivant (biomolécules, machine humaine et santé, biodiversité...)

Accès au sommaire de ces thèmes : <http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=ressources>

Ces quatre thèmes sont aussi accessibles depuis la page d'accueil. Chaque thème renvoie à une page sommaire où sont présentés les « îlots », qui développent un thème précis.

2) Pôle « physique et santé »

La vision

Ressources existantes

Musée des Arts et Métiers, dossiers documentaires.

Dossiers objets :

- Les Lunettes. - 2003. - Ill. ; In-4. /Les Microscopes. - 2003. - Ill. ; In-4. - (Les instruments d'observation). Bibliogr.; dossiers réalisés dans le cadre de l'exposition "la Boussole et l'orchidée, Musée des arts et métiers, décembre 2003 à mai 2004.

Dossier thématique domaine Instruments scientifiques :

- IS5 (2) instruments d'optique (Jumelles - **Lentilles - Lunettes** – Microscopes – Télescopes)

Vidéo en ligne

(A consulter sur <http://www.arts-etmetiers.net/magic.php?P=191&lang=fra&flash=f>)

- Fibre optique Corning, 1999 [Pour l'instant le lien ne fonctionne pas !]

Ressource patrimoine :

<http://patrimoine.atlantech.fr/atlantech/foffice/portail/edito/ressources/parcourir/tableDesMatières.html> cliquer sur Physique/Optique. Fiches objets sur des réfractomètres, des réflectomètres et l'invention d'une nouvelle technique optique.

Les ondes au service de la santé

Ressources existantes

Musée des Arts et Métiers, dossiers documentaires.

Dossier thématique domaine Instruments scientifiques :

- IS10 Imagerie médicale

Vidéo en ligne (A consulter sur <http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=191&lang=fra&flash=f>)

- Microscope électronique à transmission Siemens, 1973

Ressource patrimoine :

<http://patrimoine.atlantech.fr/atlantech/foffice/portail/edito/ressources/parcourir/tableDesMatières.html>

[tml](#) cliquer sur Santé/Imagerie médicale. 70 fiches objets ou entretiens, sur la scanographie et l'IRM.

Ressource Palais de la Découverte :

Ilot consacré à « sons et ondes dans la matière »

<http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=158>

Applications de l'électricité dans le domaine de la santé

Ressources existantes

Ressource patrimoine :

<http://patrimoine.atlantech.fr/atlantech/foffice/portail/edito/ressources/parcourir/tableDesMatières.h>

[tml](#) cliquer sur Santé/Electrophysiologie. 51 fiches objets ou entretiens centrées sur l'électrophysiologie du coeur.

Physique et circulation sanguine

Ressources existantes

Musée des Arts et Métiers, Carnet pédagogique :

Blaise Pascal, par Claudette Balpe, Serge Picard et Élisabeth Drye. Carnet consacré à Pascal, sa vie et ses travaux. On peut utiliser l'approche historique de la découverte de la pression atmosphérique, des principes de l'hydrostatique, et des propositions de construction en classe de machines hydrauliques.

Fichier pdf téléchargeable : http://www.arts-et-metiers.net/pdf/carnet_pascal.pdf

12. À propos des activités interdisciplinaires

Voir à ce sujet :

- BO hors série n° 2 du 26 octobre 2006 - volume 18 (classe de première)
- encart du n° 14 du 5 avril 2007 (classe de terminale)
- le site ST2S hébergé au CERPET

Nous soulignons le fait que les trois semaines sont NON consécutives et réparties à raison d'une par trimestre.