

TEXTE OFFICIEL

Arrêté du 12 janvier 1995

fixant le programme de la classe Terminale

B.O. spécial n° 3 du 16 février 1995

Art-été du 12 janvier 1995

B. O. spécial n° 3 du 16 février 1995

B. Présentation du programme de physique et chimie

Le texte du programme comporte:

— Une colonne de gauche qui indique les contenus de base.

Cette colonne comprend également :

- en physique, des activités support (caractères italiques). Les exemples fournis peuvent être exploités en expériences de cours, en TP, en travaux de documentation en faisant une large part à l'utilisation des moyens technologiques modernes (audiovisuel, informatique) ;

- en chimie, des activités de documentation et des expériences de cours et de travaux pratiques, regroupées sous l'intitulé activités support.

— Une colonne de droite qui présente les compétences exigibles.

— Les objectifs et des commentaires ont été intégrés à différents endroits du programme.

La présentation retenue n'implique pas une progression obligatoire. Toute liberté est laissée à l'enseignant d'organiser son cours dans l'ordre où il le souhaite.

L'horaire hebdomadaire de l'enseignement obligatoire de physique-chimie est de cinq heures réparties en trois heures trente en classe entière et une heure trente de travaux pratiques. L'horaire hebdomadaire de l'enseignement de spécialité de physique-chimie est de deux heures de travaux pratiques.

Les horaires portés en tête de partie sont donnés à titre indicatif. Ils respectent la répartition globale de 60 % pour la physique et 40 % pour la chimie, les travaux pratiques pour leur part étant partagés à égalité entre physique et chimie.

Le respect de cette répartition doit être une préoccupation constante du professeur tout au long de l'année.

C. Physique: enseignement obligatoire

INTERACTIONS ET VIBRATIONS DE L'ATOME À L'ÉTOILE

Introduction

Le programme proposé constitue pour l'élève de terminale S une consolidation de sa culture scientifique générale en même temps qu'un tremplin vers des études scientifiques pour ceux qui le souhaitent.

La formation en collège aura familiarisé les élèves avec les phénomènes de base les plus importants de leur environnement quotidien tout en leur

apportant, chaque fois que possible, les rudiments d'une attitude scientifique critique et rigoureuse.

Le programme de seconde offre la dernière occasion d'inciter les élèves à embrasser une voie scientifique. Il utilise, dans **un domaine attractif pour les élèves**, des situations simples qui permettent de montrer, d'une part l'importance de l'aller-retour entre expérience et théorie, d'autre part le rôle fondamental des lois physiques.

Le programme de première S est bâti autour de la loi fondamentale de conservation de l'énergie, assez facilement accessible dans des domaines d'investigation très divers, toujours ancrés dans l'environnement de l'élève. Tout en développant l'expérience et le rôle de celle-ci dans la mise en place des concepts du programme, il laisse une part plus importante au formalisme.

Ces caractéristiques se retrouvent aussi bien sûr dans le programme de terminale S, indépendamment des domaines abordés. Cependant le choix des contenus s'appuie également sur d'autres critères :

- faire en sorte que l'élève de terminale ait rencontré dans sa scolarité des concepts et des lois utilisables ultérieurement : loi de conservation de la charge, loi de conservation de l'énergie, lois d'évolution, interactions, champs, phénomènes de propagation ;

- aborder l'étude d'un certain nombre de situations où les relations font intervenir des grandeurs et leurs variations (dérivées par rapport au temps). En amont du formalisme, des idées sont à mettre en place, par exemple, la force ne régit pas la valeur de la vitesse mais sa variation dans le temps ;

- insister à nouveau sur l'universalité d'une loi, applicable aussi bien dans des espaces très grands que très petits par rapport à l'échelle humaine ;

- montrer les limites de validité d'un modèle ;

- illustrer l'évolution des idées en physique à propos d'un domaine déjà abordé dans les classes antérieures, la lumière ;

- choisir des sujets en relation directe avec l'environnement technique et naturel ;

- étudier des sujets permettant une expérimentation riche et facile à mettre en œuvre.

Compétences exigibles

Comme pour les classes précédentes, le niveau, et dans une certaine mesure le contenu, sont définis par la colonne de droite du programme « compétences exigibles ». Il est rappelé par ailleurs que les activités support sont destinées à illustrer le contenu mais qu'il appartient au professeur de faire les choix qu'il juge les plus adaptés.

Exigences générales

La pratique des sciences et plus particulièrement des sciences physiques doit aussi conduire à l'acquisition de compétences générales. En particulier :

- savoir faire l'analyse des dépendances fonctionnelles exprimées dans les formules en faisant ressortir leur signification physique ;
- être capable de voir où une hypothèse intervient dans une argumentation ;
- être capable de voir qu'une écriture n'est pas homogène ;
- connaître les ordres de grandeurs précisés dans le programme ;
- évaluer rapidement un ordre de grandeur (ce qui suppose la connaissance des ordres de grandeur précédents) ;
- évaluer la pertinence d'un résultat à l'aide de cas limites.

Horaires

L'enseignement de physique doit être dispensé, contrôles compris, sur un total annuel de 90 heures dont 20 heures de travaux pratiques.

Les horaires donnés en tête de chaque partie [h cours + (h TP)] le sont à titre indicatif.

A ce titre, ils peuvent faire l'objet de modifications, dans la mesure où celles-ci respectent l'équilibre général prévu entre physique et chimie.

I. CHAMPS ET INTERACTIONS DANS L'UNIVERS [à titre indicatif 27 h + (9 h)]

Cette partie met l'accent sur les interactions fondamentales décrites en termes de champs dans des cas simples.

Les situations envisagées, mouvements dans un champ de gravitation ou dans le champ de pesanteur terrestre, dans un champ électrique et dans un champ magnétique, conduisent à appliquer la relation de la dynamique et le théorème de l'énergie cinétique (démontré à partir de cette relation) à des domaines d'échelle spatiale très étendus.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
1. Champs et interactions. 1.1. Interaction gravitationnelle. 1.1.1. Des lois empiriques de Képler à la modélisation de Newton ; la loi de gravitation universelle. Aspects historiques (Ptolémée, Copernic, Tycho-Brahé et Képler, Galilée). 1.1.2. Champ de gravitation, champ de pesanteur à la surface d'un corps céleste : exemples de la Terre et de la Lune.	Connaître la définition d'un référentiel galiléen. Connaître la définition des référentiels géocentrique et héliocentrique, référentiels galiléens approchés. Connaître la loi de la gravitation (expression vectorielle), loi universelle. Connaître l'expression du champ de gravitation créé par un objet ponctuel ou à symétrie sphérique. Connaître la définition d'un champ uniforme.
1.2. Interactions électromagnétiques.	

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
<p>1.2.1. Loi de Coulomb. Analogies et différences avec la loi de gravitation. Ordres de grandeur.</p> <p>1.2.2. Notion de champ électrique. Illustration expérimentale.</p> <p>1.2.3. Notion de champ magnétique. Expériences illustrant l'existence d'interactions électromagnétiques. Champ du solénoïde.</p>	<p>Savoir que, dans un domaine restreint au voisinage du sol, le champ de pesanteur est uniforme.</p> <p>Connaître la loi de Coulomb (expression vectorielle).</p> <p>Présenter les analogies et différences entre les deux lois:</p> <ul style="list-style-type: none"> - expression commune en $1/r^2$; - force attractive de gravitation ; - force électrique attractive ou répulsive ; - ordres de grandeur relatifs. <p>Connaître la relation de définition du champ électrique.</p> <p>Décrire un dispositif permettant d'obtenir un champ électrique uniforme.</p> <p>Connaître les caractéristiques du champ électrique dans un condensateur plan.</p> <p>Savoir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - qu'une aiguille aimantée peut jouer le rôle d'un détecteur de champ magnétique et indiquer direction et sens du vecteur champ magnétique ; - que l'existence d'un champ magnétique implique celle d'aimants ou de courants électriques (et réciproquement) ; - que \mathbf{B} créé par un courant I varie linéairement avec I en l'absence de milieux magnétiques ; - mesurer un champ magnétique à l'aide d'une sonde de Hall ; - décrire un dispositif permettant d'obtenir un champ magnétique uniforme. <p>Savoir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide est tel que $\Sigma \mathbf{F} = 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité est constant ; - que si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide sont telles que $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité varie ; - énoncer et mettre en œuvre dans le cadre des applications du programme: <ul style="list-style-type: none"> • la loi des actions réciproques, * la relation fondamentale de la dynamique, * le théorème de l'énergie cinétique pour un solide en translation. <p>Connaître l'expression du travail reçu par un solide en mouvement de translation rectiligne et soumis à des forces constantes dans le temps ainsi que celle de la puissance associée.</p>
<p>2. Lois de la dynamique.</p> <p>2.1. Centre d'inertie. Rappel du principe d'inertie (1^{er} loi de Newton). Importance du référentiel.</p> <p>2.2. Variation du vecteur vitesse \mathbf{V}_G. Vecteur accélération \mathbf{a}_G. Relation fondamentale de la dynamique (2^e loi de Newton). Théorème du centre d'inertie. Rappel de la loi des actions réciproques (3^e loi de Newton).</p> <p>2.3. Théorème de l'énergie cinétique. Travail reçu par un solide en translation soumis à une force constante. Puissance.</p>	<p>Savoir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide est tel que $\Sigma \mathbf{F} = 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité est constant ; - que si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide sont telles que $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité varie ; - énoncer et mettre en œuvre dans le cadre des applications du programme: <ul style="list-style-type: none"> • la loi des actions réciproques, * la relation fondamentale de la dynamique, * le théorème de l'énergie cinétique pour un solide en translation. <p>Connaître l'expression du travail reçu par un solide en mouvement de translation rectiligne et soumis à des forces constantes dans le temps ainsi que celle de la puissance associée.</p>
<p>3. Applications.</p> <p>3.1. Chute d'un solide dans le champ de pesanteur uniforme, plan incliné.</p> <p>3.2. Mouvement des satellites, mouvement des planètes du système solaire dans</p>	<p>Savoir que, dans un domaine restreint au voisinage du sol, le champ de pesanteur est uniforme.</p> <p>Connaître la loi de Coulomb (expression vectorielle).</p> <p>Présenter les analogies et différences entre les deux lois:</p> <ul style="list-style-type: none"> - expression commune en $1/r^2$; - force attractive de gravitation ; - force électrique attractive ou répulsive ; - ordres de grandeur relatifs. <p>Connaître la relation de définition du champ électrique.</p> <p>Décrire un dispositif permettant d'obtenir un champ électrique uniforme.</p> <p>Connaître les caractéristiques du champ électrique dans un condensateur plan.</p> <p>Savoir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - qu'une aiguille aimantée peut jouer le rôle d'un détecteur de champ magnétique et indiquer direction et sens du vecteur champ magnétique ; - que l'existence d'un champ magnétique implique celle d'aimants ou de courants électriques (et réciproquement) ; - que \mathbf{B} créé par un courant I varie linéairement avec I en l'absence de milieux magnétiques ; - mesurer un champ magnétique à l'aide d'une sonde de Hall ; - décrire un dispositif permettant d'obtenir un champ magnétique uniforme. <p>Savoir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide est tel que $\Sigma \mathbf{F} = 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité est constant ; - que si un ensemble de forces agissant de l'extérieur sur un solide sont telles que $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$, alors le vecteur vitesse \mathbf{V}_G de son centre de gravité varie ; - énoncer et mettre en œuvre dans le cadre des applications du programme: <ul style="list-style-type: none"> • la loi des actions réciproques, * la relation fondamentale de la dynamique, * le théorème de l'énergie cinétique pour un solide en translation. <p>Connaître l'expression du travail reçu par un solide en mouvement de translation rectiligne et soumis à des forces constantes dans le temps ainsi que celle de la puissance associée.</p>

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
<p>l'approximation du mouvement circulaire uniforme.</p> <p>3.3. Actions d'un champ électrique et/ou d'un champ magnétique sur un faisceau de particules dans certains dispositifs: oscilloscope, poste de télévision, accélérateurs de particules, microscope électronique.</p> <p>3.3.1. Action d'un champ électrique uniforme sur une particule chargée.</p> <p>3.3.2. Action d'un champ magnétique sur une particule chargée: force de Lorentz: $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \wedge \mathbf{B}$. Cas particulier du champ uniforme.</p> <p>Activités support.</p> <p><i>Analyse de documents historiques.</i></p> <p><i>Vérification de la relation fondamentale de la dynamique à partir de documents chronophotographiques.</i></p> <p><i>Analyse de mouvements à l'aide de capteurs.</i></p> <p><i>Traitement informatique des résultats, modélisation (exemple: chute libre et chute dans l'air).</i></p> <p><i>Les mouvements des planètes.</i></p> <p><i>Mise en évidence expérimentale des lignes de champ électrique et des lignes de champ magnétique. Détection d'un champ magnétique par une aiguille aimantée, mesure de son intensité à l'aide de la sonde de Hall.</i></p> <p><i>Champ uniforme des bobines de Helmholtz.</i></p> <p><i>Action d'un champ E et d'un champ B sur un faisceau d'électrons,</i></p> <p><i>Etude de documents sur le champ magnétique terrestre et ses effets sur les particules cosmiques.</i></p> <p><i>Simulation informatique du mouvement des particules dans des champs.</i></p> <p><i>Etude de documents sur le champ magnétique solaire.</i></p> <p><i>Etude de documents sur les accélérateurs de particules.</i></p> <p><i>Visite préparée et commentée d'un accélérateur, d'un observatoire, d'un laboratoire équipé d'un microscope électronique.</i></p>	<p>Connaître l'expression du travail du poids. Savoir que celui-ci ne dépend pas du trajet suivi par le solide mais seulement de la variation d'altitude de son centre d'inertie.</p> <p>Modéliser les forces de frottement agissant sur un solide en translation sous la forme d'une force de même direction que le vecteur vitesse, de même sens ou de sens opposé (selon que le frottement est moteur ou résistant).</p> <p>Savoir que le centre d'inertie d'un solide soumis à un ensemble de forces telles que $\Sigma \mathbf{F} = \text{cste}$ a un mouvement rectiligne ou parabolique uniformément varié suivant les conditions initiales.</p> <p>Analyser un document chronophotographique pour déterminer vecteurs vitesse et accélération, étudier les caractéristiques d'un mouvement.</p> <p>Savoir que le travail reçu par une particule de charge q qui subit la $d\text{dp}u$ est $W = qu$.</p> <p>Retrouver les équations horaires et celles des trajectoires à partir de l'application de la relation fondamentale de la dynamique dans le cas de la pesanteur, dans le cas d'un champ électrique uniforme.</p> <p>Connaître les caractéristiques du vecteur vitesse et du vecteur accélération d'une particule en mouvement circulaire uniforme.</p> <p>Démontrer que, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le mouvement d'un satellite, d'une planète est uniforme. Retrouver l'expression de sa vitesse, de sa période.</p> <p>Connaître l'expression de la force subie par une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique.</p> <p>Démontrer que le mouvement d'une particule dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire à sa vitesse initiale est plan, uniforme et circulaire.</p> <p>Justifier qu'un champ magnétique uniforme, contrairement à un champ électrique, ne peut faire varier l'énergie cinétique d'une particule chargée.</p>

COMMENTAIRES

1. Champs et interactions

1.1. Interaction gravitationnelle

L'**Astronomie** constitue naturellement un domaine privilégié pour aborder et présenter dans toute son ampleur le phénomène de gravitation universelle. C'est aussi l'occasion de revenir sur les notions de mouvement et de référentiel déjà introduites en première S, à propos, par exemple, du mouvement des planètes. Il est intéressant de comparer les points de vue selon qu'on se place dans un référentiel héliocentrique ou dans un référentiel géocentrique et de souligner la révolution apportée, à cet égard, par Copernic. L'ouverture historique s'impose d'ailleurs dans ce domaine où les plus grands noms se sont illustrés. Il est formateur d'évoquer la problématique scientifique au travers de la découverte du phénomène de la gravitation universelle. On peut expliquer, par exemple, comment Newton a justifié la loi des inverses carrés en comparant la vitesse de « chute » de la Lune sur la Terre dans son mouvement de révolution à la vitesse de chute des corps sur la Terre (1).

Concernant le champ de pesanteur, la correction « centrifuge » peut être ignorée à ce stade.

Il est important également de souligner que le corps d'épreuve est supposé ne pas modifier le champ de gravitation créé par les autres corps au point où ce corps d'épreuve est situé pour tester le champ.

Dans toute cette présentation, l'approche souhaitée se veut la moins dogmatique possible en insistant, au contraire, sur la construction scientifique et sa méthodologie.

1.2. Interactions électromagnétiques

La loi de Coulomb présente une analogie avec celle de Newton pour la gravitation. Mais il importe de souligner dès l'abord les différences très significatives entre le phénomène électrostatique et la gravitation : existence de deux types de charges électriques, ordre de grandeur. Ainsi, les forces gravitationnelles, malgré leur faible intensité, étant toutes cumulatives, peuvent jouer sur de très grandes distances et contribuer, seules, à l'**architecture** générale de l'univers. Au contraire, pour un échantillon de matière, électriquement neutre globalement, les forces électrostatiques et leurs effets, même s'ils sont parfois spectaculaires, n'apparaissent que par excès et déficits locaux de charges. L'exemple du condensateur est présenté dans cet esprit. La notion de champ électrostatique est introduite par analogie avec celle de champ gravitationnel. Celle de champ uniforme est décrite de façon concrète sur l'exemple du condensateur plan. On indique dans ce cas la valeur du champ (2) : $E = U/d = Q/\epsilon_0 S$ en notant que le champ reste indépendant de la distance d des armatures pour un condensateur isolé ! Pour visualiser la notion de ligne de champ, on réalise un spectre électrique.

En ce qui concerne l'interaction électromagnétique, on présente les diverses expériences classiques utilisant des aimants et des bobines.

(1) Voir par exemple: Feynman, Mécanique, tome 1, pp. 88-90, Inter édition 1979 ou « Newton » dans Les cahiers de Sciences et Vie hors série n° 13, février 1993, p. 47.

(2) Expression qui est justifiée plus tard cf. § 2.3.

L'exemple du haut-parleur vu en classe de seconde peut servir de point de départ. On montre par ailleurs, sans aucune formalisation, l'analogie entre un aimant droit et une bobine solénoïdale. L'interaction attractive entre courants de mêmes sens et répulsive entre courants de sens contraires (fils rectilignes parallèles, faces nord et sud...) est mise en évidence. L'effet de striction magnétique peut être cité. Ces interactions sont à rapprocher de celles mises en évidence en seconde entre un aimant et un courant. On rappelle à ce propos le rôle de l'intensité mais la loi de Laplace sous sa forme complète est hors programme.

La notion de champ magnétique est introduite par l'effet produit sur une petite aiguille aimantée en indiquant que celle-ci est soumise à un couple qui tend à l'aligner avec le champ (qu'on pourra supposer localement uniforme) ; on réalise également des spectres magnétiques. Il y a lieu de présenter un dispositif permettant d'obtenir un champ magnétique uniforme, tel que, par exemple, les bobines de Helmholtz. La mesure du champ magnétique est effectuée en utilisant une sonde à effet Hall mais toute interprétation théorique de cet effet est hors programme, ce qui n'exclut pas d'y revenir en exercice.

L'expression du champ magnétique pour un solénoïde « infini » doit être donnée, ce qui n'exclut pas une approche expérimentale. Il y a donc lieu d'insister sur l'importance du facteur $NI/(B = \mu_0 NI/l$ pour un solénoïde, $B = 0,7 \mu_0 NI/l$ pour les bobines de Helmholtz) où l est une longueur caractéristique du système producteur du champ. Eu égard à son importance technique, il convient d'indiquer sommairement la constitution d'un électro-aimant et le rôle du fer. Le champ magnétique terrestre doit être mentionné (ordre de grandeur) mais aucune connaissance n'est exigible des élèves à ce sujet. L'existence du champ magnétique solaire peut être également signalé.

2. Lois de la dynamique

2.1. Il importe de relier l'étude du principe d'inertie (ou première loi de Newton) à celle effectuée en première S en insistant sur l'idée que les référentiels galiléens constituent une classe particulière de référentiels dont la nature est toujours une question d'actualité.

2.2. La relation fondamentale de la dynamique $F = ma$ (seconde loi de Newton) valable pour le point matériel, est en fait présentée expérimentalement sous la forme du théorème du c.d.i $F = ma_G$ appliquée à un solide. Elle est à relier à l'approche faite déjà en première S concernant l'action d'une force F sur le vecteur vitesse v d'un solide en mouvement de translation lorsque F est parallèle à v (variation de $||v||$) ou perpendiculaire à v (variation de la seule direction de v). La relation de la dynamique : $F = ma_G = m(dv_{GT}/dt + dv_{GN}/dt)$ et le théorème de l'énergie cinétique pour un solide en translation qui en découle traduisent entre autres ces propriétés.

Les exemples variés traités permettent d'illustrer la troisième loi de Newton, ou loi des actions réciproques déjà présentée en première S et d'en faire bien comprendre la signification et les implications.

Les référentiels non galiléens sont hors programme de même que les forces d'inertie. Les situations d'accélération, dans un véhicule par exemple, se traitent dans le cadre des référentiels galiléens.

2.3. Le programme introduit la définition du travail, complétant ainsi l'approche faite en première S sur cette notion. Le théorème de l'énergie cinétique est établi pour un solide (indéformable) en mouvement de translation. On souligne que dans le cas d'une force F constante agissant sur un solide en mouvement de translation le travail $W_{A \rightarrow B} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{AB}$ ne dépend pas de la trajectoire entre A et B mais uniquement des points A et B. On montre que pour une force électrostatique constante $F = qE$ comme celle produite, par exemple, entre des plaques C et D (formant condensateur plan) : $W_{C, D} = qU_{CD} = q(V_C - V_D)$, U_{CD} étant la tension appliquée entre C et D. Il convient alors de souligner que la notion de tension introduite de manière opérationnelle est ici complètement définie. Les applications de la relation $F = qE$ que sont l'accélération et la déviation de particules sont présentées sans exhaustivité.

L'ensemble de cette étude doit être reliée à celle effectuée en première S à propos de l'énergie mécanique. C'est l'occasion aussi de revenir sur les forces de frottement et la dissipation d'énergie introduites en troisième et première.

3. Applications

3.1. Les résultats expérimentaux concernant la chute libre d'un corps obtenus en première S sont repris et analysés dans ce nouveau contexte. Le mouvement sur plan incliné peut être étudié à l'aide des dispositifs à coussin d'air ou de tout autre système équivalent. L'aspect énergétique est également exploité.

3.2. Pour ce qui concerne le mouvement des satellites ou des planètes, on se limite bien sûr au seul mouvement circulaire mais on établit la troisième loi de Kepler.

Qu'il s'agisse de la chute des corps, du mouvement des satellites ou des planètes ou plus généralement de tout corps soumis à l'action des seules forces gravitationnelles, on souligne le fait que le mouvement ne dépend pas de la masse du corps et que, dans un référentiel galiléen, l'accélération s'identifie au champ gravitationnel en ce point. Cette propriété extraordinaire est caractéristique de l'interaction gravitationnelle et ne se retrouve pas pour les autres interactions.

3.3. La relation de Lorentz $F = qv \wedge B$ est présentée en insistant sur le fait que la propriété $F \perp v$ implique que l'énergie cinétique d'une particule en mouvement dans le seul champ magnétique supposé indépendant du temps reste constante (que B soit uniforme ou non). L'étude du mouvement de la particule est limitée au seul cas de la trajectoire circulaire dans B uniforme. A titre documentaire, on peut mentionner l'action du champ magnétique terrestre sur les particules cosmiques et indiquer que les particules s'enroulent sur les tubes de champ.

On montre l'importance de cette étude en présentant les nombreuses applications qu'il s'agisse de l'oscilloscope, du récepteur de télévision, du microscope électronique ou des accélérateurs de particules. Les élèves sont amenés à appliquer les lois générales à ces dispositifs mais aucune connaissance particulière n'est exigible sur ceux-ci.

Dans toute cette étude (§ 3), l'apport de l'informatique peut être très enrichissant: saisie de données, comparaison entre trajectoire expérimentale et trajectoire théorique « simplifiée » d'une chute dans l'air, modélisation

d'une trajectoire réelle, simulation de trajectoires non réalisables au laboratoire (planètes, particules, ...). Toutefois aucune connaissance informatique n'est exigible des élèves à ce sujet.

II. SYSTÈMES OSCILLANTS [à titre indicatif 27 h + (9 h)]

Les phénomènes oscillants, en oscillations libres, auto-entretenues ou forcées, interviennent constamment dans notre vie quotidienne. Aussi, cette partie est-elle abordée à l'aide d'exemples nombreux qui ne sont pas seulement des oscillateurs linéaires afin de montrer l'extraordinaire richesse de la physique des instabilités et de poser les problèmes. On justifie ainsi les choix qui portent d'abord sur les systèmes oscillants les plus simples, linéaires, en ouvrant la dernière partie sur les systèmes non linéaires qui feront éventuellement l'objet d'études ultérieures...

Il est proposé que l'étude soit expérimentale et s'appuie sur les échanges énergétiques. Il est également prévu qu'elle précède, dans la progression, l'établissement de l'équation différentielle. L'accent mis sur l'énergie conduit à porter un intérêt tout particulier aux oscillations auto-entretenues qui doivent être bien distinguées des oscillations forcées. Les oscillateurs auto-entretenus, les seuls à osciller durablement, sont fondamentalement non linéaires.

L'oscillateur harmonique, dont l'équation est la seule qui se résolve analytiquement à ce niveau, apparaît donc comme un modèle limite, aussi bien dans le cas de l'oscillateur mécanique que dans le cas de l'oscillateur électrique. L'étude des oscillateurs électriques est l'occasion d'introduire les phénomènes qui régissent le comportement d'un condensateur et d'une bobine. Elle offre la possibilité d'un certain nombre de manipulations en travaux pratiques, qui peuvent dépasser le strict cas du dipôle (R, L, C) classique (quartz, signaux d'horloge).

L'introduction en activités support de l'étude de l'équation de Van der Pol par simulation à l'ordinateur peut paraître audacieuse. En fait le modèle est très physique et réaliste et ne présente pas de difficulté conceptuelle. Il permet de décrire en première approximation les comportements de nombreux oscillateurs où la non-linéarité se manifeste sur le coefficient de la dérivée première (ce modèle a été introduit la première fois dans le but de modéliser le comportement de l'oscillateur à triode). On illustre sur cet exemple la puissance que peut apporter l'ordinateur dans l'analyse des problèmes pratiques pour lesquels l'approche analytique est difficile, voire exclue.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
1. Présentation des systèmes oscillants. 1.1. Illustration expérimentale de la diversité et de la complexité des phénomènes oscillants. 1.2. Propriétés caractéristiques : grandeurs physiques concernées; période, fréquence; analyse qualitative de la mise en	Définir et mesurer ou calculer une période, une fréquence, une amplitude. Savoir: - qu'un oscillateur (mécanique ou électrique) non amorti évolue à énergie constante;

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

oscillation et de l'évolution du système à l'aide de la loi de conservation de l'énergie.

2. Oscillateurs mécaniques.

2.1. Analyse expérimentale des échanges énergétiques énergie cinétique énergie potentielle. Cas particuliers du pendule élastique et du pendule simple. Introduction de l'expression de la période par analyse dimensionnelle.

2.2. Oscillateur amorti et entretien des oscillations (ex. horloge).

2.3. Analyse qualitative du phénomène d'oscillations forcées et de résonance.

Activités support.

Présentation d'oscillateurs simples et complexes: pendule, oscillateur électrique, vase de **Tantale**, oscillations hydrodynamiques (oscillation de sillage type **Bénard-Von Karman**), acoustiques (instruments de musique), biologiques (cardiaques, populations animales), chimiques (réaction de **Belousov-Zhabotinski**), oscillateur paramétrique (balançoire, **botafumeiro** de **Saint-Jacques de Compostelle**), etc.

Enregistrement et traitement de données sur ordinateur **concernant**: le mouvement d'un oscillateur mécanique sur table à coussin d'air, celui d'un pendule en oscillations quelconques.

3. Oscillateurs électriques.

3.1. Etude expérimentale du condensateur. Relation intensité tension. Dipole RC.

3.2. Etude expérimentale d'une bobine; relation intensité-tension. Dipole RL.

3.2.1. Phénomène d'induction. Loi de **Lenz**. Applications.

3.2.2. Phénomène d'auto-induction.

3.3. Etude expérimentale des oscillations libres d'un dipôle **RLC**.

Echanges énergétiques et dissipation d'énergie. Introduction de l'expression de la période du circuit LC par analyse dimensionnelle.

Entretien des oscillations (montage avec A0 ou transistor).

3.4. Oscillateur électrique en régime forcé. Analyse expérimentale de la résonance.

– qu'un oscillateur amorti dissipe une énergie vers le « milieu extérieur » ;
– que tout système d'entretien des oscillations fournit l'énergie dissipée par l'oscillateur.

Donner l'expression d'une énergie potentielle élastique.

Savoir qu'un oscillateur mécanique non amorti évolue à énergie mécanique constante, qu'au cours des oscillations il y a transformation continue d'énergie cinétique en énergie potentielle et inversement.

Utiliser un oscilloscope pour visualiser une tension, aux bornes d'un dipôle, une intensité. Expliquer le comportement d'un condensateur. Savoir:

– que le temps de charge et de décharge d'un dipôle (**R, C**) soumis à un échelon de tension augmente avec **RC**, grandeur qui a les dimensions d'un temps;
– qu'un condensateur qui se charge sous tension **U** est un récepteur qui stocke l'énergie $1/2 CU^2$.

Connaître les relations algébriques reliant les grandeurs intensité, tension aux bornes et charge d'une armature.

Savoir qu'un circuit indéformable qui « voit » un champ magnétique variable est le siège d'une f.e.m.

Connaître la loi de **Lenz**.

Savoir qu'une bobine s'oppose aux variations de courant du circuit où elle se trouve.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Activités support.

Etude à l'oscilloscope de la réponse d'un dipôle (**RC, RLC**, à un échelon de tension).

Régimes transitoires observés à l'ordinateur utilisé en saisie de données ou à l'oscilloscope à mémoire.

Courbe de résonance d'intensité d'un dipôle **RLC**.

Oscillateur utilisant un amplificateur opérationnel.

Fréquence de résonance d'un quartz.

Exemples de signaux d'horloge générés par d'autres oscillateurs électriques.

4. Modèles.

4.1. Un même formalisme pour de nombreux oscillateurs. Oscillations sinusoïdales libres, établissement de l'équation différentielle.

4.1.1. Oscillateur mécanique linéaire: application de la relation de la dynamique au cas du ressort linéaire horizontal.

4.1.2. Oscillateur électrique linéaire: application de la loi des tensions au dipôle (**LC**).

4.2. Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non-linéarité).

Retour sur les exemples étudiés: horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen.

Activités support.

Etude à l'ordinateur de l'équation de **Van der Pol**: un modèle (oscillateur **RLC** entretenu) pour l'introduction aux effets non linéaires.

Connaître la relation algébrique reliant intensité et tension à ses bornes: $e = -L \frac{di}{dt}$.

Savoir qu'une bobine qui joue le rôle de récepteur, stocke l'énergie $1/2 Li^2$.

Savoir qu'au cours des oscillations libres d'un dipôle **RLC** il y a échange d'énergie entre la bobine et le condensateur et perte d'énergie par effet Joule.

Connaître l'expression de la période des oscillations libres du dipôle **LC**.

Définir les régimes oscillants critiques, et sous-critique.

Décrire un exemple de dispositif permettant de compenser l'amortissement des oscillations.

Réaliser un montage permettant de relever une courbe de résonance.

Savoir qu'un dipôle **RLC** en oscillations forcées est traversé par un courant dont la période est celle imposée par le générateur et non celle des oscillations libres.

Savoir qu'il y a résonance d'intensité si période propre et période du générateur sont égales, qu'alors $I = U/R$ et qu'il y a risque de surtension aux bornes des dipôles.

Déterminer sur la courbe de résonance la bande passante à 3dB.

Savoir que cette bande passante est d'autant plus étroite que la résistance est plus faible.

Etablir l'équation différentielle d'un oscillateur (mécanique ou électrique) non amorti et, dans le cas de l'oscillateur sinusoïdal, retrouver l'expression de la période.

COMMENTAIRES

1. Présentation des systèmes oscillants

1.1. Le programme propose en activités support une liste, non exhaustive mais de large spectre, de phénomènes de type oscillatoire. Il s'agit de sensibiliser les élèves à ces phénomènes très variés, éventuellement très complexes mais qui concernent aussi bien notre vie domestique ou professionnelle que certains phénomènes biologiques. La balançoire, le **botafumeiro** comme les oscillations chimiques ou hydrodynamiques (quoi de plus

commun que le bruit du vent au voisinage d'un filin ou d'un obstacle) montrent la variété des phénomènes oscillatoires mais aussi leur généralité.

1.2. L'approche, purement qualitative à ce stade, s'appuie essentiellement sur une analyse de type énergétique. On souligne le fait qu'un oscillateur libre tend à s'amortir spontanément du fait des phénomènes dissipatifs. On peut également montrer expérimentalement que pour de forts amortissements, le système libre ne peut même plus osciller. Il est donc nécessaire, pour pouvoir réaliser un oscillateur fonctionnel, de prévoir un dispositif d'entretien (dont le rôle est de restituer à chaque oscillation l'énergie dissipée). On peut citer les poids et l'échappement des horloges, les piles des montres à quartz, etc. Les problèmes des oscillateurs étant posés dans toute leur généralité, on est alors prêt à aborder les modèles les plus simples (linéaires) suivant en cela la démarche du physicien. Le cours doit donc se centrer **sur les oscillateurs linéaires**.

2. Oscillateurs mécaniques

2.1. L'étude des oscillateurs mécaniques reprend et précise, dans un domaine particulier, l'approche qualitative présentée plus haut. Le pendule élastique et le pendule simple serviront de support à cette étude. On montre qu'un oscillateur mécanique non amorti évolue à énergie mécanique constante et qu'au cours des oscillations il y a transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique et inversement. Les expressions des périodes sont obtenues par l'analyse dimensionnelle (le facteur 2π étant provisoirement admis) (3). On fait donc remarquer à ce sujet que pour le pendule simple, la masse ne doit pas, a priori, intervenir puisqu'il s'agit d'une interaction gravitationnelle, ce qui n'est plus le cas, bien évidemment pour le pendule élastique, lequel met en jeu des forces élastiques. L'équation différentielle du mouvement n'est abordée qu'en phase conclusive de cette partie.

2.2. Une étude expérimentale soignée, utilisant si possible les performances de l'ordinateur, doit permettre de faire ressortir toutes les caractéristiques de ces mouvements pendulaires, en particulier le phénomène d'amortissement. On reviendra sur l'idée d'un dispositif d'entretien qu'il convient de bien distinguer de la génération d'oscillations forcées (§ 2.3.). Dans le premier cas, le système oscille avec une période qui lui est propre: dans le second, la période imposée est celle d'un oscillateur extérieur. On introduit l'idée d'une constante de temps pour l'amortissement (aucune exigence).

2.3. Il s'agit d'une présentation expérimentale du phénomène d'oscillations forcées en mettant en évidence la résonance d'amplitude. L'importance pratique du phénomène est à souligner.

3. Oscillateurs électriques

3.1. On introduit expérimentalement le phénomène de charge et décharge d'un condensateur en série avec une résistance faisant apparaître le rôle de la constante de temps RC. Celle-ci peut être mesurée. On établit la relation charge-tension puis intensité-tension (en précisant les conventions de signe pour définir i et u). Les effets énergétiques d'une décharge de condensateur sont montrés et on donne l'expression de l'énergie emmagasinée par un condensateur. On peut montrer qualitativement, par un bilan énergétique,

(3) Un exemple typique est la période du pendule simple. Ayant montré que la période ne peut dépendre que de l et g la seule expression ayant la dimension d'un temps est $(l/g)^{0.5}$.

que l'énergie d'un condensateur plan isolé électriquement augmente lorsqu'on écarte ses armatures.

3.2. Le phénomène d'induction électromagnétique est montré expérimentalement dans différentes situations sur des circuits indéformables qui « voient » un champ B variable. On dégage à partir de cette approche expérimentale la loi de **Lenz** qu'on utilise pour prévoir le sens du courant induit. On indique l'existence d'une f.e.m. d'induction sans en donner l'expression. Le rôle du facteur temps doit être souligné.

Si B est le champ propre créé par la bobine, B est proportionnel au courant i traversant la bobine d'où une f.e.m. dite d'auto-induction. On montre expérimentalement que cette f.e.m. est de la forme $e = -L \frac{di}{dt}$ où L est le coefficient d'auto-induction (ou inductance) de la bobine. Il convient d'admettre la généralité de cette expression. Le coefficient L est donné par l'expression $L = \mu_0 N^2 S/l$ pour un solénoïde. La dépendance fonctionnelle en N^2 peut être analysée à partir de l'étude du champ B du solénoïde. La connaissance de l'expression de L n'est pas exigible. Eu égard à son importance technologique le rôle du noyau doit être mentionné. On effectue l'étude expérimentale d'un dipôle RL en soulignant le rôle de la constante de temps L/R . La constante de temps peut être mesurée et l'aspect énergétique est également présenté.

3.3. L'étude des éléments du circuit RLC ayant été effectuée, celles des oscillations libres d'un dipôle RLC apparaît comme un aboutissement. L'aspect énergétique et le rôle de l'amortissement sont soulignés comme pour les oscillateurs mécaniques. On montre en particulier que, pour un amortissement trop fort, les oscillations deviennent impossibles.

Afin d'illustrer la question de l'entretien des oscillations, on réalise également un montage via un A.O. ou un transistor et leur alimentation, source de l'énergie nécessaire (réaction positive). On note expérimentalement, l'existence d'une condition dite « d'accrochage » pour que des oscillations puissent s'établir et aboutir à un régime périodique. On note aussi que ces oscillations entretenues sont quasi sinusoïdales si on ne s'écarte pas trop de la zone d'accrochage, c'est-à-dire là où la réaction positive compense à peu près l'amortissement à chaque instant. Pour une réaction positive plus forte, on constate que les oscillations périodiques deviennent nettement non sinusoïdales (non linéarité). Toute cette approche reste expérimentale.

L'oscillateur à quartz peut être évoqué.

3.4. On effectue une étude expérimentale des oscillations électriques forcées dans le cas d'un circuit RLC série. On peut mettre en évidence le régime transitoire. A propos de la résonance d'intensité, on définit le facteur de qualité $Q = f_r/\beta$ où f_r est la fréquence de résonance et la bande passante (en fréquences) à 3dB. On montre expérimentalement que ce rapport dépend de la fréquence et non de l'amplitude du signal. On définit le rapport $Z = U/I$ comme étant l'impédance. On souligne seulement que le rapport $Z = U/I$ est $\geq R$, l'égalité correspondant à la résonance. Tout calcul analytique à propos des impédances est exclu.

4. Modèles

4.1. On établit l'équation différentielle qui régit les oscillations pour le ressort linéaire horizontal d'une part, pour le circuit LC, d'autre part. On souligne

l'identité du formalisme traduit par l'équation différentielle : $x'' + \omega^2 x = 0$ (1) pour les oscillations libres non amorties.

On peut par exemple, sur les oscillations libres du circuit RLC, établir que les oscillations amorties sont régies par une équation différentielle où intervient la dérivée $x'(t)$ à laquelle est associée la dissipation d'énergie (Ri^2). $x'' + A x' + \omega^2 x = 0$ (2) ($A = \text{cste}$ pour RLC ou un oscillateur mécanique à frottement visqueux).

Pour ces deux types d'oscillations (1) et (2) le régime est linéaire.

4.2. Dans le cas des oscillateurs entretenus, le système d'entretien apporte l'énergie nécessaire pour compenser l'énergie dissipée et atteindre un état stationnaire où l'amplitude est constante. Cette compensation implique un comportement non linéaire pour lequel le coefficient A dépend de x . C'est le cas du montage à A0 dont le comportement saturé ou non dépend de l'amplitude. Un modèle simple est celui de Van der Pol dont le comportement peut être analysé à l'ordinateur et observé sur un oscillateur réel.

III. LUMIÈRES VISIBLES ET INVISIBLES [à titre indicatif 15 h + (3 h)]

Cette partie qui est très riche veut faire découvrir aux élèves l'histoire et l'évolution d'un concept par une synthèse des résultats déjà obtenus au cours des années précédentes et complétés cette année. Elle met aussi l'accent sur le domaine de validité d'une théorie.

Le contenu conceptuel y est donc important alors que, contrairement aux deux autres parties, la formalisation y est très limitée.

Elle permet d'aborder d'une part un objet technique particulièrement médiatisé, le laser, et d'autre part un domaine qui suscite en général beaucoup de questions: la connaissance de l'univers.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

1. Lumière, modèle ondulatoire.

1.1. Limite du modèle du rayon lumineux. Existence du phénomène de diffraction.

1.2. Interférences en lumière monochromatique.

Présentation expérimentale du phénomène d'interférences lumineuses.

Rappels sur la propagation d'une onde: principe des interférences.

1.3. Le domaine des ondes électromagnétiques, des rayons aux ondes radio.

Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est lié au rapport des dimensions de l'obstacle (objet ou fente) à la longueur d'onde. Expliquer le phénomène d'interférences : superposition constructive ou destructive de deux ondes en un point.

Savoir qu'il ne peut y avoir interférence entre deux faisceaux de lumière issues de deux sources indépendantes (autres que des lasers).

Connaître les domaines de longueurs d'onde et de fréquences des ondes électromagnétiques.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

2. Lumière: onde ou corpuscule?

2.1. Le photon. Quantification de l'énergie lumineuse.

2.2. Spectres de raies et niveaux d'énergie de l'atome.

2.2.1. Spectres d'émission et d'absorption : cartes d'identité des atomes.

2.2.2. Niveaux d'énergie de l'atome et bilans énergétiques lors d'une émission ou d'une absorption.

3. Une source de lumière cohérente : le laser, un oscillateur à fréquence optique

3.1. Propriétés spécifiques: monochromaticité, puissance, directivité. Exemples d'applications industrielles et médicales.

3.2. Description élémentaire du principe du laser, cavité résonnante, oscillations entretenues.

Savoir:

– que l'énergie lumineuse est émise sous forme de « grains » d'énergie ou quanta: les photons;
– que tous les photons d'une lumière monochromatique de fréquence ν ont le même quantum d'énergie $h\nu$;
– que les échanges d'énergie entre lumière et matière s'interprètent en considérant que la lumière est constituée de photons.

Ecrire un bilan énergétique dans une interaction de la lumière avec la matière.

Expliquer le spectre de raies d'émission et d'absorption à partir de la structure en niveaux d'énergie des atomes et du modèle du photon dans le seul cas de l'atome d'hydrogène.

Connaître les caractéristiques de la lumière laser. Citer des utilisations des lasers liées à ces caractéristiques.

Activités support.

Expériences de diffraction et d'interférences avec un laser. Eventuellement expériences d'interférences sonores ou ultrasonores. Mesure relative d'une longueur d'onde par spectroscopie ou par interférométrie.

Réalisation et observation de spectres.

Etude du spectre d'une étoile.

Etude documentaire sur l'atome de Bohr.

COMMENTAIRES

1. Lumière, modèle ondulatoire.

1.1. Le concept de rayon lumineux apparaît ici comme une approximation limite qui revient à négliger le phénomène de diffraction. Il y a lieu de souligner l'importance pratique et théorique de ce concept.

1.2. On montre que le phénomène lumineux peut être décrit en termes ondulatoires. Une évocation historique de cette question est intéressante. Le traité de la lumière publié à La Haye en 1690 par Huygens signe l'acte de naissance de la théorie ondulatoire. Les phénomènes de diffraction d'abord, d'interférences ensuite, sont la marque de ce comportement ondulatoire. A ce sujet, il est utile de revenir sur la propagation d'une onde et la nature ondulatoire du son abordées en seconde et de réaliser éventuellement une expérience d'interférences. On réalise une expérience d'interférences lumineuses non localisées en mettant l'accent sur la nécessaire cohérence des

sources. On donne les conditions d'interférences constructives et destructives. L'expression de l'inter-frange est hors programme.

1.3. L'exploration des différents domaines électromagnétiques depuis les ondes radio jusqu'aux rayons γ sera l'occasion d'une investigation dans laquelle l'astrophysique ne doit pas être oubliée. Les astronomies γ , X, infrarouge, radio ont largement relayé l'astronomie du domaine optique et permis des découvertes capitales. Les valeurs des fréquences et des longueurs d'onde dans ces domaines doivent être données.

2. Lumière: onde ou corpuscule?

2.1. Le modèle du photon particule d'énergie $E = h\nu$ est présenté sans justification à ce stade. Il est mis en œuvre dans l'étude des spectres de raies.

On doit veiller à ne pas confondre la quantification de l'énergie électromagnétique avec l'existence de niveaux énergétiques pour les atomes. Le professeur note d'ailleurs que les atomes peuvent rayonner un spectre continu et que précisément, la nécessité d'une quantification de l'énergie électromagnétique est apparue historiquement nécessaire pour expliquer le rayonnement du corps noir (dont le spectre est continu).

2.2. Le modèle de Bohr de l'atome est hors programme.

Les spectres de raies constituent une véritable carte d'identité des atomes émetteurs. On souligne à cet égard le rôle joué en astrophysique par l'analyse spectrale pour l'identification des éléments présents dans l'Univers. On étudie également le phénomène d'absorption de la lumière. Le phénomène de « renversement des raies » peut être montré et expliqué.

On introduit la relation d'Einstein : $E_2 - E_1 = h\nu$ et on souligne sa généralité à propos des niveaux nucléaires et de l'émission γ .

3. Une source de lumière cohérente: le laser, un oscillateur à fréquence optique.

Le laser constitue un symbole des progrès réalisés en physique atomique durant cette seconde moitié du **XX^e** siècle. Il ne s'agit pas ici d'en présenter une étude complète mais seulement de dégager quelques idées importantes à propos de cet oscillateur particulier dont on peut cependant rattacher le fonctionnement au schéma général concernant les oscillateurs.

3.1. On explique, en les illustrant si possible, les propriétés spécifiques du faisceau laser qui justifient l'extraordinaire développement des applications: monochromaticité et cohérence, puissance, directivité.

Il faut citer les applications médicales et industrielles les plus significatives. On pourra évoquer aussi quelques applications en physique telles que, par exemple, le « refroidissement » laser des atomes.

3.2. Le principe du fonctionnement sera abordé dans les grandes lignes en relation avec l'étude faite sur les oscillateurs entretenus. On se limite à un oscillateur atomique avec transition entre niveaux atomiques ce qui fixe la fréquence f_0 d'émission. On explique ensuite le rôle de la cavité résonante. Les résonateurs acoustiques constituent de bons exemples pour illustrer ce rôle. On note que la perte d'énergie inhérente au fonctionnement même de la cavité implique une réinjection d'énergie. La cavité joue ainsi un rôle

analogue à celui joué par le circuit **RLC** de l'oscillateur électronique. On mentionne le rôle amplificateur du milieu matériel situé dans la cavité (apport d'énergie) mais on ne donne aucune explication quant au mécanisme amplificateur au niveau atomique. Pour la cavité de longueur L , la condition d'interférences constructives $2L = p\lambda$ détermine des « modes » équidistants en fréquence de $\Delta f_p = c/2L$ (typiquement $\Delta f_p = 10^8$ à 10^9 Hz). Le milieu amplificateur émet, en fait, sur une plage étroite de fréquences caractéristique du milieu centrée sur la fréquence f_0 .

On peut noter que si g_0 (**9** est le facteur d'amplification, ce facteur passe par un maximum aigu pour $f = f_0$ et doit être supérieur à une valeur g_m pour pouvoir compenser les pertes de la cavité. Le laser fonctionne ainsi sur une plage de fréquences Δf_0 telle que pour $f_0 - \Delta f_0/2 < f < f_0 + \Delta f_0/2$ ($\Delta f_0 \approx 10^9$ à 10^{10} Hz). Le nombre de modes propres sélectionnés par le dispositif est ainsi de l'ordre de $\Delta f_0/f_0$ pour un laser multimodes.

D. Physique: enseignement de spécialité

IMAGES ET COMMUNICATION

Introduction

L'enseignement de spécialité s'adresse à des élèves dont le choix est probablement orienté par les raisons suivantes :

- le goût pour la physique (ou les sciences physiques);
- un projet personnel (classes préparatoires, IUT, BTS, Université).

L'intention est de présenter une physique qui se rapproche de celle des physiciens. L'approche expérimentale et la modélisation y sont étroitement imbriquées mais le formalisme ne doit apparaître que **s'il est nécessaire, ce** qui est bien la démarche du physicien (voir l'histoire de l'introduction du calcul intégral, le calcul tensoriel, les espaces non euclidiens, de dimension infinie, etc.).

Les deux parties proposées touchent à des domaines déjà abordés dans les classes antérieures ou en tronc commun de terminale. Elles conduisent à un approfondissement des concepts associés, par l'analyse qualitative **et/ou** quantitative de situations expérimentales ancrées sur l'environnement quotidien.

Tout comme dans les classes antérieures et dans le tronc commun de terminale, il convient de montrer la richesse culturelle de la connaissance en physique, notamment en se référant à l'aspect historique de l'évolution des idées. Il est également utile de souligner l'impact des découvertes fondamentales dans l'univers technologique et, au-delà, sur l'évolution de l'**humanité** (télévision et télécommunications par exemple).

Programme

1. Formation optique d'une image

Objectifs

Les images, exceptées la plupart des images de synthèse, proviennent d'un « instrument d'optique », à commencer par celles qui se forment sur la rétine de l'œil. Les activités expérimentales indiquées proposent aux élèves des situations expérimentales où ils doivent exploiter quelques notions de base et développer démarches raisonnées, confrontations expérience - théorie et analyses de l'objet technique dans sa dimension physique. En particulier, cette analyse met en évidence la complexité des conditions à satisfaire pour réaliser une « bonne image ».

Il est procédé en cours d'année à l'analyse de deux instruments d'optique dont au moins un est représenté par un modèle simplifié à deux lentilles minces ou miroirs.

Toutefois, les élèves devront être aussi à même de raisonner sur un protocole expérimental concernant un autre instrument (modélisable par un système à deux lentilles minces ou miroirs).

L'histoire de la découverte de la lunette de Galilée et de ses conséquences jusqu'à Képler, Newton, Einstein... peut donner lieu à un débat intéressant.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Toutes les manipulations effectuées doivent s'accompagner d'une analyse raisonnée s'appuyant sur les lois physiques en cause.</p> <p>Rude d'une lentille mince, foyer, formation d'une image.</p> <p>Observer, utiliser et modéliser un instrument d'optique (lunette de Galilée, lunette astronomique, téléobjectif, télescope, microscope, loupe, appareil photographique, projecteur de diapositives, rétroprojecteur...) à l'aide de miroirs ou de lentilles minces.</p> <p>Simuler le rôle de l'œil.</p> <p>Etudier les qualités et les défauts de l'image d'un objet donné par le montage modèle et comparer avec l'instrument réel.</p> <p>Illustrer l'effet de la diffraction sur la formation d'une image.</p> <p>Etude documentaire sur la découverte de la lunette de Galilée.</p>	<p>Connaître les définitions: objet, image d'un objet donné par un système optique.</p> <p>Mettre en évidence expérimentalement le non-stigmatisme.</p> <p>Connaître les conditions de Gauss.</p> <p>Mettre en évidence expérimentalement la profondeur de champ.</p> <p>Montrer expérimentalement l'effet de la diffraction sur la formation d'une image (aucun formalisme n'est exigible).</p> <p>Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur.</p> <p>Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système.</p> <p>Connaître et mettre en œuvre la formule de conjugaison des lentilles minces et celle du grandissement.</p>

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Approfondissements. Réflexion, réfraction. Diffraction. Ondes lumineuses, longueur d'onde. Flux lumineux collecté.</p>	<p>Décrire un protocole expérimental simple permettant de mesurer une distance focale. Savoir que la distance focale d'une lentille dépend de la longueur d'onde. Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image. Suivre la description d'un montage optique et le réaliser. Donner un modèle pour chaque instrument d'optique étudié en cours d'année: préciser à l'aide d'un schéma la position des images, la marche d'un pinceau lumineux, justifier les usages qui en sont faits. Analyser un montage optique dont la description est donnée: le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux.</p>

2. Télécommunications

Objectifs

Il s'agit d'approfondir une partie de l'électromagnétisme en ouvrant l'étude sur la radio, la télévision et plus généralement les télécommunications qui ont constitué la révolution technique du XX^e siècle dans le domaine de la transmission de l'information.

Comme dans la partie optique, la dimension historique peut être exploitée à la fois dans le contexte du développement de la communication, dans celui de la physique de la fin du XIX^e siècle à nos jours. Il est également possible de souligner l'importance de l'électromagnétisme dans la genèse de la relativité.

Certaines activités ne peuvent être abordées que sous l'aspect qualitatif, il y a lieu, dans ce cas plus qu'ailleurs, d'extraire de l'analyse les lois physiques et les modèles concernés.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Toutes les manipulations effectuées doivent s'accompagner d'une analyse raisonnée s'appuyant sur les lois physiques en cause.</p> <p>Réalisation d'un oscillateur électrique (ampli opérationnel, inductance, condensateur) et mesure de ses caractéristiques (fréquence, amplitude). Variation de la fréquence d'oscillation.</p>	<p>Mesurer à l'oscilloscope la période et la fréquence d'une tension alternative. Synchroniser le balayage sur une tension donnée. Connaître les ordres de grandeur des fréquences et longueurs d'onde. Savoir que le temps de charge et de décharge d'un condensateur (C) associé à</p>

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Recherche de la bande passante d'un oscillateur électrique en oscillation forcée.</p> <p>Expériences illustrant la transmission d'un signal (« tops ») par ondes hertziennes. Réalisation d'un émetteur et d'un récepteur « grandes ondes ».</p> <p>Expériences illustrant la modulation et la démodulation d'amplitude. Application à la transmission d'un son, éventuellement de signaux numériques.</p> <p>Etude de documents sur les grandes étapes du développement des télécommunications: Maxwell, Hertz, Branly, Marconi...</p> <p>Expériences illustrant la transformation d'une information lumineuse en tension ou courant. Photodiode, cellule CCD.</p> <p>Exploitation de l'oscilloscope pour illustrer le fonctionnement de l'écran de télévision : balayage, variation de l'intensité, persistance des impressions lumineuses, synchronisation.</p> <p>Réalisation d'une expérience permettant de mesurer l'ordre de grandeur du temps de persistance rétinienne.</p> <p>Mise en évidence de l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie).</p> <p>Ecran couleur et synthèse additive.</p> <p>Observation à l'oscilloscope d'un signal vidéo simple (exemple: image d'un damier).</p> <p>Approfondissements</p> <p>Propagation d'une onde, vitesse de propagation, longueur d'onde et fréquence d'une onde.</p> <p>Condensateur, bobine.</p> <p>Oscillateurs électriques.</p> <p>Oscilloscope.</p>	<p>un conducteur ohmique (R) est de l'ordre de RC.</p> <p>Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude.</p> <p>Etablir l'équation différentielle d'un circuit oscillant LC, retrouver sa solution et en déduire la fréquence d'oscillation.</p> <p>Expliquer le principe de la modulation d'amplitude.</p> <p>Savoir que la transmission d'un signal nécessite une bande passante de largeur finie.</p> <p>Réaliser un montage illustrant le principe de modulation d'amplitude et connaître l'influence des différents paramètres (fréquences et amplitudes).</p> <p>Réaliser un montage de démodulation d'un signal modulé en amplitude en précisant le rôle de chaque élément et discuter l'ordre de grandeur de la grandeur physique associée.</p> <p>Réaliser une expérience simple illustrant l'émission, la réception d'une onde modulée en amplitude.</p> <p>Expliquer le principe de la modulation de fréquence.</p> <p>Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications.</p> <p>Réaliser et analyser une expérience permettant de mesurer l'ordre de grandeur du temps de persistance rétinienne.</p> <p>Expliquer le principe du cinéma: le rôle de la persistance rétinienne.</p> <p>Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde).</p> <p>Mettre en évidence l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie).</p> <p>Expliquer le principe de la télévision : pixels, balayage ligne et balayage image (trame), nécessité de la synchronisation.</p> <p>Expliquer le principe de la télévision couleur: les trois faisceaux, l'écran couleur et la synthèse additive des couleurs.</p> <p>Observer à l'oscilloscope un signal vidéo simple (exemple: image d'un damier).</p> <p>Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope: formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule.</p>

E. Chimie: enseignement obligatoire

LES MOLÉCULES DE L'HYGIÈNE, DE LA BEAUTÉ ET DE LA SANTÉ

Objectifs généraux

L'objectif du programme de terminale scientifique est d'asseoir les bases d'une véritable culture en chimie pour des élèves qui ont choisi cette filière.

La priorité n'est pas seulement de former de futurs chimistes mais aussi d'amener le plus grand nombre d'élèves à prendre conscience de l'importance de la chimie dans les domaines scientifiques, culturels et économiques. Il s'agit de maintenir la curiosité des élèves pour la chimie en harmonie avec les autres disciplines.

Pour ceux d'entre eux qui désireront s'orienter vers une qualification professionnelle dans la discipline, il faut faire en sorte qu'ils disposent du bagage scientifique indispensable à la poursuite d'études spécialisées.

La démarche expérimentale reste prioritaire en classe de terminale. Il convient donc de lui donner tant en cours qu'en travaux pratiques l'importance qui lui revient.

Par ailleurs, la liaison avec les autres disciplines, en particulier la biologie, devra être également un souci constant.

Introduction

Comme en classe de seconde et de première, l'articulation du programme autour d'un thème a été choisie afin de rechercher une meilleure motivation des élèves en ancrant la consolidation et l'acquisition des concepts, notions et savoir-faire fondamentaux autour d'exemples pris dans la vie quotidienne.

Le thème choisi « Les molécules de l'hygiène, de la beauté et de la santé » recouvre une activité fondamentale à haute valeur ajoutée de l'industrie chimique. Il est suffisamment vaste pour permettre d'illustrer de façon pertinente l'ensemble du programme.

Toutefois pour permettre une transition avec l'enseignement thématique des niveaux antérieurs et l'enseignement post-baccalauréat qui est présenté par grandes branches de la chimie, le programme est présenté en cinq parties: trois centrées sur les concepts fondamentaux (cinétique chimique, acides et bases, notions élémentaires de stéréochimie) et deux (parfums et savons, médicaments) centrées sur la chimie organique. Celles-ci permettent en outre de réinvestir les concepts préalablement introduits.

- La cinétique chimique est centrée sur son application à l'étude d'une famille de corps à usage sanitaire, les antiseptiques. Elle permet de mieux comprendre leur utilisation, leur conditionnement, leur dosage. Les exemples choisis permettent de rappeler les notions fondamentales vues sur l'oxydoréduction en classe de première. Les concepts introduits relatifs à la cinétique sont généralisés ensuite à d'autres exemples pris dans les programmes des classes antérieures et sont réinvestis en cours d'année à propos de l'estérification.

- L'étude des acides et des bases permet d'aborder pour la première fois la notion d'équilibre chimique. Elle est, comme pour le reste du programme, centrée sur les applications concrètes. Il en résulte donc qu'il convient ici de présenter une chimie excluant les calculs numériques fastidieux et les situations artificielles au profit de la réflexion et du raisonnement.

La démarche adoptée pour présenter le concept de force des couples acide-base est voisine de celle introduite en classe de première pour classer les couples oxydant-réducteur.

Les calculs pour déterminer les concentrations des espèces chimiques présentes en solution à partir de la connaissance du pH et de la constante d'acidité et des équations usuelles sont hors programme. Cette restriction doit permettre de limiter le temps consacré traditionnellement à cette partie.

Les techniques de dosages acidobasiques sont réinvesties en fin d'année à propos du dosage de l'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine.

- Les notions élémentaires de stéréochimie (structure spatiale des molécules, conformation et configuration) sont présentées sur quelques cas simples dans un premier temps puis reprises sur des structures plus complexes dans la suite du programme à propos des constituants des parfums et des médicaments. L'introduction élémentaire de la méthode des répulsions des paires électroniques de valence (VSEPR) a pour but de montrer aux élèves l'intérêt de l'écriture rigoureuse des structures de Lewis car elle permet, moyennant l'utilisation de quelques règles simples, de justifier la structure tridimensionnelle des molécules.

Les écritures de Lewis sont aussi réinvesties pour justifier de la **réactivité** nucléophile et électrophile des molécules organiques.

Le concept de chiralité est introduit pour son rôle important dans la chimie du monde vivant: communication chimique et action pharmacologique. Les modèles moléculaires seront présentés en fonction des besoins en cours et en travaux pratiques.

- La chimie organique est abordée à partir de ces applications parfums, savons et médicaments car une étude trop abstraite risque d'être peu formatrice et peu intéressante pour les élèves. Cette présentation permet de réaliser des étapes de synthèse, d'aborder les problèmes de formulation et de mieux comprendre les propriétés et usages des produits étudiés.

Le groupe fonctionnel ester joue un rôle central dans ce programme. Autour de lui sont envisagés les passages réciproques entre acides et dérivés. L'étude des autres groupes fonctionnels oxygénés (aldéhyde, cétone, alcool, acide) déjà abordée en classe de première n'est pas reprise en classe de terminale pour ne pas alourdir le programme. Le professeur veillera toutefois à rappeler les notions indispensables à la progression du programme de terminale. Les éléments de nomenclature sont à introduire progressivement et à dose modérée; on notera que de nombreuses molécules, un peu complexes, sont appelées par leur nom commun conformément aux recommandations de la nomenclature officielle.

- Sur le plan expérimental, un certain nombre de techniques sont approfondies: dosages **redox** et acide-basique, extraction, chromatographie, recristallisation.

La spectrophotométrie, déjà abordée dans le cadre de l'option expérimentale de première S, constitue une méthode de choix pour suivre une cinétique de réaction. L'équipement des établissements doit se poursuivre dans ce sens. En l'absence de ce matériel, les méthodes classiques (trempe et dosage volumétrique) restent d'actualité.

Un effort important doit être accompli sur le plan expérimental pour l'acquisition des techniques élémentaires de la chimie organique: préparation d'un produit, extraction, recristallisation, chromatographie. La limitation du programme à l'étude détaillée de la fonction ester a pour but de faciliter ces apprentissages expérimentaux.

En l'absence de banc Kofler, la technique de recristallisation sera présentée uniquement comme une technique de purification. On utilisera la chromatographie sur couches minces comme technique d'identification (comparaison avec un témoin).

L'utilisation de logiciel est encouragée pour exploiter les résultats des mesures, visualiser et analyser la structure de molécules complexes. Les apprentissages liés à la représentation des structures tridimensionnelles des molécules sera facilitée par l'utilisation conjointe d'un logiciel de modélisation moléculaire et des modèles classiques.

Enfin, il importe de veiller à la sécurité au laboratoire comme dans la vie quotidienne.

- Les activités de documentation proposées en classes de terminales sont différentes de celles proposées dans les classes antérieures. Elles sont limitées à l'utilisation de document pour faciliter certains apprentissages ; il peut être demandé, par exemple, à l'élève de répondre à des questions à propos d'un texte en réinvestissant les connaissances acquises. La recherche de document par les élèves sur le thème proposé n'est pas envisagée.

Comme en classe de première, des activités expérimentales et de documentation sont proposées (en italiques) pour illustrer le thème. Elles sont données à titre d'exemples. La colonne de droite fixe strictement les compétences exigibles.

- Le volume horaire attribué à chaque partie du programme est donné ci-dessous à titre indicatif. Il a été calculé sur trente semaines soit soixante heures dont 20 heures de travaux pratiques.

1. Cinétique chimique (11h).
2. Acides et bases en solution aqueuse (18 h).
3. Notions élémentaires de stéréochimie (7 h).
4. Parfums et savons (12 h).
5. Médicaments (12 h).

Cette répartition n'implique pas une progression obligatoire. En particulier, il n'est pas obligatoire de traiter d'un seul tenant la partie concernant les acides et les bases en solution aqueuse.

1. Cinétique chimique

Objectifs

On étudie expérimentalement la cinétique d'une réaction en choisissant l'exemple d'un antiseptique usuel.

On généralise les phénomènes en travaux pratiques et dans les exercices en s'appuyant sur d'autres réactions vues dans les classes antérieures ou faisant intervenir des antiseptiques.

On introduit le concept de catalyse.

1.1. Etude expérimentale d'une cinétique de réaction

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Définition de la vitesse de formation d'un produit et de disparition d'un réactif.
Evolution de la vitesse en fonction du temps.
Etude qualitative de l'influence des concentrations.
Rôle de la température.

Activités support

Expériences de cours et de travaux pratiques.
Etude expérimentale d'une cinétique faisant intervenir une solution d'antiseptiques.
Détermination d'un temps de demi-réaction.
Utilisation d'un tableur et/ou d'un logiciel permettant d'exploiter les courbes expérimentales.

Définir la vitesse de formation d'un produit et la vitesse de disparition d'un réactif à volume constant. Savoir que la vitesse de formation d'un produit varie dans le temps.
Savoir qu'en général la vitesse de formation d'un corps augmente avec la concentration des réactifs.
Savoir que la vitesse de formation d'un corps augmente avec la température.

Conduire un protocole expérimental donné.
Exploiter une série d'expériences.
Reporter dans un tableau ou traduire par une courbe les résultats d'une série de mesure en utilisant éventuellement l'ordinateur.
Calculer la vitesse de formation ou de disparition d'un corps à partir d'une courbe expérimentale et donner son unité.

COMMENTAIRES

Les antiseptiques sont des produits utilisés pour éliminer ou tuer les micro-organismes indésirables. Ils agissent à dose notable et sont utilisés assez près de leur seuil de toxicité, donc par voie externe. Ils interviennent souvent en tant qu'oxydants.

Le professeur ne cherchera pas à faire une étude quantitative de l'influence des concentrations et de la température sur la vitesse des réactions. La notion d'ordre d'une réaction et la loi d'Arrhénius sont hors programme.

Le professeur choisira d'effectuer l'étude expérimentale sur un exemple de solutions d'antiseptiques: eau oxygénée, diiode, permanganate de potassium, eau de Javel, etc. Aucun exemple n'est imposé. Ceci sous-entend que tout exercice devra en tenir compte et fournir les équations de réaction correspondantes.

1.2. Mise en évidence expérimentale du phénomène de catalyse

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Définition de la catalyse.
Exemples de réaction mettant en jeu une catalyse homogène, hétérogène et enzymatique.
Intérêt industriel.

Activités support.

Expériences de cours et de travaux pratiques.
Exemples de réactions lentes catalysées.

Savoir qu'un catalyseur augmente la vitesse de formation d'un corps sans entrer dans le bilan de la réaction.
Savoir que l'équation-bilan d'une réaction chimique ne représente pas le mécanisme réactionnel.

Savoir réaliser et/ou décrire quelques expériences simples illustrant le phénomène de catalyse.

COMMENTAIRES

A propos de la catalyse homogène, le professeur introduira les premières notions de mécanisme et d'intermédiaire réactionnel.

Il insistera sur le fait qu'un catalyseur ne rend pas possible une réaction thermodynamiquement impossible.

La généralisation du phénomène de catalyse s'appuiera sur les réactions industrielles déjà vues en classe de Seconde et de Première S ou sur un ou deux exemples choisis dans l'industrie locale.

Le professeur pourra, par exemple, choisir d'illustrer expérimentalement cette partie autour de l'eau oxygénée: réaction de H_2O_2 sur l'acide tartrique catalysée par les ions du cobalt, dismutation de H_2O_2 catalysée par les ions du fer, par le platine et par la catalase.

Il pourra signaler que le site catalytique de la catalase, enzyme qui catalyse la réaction de dismutation de l'eau oxygénée, est un ion Fe^{3+} comme en catalyse homogène.

2. Acides et bases en solution aqueuse

Objectifs

L'objectif est d'aborder la notion d'équilibre chimique à travers l'étude des acides et des bases en solution aqueuse.

2.1. Définition et mesure du pH

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Mesure du pH de solutions aqueuses d'acide chlorhydrique ; définition du pH.

Définir le pH pour les solutions diluées et préciser le lien entre le pH et l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Mesure du pH de solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium (soude) ; produit ionique de l'eau.</p> <p><i>Activités support.</i> <i>Expériences de cours et de travaux pratiques.</i> <i>Mesure du pH de solutions aqueuses d'acide chlorhydrique.</i> <i>Mesure du pH de solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium.</i></p>	<p>Déduire le pH de la connaissance de la concentration en ion H_3O^+ et HO^- et inversement. Ecrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau. Connaître la valeur du produit ionique de l'eau à 25 °C.</p> <p>Connaître les règles de sécurité élémentaires lors de l'utilisation des solutions concentrées d'acides et des bases forts: non-pipetage à la bouche; utilisation des gants et des lunettes. Effectuer une dilution, Connaître le matériel suivant sa mise en œuvre et ses conditions d'utilisation : verrerie usuelle, verrerie jaugée, thermomètre, papier indicateur de pH, pH-mètre, propipette.</p>

COMMENTAIRES

Les calculs de concentrations de toute espèce chimique, y compris H_3O^+ , ne constituent pas un objectif fondamental : ils sont strictement limités à ce qui est nécessaire à la compréhension des notions essentielles. Ainsi les calculs de concentrations ne sauraient constituer la finalité d'un exercice de baccalauréat.

Le professeur pourra mesurer quantitativement à l'aide d'une électrode haute-alcalinité le pH des solutions fortement basiques ($pH > 11$). Les mesures effectuées par les élèves dans ce domaine avec les électrodes usuelles ne pourront être qu'approchées.

En travaux pratiques, le professeur attirera l'attention des élèves sur le pouvoir irritant et corrosif sur la peau et l'œil des acides et bases fortes. L'utilisation des gants et des lunettes devra être réfléchie en fonction de la concentration des solutions utilisées.

Les techniques de mesure du pH et de dilution ayant été vues dans les classes antérieures, il peut ne pas être utile de consacrer une séance entière de travaux pratiques à leur révision.

2.2. Réaction entre un acide fort et une base forte

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Réaction d'un acide fort avec une base forte; bilan thermique.</p>	<p>Définir la réaction acide-base comme un transfert de proton.</p>

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Dosage d'un acide fort par une base forte et inversement.</p> <p><i>Activités support.</i> <i>Expériences de cours et de travaux pratiques.</i> <i>Dosage d'un produit domestique contenant de la soude ou de l'acide chlorhydrique en utilisant un indicateur coloré adapté et/ou un pH-mètre.</i> <i>Mise en évidence de l'effet thermique associé.</i></p>	<p>Exploiter le caractère total des réactions. Connaître l'allure et les caractéristiques de la courbe de variation du pH lors de la réaction entre un acide fort et une base forte et inversement. Définir l'équivalence d'un dosage acido-basique.</p> <p>Effectuer un dosage volumétrique en réalisant éventuellement une dilution et en respectant les conditions de sécurité. Mesurer le pH d'une solution. Exploiter une série d'expériences. Reporter dans un tableau ou tracer par une courbe les résultats d'une série de mesure en utilisant éventuellement l'ordinateur. Savoir que les produits domestiques doivent être utilisés en respectant les consignes d'utilisation et de stockage.</p>

COMMENTAIRES

En classe comme en travaux pratiques, il est conseillé de limiter l'étude des solutions aux cas où les concentrations ne s'écartent pas trop de $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Pour des solutions plus concentrées, les interactions électrostatiques entre les ions ne peuvent plus être négligées. De même pour les concentrations trop diluées ($c < 10^{-6}$), on ne peut plus négliger l'équilibre d'autoprotolyse de l'eau.

Le dosage d'un produit domestique peut donner lieu à une évaluation expérimentale.

2.3. Notion de couples acide-base

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Réaction de l'eau sur un acide faible; influence de la dilution ; comparaison avec un acide fort. Réaction de l'eau sur une base faible ; comparaison avec une base forte. Notion de couple acide-base; définition de Bronsted. Couples de l'eau: $H_3O^+/H_2O, H_2O/HO^-$. Constante d'équilibre: définition de la constante d'acidité.</p>	<p>Savoir que la réaction d'un acide faible ou d'une base faible avec l'eau est limitée. Savoir qu'un équilibre chimique est une réaction limitée. Savoir que l'équilibre chimique résulte de la coexistence de deux réactions opposées. Définir un couple acide/base. Reconnaître l'espèce acide et l'espèce basique.</p>

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Domaines de prédominance de la forme acide et de la forme basique.</p> <p>Echelle de pK_a. Prévision du sens d'une réaction acide-basique entre deux couples.</p>	<p>Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'un acide A avec l'eau et y associer la constante d'équilibre K_a.</p> <p>Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'une base avec l'eau et y associer la constante d'équilibre K_b/K_a.</p> <p>Connaissant le pH et le pK_a, déterminer la forme prédominante.</p> <p>Comparer les forces des acides (ou des bases) de plusieurs couples, les constantes d'acidité étant connues et inversement.</p> <p>Prévoir dans des cas simples le sens de la réaction acide-basique entre deux couples.</p>
<p>Activités support.</p> <p>Expériences de cours et de travaux pratiques.</p> <p>Mesure du pH de solutions d'acides faibles.</p> <p>Comparaison avec les acides forts.</p>	<p>Effectuer une dilution et mesurer le pH de solutions.</p>

COMMENTAIRES

On définira à cette occasion le concept de couple acide-base selon Bronsted à partir d'une étude expérimentale choisie parmi les couples suivants: H_3O^+/H_2O , H_2O/HO^- , acide acétique/ion acétate, acide benzoïque/ion benzoate. On déterminera expérimentalement le pH de solutions acides des couples précédents pour constater que la réaction acide-basique est dans certains cas limitée.

On se limitera aux couples monoacides/monobases.

Les concentrations des espèces A^- , H_3O^+ et HA vérifient la relation :

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

Où K_a est une constante d'équilibre basée sur les concentrations et donc dimensionnée dont l'usage est autorisé par l'UICPA.

Par ailleurs, on définit la constante thermodynamique sans dimension :

$$K_a^0 = \frac{(A^-)(H_3O^+)}{(HA)}$$

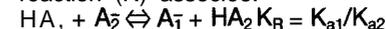
dans laquelle (A^-) , (H_3O^+) et (HA) désignent respectivement les activités des espèces A^- , H_3O^+ et HA. grandeurs sans dimension.

Les deux constantes s'expriment par le même nombre.

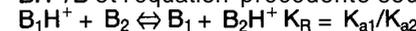
En classe terminale, on confondra les constantes K_a et K_a^0 . On utilisera la notation K_a sans unité.

On définira les domaines de prédominance d'une entité acide-basique. On pourra s'aider d'un logiciel de simulation ou de toute représentation graphique convenable.

On précisera le sens d'une réaction acide-basique par la comparaison de deux couples HA_1/A_1^- et HA_2/A_2^- et en déterminant la constante K_R de la réaction (R) associée:



On pourra aussi écrire suivant les besoins les couples sous la forme BH^+/B et l'équation précédente sous la forme:



Les calculs pour déterminer les concentrations des espèces chimiques présentes en solution à partir de la connaissance du pH et de la constante d'acidité et des équations usuelles sont hors programme. Cette restriction doit permettre une réflexion plus approfondie sur les phénomènes mis en jeu et limiter le temps consacré traditionnellement à cette partie.

2.4. Dosage d'un acide faible

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p>Réaction entre une base forte et un acide faible; suivi pH-métrique.</p> <p>Dosages d'un acide faible par une base forte par pH-métrie et en présence d'un indicateur coloré.</p>	<p>Ecrire l'équation-bilan de la réaction de dosage.</p> <p>Montrer que la réaction de dosage est quantitative à l'aide de la constante d'équilibre.</p> <p>Reconnaître suivant l'allure des courbes de variation de pH les cas : acide faible-base forte et acide fort-base forte.</p> <p>Connaître la définition et la position par rapport à pH = 7 de l'équivalence.</p> <p>Choisir l'indicateur coloré pour un dosage donné.</p>
<p>Activités support.</p> <p>Expériences de cours et travaux pratiques.</p> <p>Suivi de la réaction d'une base forte sur un acide faible: acide acétique ou acide benzoïque par pH-métrie.</p>	<p>Réaliser un dosage en présence d'un indicateur coloré et avec l'aide d'un pH-mètre.</p> <p>Utiliser le matériel élémentaire pour effectuer un dosage.</p> <p>Exploiter une série d'expériences; reporter dans un tableau ou traduire par une courbe les résultats d'une série de mesures (déterminer l'équivalence et la demi-équivalence, une concentration) en utilisant éventuellement l'ordinateur.</p> <p>Utiliser une table de données (table de pK_a, zone de virage d'indicateurs colorés).</p>

COMMENTAIRES

Le professeur détaillera la courbe obtenue par pH-métrie de dosage d'une solution d'acide faible (acide acétique ou acide benzoïque) par une base forte.

Ce type de dosage sera réinvesti dans la suite du programme à propos de l'aspirine.

Le professeur insistera en travaux pratiques sur la précision des mesures.

3. Notions élémentaires de stéréochimie

Objectifs

L'introduction élémentaire de la méthode des répulsions des paires électroniques de la couche de valence (VSEPR) a pour but de montrer aux élèves l'intérêt de l'écriture rigoureuse des structures de Lewis car elle permet moyennant l'utilisation de quelques règles simples de justifier la structure tridimensionnelle des molécules.

L'objectif est d'introduire le concept de chiralité si important dans le monde vivant. La communication chimique entre les êtres vivants, l'activité pharmacologique dépendent entre autres facteurs de la chiralité des substances moléculaires.

Les notions introduites dans ce chapitre sont réinvesties dans les chapitres suivants.

3.1. Justification de la géométrie des quelques molécules simples par la méthode VSEPR

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés.

Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂.

Justifier la géométrie de quelques molécules et ions simples par la méthode VSEPR.

COMMENTAIRES

Cette étude structurale sera l'occasion de revenir sur la géométrie d'espèces chimiques déjà rencontrées en classe de seconde et de première S. Elle débouchera dans les chapitres suivants sur l'étude de la structure de molécules plus complexes intervenant dans la formulation d'un parfum ou d'un médicament.

Le professeur ne discutera pas de l'évolution des angles de valence en fonction de la nature des paires (libres ou liées) et de l'électronégativité des atomes mis en jeu. Il se limitera dans les exercices à la description de molécules ou ions comportant les éléments (H, C, O, N) à l'exception des oxydes d'azote. Il donnera l'ordre de grandeur des distances interatomiques.

Dans le cas des molécules et ions polyatomiques simples dont la structure de Lewis comporte des doubles liaisons, le professeur appliquera la méthode VSEPR en considérant la double liaison comme une seule paire d'électrons.

Dans le cas des molécules organiques plus complexes, le professeur généralisera la méthode VSEPR autour d'un atome central quelconque.

3.2. Notions de configuration et de conformation

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
----------	-----------------------

Notion élémentaire de configuration.
Rappel sur les configurations Z et E.
Carbone asymétrique, énantioméris; chiralité.
Conformations éclipsées et décalées autour d'une liaison simple carbone-carbone: cas de l'éthane et du butane.

Faire la distinction entre un isomère de constitution et un isomère de configuration.
Représenter conventionnellement les liaisons de l'atome de carbone tétraédrique.
Reconnaître un atome de carbone asymétrique dans une molécule.
Reconnaître et représenter deux énantiomères dans le cas d'une molécule possédant un seul atome de carbone asymétrique.
Distinguer un isomère de configuration d'un isomère de conformation.

Activités support.

Expériences de cours et travaux pratiques.
Utilisation d'un logiciel de modélisation moléculaire.

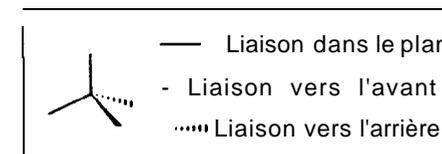
Réaliser un modèle moléculaire d'après la représentation conventionnelle de la molécule et inversement.
Construire les modèles moléculaires d'un couple d'énantiomères à partir de la formule développée plane.

COMMENTAIRES

En ce qui concerne l'étude de la stéréoisoméris Z ou E, on se limitera aux composés relevant de l'ancienne nomenclature cis-trans. La nomenclature R et S désignant la configuration absolue d'un carbone asymétrique est hors programme. En conséquence, on n'introduira pas les règles de Cahn, Ingold et Prélog pour la classification des substituants.

Toute considération sur l'activité optique des composés chiraux est hors programme. On limitera la représentation des énantiomères aux molécules possédant un seul atome de carbone asymétrique mais on pourra reconnaître la présence d'atomes de carbone asymétrique dans une molécule en comportant plusieurs.

On représentera les liaisons de l'atome de carbone tétraédrique par les conventions suivantes :



La projection de Newman sera utilisée pour représenter les conformations autour des simples liaisons carbone-carbone des molécules acycliques. Les modèles moléculaires doivent être présentés en fonction des besoins en cours comme en travaux pratiques. Il n'est pas obligatoirement nécessaire d'y consacrer une séance entière de travaux pratiques. L'utilisation d'un logiciel de modélisation moléculaire pourra aider à réaliser l'analyse conformationnelle d'une molécule simple, à représenter et manipuler des molécules complexes dans la suite du programme.

4. Parfums et savons

Objectifs

L'objectif de ce chapitre est d'évoquer la composition des parfums et des savons et de montrer, sur quelques exemples simples, comment la synthèse organique contribue à l'élaboration de ces substances et à la compréhension de leur mode d'action.

Historiquement, on a commencé à extraire des substances odoriférantes de produits naturels, puis pour remédier à la rareté de certaines substances, les chimistes ont cherché par des transformations, hemisynthèses et synthèses totales à accroître la disponibilité de ces molécules issues de la nature. Ils ont aussi cherché des substances odorantes inédites.

Ce sera l'occasion de revenir sur la notion d'équilibre chimique et d'introduire et de découvrir une nouvelle fonction organique: la fonction ester.

4.1. Synthèse d'un ester utilisé en parfumerie

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
Notion sur la composition d'un parfum.	Savoir qu'un parfum est un mélange de produits organiques plus ou moins volatils.
Formule semi-développée des esters.	Reconnaître le groupe fonctionnel ester dans la formule d'un composé organique. A partir de la formule semi-développée d'un ester, retrouver les formules de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondants.
Réactions d'estérification et d'hydrolyse: bilan thermique, déplacement de l'équilibre chimique.	Savoir que la réaction d'un ester avec l'eau est limitée. Savoir qu'un équilibre chimique est une réaction limitée. Savoir que l'équilibre chimique résulte de la coexistence de deux réactions opposées. Ecrire et exploiter quantitativement l'équation-bilan d'une réaction d'estérification et d'une réaction d'hydrolyse. Savoir que la réaction d'un ester avec l'eau est lente.
Catalyse acide.	Savoir qu'un catalyseur ne modifie pas un état d'équilibre: il catalyse les deux réactions inverses.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
Activités support. <i>Expériences de cours et de travaux pratiques.</i> Modèles moléculaires de molécules complexes intervenant dans la composition d'un parfum. <i>Extraction d'une huile essentielle à partir de plantes.</i> <i>Mise en évidence par chromatographie d'un constituant d'une huile essentielle.</i>	Réaliser un modèle moléculaire d'après la représentation conventionnelle de la molécule et inversement. Utiliser une ampoule à décanter. Respecter les consignes de sécurité lors de l'utilisation de solvants inflammables. Réaliser une chromatographie à partir d'un protocole expérimental. Réaliser le montage expérimental d'une estérification à partir d'un protocole donné. Décanter; effectuer un dosage; utiliser un thermomètre.
<i>Synthèse d'un ester utilisé en parfumerie à partir de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondants.</i> <i>Détermination de l'état d'équilibre d'une réaction d'estérification et de la réaction inverse d'hydrolyse.</i>	

COMMENTAIRES

Les essences naturelles, utilisées dans les parfums, sont des mélanges de composés organiques plus ou moins volatils dont les esters font partie. Les techniques actuelles de la chimie (chromatographie en phase gazeuse, résonance magnétique nucléaire) permettent de les séparer et de les identifier. La réalisation d'une chromatographie sur plaque ou d'une hydrodistillation en travaux pratiques en donnera une idée très simplifiée. L'origine naturelle ou synthétique de ces produits permettra au professeur d'insister à nouveau sur le fait qu'il n'y a pas de différence pour un corps pur composé entre la molécule de synthèse et la molécule naturelle. Il ne soulèvera pas le problème de leur composition isotopique. On pourra présenter les modèles moléculaires de molécules complexes telles que le camphre ou la carvone mais la connaissance de leur formule ne saurait être exigée des élèves. A partir des modèles ou de leur représentation, on pourra demander de reconnaître la présence de groupes fonctionnels et détecter les carbones asymétriques.

L'acétate de benzyle, synthétisé à partir d'alcool benzylique et d'acide acétique (éthanoïque) est présent dans l'essence de jasmin. Sa synthèse pourra être réalisée par les élèves. D'autres exemples sont possibles: synthèse de l'acétate d'isoamyle, du salicylate d'éthyle, etc.

Le salicylate de méthyle (ou essence de Wintergreen) est employé en parfumerie et comme arôme dans l'alimentation. En outre, il possède des propriétés analgésiques et antipyrétiques. Sa synthèse sera éventuellement réalisée par le professeur. Il n'est pas recommandé de la faire réaliser par les élèves compte tenu de la toxicité du méthanol.

Le professeur signalera la présence du noyau benzénique dans ces molécules sans toutefois aborder le concept d'aromaticité.

Le professeur n'introduira pas la notion de constante d'équilibre à propos de l'équilibre d'estérification.

On justifiera à l'aide d'une table d'énergie de liaison le bilan athermique de l'estérification.

L'apprentissage de la nomenclature pourra être facilité par l'utilisation de l'informatique. On évitera tout débordement sur cette question en particulier au niveau de l'évaluation.

Conformément aux recommandations de l'UICPA, les noms usuels de certains esters seront donnés et utilisés parallèlement au nom officiel.

4.2. Les savons

Objectifs

L'étude du mécanisme de la réaction de saponification permet de montrer sur un exemple simple que, dans une réaction chimique, les atomes ne se réarrangent pas au hasard et que les espèces chimiques se rencontrent en fonction de leur affinité mutuelle (électrophile ou nucléophile). Les structures de Lewis des espèces réagissantes permettent de comprendre et de prévoir les sites réactionnels.

Les savons constituent un exemple de molécule contenant une partie polaire soluble dans l'eau (hydrophile) et une partie non soluble (hydrophobe). Ce type de structure se retrouve dans les détergents et dans les constituants des membranes cellulaires (par exemple les phospholipides).

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
Préparation d'un savon : saponification des esters d'acides gras.	Savoir que la réaction de saponification d'un ester est totale.
Solubilité des savons : rôle du cation métallique.	Savoir que les corps gras sont des triesters du glycérol et des acides gras et que leur saponification donne les savons.
Principe sommaire d'action d'un savon.	Ecrire et exploiter quantitativement l'équation-bilan d'une réaction de saponification.
Intermédiaire tétraédrique dans le mécanisme de la réaction de saponification : propriétés nucléophile de l'ion HO ⁻ et électrophile de la fonction ester.	Reconnaître la partie hydrophile et la partie hydrophobe d'une molécule de savons.
	Savoir que l'équation-bilan d'une réaction chimique ne représente pas le mécanisme réactionnel.
	Savoir écrire le schéma de Lewis de l'ion HO ⁻ .
	Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène donnent à l'ion HO ⁻ un caractère nucléophile.
	Reconnaître le site électrophile de la fonction ester.
Activités support.	
<i>Activités de documentation.</i>	
<i>Analyse d'une documentation sur les travaux de Chevreul.</i>	Répondre à des questions à propos d'un texte en réinvestissant les connaissances acquises.

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Micelles et liposomes.</i>	
<i>Expériences de cours et de travaux pratiques.</i>	Réaliser un protocole expérimental.
<i>Préparation d'un savon.</i>	Faire le compte rendu d'une expérience.

COMMENTAIRES

On pourra revenir à cette occasion sur les propriétés de causticité des bases fortes pour la peau et les muqueuses. La présence de soude provoque la saponification de lipides constituant les membranes cellulaires.

La présentation du mécanisme de la saponification sera l'occasion d'introduire le formalisme par flèche si fructueux en chimie organique. Le professeur veillera à être rigoureux sur le sens des flèches (du site nucléophile vers le site électrophile) et sur leur positionnement.

5. Médicaments

5.1. Histoire et production industrielle d'un médicament: l'aspirine

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
De la salicine à l'acide acétylsalicylique.	Comparer les formules de produits naturels et de synthèse ayant la même activité pharmacologique.
Principales étapes de la synthèse industrielle de l'aspirine à partir du phénol.	Exploiter quantitativement les équations des réactions de la synthèse industrielle de l'aspirine à partir du phénol.
Activités support.	
<i>Expériences de cours et de travaux pratiques.</i>	Réaliser un modèle moléculaire d'après la représentation conventionnelle de la molécule et inversement.
<i>Modèles moléculaires de la salicine et de l'acide acétylsalicylique.</i>	
<i>Activités de documentation.</i>	Mettre en évidence la chiralité d'une molécule.
<i>Analyse d'un document sur l'histoire de l'aspirine ou sur l'importance économique de l'industrie pharmaceutique ou sur les grands types de médicaments.</i>	Répondre à des questions à propos d'un texte en réinvestissant les connaissances acquises.

COMMENTAIRES

Cette partie pourra s'accompagner d'une présentation de la chimie pharmaceutique: données économiques, implantations, relations de la chimie avec la biologie et les grands problèmes (santé, démographie, éthique). Les équations-bilan de la synthèse industrielle de l'aspirine ne sont pas exigibles des élèves au baccalauréat.

Le professeur n'abordera pas les mécanismes réactionnels ni la réactivité particulière du noyau aromatique.

5.2. Synthèse d'un médicament au laboratoire

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
Réactions de formation des esters à partir d'anhydride d'acide et de chlorure d'acyle. Réactions de formation des amides à partir d'anhydride d'acide et de chlorure d'acyle. Applications à la synthèse de médicaments.	Connaître la formule développée d'un anhydride d'acide et d'un chlorure d'acyle. Ecrire et exploiter quantitativement les équations-bilan de formation des esters et des amides. Savoir que la réaction d'un anhydride d'acide ou d'un chlorure d'acyle avec un alcool est rapide, donne un ester et peut être quantitative. Reconnaître la fonction amide dans une chaîne carbonée . A partir de la formule semi-développée d'un amide, retrouver la formule de l'acide carboxylique correspondant et, dans le cas d'un amide monosubstitué, retrouver aussi celle de l'amine. Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène confèrent aux alcools des propriétés nucléophiles. Savoir que le doublet libre de l'atome d'azote confère aux amines des propriétés nucléophiles. Reconnaître le site électrophile du groupe carbonyle.
Activités support. Expériences de cours et travaux pratiques. Réalisation de la synthèse d'un médicament. Purification par recristallisation. Identification par chromatographie.	Réaliser un protocole expérimental. Faire le compte rendu d'une expérience. Savoir recristalliser. Calculer un rendement. Réaliser un chromatogramme.

COMMENTAIRES

L'étude des amines n'est pas au programme. Le professeur signalera à propos des réactions de formation des amides, l'existence de cette famille

(sans qu'il soit nécessaire d'évoquer les amines secondaires et tertiaires); il fera remarquer que la réactivité des amines primaires est analogue à celle de l'ammoniac. Ainsi, on justifiera le caractère nucléophile de ces composés par la présence d'un doublet libre sur l'azote.

Le professeur n'écrira pas les intermédiaires tétraédriques dans les réactions de formation des esters et des amides. Il se contentera de justifier les sites réactionnels par leur caractère nucléophile ou électrophile. Ceci doit être vu comme un réinvestissement des notions vues à propos de la saponification des esters.

5.3. Formulation et dosages de l'aspirine

CONTENUS	COMPETENCES EXIGIBLES
Formulations du comprimé d'aspirine: divers médicaments à base d'aspirine, aspirine effervescente et tamponnée. Dosage de l'acide acétylsalicylique dans un comprimé à base d'aspirine. Effet tampon. Activités support. Expériences de cours et travaux pratiques. Modèles moléculaires de molécules complexes intervenant dans la composition d'un médicament à base d'aspirine: l'acétylsalicylate de lysine. Dosages direct et indirect de l'acide acétylsalicylique contenu dans un comprimé d'aspirine par pH-métrie et en présence d'un indicateur coloré. Mise en évidence de l'effet tampon.	Savoir lire l'étiquette d'un médicament à base d'aspirine. Savoir définir l'effet tampon par la faible variation du pH lors d'une addition modérée d'un acide, d'une base ou par dilution. Réaliser un dosage en présence d'un indicateur coloré et avec l'aide d'un pH-mètre. Utiliser le matériel élémentaire pour effectuer un dosage. Exploiter une série d'expériences ; reporter dans un tableau ou traduire par une courbe les résultats d'une série de mesures (déterminer l'équivalence et la demi-équivalence, une concentration) en utilisant éventuellement l'ordinateur. Utiliser une table de données (table de pK_a , zone de virage d'indicateurs colorés).

COMMENTAIRES

Ce chapitre permet la révision d'un certain nombre de concepts et de savoir-faire préalablement présentés : dosage acidobasique, stéréochimie des molécules, réaction de saponification.

Les réactions de dosage acide-basiques sont réinvesties à propos d'un problème concret: celui du dosage de l'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine. On espère ainsi faire comprendre aux élèves le rôle de l'analyse chimique quantitative dans le contrôle de la qualité d'un médica-

ment. Le professeur insistera à nouveau en travaux pratiques sur la précision des mesures.

Le professeur pourra présenter d'autres structures moléculaires de médicaments ayant les mêmes activités pharmacologiques.

F. Chimie: enseignement de spécialité

Horaire

L'enseignement de spécialité est dispensé sous forme d'activités scientifiques expérimentales en salle-laboratoire spécialisée. L'horaire est partagé à égalité entre la chimie et la physique. La durée des séquences est de deux heures consécutives hebdomadaires.

Objectifs généraux

L'enseignement de spécialité s'adresse aux élèves qui désirent consolider et diversifier leur culture générale en physique et en chimie et leur goût pour les activités pratiques. Il vise, avant tout, à développer la curiosité scientifique et à mettre en relief les méthodes propres à la physique et à la chimie. Il contribue à aider les élèves à construire leur projet personnel.

Cet enseignement vise à développer des compétences expérimentales. Il s'appuie sur le programme de tronc commun de la classe et des classes antérieures. Sa présentation thématique en fait apparaître l'unité.

Pour les élèves ayant suivi l'option « sciences expérimentales », l'enseignement de spécialité apporte une consolidation de leur formation et en même temps une ouverture de la physique et de la chimie vers les autres disciplines scientifiques et technologiques. Il n'est toutefois pas obligatoire d'avoir suivi l'option de première S pour suivre l'enseignement de spécialité.

En chimie, il reprend certaines techniques expérimentales déjà abordées dans le cadre de l'option « sciences expérimentales » (chromatographie sur couches minces, dosage **colorimétrique**).

Les techniques expérimentales mises en œuvre peuvent être regroupées en quatre rubriques: identification, dosage, synthèse, séparation.

Le professeur veillera à illustrer de façon équilibrée ces différentes techniques à partir des exemples proposés.

L'ordre de présentation n'est pas imposé, le professeur a toute latitude pour fractionner les rubriques et, éventuellement, effectuer d'autres regroupements. Il est cependant indispensable d'assurer la cohérence entre les progressions du tronc commun et de l'enseignement de spécialité. La colonne de droite fixe les connaissances et savoir-faire expérimentaux et théoriques exigibles des élèves et également certaines compétences liées à la compréhension d'un texte descriptif, d'un protocole expérimental, à l'**analyse** de résultats expérimentaux.

Les connaissances théoriques exigibles ne sont pas différentes de celles de l'enseignement obligatoire. Les savoir-faire expérimentaux constituent un prolongement de ceux exigibles dans le tronc commun.

Les activités expérimentales proposées sont données à titre d'exemples. Elles servent à acquérir les compétences figurant dans la colonne de droite.

Sous l'intitulé « Approfondissements », il est fait référence aux notions et concepts au programme de l'enseignement obligatoire des classes de la quatrième à la terminale.

LES MOLÉCULES DE L'ALIMENTATION

1. Espèces ioniques présentes dans les boissons

Objectifs

On identifie des espèces ioniques présentes dans les boissons et on réalise un dosage par précipitation et par **colorimétrie**.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p><i>Mises en évidence d'espèces ioniques mineures dissoutes.</i></p> <p><i>Dosages d'espèces ioniques présentes dans les boissons.</i></p>	<p>Savoir identifier les ions suivants: Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, Ca^{2+}.</p> <p>Exploiter un protocole opératoire.</p> <p>Savoir effectuer un dosage volumétrique par précipitation.</p> <p>Réaliser un dosage colorimétrique.</p>

Approfondissements

Réactions d'identification des ions.

2. Sucres et édulcorants

Objectifs

Les oses sont présentés comme exemples de composés polyfonctionnels. On reconnaît les groupements fonctionnels présents dans les molécules. On étudie les propriétés réductrices que l'on exploite pour réaliser des dosages.

L'aspartame est présenté comme exemple d'édulcorant. On effectue l'hydrolyse du dipeptide et on identifie les produits d'hydrolyse par **chromatographie** sur couche mince.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<p><i>Présentation des modèles moléculaires du glucose, du fructose (formes ouvertes).</i></p> <p><i>Solubilité dans l'eau des oses.</i></p> <p><i>Identification des oses réducteurs.</i></p>	<p>Reconnaître les fonctions alcools primaire et secondaire, aldéhyde et cétone dans la formule d'un sucre.</p> <p>Reconnaître les atomes de carbones asymétriques dans la formule d'un ose.</p>

CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Dosage d'un ose réducteur.</i>	Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur.
Chromatographie d'un mélange de glucides.	Réaliser une chromatographie sur couche mince.
<i>Etude chimique d'un édulcorant: l'aspartame.</i>	Exploiter un chromatogramme.
Approfondissements	
Groupements fonctionnels: alcool, aldéhyde, acide.	
Oxydation des alcools et des aldéhydes.	
Couple oxydant/réducteur .	
Chiralité.	
Le groupe fonctionnel amide.	

3. Les acides dans les boissons

Objectifs

On explique comment on détermine l'acidité totale d'une boisson. On met en évidence la présence dans les boissons de polyacides ou de mélanges d'acides. On montre comment on peut déterminer dans certains cas la concentration des acides et leurs constantes d'acidité.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Dosage de l'acidité d'une boisson par pHmétrie et colorimétrie.</i>	Réaliser un dosage en présence d'un indicateur coloré, avec l'aide d'un pH-mètre.
<i>Analyse de la courbe de dosage obtenue par pHmétrie.</i>	Utiliser le matériel élémentaire pour effectuer un dosage. Exploiter une série d'expériences; reporter dans un tableau ou traduire par une courbe les résultats d'une série de mesures (déterminer l'équivalence et la demi-équivalence, une concentration). Utiliser une table de données (table de pK_a , zone de virage d'indicateurs colorés). Savoir déterminer à partir de la courbe de dosage pHmétrique le ou les pK_a d'acides. Savoir retrouver et classer les couples acide-basiques d'un polyacide. Déterminer le domaine de prédominance d'espèces acide-basiques en fonction du pH. Interpréter une courbe de dosage pHmétrique .

Approfondissements

Notion de pH; constante d'acidité.
Dosages pH-métriques.

4. Arômes, colorants et conservateurs

Objectifs

On met en œuvre des techniques de séparation et d'identification.

4.1. Mise en évidence et extraction

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Mise en évidence, extraction et séparation d'arômes, colorants et conservateurs.</i>	Réaliser une chromatographie sur couche mince.
Chromatographie et méthodes colorimétriques appliquées aux colorants alimentaires.	Interpréter un chromatogramme.
Approfondissements	
Structure des molécules organiques.	

4.2. Dosage d'un antioxygène

Objectifs

On met en œuvre un dosage d'oxydoréduction en retour.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Dosages d'oxydoréduction de la vitamine C (dans un jus de fruit ou dans un soda) ou du dioxyde de soufre.</i>	Réaliser et interpréter un dosage d'oxydoréduction direct ou en retour.
Approfondissements	
Structure des molécules organiques. Chiralité. Notions de couple oxydant/ réducteur .	

4.3. Synthèse d'un conservateur alimentaire: l'acide benzoïque

Objectifs

On réalise une synthèse d'un produit organique.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
<i>Synthèse de l'acide benzoïque par oxydation de l'alcool benzylique par le permanganate de potassium.</i>	Réaliser et interpréter un protocole expérimental.
Approfondissements	
Oxydation des alcools.	

COMMENTAIRES

L'acide benzoïque est utilisé comme conservateur dans l'industrie alimentaire: c'est le « E21 0 » dont l'emploi est autorisé dans les boissons rafraîchissantes sans alcool de type soda.

4.4. Synthèse d'un arôme

Objectifs

On effectue la synthèse d'un ester à partir de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondant par déplacement de l'équilibre d'estérification.

ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES	COMPÉTENCES EXIGIBLES
--------------------------	-----------------------

Synthèse d'un ester par déplacement d'équilibre.

Réaliser et interpréter un protocole expérimental.

Déterminer un rendement.

Interpréter le déplacement d'équilibre.

Approfondissements

Réaction d'estérification.

Equilibre chimique.

COMMENTAIRES

On interprétera le déplacement d'équilibre par l'extraction d'un des produits formés ou bien par l'excès d'un des réactifs.

SCIENCES EXPÉRIMENTALES