

PROGRAMMES DE SCIENCES PHYSIQUES  
DES CLASSES DE TERMINALES  $S_1$  ET  $S_2$

Août 2008

## SOMMAIRE DU PROGRAMME DE TERMINALE S1 ET S2

HORAIRE : 7 H / ELEVE

### PROGRAMME DE PHYSIQUE

CHAPITRE		
Numéro	Titre	Horaire
	<b>CINEMATIQUE - DYNAMIQUE</b>	
P <sub>1</sub>	Cinématique du point.	5 + 1 = 6
P <sub>2</sub>	Bases de la dynamique	4 + 1 = 5
P <sub>3</sub>	Applications des bases de la dynamique.	10
P <sub>4</sub>	Gravitation universelle	6
	<b>ELECTROMAGNETISME.</b>	
P <sub>5</sub>	Généralités sur les champs magnétiques - Champs magnétiques des courants.	6
P <sub>6</sub>	Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.	6
P <sub>7</sub>	Loi de Laplace.	5
P <sub>8</sub>	Induction magnétique- Etude d'un dipôle (R, L).	6
P <sub>9</sub>	Etude du dipôle (R,C).	5
	<b>OSCILLATIONS – OPTIQUE.</b>	
P <sub>10</sub>	Oscillations électriques libres et oscillations électriques forcées	9
P <sub>11</sub>	Oscillations mécaniques libres.	4
P <sub>12</sub>	Interférences lumineuses.	6
	<b>PHENOMENES CORPUSCULAIRES.</b>	
P <sub>13</sub>	Effet photoélectrique : mise en évidence et interprétation	4
P <sub>14</sub>	Niveaux d'énergie de l'atome.	4
P <sub>15</sub>	Réactions nucléaires	8
<b>Total</b>	.	<b>90</b>

<b>CHAPITRE</b>		
<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Horaire</b>
<b>C<sub>1</sub></b>	<b>Alcools</b>	<b>6</b>
<b>C<sub>2</sub></b>	<b>Amines</b>	<b>4</b>
<b>C<sub>3</sub></b>	<b>Acides carboxyliques et dérivés.</b>	<b>5</b>
<b>C<sub>4</sub></b>	<b>Cinétique chimique.</b>	<b>5</b>
<b>C<sub>5</sub></b>	<b>Autoprotolyse de l'eau - pH d'une solution aqueuse- Indicateurs colorés</b>	<b>6</b>
<b>C<sub>6</sub></b>	<b>Acide fort- Base forte- Réaction entre acide fort et base forte ; Dosage.</b>	<b>7</b>
<b>C<sub>7</sub></b>	<b>Acides et bases faibles - couples acide-base - constante d'acidité et classification des couples acide-base.</b>	<b>8</b>
<b>C<sub>8</sub></b>	<b>Réaction acide faible/base forte (et vice versa), effet tampon. Dosage.</b>	<b>7</b>
<b>C<sub>9</sub></b>	<b>Acides <math>\alpha</math> aminés (éléments de stéréochimie)</b>	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>.</b>	<b>53</b>

## REFERENTIELS ET COMMENTAIRES DU PROGRAMME DE TERMINALE S

# P R O G R A M M E D E P H Y S I Q U E

### Les compétences d'année.

#### Compétence 1

A la fin de la classe de terminale S, l'élève ayant acquis des savoirs, savoir-faire et savoir-être en mécanique (lois de Newton et/ou théorèmes relatifs à l'énergie), doit les intégrer dans des situations d'explication, de prévision et de résolution de problèmes liés au mouvement ou au repos de systèmes mécaniques.

#### Compétence 2

A la fin de la classe de terminale S, l'élève ayant acquis des savoirs, savoir-faire et savoir-être en électromagnétisme (loi de Laplace, induction, dipôle R,L, dipôle R,C, oscillations électriques) doit les intégrer dans des situations d'explication, de prévision et de résolution de problèmes.

#### Compétence 3

A la fin de la classe de terminale S, l'élève ayant acquis des savoirs, savoir-faire et savoir-être sur les phénomènes ondulatoires et phénomènes corpusculaires (phénomènes lumineux, niveaux d'énergie, réactions nucléaires), doit les intégrer dans des situations de résolution de problèmes.

### Les chapitres

#### **Première partie : Etude cinématique et dynamique des mouvements.**

Le programme de cinématique de la classe de terminale consolide et complète surtout les acquis des élèves dans ce domaine ; ce faisant il les prépare à l'étude de la dynamique.

Les lois horaires et propriétés caractéristiques des mouvements étudiés en cinématique seront très utiles par la suite et viendront en complément de l'étude dynamique de ces mouvements.

L'utilisation de l'outil mathématique (dérivation, intégration) sera d'un grand apport. Il est donc recommandé de travailler en collaboration avec le professeur de mathématiques de la classe.

<b>CHAPITRE P1 : Cinématique du point.</b>	<b>Durée : 6 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	--------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Citer des référentiels. * Utiliser les coordonnées cartésiennes, polaires et l'abscisse curviligne * Utiliser les expressions du vecteur position, vecteur vitesse instantanée et du vecteur accélération instantanée. * Utiliser les expressions des accélérations tangentielle et normale. * Utiliser les lois horaires de quelques mouvements : (mouvements rectilignes uniforme, uniformément varié, sinusoïdal) et mouvements circulaires : (uniforme, uniformément varié, sinusoïdal). * Réaliser quelques expériences en cinématique : banc et table à coussin d'air, chute libre, plan incliné	<b><u>Rappels :</u></b> - Mobile, - Relativité du mouvement <b><u>Référentiels,</u></b> - définition, - exemples <b>* <u>Grandeurs cinématiques</u></b> - Repères et systèmes de coordonnées (cartésiennes, polaires, abscisse curviligne). - Vitesse. - Accélération - Lois horaires. <b>* <u>Etude de quelques mouvements</u></b> - Mouvements rectilignes (uniforme, uniformément varié, sinusoïdal). - Mouvements circulaires (uniforme, uniformément varié)	* Observations : * mouvements, trajectoires. * Enregistrements de mouvements * Exploitation des documents.

### **Commentaires**

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
<p>Galiléo Galilei (1564-1642) est incontestablement le père de la cinématique. Il a non seulement été un brillant observateur de l'univers, mais il a aussi cherché à expliquer les mouvements qu'il observait. Par un ensemble de dispositifs expérimentaux de mesures et de raisonnements mathématiques, il a cherché à décrire en particulier les mouvements de chute.</p> <p>L'un des principaux problèmes élucidés par Galilée est celui du système de référence auquel on rapporte le mouvement.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des recherches sur la biographie de Galilée.</li> <li>2. Qu'appelle-t-on système de référence ou référentiel ?</li> <li>3. Citer des exemples de référentiels.</li> </ol>

Rappeler les notions de cinématique du point étudiées en classe de seconde : notion de mouvement, mobile, relativité du mouvement, référentiel, coordonnées cartésiennes, vitesse moyenne.

Pour le concept de référentiel on s'en tiendra à ce niveau à donner des exemples, la notion de référentiel galiléen sera introduite en dynamique. On insistera sur la représentation d'un point dans l'espace et l'utilisation d'autres systèmes de coordonnées (coordonnées polaires et abscisse curviligne). S'appuyant sur l'approche déjà utilisée en classe de seconde pour la détermination des vitesses on en viendra à l'expression du vecteur vitesse instantanée en

fonction du vecteur position : le vecteur vitesse instantanée est la dérivée première par rapport au temps du vecteur position. Au fur et à mesure du déroulement de la leçon le professeur veillera à apporter les compléments mathématiques utiles (notions de dérivée et primitive) à partir d'exemples simples.

Définir l'accélération moyenne et l'accélération instantanée et donner les expressions des accélérations tangentielle et normale.

On donnera la loi de composition des vitesses : une illustration en sera faite à l'aide d'un ou de deux exercices, cela permettra entre autres exemples de calculer la vitesse d'éjection des gaz d'une fusée par rapport à un référentiel autre que celui de la fusée.

L'étude expérimentale de quelques mouvements faite en classe de seconde sera complétée ici par une étude théorique à l'aide des grandeurs cinématiques sus définies. Les lois horaires  $x = f(t)$ ,  $v = g(t)$  et  $a = h(t)$  seront établies et on insistera sur les conditions initiales. On étudiera des mouvements rectilignes (uniforme, uniformément varié, sinusoïdal), circulaire (uniforme, uniformément varié). Pour chaque mouvement étudié on soulignera les propriétés caractéristiques. A travers des exercices variés les élèves seront amenés à employer ces propriétés qui sont très utiles dans tout le programme.

**Le mouvement circulaire sinusoïdal sera traité uniquement en classes de TS1 et TS3.**

**La loi de composition des accélérations, les hodographes des vitesses et des accélérations sont hors programme.**

<b>CHAPITRE : P2 : Bases de la dynamique</b>	<b>Durée :4 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Choisir le référentiel adapté au mouvement.</li> <li>* Mettre en évidence le centre d'inertie.</li> <li>* Appliquer la relation barycentrique pour déterminer le centre d'inertie (cas simples)</li> <li>* Exploiter des enregistrements (pour déterminer le centre d'inertie, vérifier le principe de l'inertie)</li> <li>* Énoncer et formuler les lois de Newton.</li> <li>* Calculer des moments d'inertie de divers solides par utilisation du théorème de Huygens.</li> <li>* Utiliser un banc à coussin d'air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Centre d'inertie.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en évidence,</li> <li>- relation barycentrique</li> </ul> </li> <li>* <b>Quantité de mouvement</b></li> <li>* <b>Principe de l'inertie</b> (1<sup>ère</sup> loi de Newton).</li> <li>* <b>Référentiel galiléen.</b></li> <li>* <b>Relation fondamentale de la dynamique.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- énoncé,</li> <li>- formulation</li> </ul> </li> <li>* <b>Théorème du centre d'inertie.</b> (2<sup>ème</sup> loi de Newton) <ul style="list-style-type: none"> <li>- énoncé,</li> <li>- formulation.</li> </ul> </li> <li>* <b>Théorème de l'accélération angulaire.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- énoncé,</li> <li>- formulation</li> </ul> </li> <li>* <b>Théorème d'Huygens</b></li> <li>* <b>Conséquence : Théorème de l'énergie cinétique</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Expérience de mise en évidence du centre d'inertie (table à coussin d'air)</li> <li>* Exploitation de documents.</li> <li>* Illustration du principe de l'inertie (banc à coussin d'air).</li> </ul>

## Commentaires

### Activités préparatoires possibles

- 1 Qui était Issac NEWTON ?
- 2 Énoncer les trois lois de Newton
- 3 Quel est le domaine de validité de ces lois ?

Ce chapitre débutera par la mise en évidence du centre d'inertie : réaliser une expérience ou exploiter des enregistrements. Donner l'expression de la relation barycentrique, relation précisant la position du centre d'inertie par rapport aux autres points du système (il n'est pas demandé d'établir cette relation à partir de documents).

Le vecteur quantité de mouvement sera défini pour un point matériel puis pour un système de points matériels.

On rappellera les exemples importants de référentiels que constituent les référentiels héliocentrique (ou de Copernic), géocentrique (ou de Coriolis) et terrestre (ou de laboratoire).

Insister sur l'importance du choix du référentiel pour l'étude d'un mouvement.

Le principe de l'inertie sera énoncé et on l'illustrera à l'aide d'un banc à coussin d'air (à défaut faire exploiter un document). Définir par la même occasion la notion de référentiel galiléen et préciser les approximations faites lorsqu'on désire considérer certains référentiels (géocentrique, terrestre) comme galiléens et leurs limites d'utilisation.

L'observation de quelques mouvements simples permet de montrer qualitativement que la cause de la variation de vitesse du centre d'inertie d'un système est l'existence d'une force non compensée.

On admettra que la relation fondamentale de la dynamique est un postulat de base de la mécanique classique et comme tout postulat il ne se démontre pas, il trouve sa justification dans les résultats concordants qu'il donne avec l'expérience. Insister sur le fait qu'elle n'est valable que dans un référentiel galiléen.

Le théorème du centre d'inertie sera déduit de la relation fondamentale de la dynamique en considérant que si la vitesse d'un mobile est négligeable devant la célérité de la lumière alors la masse du mobile est une constante qui le caractérise, elle est indépendante du temps.

**On établira uniquement pour les séries S1 et S3 (anciennes séries C et E) le théorème de l'accélération angulaire.**

On rappellera le moment d'inertie de certains solides et on donnera le théorème d'Huygens sans démonstration.

Les théorèmes relatifs à l'énergie (théorème de l'énergie cinétique, théorème de l'énergie mécanique) parties intégrantes des bases de la dynamique seront rappelés sans démonstration. Le chapitre qui suit sera mis à profit pour leurs applications dans la résolution de problèmes concrets de dynamique.

**La conservation de la quantité de mouvement sera illustrée par un exemple d'application sous forme d'exercice : on traitera un exemple de choc élastique et un de choc inélastique ; on se limitera à ces deux exemples.**

<b>CHAPITRE P3 : Applications des bases de la dynamique</b>	<b>Durée : 10 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
---	---------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Résoudre des problèmes de dynamique</li> <li>* Appliquer les théorèmes fondamentaux à des mouvements particuliers.</li> <li>* Exploiter, interpréter des enregistrements de mouvements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Mouvements d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chute libre de direction verticale</li> <li>- chute ralentie : plan incliné</li> <li>- chute parabolique</li> <li>- chute verticale dans un fluide</li> </ul> </li> <li>* <b>Autres exemples de mouvements :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pendule conique, fronde, virage</li> <li>- mouvements sur pistes variées,</li> <li>- mouvements combinés (rotation-translation)</li> </ul> </li> <li>* <b>Mouvements d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mouvement rectiligne.</li> <li>- mouvement parabolique.</li> <li>- déflexion électrique</li> </ul> </li> <li>* <b>Applications :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- détermination de g,</li> <li>- Oscilloscope</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résolution de problèmes de dynamique.</li> <li>• Expérience et /ou exploitation de document sur la chute libre et la chute ralentie.</li> </ul>

### Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>Lâcher sans vitesse initiale une bille ponctuelle sur la ligne de plus grande d'un plan incliné de 30° sur l'horizontale. Repérer la position de l'objet à intervalles de temps égaux successifs très petits.</p> <p>1 Reproduire l'enregistrement obtenu.</p> <p>2 En déduire l'accélération du mouvement.</p> <p>3 Etablir l'expression théorique de l'accélération du mouvement en considérant que les frottements sont négligeables. Faire l'application numérique. Prendre <math>g = 9,8 \text{ S.I.}</math> Comparer avec le résultat obtenu expérimentalement. Conclure.</p>

Dans ce chapitre sera regroupée l'étude de quelques mouvements dans les champs de forces déjà connus des élèves.

Cette étude ne devra pas donner lieu à un exposé dogmatique mais sera plutôt traitée sous formes d'exercices. Ces exercices devront porter, entre autres, sur les thèmes suivants :

- \* mouvements rectilignes : plan incliné, mouvements dans des champs ( $\vec{g}$ ,  $\vec{E}$ ) dans le cas où la vitesse initiale est nulle ou possède le même support que le vecteur champ.
- \* mouvements paraboliques dans  $\vec{g}$ , dans  $\vec{E}$  ( traiter la déflexion électrique et expliquer l'application qui en est faite avec l'oscillographe cathodique)
- \* mouvements circulaires uniformes : fronde, pendule conique, virage
- \* mouvements curvilignes : solide glissant sur une calotte sphérique, pendule en rotation dans un plan vertical.

A travers ces différents exemples les élèves s'entraîneront à acquérir une démarche de résolution de problèmes :

- \* délimiter un système
- \* choisir un référentiel en précisant l'origine des espaces et du temps
- \* faire l'inventaire des forces agissant sur le système
- \* appliquer les différents théorèmes
- \* interpréter les relations obtenues.

Ne pas insister sur l'étude des changements de repère. Tout au plus, si on juge utile de faire cette étude pour certains mouvements (pendule dans un véhicule), le changement de repère sera limité au cas d'un solide ponctuel (afin que les difficultés liées aux questions de distribution des forces n'interviennent pas) et au cas de l'équilibre relatif (pour ne pas avoir à faire intervenir une éventuelle accélération de Coriolis ; la composition des accélérations n'est pas étudiée en cinématique).

On rappellera que les relations de la dynamique sont valables par rapport à un référentiel galiléen. Si on désire conserver la condition d'équilibre  $\sum \vec{F} = \vec{O}$  dans un autre repère on est amené à changer de membre le terme «  $ma$  » et à interpréter «  $-m\vec{a}$  » comme représentant une force supplémentaire dite force d'inertie. Contrairement aux autres forces cette force d'inertie ne représente pas une action mécanique exercée par un corps matériel sur un autre/

NB : Les propriétés des mouvements vues en cinématique seront d'un secours dans la résolution des problèmes de dynamique. Le professeur montrera chaque fois que cela est possible l'intérêt des méthodes de résolution des problèmes faisant appel aux théorèmes relatifs à l'énergie.

Pour chaque mouvement étudié on citera quelques applications pratiques.

**Le mouvement de roulement avec glissement est hors programme.**

<b>CHAPITRE P4 : Gravitation universelle.</b>	<b>Durée :6 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
---	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
*Énoncer la loi de gravitation universelle et donner sa formulation vectorielle. *Déterminer les caractéristiques du vecteur champ de gravitation. * Distinguer vecteur champ de gravitation terrestre et vecteur champ de pesanteur. * Calculer la vitesse et la période du mouvement d'un satellite dans un référentiel géocentrique * Déterminer les caractéristiques de l'orbite d'un satellite géostationnaire. * Exprimer l'énergie mécanique d'un satellite. *Calculer la vitesse minimale de libération *Utiliser la troisième loi de Kepler * Calculer la masse d'une planète à partir de la troisième loi de Kepler * Prendre conscience de l'importance des satellites géostationnaires.	* <b>Gravitation universelle.</b> - Loi de la gravitation universelle. - Champ de gravitation. - Champ de gravitation terrestre. - différence entre champ de gravitation et champ de pesanteur. - Energie potentielle de gravitation.  * <b>Applications :</b> <b><u>mouvement d'un satellite à trajectoire circulaire</u></b> - Vitesse de satellisation. - Période d'un satellite. - Satellite géostationnaire. - Troisième loi de Kepler : $T^2/r^3 = \text{constante}$ * <b>Vitesse minimale de libération.</b>	* Formulation de la loi de la gravitation universelle. * Représentation de la courbe $T^2 = f(r^3)$ . * Exploitation de la courbe $T^2 = f(r^3)$ . * Exploitation de documents, commentaire de textes scientifiques

### Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
1 Le premier satellite artificiel Spoutnik I fut lancé par l'URSS en 1957. Depuis cette époque, plus de 5 000 satellites artificiels ont été mis en orbite. Rechercher les utilisations des satellites artificiels 2 Les images rapportées de l'espace montrent les astronautes et leur matériel qui flottent dans la cabine du satellite. Quel nom donne-t-on à ce phénomène ? Comment l'expliquer ?

Énoncer la loi de la gravitation universelle et insister sur son importance dans l'équilibre de l'univers. Donner l'expression vectorielle de la force de gravitation puis en déduire le vecteur champ de gravitation créé par un objet ponctuel puis celui créé par un corps à symétrie sphérique de masse.

On notera l'analogie formelle entre la loi de Newton et la loi de Coulomb vue en classe de première.

On donnera les ordres de grandeur et on montrera que l'interaction gravitationnelle peut être négligée devant les interactions électrostatiques entre particules élémentaires (prendre l'exemple des interactions entre électron et proton dans l'atome d'hydrogène). Au contraire, à l'échelle macroscopique et avec des objets neutres on n'observe plus que des interactions

gravitationnelles. On insistera surtout sur l'importance des forces gravitationnelles à l'échelle planétaire et sur le rôle qu'elles jouent.

L'étude qualitative du champ terrestre donnera l'occasion de faire la différence entre champ de gravitation terrestre et champ de pesanteur terrestre. Faire établir les deux expressions de l'intensité du champ de pesanteur terrestre :  $g = G.M_T/r^2$ . et  $g = g_0 R_T^2/r^2$

L'application du théorème du centre d'inertie au mouvement d'un satellite en rotation autour de la terre sur une orbite supposée circulaire dans le référentiel géocentrique galiléen permettra de déterminer la nature de son mouvement, sa vitesse, sa période de rotation  $T$ . En exercice on fera établir l'expression de la période d'un satellite dans d'autres repères tel que le repère terrestre.

Définir un satellite géostationnaire et faire calculer le rayon de son orbite de gravitation ainsi que son altitude.

On établira la troisième loi de Kepler :  $T^2/r^3 = \text{cte}$ . Cette loi permettra, entre autres, de calculer la masse d'une planète connaissant par exemple les rayons et les périodes de rotation respectifs des satellites de cette planète.

L'expression du travail élémentaire de la force de gravitation permettra de déterminer l'expression de l'énergie potentielle de gravitation (et par suite celle de l'énergie mécanique) à une altitude donnée.

L'application du théorème de l'énergie mécanique permettra de calculer la vitesse minimale de libération d'un satellite à partir du « sol » d'une planète comme la terre.

On citera quelques applications de la gravitation universelle : satellite de communication, navette spatiale, sondes.

## Deuxième partie : Electromagnétisme

<b>CHAPITRE P5 : Généralités sur les champs magnétiques - Champ magnétique des courants.</b>	<b>Durée :6 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
--	-------------------	--------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mettre en évidence quelques interactions magnétiques</li> <li>* Déterminer les caractéristiques du vecteur champ magnétique créée par quelques éléments de circuit électrique (fil rectiligne, spire circulaire, bobine plate, solénoïde).</li> <li>* Utiliser la règle de composition des champs magnétiques.</li> <li>* Protéger certains appareils électroniques des sources de champs magnétiques intenses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Interactions magnétiques.</b></li> <li>- mise en évidence</li> <li>* <b>Aimants.</b></li> <li>- Aimants permanents, aimants temporaires.</li> <li>- Pôle nord, pôle sud.</li> <li>* <b>Champ magnétique.</b></li> <li>- Vecteur champ magnétique.</li> <li>- Ligne de champ magnétique.</li> <li>- Spectres magnétiques.</li> <li>- Champ magnétique uniforme.</li> <li>* <b>Champ magnétique des courants</b></li> <li>- courant rectiligne,</li> <li>- Spire,</li> <li>- Bobine,</li> <li>- Solénoïde,</li> <li>- Règles d'orientation</li> <li>* <b>Champ magnétique terrestre.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mise en évidence des interactions magnétiques : aimant/aimant, aimant/courant, courant/courant.</li> <li>* Utilisation d'une règle d'orientation bien maîtrisée</li>   <li>* Réalisation et exploitation de spectres magnétiques.</li>   <li>* Utilisation d'une boussole.</li> </ul>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Définir un aimant</li> <li>2. Où trouve-t-on des aimants ?</li> <li>3 Chercher un barreau aimanté et de la limaille de fer. Placer une plaque de verre (ou une feuille de papier) sur le barreau aimanté posé sur support horizontal et à l'absence de courant. Saupoudrer la plaque de limaille de fer, tapoter légèrement une seule fois. Quelle observation peut-on faire ? quelle en est l'interprétation ?</li> </ol>

Dans la mesure du possible cette partie sera illustrée par de nombreuses expériences : mettre en évidence les interactions : aimant/aimant, aimant/ courant, aimant/particules chargées en mouvement, courant/courant.

On définira un aimant et on donnera des exemples d'aimants permanents et d'aimants temporaires. On déterminera expérimentalement les pôles d'un aimant : pôle Nord et pôle Sud. A partir de ces expériences définir le champ magnétique.

On réalisera des spectres de champ dus à des aimants (et plus loin à des courants). On montrera en particulier un spectre de champ uniforme (champ entre les branches d'un aimant en U).

L'action d'un aimant sur une aiguille de fer doux initialement non aimantée, permet de comprendre le mécanisme d'obtention des spectres, chaque grain de limaille se comportant schématiquement comme une telle aiguille.

Expliquer qu'un spectre magnétique permet de connaître la topographie d'un champ magnétique et de découvrir localement une direction privilégiée. La position d'une aiguille exploratrice permet de trouver le sens des lignes de champ. Ces observations suggèrent alors de caractériser le champ magnétique en un point par un vecteur appelé vecteur champ magnétique et noté  $\vec{B}$ .

On mesurera l'intensité d'un champ magnétique avec un teslamètre.

Autant que possible l'étude des champs magnétiques créés par les courants sera expérimentale. Cette étude portera sur les exemples suivants : courant rectiligne, spire circulaire, bobine plate et solénoïde.

Dans chaque exemple étudié réaliser le spectre magnétique et préciser les caractéristiques du vecteur champ  $\vec{B}$ . On insistera sur le lien entre le sens du courant et le sens du vecteur champ  $\vec{B}$  et les règles d'orientation seront précisées. Toutefois pour éviter les confusions il est préférable que chaque élève utilise une règle bien sue au lieu d'utiliser plusieurs règles souvent non maîtrisées.

Pour la spire et la bobine plate on donnera sans démonstration les caractéristiques du vecteur champ au centre.

Dans le cas du solénoïde aussi aucune démonstration n'est à faire ; une étude expérimentale permettra de vérifier l'expression de la valeur du vecteur champ à l'intérieur du solénoïde.

### **La loi de Biot et Savart est hors programme.**

Insister sur les conventions utilisées pour l'orientation dans l'espace (courant/champ rentrant et sortant).

On fera la loi de composition des champs.

La fin du chapitre sera consacrée à l'étude du champ magnétique terrestre dont on donnera les intensités des composantes horizontale  $B_H = 2.10^{-5} \text{ T}$  et verticale  $B_V = B \sin \hat{I}$  avec  $B$  intensité du champ magnétique terrestre et  $\hat{I}$  angle d'inclinaison ou angle que fait  $\vec{B}$  avec l'horizontale.

On signalera l'origine du champ magnétique terrestre.

<b>CHAPITRE P6 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme</b>	<b>Durée : 6 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	--------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Déterminer les caractéristiques de la force de Lorentz. * Enoncer et utiliser les règles de représentation de la force de Lorentz. * Déterminer la nature du mouvement d'une particule chargée dans $\vec{B}$ . * Déterminer les caractéristiques du mouvement d'une particule chargée dans $\vec{B}$ (Calcul du rayon de la trajectoire détermination de la période de rotation). * Déterminer la déflexion magnétique.	* <b>Force de Lorentz.</b> - Caractéristiques de la force de Lorentz. - Règles d'orientation. * <b>Mouvement dans le champ <math>\vec{B}</math></b> - nature du mouvement - Déflexion magnétique. * <b>Applications.</b> - Spectrographe de masse. - Cyclotron. - Filtre de vitesse	* Utilisation pratique des propriétés du produit vectoriel. * Expérience avec les bobines d'Helmholtz ou schéma de principe. * Etude de la nature du mouvement d'une particule chargée dans $\vec{B}$ . * Exploitation de documents (détermination du signe et de la valeur de la charge d'une particule.....).

### Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>On appelle accélérateur de particules toute machine servant à accroître la vitesse de particules chargées électriquement (protons, électrons, deutons, particules <math>\alpha</math>). Ces particules sont ensuite employées comme projectiles et déviées de manière à produire des réactions au sein de la matière placée comme cible. Leur énergie cinétique est telle que les atomes placés comme cibles sont pulvérisés et donnent lieu le plus souvent naissance à la formation de nouvelles particules qui sont étudiées dans des appareils adaptés tels que les chambres à bulles ou chambres à scintillations.</p> <p>1 Quels intérêts présentent les accélérateurs ?</p> <p>2 Rechercher les deux types principaux d'accélérateurs qui sont utilisés par le physicien et leurs caractéristiques principales.</p>

Avant d'aborder le chapitre, il est fortement recommandé de faire des rappels et compléments de mathématique sur le produit vectoriel et ses propriétés.

Vérifier, si on dispose des moyens, que lorsqu'une particule chargée se déplace dans un champ magnétique uniforme non parallèle aux lignes de champ, elle est soumise à une force appelée force de Lorentz. Admettre l'expression vectorielle de la force et préciser ses caractéristiques. Les élèves seront amenés à utiliser une règle bien maîtrisée pour déterminer le sens de la force.

Expérimentalement avec le dispositif des bobines d'Helmholtz, en se limitant au cas où la vitesse est perpendiculaire au vecteur champ magnétique, visualiser la trajectoire circulaire du faisceau d'électrons. Vérifier avec ce dispositif l'influence de l'intensité du courant qui traverse

les bobines et de la tension d'accélération des électrons sur le rayon de la trajectoire décrite dans le champ magnétique.

En appliquant la relation fondamentale de la dynamique à la particule chargée en mouvement dans le champ magnétique  $\vec{B}$  dans un référentiel galiléen, on déterminera les caractéristiques du mouvement : plan, uniforme et circulaire.. On en déduira l'expression du rayon de la trajectoire et de la période (dans le cas où la trajectoire est fermée) du mouvement

En exercice d'application on fera établir l'expression de la déflexion magnétique.

On terminera ce chapitre en donnant quelques applications : spectrographe de masse, cyclotron, filtre de vitesse et télévision.

<b>CHAPITRE P7 : Loi de Laplace.</b>	<b>Durée :5 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--------------------------------------	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Déterminer les caractéristiques de la force de Laplace * Représenter la force de Laplace. * Expliquer <del>interpréter</del> le fonctionnement des moteurs électriques. - Calculer le moment du couple des forces magnétiques.	* <b>Action d'un champ magnétique uniforme sur un courant rectiligne.</b> - mise en évidence, - loi de Laplace • <b>Action mutuelle de deux éléments de courants rectilignes :</b> - mise en évidence, interprétation - définition de l'ampère. * <b>Applications.</b> - Moteur électrique. - Haut parleur, - Balance de Cotton, - Appareils magnétoélectriques.	* Mise en évidence de la force magnétique. * Expériences d'illustration et d'application :, rails, balance de Cotton, sonde de Hall, roue de Barlow et autres moteurs électriques.

### Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
Un haut-parleur est un appareil transformant une énergie électrique fournie par une tension alternative de fréquence du domaine audible en énergie mécanique (acoustique). Le haut-parleur est un transducteur électro-acoustique. Les premiers haut-parleurs étaient la simple transposition des écouteurs téléphoniques : membrane circulaire de fer doux, soumise au champ magnétique d'un électro-aimant polarisé et suivie d'un pavillon évasé pour une bonne adaptation acoustique. C'est avec l'apparition, vers 1930, du haut-parleur électrodynamique qu'on peut fixer approximativement le début de l'ère moderne dans le domaine du son. 1 Quels sont les constituants du haut-parleur électrodynamique ? 2 Sur quel principe fonctionne l'appareil ? 3 Relever les indications marquées sur quelques haut-parleurs ? Quelles indications trouve – t – on généralement ? Que signifient – elles ?

Ce chapitre revêt un caractère purement expérimental. Réaliser des expériences variées : dispositif de Laplace (conducteur vertical parcouru par un courant et se déplaçant dans un champ magnétique), rails de Laplace, roue de Barlow, balance de Cotton.

Dans le cas d'un champ magnétique uniforme, on établira l'expression vectorielle de la force de Laplace et on en déterminera les caractéristiques. La détermination du sens de la force pourrait se faire en utilisant la règle de la main droite, celle du bonhomme d'Ampère ou toute règle équivalente ; pour plus d'efficacité, on s'en tiendra à une ou deux règles tout au plus que les élèves pourront maîtriser.

L'étude de l'action mutuelle entre deux courants rectilignes se fera de manière expérimentale, on en déduira la définition légale de l'ampère.

Dans l'étude de l'action d'un champ magnétique sur un cadre on ne fera pas intervenir la notion de moment magnétique ; on ramènera simplement le calcul à l'action du champ sur des courants rectilignes. **Par ailleurs le vecteur moment d'un couple magnétique est également hors programme (il en est ainsi dans tout le cycle secondaire ; on raisonne avec le moment algébrique)**

On citera quelques applications : roue de Barlow (prototype élémentaire du moteur électrique), sonde de Hall, haut-parleur, balance de Cotton.

<b>CHAPITRE P8 : Induction magnétique- Etude d'un dipôle (R, L).</b>	<b>Durée : 6h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<p>Mettre en évidence le phénomène d'induction / d'auto induction</p> <p>Interpréter qualitativement le phénomène d'induction/d'auto induction</p> <p>Rappeler l'expression du flux propre en fonction de l'inductance.</p> <p>Rappeler l'expression de la tension aux bornes d'un dipôle (R,L)</p> <p>Rappeler l'expression de la constante de temps du dipôle (R,L) et sa signification physique.</p> <p>Etablir la loi de variation du courant établi dans une bobine par un échelon de tension</p> <p>Etablir la loi de variation de la rupture du courant dans une bobine fermée sur un circuit résistant.</p>	<p><b>A : <u>Etude qualitative du phénomène d'induction / auto induction.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expérience fondamentale</li> <li>• Flux magnétique et flux magnétique propre</li> <li>• Inductance d'une bobine</li> <li>• F.e.m instantanée d'induction.</li> </ul> <p><b>B : <u>Etude d'une bobine (R,L) :</u></b></p> <p>-- Tension aux bornes d'une bobine</p> <p>-- Etablissement d'un courant dans un dipôle (R,L) : notion de constante de temps, expression.</p> <p>--Energie emmagasinée dans une bobine</p> <p>-- Annulation (rupture) du courant traversant une bobine,</p> <p><b>- Applications :</b></p>	<p>* Réalisation d'expériences sur les interactions aimant-bobine et bobine-bobine.</p> <p>.</p> <p>Réalisation d'expériences montrant que la bobine s'oppose à l'établissement du courant dans un circuit</p> <p>Réalisation d'expériences montrant l'influence de l'inductance L et celle de la résistance R d'une bobine sur la durée du régime transitoire de l'établissement (ou de la rupture) du courant dans une bobine</p> <p>Réalisation d'expérience montrant que la rupture du courant dans une bobine provoque une surtension</p>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
Surtension aux bornes d'une bobine, étincelles de rupture : quelle explication ? quelles utilisations pratiques ?

La première partie du chapitre traite du phénomène d'induction. L'étude du phénomène d'induction sera simplifiée. On se contentera de mettre le phénomène en évidence par l'expérience consistant à approcher ou éloigner un aimant droit d'une bobine reliée à un appareil de mesure assez sensible tel qu'un microampèremètre (circuit fermé ne comportant pas de générateur), On s'en tiendra à cet exemple.

On interprétera le phénomène d'induction en admettant que la cause du courant induit est une variation du flux magnétique à travers la bobine. Définir le flux magnétique. Représenter le vecteur surface en précisant la règle d'orientation du circuit. Enoncer la loi de Lenz et donner la signification du signe --

Avec le même exemple on admettra la relation entre la force électromotrice induite et la tension aux bornes de la bobine :  $u = ri - e$ .

La suite du cours porte sur l'étude du dipôle (R,L).

On décrira simplement la bobine et on commencera par préciser ses caractéristiques : sa résistance R, son inductance L On donnera l'expression de la tension aux bornes de la bobine lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité i. On adoptera pour cela la convention récepteur étudiée en classe de seconde.

L'établissement du courant dans une bobine (R,L) sera l'objet d'une étude expérimentale. On établira théoriquement la loi de variation de l'intensité du courant en insistant sur l'influence des facteurs R et L sur la durée du phénomène permettant de définir la constante de temps et de lui donner tout son sens.

On traitera la rupture du courant traversant la bobine suivant le même plan. Dans les applications on parlera du phénomène de surtension aux bornes d'une bobine à la fermeture et à la rupture du courant et les applications correspondantes.

Pour les applications il s'agira de les citer et d'en donner une explication brève sans entrer dans les détails des calculs.

<b>CHAPITRE P9 : Etude du dipôle (R,C).</b>	<b>Durée : 4 h</b>	<b>C L A S S E : T</b> ° S
---	--------------------	-------------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Etablir l'équation différentielle régissant la charge ou la décharge d'un condensateur.</li> <li>* Etablir les lois de variations de la tension aux bornes du condensateur, de l'intensité du courant lors de la charge ou de la décharge.</li> <li>* Rappeler l'expression de la constante de temps, donner sa signification physique</li> <li>- Déterminer la constante de temps</li> <li>* Déterminer une capacité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b><u>Charge et décharge d'un condensateur</u></b></li> <li>- charge électrique,</li> <li>- relation entre la charge électrique et l'intensité du courant.</li> <li>- Régime transitoire et régime permanent.</li> <li>- Constante de temps.</li> <li>* <b><u>Théorie</u></b></li> <li>-Interprétation qualitative</li> <li>- Equation différentielle.</li> <li>- Evolution des grandeurs électriques</li> <li>* <b><u>Energie emmagasinée.</u></b></li> <li>* <b><u>Applications :</u></b> flash d'un appareil photographique,...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Expériences sur charge et décharge d'un condensateur ; visualisation à l'oscilloscope.</li> <li>* Interprétation des courbes de charge et de décharge d'un condensateur.</li> <li>* Exploitation d'oscillogrammes ou de documents.</li> </ul>

## Commentaires

### Activités préparatoires possibles

Visites chez le réparateur du coin :

1. Découvrir différents (formes et natures) condensateurs.
- 2 Citer quelques utilisations des condensateurs.

Dans le nouveau programme ce chapitre complète l'étude des condensateurs faite en première. Pour commencer, on réalisera l'expérience de charge à intensité constante d'un condensateur en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R$  permettant de montrer la proportionnalité entre la tension aux bornes du condensateur et sa charge et de définir la capacité  $C$  du condensateur .

Par la suite on réalisera l'expérience de charge du condensateur sous l'effet d'une tension constante.

On visualisera les régimes transitoire et permanent à l'aide d'un oscilloscope (réglage convenable) et on procédera à l'étude théorique. Dans cette étude théorique on établira l'équation différentielle du circuit et on en déduira la loi de variation de la tension aux bornes du condensateur. En déduire la loi de variation de la charge du condensateur et celle de l'intensité du courant dans le circuit. On donnera l'expression de l'énergie emmagasinée par le condensateur lors de la charge.

Dans la suite, la décharge d'un condensateur chargé à travers un résistor de résistance  $R$  sera étudiée expérimentalement et on procédera à l'étude théorique. L'équation différentielle de la décharge sera établie. On en déduira les lois de variation de la tension aux bornes du condensateur et celle de l'intensité du courant de décharge.

Introduire la constante de temps et mettre en évidence expérimentalement le lien entre la constante de temps et la durée de la charge ou celle de la décharge d'un condensateur. Donner son expression, expliquer les différents procédés utilisés pour sa détermination.

<b>CHAPITRE P10: Oscillations électriques libres et oscillations électriques forcées</b>	<b>Durée : 8h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<p>* Etablir l'équation différentielle des oscillations électriques libres.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montrer la conservation de l'énergie électrique totale dans le cas des oscillations libres non amorties.</li> <li>• Déterminer la période propre ou la pulsation propre.</li> <li>• Exploiter des oscillogrammes.</li> <li>• Distinguer les différents régimes d'oscillations électriques libres (non amorties, amorties, régime pseudo périodique, régime apériodique)</li> </ul> <p>* Utiliser la loi d'Ohm en courant alternatif. Distinguer le comportement d'une self et d'un condensateur dans un circuit électrique.</p> <p>* Etablir l'équation différentielle régissant le fonctionnement d'un circuit en régime forcé.</p> <p>* Utiliser la construction de Fresnel</p> <p>* Interpréter le phénomène de résonance.</p> <p>* Déterminer la bande passante.</p> <p>* Calculer une puissance moyenne.</p> <p>* Calculer un facteur de puissance.</p> <p>* Expliquer l'importance du facteur de puissance.</p>	<p>* <b>Oscillations électriques libres .</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en évidence</li> <li>- Equation différentielle.</li> <li>- Solution de l'équation différentielle.</li> <li>- Période , pulsation, fréquence propres.</li> <li>- Conservation de l'énergie totale.</li> </ul> <p>* <b>Oscillations électriques forcées d'un dipôle R,L,C série.</b></p> <p>*Grandeurs efficaces</p> <p>* Impédance</p> <p>* Déphasage</p> <p>*Phénomène de résonance d'intensité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Courbe de résonance.</li> <li>- Bande passante.</li> <li>- Facteur de qualité.</li> <li>- Surtension à la résonance.</li> <li>- Energie électrique totale à la résonance.</li> </ul> <p>* <b>Puissance en courant alternatif.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance moyenne.</li> <li>- Puissance apparente.</li> <li>- Facteur de puissance.</li> </ul> <p>* <b>Applications :</b> Filtre radio, transport d'énergie...</p>	<p>* Visualisation à l'oscilloscope d'oscillations électriques libres non amorties et amorties</p> <p>* Mesure d'une période, d'une pseudo-période.</p> <p>* Visualisation à l'oscilloscope la courbe <math>i = f(t)</math> d'un courant alternatif.</p> <p>* Détermination du déphasage entre l'intensité instantanée et la tension instantanée.</p> <p>* Etude du comportement d'un résistor, d'une self, d'un condensateur en régime sinusoïdal.</p> <p>* Réalisation d'expériences avec l'oscilloscope (détermination du déphasage, recherche de la résonance et mesure des paramètres caractéristiques...).</p>

## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>Tout poste récepteur qui reçoit un message se sert d'un oscillateur électrique.</p> <p>L'antenne d'un récepteur radio reçoit des signaux de fréquences différentes. Chacun de ces signaux provoque un courant dans le primaire de la bobine d'antenne. Chacun de ces courants dans le primaire induit une tension dans le secondaire. Un condensateur variable est monté en parallèle avec le secondaire de la bobine d'antenne. L'auditeur règle son poste en ajustant le condensateur d'accord. Il fait ainsi « résonner » la bobine d'antenne et le condensateur sur la fréquence de la station qu'il veut écouter. Tous les signaux dont les fréquences sont très proches de la fréquence de résonance arriveront au haut-parleur. Celui auquel le récepteur a été accordé sera tout de même plus fort.</p> <p>1 Quels sont les deux composants essentiels d'un oscillateur électrique ?</p> <p>2 Que signifie : il fait « résonner » la bobine d'antenne et le condensateur sur la fréquence de la station qu'il veut écouter ?</p> <p>3 Citer d'autres dispositifs où sont utilisés des oscillateurs électriques</p>

Comme suite logique des deux chapitres précédents il s'agit dans ce nouveau chapitre d'étudier les phénomènes électriques dans le circuit obtenu en associant une bobine avec un condensateur chargé au préalable.

Le chapitre pourrait être traité en deux temps :

- les oscillations électriques libres,
- les oscillations électriques forcées.

Dans un premier temps l'étude débutera par la visualisation à l'oscilloscope de la décharge d'un condensateur dans une bobine. Interpréter l'allure de la courbe.

A partir de l'additivité des tensions, établir l'équation différentielle de cette décharge :

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + q/C = 0.$$

Etablir la solution de l'équation différentielle en tenant compte des conditions initiales. On déterminera la période propre  $T_0$  et la pulsation propre  $\omega_0$ .

Souligner l'importance de la notion de période propre, pulsation propre ou fréquence propre .

Montrer que l'énergie totale se conserve. Faire retrouver l'équation différentielle par la méthode énergétique.

Dans une seconde étape l'étude des oscillations libres amorties pourrait se faire également par visualisation à l'oscilloscope de la courbe de décharge libre amortie d'un condensateur dans une bobine résistive : on montrera que l'allure de la courbe dépend de la valeur de la résistance (si celle-ci augmente progressivement on passe du régime pseudo périodique amorti aux régimes apériodiques). A défaut de l'étude expérimentale on peut exploiter des documents. On notera qu'un résistor dissipe de l'énergie par effet joule.

En exercices faire établir l'équation différentielle des oscillations libres amorties :

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + q/C = 0.$$

On vérifiera par le calcul que la diminution de l'énergie électrique est égale à la chaleur dissipée par effet joule dans le résistor. Indiquer sans calcul, l'expression de la résistance critique.

$R_c = 2 \sqrt{L/C}$  . La résolution de l'équation n'est pas au programme.

La partie oscillation forcée pourrait commencer par les généralités sur le courant alternatif sinusoïdal : production, visualisation à l'oscilloscope de  $i = f(t)$ . On définira l'intensité efficace et la tension efficace. On distinguera les valeurs instantanées, des valeurs efficaces et des valeurs maximales. On donnera leur écriture normalisée. On rappellera la méthode de détermination de la période  $T$  et de la tension maximale  $U_m$ .

Expérimentalement vérifier que si à travers un dipôle il passe un courant alternatif sinusoïdal de période  $T$  il existe alors entre ses bornes une tension sinusoïdale de même période.

On montrera à l'aide de l'oscilloscope que  $i = f(t)$  et  $u = g(t)$  sont deux fonctions sinusoïdales de même période  $T$  mais présentent généralement un déphasage l'une par rapport à l'autre.

Les élèves apprendront à déterminer des déphasages à partir de courbes visualisées à l'oscilloscope.

On déterminera à l'aide de la représentation de Fresnel les déphasages de  $i$  par rapport à  $u$  et les impédances pour les dipôles suivants : résistor, bobine de résistance négligeable (self pure), capacité, bobine résistive (R, L), circuit (R, C), circuit (R, L, C) en série.

Donner l'expression de la puissance moyenne et souligner l'importance du facteur de puissance.

Les impédances complexes ne sont pas au programme de même que le circuit (R, L, C) en parallèle.

Pour le circuit (R, L, C) série on étudiera le phénomène de résonance. Pour ce faire on considérera la réponse en intensité de ce circuit alimenté par une tension sinusoïdale de valeur efficace constante et de fréquence variable. En faisant varier la fréquence du courant alternatif on tracera la courbe de réponse. On montrera que l'intensité efficace du courant présente un maximum pour une valeur de la fréquence  $f$  égale à celle de la fréquence propre

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$  On mettra ainsi en évidence le phénomène de résonance en intensité. On

déterminera graphiquement puis théoriquement les fréquences limites de la bande passante :

$I(f_1) = I(f_2) = \frac{I(f_0)}{\sqrt{2}}$  . Comme application, on parlera du filtre radio.

On calculera la largeur de la bande passante. On définira le facteur de qualité  $Q$  qui traduit l'acuité de la résonance, on donnera son expression et on insistera sur son importance quant à la surtension aux bornes de la self et de la capacité, on montrera l'influence de  $R$  sur l'allure de la courbe de résonance.

Le chapitre s'ouvre ainsi à beaucoup d'applications dans la vie courante : fonctionnement d'installations domestiques et industrielles, d'appareils électroménagers.

Des mesures de sécurité seront au fur et à mesure dégagées lors de cette étude.

Objectifs d'apprentissage	Contenus	Activités d'apprentissage
<p>* Etablir l'équation différentielle des oscillations mécaniques libres non amorties et des oscillations mécaniques amorties.</p> <p>* Interpréter le phénomène d'oscillation à partir d'exemples simples</p> <p>* Donner la forme de la solution de l'équation différentielle des oscillations mécaniques libres non amorties d'un pendule élastique.</p> <p>* Donner l'expression de la période propre.</p> <p>* Montrer la conservation de l'énergie mécanique pour les oscillations libres non amorties.</p> <p>* Montrer la non conservation de l'énergie mécanique pour les oscillations mécaniques amorties.</p> <p>* Faire ressortir les analogies entre grandeurs électriques et grandeurs mécaniques.</p>	<p>* <b><u>Oscillations mécaniques libres non amorties.</u></b></p> <p>- Exemple du pendule élastique.</p> <p>- Equation différentielle.</p> <p>- Solution de l'équation différentielle.</p> <p>- Période propre.</p> <p>- Conservation de l'énergie totale.</p> <p>- oscillateur harmonique linéaire</p> <p>* <b><u>Oscillations mécaniques amorties</u></b></p> <p>- Equation différentielle des oscillations mécaniques amorties.</p> <p>- Non conservation de l'énergie mécanique pour les oscillations amorties</p> <p>- Mouvement pseudo-périodique.</p> <p>- Pseudo-période.</p> <p>* <b><u>Analogie grandeurs électriques et grandeurs mécaniques.</u></b></p> <p>* <b><u>Applications : mouvement d'un flotteur, galvanomètre balistique, amortisseur de véhicule.</u></b></p>	<p>* Donner des exemples d'oscillateurs mécaniques.</p> <p>* Réaliser des expériences sur les oscillations mécaniques libres non amorties et les oscillations mécaniques amorties.</p> <p>* Déterminer des périodes et des pseudo-périodes.</p>

### Commentaires

#### Activités préparatoires possibles

Attacher un objet ponctuel de masse  $m = 30 \text{ g}$  à l'extrémité inférieure d'un fil inextensible de longueur  $L = 1 \text{ m}$ . Attacher l'extrémité supérieure du fil à un support horizontal fixe.

Ecarter légèrement l'objet et le lâcher sans vitesse initiale.

1 Quelle grandeur permet d'étudier l'évolution du pendule qui oscille librement dans le cas où les frottements sont très faibles ?

2 Quelle est l'action extérieure responsable de cette évolution ?

3 Mesurer la durée d'une oscillation.

4 Proposer une série d'expériences permettant d'étudier l'influence sur la durée d'une oscillation du pendule :

- de la longueur du fil,

- de la masse de l'objet suspendu.

On pourrait aborder ce chapitre par l'étude du pendule élastique (objet de masse petite accrochée à un ressort élastique) pour dégager la notion d'oscillations mécaniques libres non amorties. On traitera d'abord le cas du pendule élastique horizontal. Les autres cas (pendule élastique vertical, pendule élastique incliné) seront examinés en exercices. On appliquera le théorème du centre d'inertie au pendule élastique dans un référentiel galiléen. On en déduira l'équation différentielle des faibles oscillations :  $m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$ . On déterminera les constantes de la solution de l'équation différentielle à partir des conditions initiales On précisera

l'expression de la période propre  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

Le professeur remarquera que l'étude de l'oscillateur harmonique est importante parce qu'il constitue un modèle simple utilisable dans de nombreux cas et que la formalisation mathématique est la même que celle de l'oscillateur électrique

Faire vérifier que l'énergie mécanique se conserve.

Par la méthode énergétique on fera retrouver l'équation différentielle du mouvement.

En exercice (ou éventuellement en TP) on étudiera les cas suivants : pendule simple, pendule pesant, pendule de torsion.

Le cas de l'oscillateur amorti ne sera étudié en cours que de manière qualitative. En exercice on fera établir l'équation différentielle dans le cas où interviennent des forces de frottement fluides ( $f = -bV$ ), soit  $m d^2x/dt^2 + b dx/dt + kx = 0$ .

On montrera que l'énergie dissipée l'est sous forme de travail effectué par les forces de frottements.

**La résolution de l'équation différentielle n'est pas au programme.**

**Pour toutes les séries S on fera l'analogie des grandeurs électriques et des grandeurs mécaniques.**

On soulignera l'existence d'oscillations mécaniques forcées par analogie avec les oscillations électriques forcées.

<b>CHAPITRE P12 : Interférences lumineuses</b>	<b>Durée :6 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<p>Représenter le dispositif de Young.</p> <p>Interpréter le phénomène d'interférences lumineuses.</p> <p>Etablir les expressions de la différence de marche et celle de l'interfrange</p> <p>Préciser les positions des franges.</p> <p>Déterminer l'interfrange.</p> <p>Préciser les conditions d'interférences</p> <p>Donner l'échelle des longueurs d'onde du spectre de la lumière.</p> <p>Citer quelques applications du phénomène d'interférences lumineuses.</p>	<p><b>* Expérience de Young.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- champ interférentiel</li> <li>- franges d'interférences (lumière monochromatique)</li> </ul> <p><b>* Interprétation théorique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nature ondulatoire de la lumière</li> <li>- interférence constructive</li> <li>- interférence destructive</li> <li>- différence de marche</li> <li>- ordre d'interférence</li> <li>- interfrange</li> <li>- intensité lumineuse</li> </ul> <p><b>* Conditions d'interférences</b></p> <p><b>-* Le spectre de la lumière</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- spectre visible, spectre U.V, spectre I.R,</li> <li>- onde électromagnétique</li> </ul> <p><b>* Applications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mesures de longueurs d'ondes, de faibles épaisseurs.</li> <li>- hologrammes.</li> </ul>	<p>* Mise en évidence des interférences lumineuses</p> <p>Interprétation du phénomène d'interférences lumineuses</p> <p>Représentation de l'échelle des longueurs d'onde du spectre de la lumière</p>

## Commentaires

### Activités préparatoires possibles

- 1 Citer quelques phénomènes observés avec la lumière et qui illustrent sa nature ondulatoire.
- 2 Sur un axe schématiser le spectre visible en précisant les longueurs d'onde limites. Situer sur cet axe le domaine de l'infrarouge et celui de l'ultraviolet.

L'objectif principal de ce chapitre est de faire découvrir la nature ondulatoire de la lumière à partir de la mise en évidence du phénomène d'interférence. Le chapitre sera simple et traité de manière expérimentale : l'expérience des fentes de Young suffit.

Commencer le chapitre par un rappel sur les ondes mécaniques et les notions connexes étudiées en classe de première : longueur d'onde, période, fréquence.

On signalera brièvement, dans le cas de l'expérience des fentes de Young, que c'est la diffraction de la lumière qui est à l'origine du phénomène d'interférences.

Dans l'interprétation on fera appel aux acquis du programme de première: par analogie avec les franges déjà observées sur la surface libre d'un liquide (expérience d'interférences mécaniques réalisée en classe de 1<sup>ère</sup>) on admettra que, dans l'expérience de Young, les franges lumineuses résultent d'une superposition d'ondes lumineuses issues des fentes. C'est admettre que la lumière a une nature ondulatoire. L'expression de la différence de marche sera établie, la notion d'ordre d'interférence précisée. On donnera les positions des franges brillantes et celles des franges obscures sur l'écran ; d'où l'on déduira l'expression de l'interfrange.

Les élèves seront amenés à dresser l'échelle des longueurs d'onde du spectre de la lumière.

**Le déplacement des franges (déplacement de la source, interposition d'une lame à faces parallèles ou tout autre dispositif produisant le même effet ) est hors programme**

Les interférences en lumière blanche seront traitées.

On donnera quelques applications du phénomène d'interférences lumineuses (mesure de longueur d'onde, de très petites épaisseurs, réalisation d'hologrammes)

## Quatrième partie : Phénomènes corpusculaires

<b>CHAPITRE P13 : Effet photoélectrique</b>	<b>Durée :4 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
---	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Interpréter l'effet photoélectrique par la théorie d'Einstein * Utiliser l'expression de l'énergie cinétique maximale de l'électron émis $E_{cm} = h(\nu - \nu_0)$ * Citer quelques applications de l'effet photoélectrique : détecteur de niveau, dispositif de sécurité des banques, ....	* <b><u>Effet photoélectrique.</u></b> - Fréquence seuil. - longueur d'onde seuil. * <b><u>Théorie d'Einstein.</u></b> - Photon. - Quantum d'énergie. - Constante de Planck. - Travail d'extraction. - Electron-volt. * <b><u>Applications.</u></b>	* Mise en évidence de l'effet photoélectrique.

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
Recherche documentaire sur la nature de la lumière : aspects ondulatoire et corpusculaire. Pourquoi parle-t-on de la « dualité onde-corpuscule » à propos de la lumière ?

On fera une étude qualitative comprenant :

- la mise en évidence de l'effet photoélectrique et de l'existence du seuil photoélectrique,
- l'interprétation du phénomène par la théorie d'Einstein.

On retiendra les expressions du quantum d'énergie  $E = h\nu$ , du travail d'extraction  $W_0 = h\nu_0$  et de l'énergie cinétique des électrons émis par effet photoélectrique  $E_c = h(\nu - \nu_0)$ .

On traitera également la dualité onde – corpuscule. C'est l'occasion d'introduire quelques éléments d'histoire des sciences.

**L'effet Compton est hors programme.**

**La cellule photoélectrique et les notions connexes (potentiel d'arrêt, courant de saturation, rendement quantique) ne seront pas étudiées ainsi que les autres lois de l'effet photoélectrique.**

On citera quelques applications pratiques de l'effet photoélectrique. On mentionnera également les cellules photovoltaïques en guise d'introduction à l'énergie solaire et à ses transformations.

<b>CHAPITRE P14 : Niveaux d'énergie de l'atome</b>	<b>Durée :4 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Donner l'expression du niveau d'énergie d'ordre n de l'atome d'hydrogène. • Utiliser l'expression du niveau d'énergie d'ordre n de l'atome d'hydrogène : $E_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)}$ * Calculer les longueurs d'onde limites des séries de raies de l'atome d'hydrogène. * Être conscient de l'importance des spectres dans la détermination de la composition chimique des corps, de la température des étoiles...	* <b>Spectre de raies.</b> - Spectre de raies d'émission. - Spectre de raies d'absorption. - Excitation, désexcitation. * <b>Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.</b> - Postulats de Bohr. - Quantification. - Etat d'ionisation. - Séries du spectre d'émission (Lyman, Balmer, Paschen.). * <b>Applications.</b>	* Observation de spectres d'émission. * Observation de spectres d'absorption. * Détermination de niveaux d'énergie. * Exploitation des documents * Représentation de transitions croissante ou décroissante

## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>La structure de l'atome a été au cours des siècles et millénaires l'objet de plusieurs théories. L'hypothèse atomiste affirme d'abord et surtout que la divisibilité de la matière a des limites. Cette hypothèse a été citée pour la première fois dans les oeuvres de Leucippe de Millet en 420 av. JC. On la retrouve dans l'œuvre de Démocrite son contemporain et disciple.</p> <p>Dans l'histoire de l'atome et les modèles proposés on retrouve les noms d'éminents physiciens et savants : J. Joseph Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr, Max Planck, Einstein, Erwin Schrödinger</p> <p>1 Rechercher les modèles et apports théoriques de ces savants à propos de l'atome.            2 Quel modèle permet d'expliquer la formation des spectres de raies d'émission et d'absorption ?</p>

Ce chapitre débutera par la mise en évidence (ou à défaut l'observation) de quelques spectres de raies d'émission et de raies d'absorption. L'analyse que l'on fera de ces spectres permettra d'aboutir à la conclusion selon laquelle un corps atomique émet un rayonnement uniquement pour certaines fréquences bien spécifiques, caractéristiques des atomes constitutifs.

On expliquera la présence de ces raies par une quantification des niveaux d'énergie de l'atome.

Enoncer les postulats de Bohr :

\* les variations d'énergie de l'atome sont quantifiées,

\* l'atome ne peut exister que dans certains états d'énergie bien définis, chaque état étant caractérisé par un niveau d'énergie,

\* Expliquer le phénomène selon lequel un photon de fréquence  $\nu_{n,p}$  est émis lorsque l'atome effectue une transition entre deux niveaux d'énergie  $E_p$  et  $E_n$  et donner la relation

$$h \nu_{n,p} = E_n - E_p \text{ avec } E_n > E_p.$$

De même on donnera l'interprétation des phénomènes d'excitation, de désexcitation et d'ionisation d'un atome.

Pour le cas de l'atome d'hydrogène on donnera l'expression du niveau d'énergie d'ordre n :

$$E_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)} \text{ où } n \text{ est le nombre quantique principal ; on expliquera brièvement l'origine de}$$

cette relation. On déterminera l'énergie d'ionisation. On représentera les différentes transitions correspondant aux différentes séries de raies (séries de Lyman, Balmer, Paschen) et on calculera leurs longueurs d'onde limites.

On fera une généralisation très brève, sans formulation, aux autres atomes.

Rappeler le spectre de la lumière blanche, distinguer spectre continu et spectre discontinu.

On citera quelques applications : composition chimique des corps et température des étoiles, composition chimique de la couronne solaire.

<b>CHAPITRE P15 : Réactions nucléaires</b>	<b>Durée : 6 h</b>	<b>C L A S S E : T ° S</b>
--	--------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Interpréter la stabilité du noyau</li> <li>* Utiliser l'expression de l'énergie de liaison d'un noyau.</li> <li>* Utiliser l'équivalence masse – énergie.</li> <li>* Montrer expérimentalement la nature des rayonnements.</li> <li>* Connaître les propriétés des rayonnements radioactifs.</li> <li>* Citer quelques familles radioactives.</li> <li>* Calculer une période.</li> <li>* Equilibrer les équations des réactions nucléaires.</li> <li>* Citer des applications de la radioactivité et l'importance des centrales nucléaires.</li> <li>* Prendre conscience des mesures de précaution à prendre pour la protection contre les effets néfastes de la radioactivité.</li> <li>* Calculer l'énergie libérée par une réaction nucléaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Relation d'Einstein.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equivalence masse-énergie.</li> <li>- Unités de masse et d'énergie</li> <li>- Energie de liaison.</li> <li>- Condition de stabilité.</li> </ul> </li> <li>* <b>Stabilité d'un noyau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composition d'un noyau</li> <li>- Energie de liaison, énergie de liaison par nucléon,</li> <li>- Condition de stabilité</li> </ul> </li> <li>* <b>Radioactivité.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Radioélément.</li> <li>- Rayonnement radioactif.</li> <li>- Loi de désintégration radioactive.</li> <li>- Constante radioactive.</li> <li>- Période ou demi-vie.</li> <li>- Activité.</li> <li>- Réactions radioactives.</li> <li>- Familles radioactives.</li> </ul> </li> <li>* <b>Fission nucléaire.</b></li> <li>* <b>Fusion nucléaire.</b></li> <li>* <b>Applications.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Etude des propriétés des rayonnements radioactifs.</li> <li>* Analyse d'un rayonnement radioactif par un champ électrique, par un champ magnétique.</li> <li>* Représentation de courbe de désintégration radioactive.</li> <li>* Ecriture des équations de quelques réactions nucléaires</li> </ul>

## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>1. Dans le laboratoire du carbone 14 du Professeur Cheikh Anta Diop (1923.- 1986) de Dakar, le carbone 14, élément radioactif, est utilisé pour la datation : grâce à cet élément on peut dater la mort de matériaux organiques (organes végétaux ou animaux) en remontant jusqu'à 40.000 ans environ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir la radioactivité,</li> <li>- quel est le principe de la datation au carbone 14 ?</li> </ul> <p>2. Rechercher les effets biologiques de la radioactivité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les dangers,</li> <li>- les utilisations pour l'homme : en médecine et dans l'industrie</li> </ul>

Après un bref rappel sur la composition du noyau et le phénomène d'isotopie, on abordera le problème de la stabilité d'un noyau. On expliquera qualitativement la stabilité de certains noyaux par l'existence d'une interaction forte attractive de très courte portée qui l'emporte à courte distance (de l'ordre des dimensions du noyau) sur l'interaction électrostatique.

**On définira l'énergie de liaison  $E_\ell$  d'un noyau et on donnera son expression pour un nucléide  ${}^A_Z X$  de masse  $m$  :  $E_\ell = [Z m_p + (A - Z) m_n - m] c^2$ .**

De manière générale, on précisera à chaque fois les conventions de signe utilisées pour l'énergie et on pourrait s'en tenir à ces conventions pour plus d'harmonie et de cohérence ; toutefois on donnera l'information sur l'existence d'autres conventions.

Auparavant admettre l'équivalence masse-énergie et introduire la notion d'énergie de masse puis donner la relation d'Einstein  $\Delta E = \Delta m c^2$

On notera qu'un noyau est d'autant plus stable que l'énergie de liaison par nucléon  $E_\ell / A$  est plus grande.

**Les notions de mécanique relativiste sont hors programme.**

**Les exercices proposés ne doivent faire intervenir ni les particules relativistes, ni les interactions entre ces particules.**

La suite du chapitre portera sur les réactions nucléaires que l'on introduira à partir du caractère instable de certains noyaux. Définir alors la radioactivité naturelle ou spontanée et la radioactivité provoquée ou artificielle. On analysera un rayonnement radioactif à l'aide d'un champ électrique et d'un champ magnétique. On donnera la composition et les caractéristiques des rayonnements :

\* le rayonnement  $\alpha$  (noyaux d'hélium) est très ionisant, peu pénétrant

\* le rayonnement  $\beta$  (électrons pour  $\beta^-$  ou positron pour  $\beta^+$ ) peu ionisant mais pénétrant

\* le rayonnement  $\gamma$  (photons) excitant et très pénétrant

Insister sur les propriétés d'un rayonnement radioactif (ionisation d'un gaz, impression d'une plaque photographique et scintillement d'un écran fluorescent)

On établira la loi de désintégration radioactive  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ , où  $\lambda$  est la constante radioactive. Définir les notions de période (ou demi-vie)  $T$  et d'activité  $A$  (ou nombre de désintégrations par seconde).

Dans l'écriture des équations nucléaires on tiendra compte des lois de conservation

L'étude des réactions nucléaires provoquées sera faite. On définira la fission nucléaire et la fusion nucléaire. On en donnera quelques exemples : pour la fission nucléaire (bombardement de l'uranium 235 par des neutrons) pour la fusion nucléaire (fusion de deux noyaux de deutérium, fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium).

On retiendra que les réactions de fission et de fusion nucléaires sont très exoergiques : un gramme d'uranium 235 libère 200 MeV soit 1 MeV par nucléon, le cycle proton-proton (série de réactions thermonucléaires dans les étoiles) libère 6 MeV par nucléon.

On explicitera les conditions de réalisation des réactions nucléaires :

\* Capture d'un neutron "lent" par un noyau fertile qui devient fissile

\* Les réactions de fusion nucléaire nécessitent une haute température pour se produire (d'où réactions thermonucléaires).

NB : La fusion nucléaire est à l'origine de la bombe H. et la fission nucléaire à celle de la bombe A.

La radioactivité offre de nombreuses applications dont la datation des objets archéologiques et la radiographie en médecine.

Les réactions nucléaires ont pour application principale la production d'énergie électrique dans les centrales nucléaires.

### ***Activités d'intégration possibles***

#### **1 Etude d'une mission dans l'espace.**

Lire l'énoncé dans le recueil « activités » en fin de document (activité 4)

#### **2 Imagerie médicale**

Lire l'énoncé dans le recueil « activités » en fin de document. (activité 3)

#### **3 Etude d'un accélérateur de particules.**

#### **4 Phénomène des tsunamis**

#### **5 Accident de Tchernobyl (26 avril 1986)**

#### **6 Utilisation de l'énergie solaire.**

# PROGRAMME DE CHIMIE

## Les compétences d'année en chimie

### Compétence 5

A la fin de la classe de terminale S, l'élève ayant acquis les savoirs, savoir-faire et savoir-être en chimie organique (alcools, amines, acides carboxyliques, dérivés d'acides carboxyliques et acides  $\alpha$  aminés) doit les intégrer dans des situations d'explication, de prévision et de résolution de problèmes : identification, caractérisation, transformations réciproques, utilisation pratique.

### Compétence 6

A la fin de la classe de terminale S, l'élève ayant acquis les savoirs, savoir-faire et savoir-être sur les solutions aqueuses (pH, aux solutions d'acides, de bases et de sels, réactions acide base) doit les intégrer dans des situations d'explication, de prévision et de résolution de problèmes : identification, caractérisation, dosage....

## Les chapitres

L'étude de la chimie organique entamée en classe de première a permis de faire découvrir aux élèves que les composés organiques qui possèdent des groupes d'atomes identiques ont des propriétés analogues, ce qui justifie le classement de ces composés par groupes fonctionnels.

En classe de terminale, à travers l'étude de quelques composés oxygénés et /ou azotés, d'autres groupes fonctionnels sont présentés. Cela montre, entre autres, que plusieurs groupes peuvent coexister dans une même molécule induisant des propriétés spécifiques. Par ailleurs l'accent est mis sur la possibilité de transformer les groupes fonctionnels les uns dans les autres montrant ainsi toute la richesse et les possibilités qu'offre la chimie organique. L'utilisation courante des composés organiques est soulignée (alcootests, parfums, médicaments, savons,...).

**Toutefois l'étude de la chimie reste descriptive en particulier pour les structures moléculaires.**

**Les mécanismes réactionnels sont hors programme.**

<b>CHAPITRE C1 : Les alcools</b>	<b>Durée :6 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
----------------------------------	-------------------	------------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Construire les modèles des molécules d'alcools de différentes classes * Nommer un alcool. Distinguer les trois classes d'alcool par leur formule ou par l'oxydation ménagée. Ecrire les équations bilans. *Citer les caractéristiques de la réaction d'estérification directe et celles de l'hydrolyse. *Distinguer qualitativement une réaction totale d'une réaction réversible	* <b>Rappels : alcools et classes.</b> - Formule brute, groupement caractéristique. - Les trois classes * <b>Propriétés .</b> Oxydation ménagée Déshydratation Estérification directe. Hydrolyse. Equilibre chimique	* Utilisation des modèles moléculaires Recherche de formules développées Réalisation de l'oxydation ménagée ou énergétique des alcools.  Réalisation d'une réaction d'estérification (ou d'hydrolyse).

## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
La fermentation est la modification chimique de substances organiques sous l'action d'enzymes. Le type de fermentation le plus important est probablement la fermentation alcoolique : transformation des sucres de céréales ou de fruits par les levures 1 Quel est le produit majoritaire obtenu lors de la fermentation alcoolique ? 2 Donner le nom et la formule de quelques alcools d'usage courant. 3 A quelle (s) fin(s) utilise-t-on ces alcools ? 4 Relever les indications mentionnées sur l'étiquette d'une bouteille d'alcool éthylique commercial. Donner leur signification.

- Ce chapitre prolonge l'étude des composés organiques oxygénés menée en classe de première. Il convient de rappeler les groupements caractéristiques des alcools, leur formule générale, les classes d'alcools et leur obtention par l'hydratation des alcènes.
- L'accent sera mis sur l'étude des propriétés chimiques des alcools : déshydratation, oxydation brutale, oxydation ménagée et estérification directe (la réaction d'estérification indirecte ne sera étudiée que dans le chapitre C3)
- Souligner les caractéristiques de la réaction d'estérification directe.
- Insister sur les réactions d'oxydation ménagée et montrer comment elles permettent de distinguer les trois classes d'alcools. La mise en évidence des produits de l'oxydation ménagée d'un alcool fera appel aux tests d'identification des aldéhydes et cétones vus en classe de première. Ces tests ne seront pas traduits en équations. Par contre, on traduira l'oxydation de l'alcool en aldéhyde ou acide carboxylique par l'ion permanganate et/ou l'ion dichromate en milieu acide en utilisant les demi-équations électroniques des couples oxydant-réducteur correspondants

- L'utilisation des réactions de déshydratation des alcools pour la préparation des alcènes sera soulignée.

- L'hydrolyse des esters sera étudiée, on donnera ses caractéristiques. La comparaison avec la réaction d'estérification permettra d'aboutir à la notion "d'équilibre chimique". A ce stade on se limitera à la notion qualitative d'équilibre, l'étude quantitative ne sera pas abordée ici ; par contre la possibilité de déplacer un équilibre sera illustrée par un exemple (élimination d'eau dans le cas de l'équilibre estérification-hydrolyse) .

- A travers cette étude l'accent sera mis sur l'utilisation courante des composés organiques oxygénés : alcootests, parfums, médicaments etc.

Signaler l'existence de polyalcools, il sera utile de donner l'exemple du glycérol qui servira plus tard (réaction de saponification chapitre C3) .

**Toutefois l'étude des propriétés des polyalcools est hors programme.**

<b>CHAPITRE C2 : Les amines.</b>	<b>Durée :4 h</b>	<b>C L A S S E : ° t S</b>
----------------------------------	-------------------	----------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
Nommer une amine à partir de sa formule développée ou semi-développée Construire les modèles moléculaires d'amines de différentes classes * Différencier les trois classes d'amine Donner les caractéristiques de l'ionisation d'une amine dans l'eau.  * Mettre en évidence les propriétés basiques des amines.	* <b>Amines.</b> Groupe caractéristique. Structure de LEWIS Nomenclature. Les trois classes.  * <b>Propriétés</b> Ionisation Réaction avec les indicateurs et les ions métalliques.	* Utilisation des modèles moléculaires. Recherche de formules développées  * Faire des expériences illustrant les propriétés basiques des amines : action sur les indicateurs, sur les ions métalliques

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
Les amines sont des produits de base très importants dans l'industrie. Ecrire la formule semi-développée de chacune des amines nommées ci-après et donner les principales utilisations industrielles que l'on en fait: - méthanamine - éthanamine, - aniline.

La reconnaissance de la fonction amine, la distinction des trois classes d'amine et l'énoncé des règles de nomenclature débiteront le chapitre.

La représentation de la structure de Lewis des amines permettra de prévoir leur caractère basique (et d'expliquer dans la suite du programme le lien entre la force de la basicité de l'amine et le degré de substitution).

L'étude des propriétés basiques des amines donnera lieu à des expériences que feront les élèves. Cette étude sera limitée à l'ionisation des amines dans l'eau (on insistera sur le caractère partiel), leur action sur les indicateurs colorés et sur les solutions d'ions métalliques. D'autres propriétés des amines seront étudiées dans la suite du programme (Chapitres C3 et C8) et au fur et à mesure les applications seront données.

<b>CHAPITRE C3 : Acides carboxyliques et dérivés</b>	<b>Durée :5 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
--	-------------------	--------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
* Donner les formules brutes et les formules semi-développées des acides carboxyliques et des fonctions dérivées. * Nommer les acides carboxyliques et les fonctions dérivées. * Citer les propriétés des acides carboxyliques et des fonctions dérivées. * Ecrire les équations des réactions étudiées. * Donner quelques applications des acides carboxyliques et des fonctions dérivées dans la vie courante : saponification etc.	* <b><u>Acides carboxyliques.</u></b> Groupe carboxyle Nomenclature, Ionisation ; action sur les métaux, action sur les indicateurs colorés * <b><u>Passages aux fonctions dérivées et réactions inverses</u></b> Décarboxylation Passage à l'anhydride et réaction inverse Passage au chlorure et réaction inverse Estérification Saponification Passage à l'amide. * <b><u>Applications</u></b> - Polyesters. - Polyamides.	* Utilisation des modèles moléculaires. Recherche de formules développées * Hydrolyse du chlorure d'acyle * Fabrication de savon * Fabrication du nylon6-6

## Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
C'est Pasteur qui, le premier, a expliqué les processus microbiologiques de la fabrication du vinaigre. Le vinaigre est le produit de deux fermentations : la première, assurée par la levure, transforme le sucre dissous en alcool et donne une liqueur de 6 à 9 degrés, appelée brassin ; le brassin fermente à son tour sous l'action de l'Acetobacter. 1 Que signifie « liqueur de 6 à 9 degrés » ? 2 De quel alcool dérive l'acide correspondant au vinaigre ? 3 En déduire le nom systématique de cet acide, donner la formule semi-développée correspondante. 4 Ecrire la formule semi-développée d'un ester de même formule brute que cet acide. Nommer ce composé.

Ce chapitre vient en complément de l'étude sommaire des acides faite en 1<sup>ère</sup>.

Il s'agit de présenter à nouveau le groupe carboxyle et par suite d'étudier ses transformations en d'autres groupes :

Après avoir rappelé les règles de nomenclature donner quelques exemples d'acides carboxyliques à chaîne linéaire et saturée, et d'acides dont la molécule renferme un noyau benzénique.

L'étude des transformations du groupe carboxyle portera sur les propriétés acides (ionisation limitée, action sur les métaux, sur les indicateurs colorés), les réactions de décarboxylation et le passage des acides carboxyliques aux fonctions dérivées (anhydride d'acide, chlorure d'acide, ester, amide) et le passage inverse. On précisera la nomenclature des fonctions dérivées et on écrira les équations des réactions de synthèse.

Le passage à l'ester donnera l'occasion de comparer les deux possibilités: estérification directe (action d'un acide carboxylique sur un alcool, réaction lente, limitée) et estérification indirecte (action d'un chlorure ou d'un anhydride d'acide sur un alcool, réaction rapide, totale).

Pour les amides on se limitera au passage de l'acide à l'amide (le passage inverse n'est pas à faire)

La saponification des esters sera réalisée. A ce propos les corps gras seront présentés comme des triesters du glycérol et des acides gras.

- Réaliser la saponification de l'huile.

Comme applications du chapitre on donnera les exemples de la fabrication industrielle des savons, des polyesters et du Nylon.

**Les mécanismes réactionnels sont hors programmes.**

<b>CHAPITRE C4 : Cinétique chimique</b>	<b>Durée :5 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
---	-------------------	--------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Déterminer une vitesse de formation d'un produit et/ou de disparition d'un réactif.</li> <li>* Déterminer le temps de demi réaction.</li> <li>* Utiliser l'influence des facteurs cinétiques sur la vitesse.</li> <li>* Donner quelques applications de la cinétique chimique : conservation des aliments, autocuiseur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Objet de la cinétique.</b></li> <li>* <b><u>Vitesse de formation et vitesse de disparition</u></b> Vitesse moyenne, vitesse instantanée. Temps de demi réaction</li> <li><b><u>Facteurs cinétiques.</u></b> Concentrations Température Catalyseur</li> <li>* <b><u>Applications</u></b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Réalisation de réactions lentes, rapides,..</li> <li>* Tracer une courbe <math>n = f(t)</math> ou <math>C = f(t)</math>.</li> <li>* Déterminer graphiquement une vitesse moyenne, une vitesse instantanée d'apparition ou de disparition.</li> <li>* Mise en évidence des facteurs cinétiques.</li> </ul>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
1 Pour éviter la décomposition rapide de certains aliments tels que le couscous, traditionnellement on y place un morceau de charbon. Comment justifier scientifiquement cette pratique traditionnelle ? 2 Comment justifier la conservation moderne au froid des aliments ?

L'étude comparée de l'évolution dans le temps de quelques réactions pourrait se faire en s'appuyant sur des exemples simples : combustions vives, réactions de précipitation, combustions lentes, estérification,....

On insistera sur la notion de temps de réaction et sur la relativité du caractère rapide ou lent d'une réaction. Cela permettra de justifier la nécessité d'introduire la vitesse et de préciser l'objet de la cinétique chimique.

S'appuyant sur un exemple de réaction lente on montrera que l'on peut facilement suivre la formation de l'un des produits ou la disparition d'un des réactifs et chercher à déterminer la quantité qui varie au cours du temps : Comme exemple on pourrait réaliser l'action des ions iodure sur les ions peroxydisulfate ou la réaction d'estérification directe ou d'hydrolyse d'un ester (à défaut de répéter l'expérience les résultats de mesures du chapitre C1 pourraient être utilisés).

On définira alors la vitesse moyenne de formation et la vitesse instantanée de formation d'un produit puis la vitesse moyenne de disparition et la vitesse instantanée de disparition d'un réactif.

Les élèves apprendront à déterminer graphiquement ces vitesses en précisant leurs unités (mol/s, mol/h). On montrera l'évolution de la vitesse de réaction au cours du temps.

Expérimentalement, on dégagera l'influence des facteurs cinétiques sur la vitesse de réaction : concentration des réactifs, température du milieu réactionnel, catalyseurs.

Expérimentalement montrer comment l'action des ions fer(II) ou fer(III) accélère la réaction des ions iodure sur les ions peroxydisulfate puis interpréter par les équations de réaction.

Pour l'autocatalyse donner l'exemple du couple  $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ , c'est le seul exemple à donner.

En exercices divers exemples relevant de différents types de réactions (estérification, hydrolyse, saponification, réactions d'oxydoréduction...) seront traités. Dans le cas des réactions d'oxydoréduction donner les potentiels normaux des couples impliqués ou des indications sur les produits formés pour permettre aux élèves d'écrire les équations de réaction.

On citera quelques applications : autocuiseur, méthodes de conservation des aliments.

**Les notions de vitesse globale et d'ordre de réaction ne sont pas au programme.**

**Rappel : les mécanismes réactionnels sont hors programme,**

L'étude systématique de la catalyse est aussi hors programme.

<b>CHAPITRE C<sub>5</sub>: pH d'une solution aqueuse - Autoprotolyse de l'eau , produit ionique — Indicateurs colorés</b>	<b>Durée 6 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
---	------------------	------------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesurer le pH d'une solution à l'aide du pH-mètre</li> <li>Déterminer l'acidité, la basicité et la neutralité d'un milieu par la mesure du pH ou l'emploi d'un indicateur coloré. Ecrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau.</li> <li>Donner la valeur du produit ionique de l'eau à 25°C et établir un lien entre la valeur du produit ionique et la température.</li> <li>Donner les valeurs des concentrations en ions HO<sup>-</sup> et H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dans l'eau pure à 25°C (10<sup>-7</sup> mol/L)</li> <li>Déduire le pH de la concentration en ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> et HO<sup>-</sup> et inversement</li> <li>Utiliser un indicateur coloré</li> <li>Prendre conscience de l'importance du pH dans la vie courante : valeur du pH sanguin, des sols, des produits alimentaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b><u>pH d'une solution aqueuse.</u></b></li> <li>- Expression.</li> <li>- Mesure de pH.</li> <li>* <b><u>Caractère acide, basique ou neutre d'une solution</u></b></li> <li>* <b><u>Cas de l'eau pure</u></b></li> <li>- Conductibilité de l'eau.</li> <li>- Autoprotolyse de l'eau.</li> <li>- Produit ionique de l'eau.</li> <li>* <b><u>Calcul de pH</u></b></li> <li>* <b><u>Indicateurs colorés.</u></b></li> <li>* <b><u>Applications.</u></b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mesure de pH à l'aide du pH-mètre.</li> <li>* Mise en évidence de la conductibilité de l'eau.</li> <li>* Interprétation de la faible conductibilité de l'eau.</li> <li>* calcul de pH et de concentrations en ions OH<sup>-</sup> et H<sub>3</sub>O<sup>+</sup></li> <li>* Préparation d'un indicateur coloré..</li> <li>Etablissement de l'échelle de pH d'un indicateur coloré.</li> </ul>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
<p>1 Macérer dans l'eau la calice sèche d'oseille (bissap blanc) pendant une heure environ. Filtrer et transvaser le filtrat dans un flacon ; diluer si la solution est concentrée et conserver à l'abri de l'air. Préparer une solution diluée de citron, une de cendre et une sel alimentaire (de chlorure de sodium). Prélever 1 millilitre de chaque solution puis ajouter une à deux gouttes de la solution d'oseille. Noter la couleur obtenue. Comparer les résultats obtenus. Conclure. Quelle utilisation pratique peut-on faire de la solution d'oseille ?</p> <p>2 Reprendre l'expérience en utilisant des fleurs de bougainvilliers à la place de la calice d'oseille. Comparer les résultats obtenus avec les précédents.</p>

L'étude des solutions faite en classe de seconde a permis de faire le lien entre les propriétés acides (basiques) d'une solution et la concentration en ions hydronium ou oxonium H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (hydroxyde HO<sup>-</sup>) : les propriétés acides (basiques) sont d'autant plus marquées que la concentration en ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (ou en ions HO<sup>-</sup>) est élevée (à ce niveau seule la définition d'Arrhénius a été étudiée)

Ce chapitre consolide les connaissances acquises en classe de seconde sur les acides et les bases par l'introduction d'une grandeur, le pH, qui « mesure » l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse.

Le pH sera défini comme l'opposé du logarithme décimal de la concentration en ions hydronium :  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$

On expliquera en quoi il est plus commode d'utiliser les valeurs pH à la place des valeurs des concentrations en ions hydronium.

Faire mesurer le pH d'une solution à l'aide du pH-mètre. On expliquera le fonctionnement de l'appareil.

A l'aide du pH –mètre faire mesurer le pH de solutions acides, basiques et neutres. Donner les valeurs de ces pH à 25°C.

En évaluation formative les élèves seront amenés à calculer des pH de solutions connaissant  $[H_3O^+]$  ou  $[HO^-]$  et réciproquement.

La conductibilité électrique de l'eau peut être introduite à partir de la mesure du pH de l'eau pure qui prouve l'existence d'ions. Cette conductibilité sera interprétée à partir de la réaction d'autoprotolyse de l'eau ou équilibre d'ionisation de l'eau. On en profitera pour consolider la notion d'équilibre vue dans le chapitre C<sub>1</sub>

On donnera l'expression du produit ionique de l'eau :  $K_e = [H_3O^+].[HO^-]$

Sa valeur à 25 C sera retenue. Donner la relation  $pK_e = - \log K_e$

Des exemples de valeurs numériques seront fournis à titre indicatif pour montrer que le produit ionique est fonction de la température :

à 0°C             $K_e = 1,1 \cdot 10^{-15}$              $pK_e = 14,96$

à 25°C            $K_e = 10^{-14}$                      $pK_e = 14$

à 100°C         $K_e = 5,5 \cdot 10^{-13}$              $pK_e = 12,26$

Rappeler la définition d'un indicateur coloré et préparer quelques indicateurs naturels ou usuels. L'action d'un indicateur tel que le bleu de bromothymol sur des solutions de pH varié permettra de rappeler les notions de teinte acide, teinte basique, teinte sensible et zone de virage vues en classe de seconde.

Dans le chapitre C<sub>8</sub> les compléments nécessaires sur l'étude des indicateurs colorés (couple acide base, pKa, mode d'action d'un indicateur coloré) seront apportés. On expliquera dès à présent le principe du papier pH et on l'utilisera.

En application on donnera la valeur du pH du sang, du pH de certains sols et de quelques produits alimentaires. Des règles de sécurité seront données.

NB : Il est important de rappeler, à titre introductif ou au fur et à mesure du déroulement de la leçon, les notions de concentration molaire ou « molarité » d'un soluté dans une solution et de concentration molaire d'une espèce chimique présente dans une solution.

<b>CHAPITRE C<sub>6</sub> : Notions d'acide fort et de base forte – réaction entre acide fort et base forte.</b>	<b>Durée 7 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
--	------------------	--------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<p>* Ecrire les équations des réactions des acides forts et des bases fortes avec l'eau.</p> <p>* Ecrire les équations d'électroneutralité et de conservation de la matière. Utiliser les expressions des pH des monoacides forts et des monobases fortes.</p> <p>* Calculer le pH du mélange d'un acide fort et d'une base forte.</p> <p>* Utiliser la méthode des tangentes pour déterminer le point équivalent.</p> <p>* Retenir que le pH à l'équivalence est égal dans ce cas précis à 7 (à 25°C).</p> <p>* Connaître l'allure de la courbe <math>\text{pH} = f(V_B)</math> et interpréter ses différentes parties.</p>	<p>* <b>Acide fort.</b></p> <p>- Exemple de HCl +Equation d'électroneutralité. +Equation de conservation de la matière. - Généralisation</p> <p>* <b>Base forte.</b></p> <p>- Exemple de NaOH +Equation d'électroneutralité. +Equation de conservation de la matière. - Généralisation</p> <p>* <b>Réaction entre un acide fort et une base forte.</b></p> <p>- Etude qualitative - Etude quantitative +Evolution du pH du mélange. +Tracé de la courbe <math>\text{pH} = f(V_B)</math>. +Point d'équivalence. +Influence de <math>C_a</math> sur l'allure de la courbe</p>	<p>* Mesure du pH de quelques solutions.</p> <p>* Expériences : - montrer qu'un acide fort est complètement dissocié en ions dans l'eau. - montrer qu'une base forte est complètement dissociée en ions dans l'eau. Recherche du domaine de validité des relations <math>\text{pH} = -\log C</math> pour un monoacide, <math>\text{pH} = 14 + \log C</math> pour une monobase à l'aide d'un pH-mètre.</p> <p>* Expérience : vérifier qu'en mélangeant un acide et une base il disparaît autant de moles d'ions <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> que de moles d'ions <math>\text{HO}^-</math>.</p> <p>* Réalisation du dosage acide fort base forte avec un pH-mètre et/ou un indicateur coloré.</p> <p>* Tracer la courbe <math>\text{pH} = f(V_B)</math>. Exploiter la courbe de dosage</p>

## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<p>Les Industries Chimiques du Sénégal (I.C.S) disposent à MBO d'une unité de fabrication d'engrais. On y fabrique, entre autres :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- du sulfate d'ammonium (engrais simple),</li> <li>- du nitrate de calcium (engrais simple),</li> <li>- du superphosphate normal (mélange de deux sels : dihydrogénophosphate de calcium + sulfate de calcium).</li> </ul> <p>1 Chaque engrais est obtenu à partir de l'action d'un acide fort sur une substance appropriée. Préciser les réactifs utilisés pour chaque engrais.</p> <p>2 Ces exemples mettent en évidence les risques que fait courir à la population l'utilisation abusive des engrais chimiques ; expliquer.</p>

Dans le cas des acides forts, on prendra comme exemple l'acide chlorhydrique. A partir d'une solution commerciale par exemple, préparer des solutions ni trop concentrées ni trop diluées (exemple  $C = 10^{-2}$  ;  $10^{-3}$  ,  $10^{-4}$  mol.L<sup>-1</sup>). Les acquis de la classe de seconde sur la préparation des solutions seront utilisés (calcul des quantités de matière, de volumes, matériel approprié).

Pour une solution chlorhydrique de concentration donnée on mettra en évidence la conductibilité électrique ainsi que la présence d'ions  $\text{Cl}^-$  (action d'une solution de nitrate d'argent) et d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  (mesure du pH). Après avoir fait l'inventaire des espèces chimiques présentes, on appliquera

l'équation d'électroneutralité et l'équation de conservation de la matière pour déterminer leurs concentrations, ce qui permettra d'aboutir à la conclusion selon laquelle la réaction de l'acide chlorhydrique avec l'eau est totale. On définira alors la notion d'acide fort.

Pour un monoacide fort on établira la relation  $\text{pH} = -\log C$  et l'on précisera son domaine de validité :  $10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} < C < 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

On fera remarquer que si le monoacide est trop concentré ( $C > 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ) la relation précédente n'est pas applicable du fait des interactions fortes entre ions. Si la solution de monoacide fort est trop diluée, la relation  $\text{pH} = -\log C$  n'est pas valable car il faut tenir compte de la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  venant de l'eau.

On citera d'autres exemples d'acides forts :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , (en solution assez diluée),  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HClO}_4$  (acide perchlorique). Faire vérifier expérimentalement que ces acides sont forts et faire écrire à chaque fois l'équation de leur réaction avec l'eau.

Prendre l'hydroxyde de sodium comme exemple de base forte et utiliser le même procédé que pour l'étude de la solution chlorhydrique : mise en évidence de la conductibilité électrique de la solution et de la présence des ions  $\text{Na}^+$  (test à la flamme) et  $\text{OH}^-$  (mesure du pH), inventaire des espèces chimiques présentes, calcul des concentrations molaires pour une solution de concentration  $C$  connue à partir du pH et des équations d'électroneutralité et de conservation de la matière.

En déduire la définition générale d'une base forte. Préciser que pour des solutions de monobases fortes ni trop concentrées ni trop diluées ( $10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} < C < 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ), on peut appliquer la relation :  $\text{pH} = 14 + \log C$ .

Donner des exemples de bases fortes :  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$  (ion éthanolate).

La réaction entre un acide fort et une base forte sera étudiée à partir de solutions d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium.

Qualitativement le caractère exothermique de la réaction sera mis en évidence en mélangeant des solutions de concentrations voisines de 1 mol/L et en suivant l'évolution de la température à l'aide d'un thermomètre. L'étude quantitative qui suit se fera à partir d'un mélange d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentrations respectives  $C_A$  et  $C_B$ , de volumes respectifs  $V_A$  et  $V_B$ . La mesure du pH du mélange permettra de montrer qu'il disparaît autant d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  que d'ions  $\text{OH}^-$  : ce résultat devra être établi par les élèves, ce faisant ils apprendront à s'habituer au calcul des concentrations et à l'utilisation des équations d'électroneutralité et de conservation de la matière. Ecrire l'équation de la réaction.

L'étude de l'évolution du pH du mélange en fonction du volume  $V_B$  de base versée sera faite (dosage pH-métrique d'un acide fort par une base forte). Faire tracer la courbe  $\text{pH} = f(V_B)$ , interpréter son allure et insister particulièrement sur l'évolution très lente du pH pour un volume

faible de base versée et sur le saut de pH important quand on atteint l'équivalence acido-basique. Le point d'équivalence sera déterminé par la méthode des tangentes. Montrer aussi comment situer le point équivalent à l'aide d'un indicateur coloré.

Définir de façon générale la notion d'équivalence acido-basique et insister sur le fait qu'à l'équivalence d'un mélange d'acide fort et de base forte le  $pH_E = 7$ . Donner les précisions nécessaires sur la notion d'équivalence.

A titre d'application on fera calculer la concentration de la solution de titre inconnu en exploitation les coordonnées du point équivalent..

L'influence de la concentration de l'acide sur l'allure de la courbe  $pH = f(V_B)$  sera traitée.

En exercice, faire tracer la courbe  $pH = f(V_a)$  et faire interpréter l'allure de la courbe pour le dosage d'une base forte par un acide fort.

<b>CHAPITRE C<sub>7</sub> : Acides et bases faibles, couples acide-base-Constante d'acidité et classification des couples acide - base</b>	<b>(Durée : 8 h)</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
--	----------------------	------------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Retenir que les acides et les bases faibles sont partiellement dissociés en ions dans l'eau.</li> <li>* Calculer le coefficient d'ionisation d'un acide, d'une base.</li> <li>* Montrer l'augmentation du coefficient d'ionisation lorsque la dilution augmente. Ecrire les demi-équation protoniques d'un couple acide-base.</li> <li>* Calculer une constante de réaction (acido-basique)</li> <li>* Calculer le <math>K_a</math> et le <math>pK_a</math> d'un couple acide-base.</li> <li>* Comparer les forces de deux acides, de deux bases.</li> <li>* Classer des couples acide-base.</li> </ul>	<p><b><u>Acides faibles et bases faibles</u></b> Acide éthanoïque, ion éthanoate, Ammoniac, ion ammonium</p> <p>* <b><u>Couples acide - base</u></b> couple acide éthanoïque / ion éthanoate, - couple ion ammonium/ ammoniac - Théorie de Bronsted - généralisation</p> <p><b><u>Constante d'acidité <math>K_a</math> ( pKa)</u></b> Constante de réaction K, Constante de réaction réduite ou constant d'acidité <math>K_a</math></p> <p>* <b><u>Classification des couples acide-base.</u></b></p>	<p>*Expérience :Vérifier expérimentalement qu'à concentration égale, une solution aqueuse d'acide faible est moins conductrice qu'une solution d'acide fort; en faire de même pour une base faible.</p> <p>* Expérience : Montrer que les acides et les bases faibles sont partiellement dissociés en ions dans l'eau. Expériences : - mesurer le pH d'un acide faible et vérifier que : <math>pH &gt; pC = -\log C</math>. - mesurer le pH d'une base faible et vérifier que <math>pH &lt; 14 + \log C</math>. Mise en évidence de couples acide-base. Tracer la courbe : <math>pH = f(\log[CH_3COO^-]/[CH_3COOH])</math>.</p> <p>* Détermination expérimentale de la constante d'acidité d'un couple acide- base.</p>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
<p>Un acide faible : l'aspirine.</p> <p>1 Le terme aspirine est un nom synonyme d'acide acétylsalicylique, produit vendu sous différents noms commerciaux déposés. Il a été synthétisé pour la première fois en 1893 par le chimiste allemand Félix Hoffmann. Rechercher la formule semi-développée de l'aspirine. Reproduire cette formule, entourer et nommer les différents groupes fonctionnels.</p> <p>2 L'aspirine est prescrit comme analgésique, antipyrétique, anti-inflammatoire, antifièvre : que signifient ces qualificatifs ?</p>

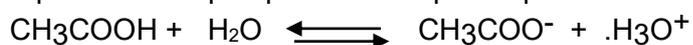
Après avoir étudié les acides forts qui, en solution aqueuse réagissent totalement avec l'eau, montrer que certains acides tels que l'acide éthanoïque réagissent partiellement avec l'eau ; de même on montrera que certaines bases telles que l'ammoniac réagissent partiellement avec l'eau, contrairement aux bases fortes comme l'hydroxyde de sodium.

Le professeur pourrait commencer par montrer qu'à concentration égale une solution d'acide éthanoïque est moins conductrice qu'une solution d'acide chlorhydrique. Il interprétera cela par la faible dissociation de l'acide éthanoïque dans l'eau. Ce résultat devrait être confirmé par la suite par une étude quantitative : on fera déduire, de l'inventaire des espèces susceptibles d'être présentes dans une solution d'acide éthanoïque de concentration molaire C donnée et de la valeur du pH mesuré, les concentrations de ces espèces. L'interprétation des résultats obtenus permet de justifier le caractère limité de la réaction d'ionisation de l'acide éthanoïque dans l'eau et par suite d'écrire l'équation correspondante.

La notion de degré d'ionisation sera introduite ; et l'on pourra montrer en exercice son évolution avec la dilution.

Le caractère limité de la réaction d'ionisation de l'acide éthanoïque sera expliqué par la mise en évidence de la réaction inverse.

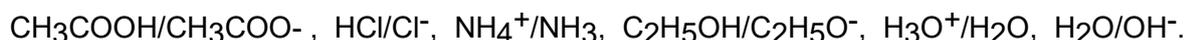
La mise en évidence de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau et celle de la réaction des ions hydronium avec les ions éthanoate, permettent de conclure que ces réactions mènent à un équilibre chimique qui se traduit par l'équation :



Pour l'étude des bases faibles, le professeur prendra l'ammoniac comme exemple. Il adoptera la même démarche que pour les acides faibles pour montrer que les bases faibles sont partiellement dissociées en ions. La définition d'une base faible sera donnée et son coefficient d'ionisation calculé.

D'autres exemples de bases faibles seront cités.

La notion de couple acide base peut être déduite de l'étude précédente : le passage de l'acide éthanoïque à l'ion éthanoate et le passage inverse, ainsi que le passage de l'ion ammonium à l'ammoniac et vice versa. On donnera d'autres exemples de couples en précisant la convention d'écriture :



Dans le cas des polyacides et des polybases on parlera des espèces ampholytes ou amphotères ( $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )

A partir de l'exemple du couple  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ , définir la notion de constante d'acidité.

Pour ce faire revenir sur la notion d'équilibre chimique pour introduire la notion de constante de réaction :

- Soit l'équilibre :  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$
- les résultats expérimentaux obtenus avec de nombreux équilibres chimiques montrent que l'expression
- $[\text{C}][\text{D}] / [\text{A}][\text{B}]$  reste constante quelles que soient les concentrations des quatre constituants . Cette constante ne dépend que de la température pour une réaction donnée; elle représente par définition la constante de réaction K :
  - $K = [\text{C}][\text{D}] / [\text{A}][\text{B}] = \text{constante à température donnée.}$

Revenant sur l'équilibre d'ionisation de l'acide éthanoïque on fera exprimer la constante de réaction.

En faisant remarquer que dans les solutions diluées  $[\text{H}_2\text{O}]$  est pratiquement constante, on introduira la notion de constante de réaction réduite  $K_r$  que l'on appellera constante d'acidité  $K_a$  :



$$\text{On a } K_a = K_r = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$K_a$  est la constante d'acidité de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dans l'eau :  $K_a = 1,6 \cdot 10^{-5}$  à  $25^\circ\text{C}$

On définira le pKa par l'expression :  $pK_a = -\log K_a$ .

La généralisation pour un couple acide/base quelconque AH/A<sup>-</sup> donne :

$$K_a = [A^-].[H_3O^+]/[AH] \text{ et } pK_a = -\log K_a.$$

La relation  $pH = pK_a + \log [A^-]/[AH]$  en sera déduite.

A partir d'exemples on procédera à la détermination expérimentale de Ka.

L'exploitation de la relation précédente permettra de préciser sur une échelle de pH les domaines de prédominance de l'acide et de la base conjuguée : dans le domaine où  $pH < pK_a$  l'acide prédomine ; et là où  $pH > pK_a$  la base conjuguée prédomine.

On expliquera le lien entre la force de l'acide et la constante d'acidité :

- \*de deux acides faibles le plus fort est celui du couple dont le  $K_a$  est plus élevé (donc le pKa plus faible).
- \*de deux bases faibles la plus forte est celle du couple dont le  $K_a$  est plus faible (donc le pKa plus élevé).

Le professeur donnera quelques exemples de valeurs de  $K_a$  et de  $pK_a$  de couples acide/base ainsi que la classification des couples acide base.

Rappeler la définition d'un indicateur coloré et compléter par le fait qu'à un indicateur coloré est associé un couple acide-base dont les formes acide et basique ont des couleurs différentes.

**NB : La notion de constante de réaction ne sera utilisée que pour les réactions acido-basique ; par ailleurs toute autre formulation de la loi d'action de masse est hors programme.**

<b>CHAPITRE C<sub>8</sub>: Réactions acide faible -base forte et acide fort -base faible, dosages, effet tampon</b>	<b>Durée : 7h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
---	-------------------	------------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Déterminer le point d'équivalence et le point de demi équivalence.</li> <li>* Donner le pH à l'équivalence lors d'un dosage acide faible-base forte (<math>pH_E &gt; 7</math>).</li> <li>* Donner la valeur du pH à l'équivalence lors d'un dosage acide fort -base faible (<math>pH_E &lt; 7</math>).</li> <li>* Utiliser une courbe de dosage pour déterminer une concentration.</li> <li>* Déterminer le pKa d'un couple</li> <li>* Choisir un indicateur coloré approprié pour réaliser un dosage</li> <li>* Préparer une solution tampon.</li> <li>* Donner les propriétés d'une solution tampon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Réaction acide faible-base forte.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractères de la réaction</li> <li>- Courbe <math>pH = f(V_B)</math>.</li> <li>- Point d'équivalence.</li> <li>- Point de demi équivalence.</li> <li>- Zone tampon.</li> </ul> </li> <li>* <b>Réaction acide fort-base faible.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- caractères de la réaction</li> <li>- Courbe <math>pH = f(V_A)</math>.</li> <li>- Point d'équivalence.</li> <li>- Point de demi équivalence.</li> <li>- Zone tampon.</li> </ul> </li> <li>* <b>Dosage acido-basique.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation de la courbe de dosage.</li> <li>- Choix d'un indicateur coloré.</li> </ul> </li> <li>* <b>Solution tampon.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Expérience : réaliser le dosage d'un acide faible par une base forte et vice versa puis tracer les courbes <math>pH = f(V_B)</math> et <math>pH = f(V_A)</math></li> <li>* Réalisation d'un dosage pHmétrique.</li> <li>* Réalisation d'un dosage colorimétrique.</li> <li>* Préparation d'une solution tampon.</li> </ul>

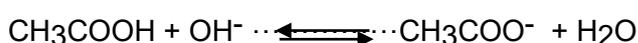
## Commentaires

<b>Activités préparatoires possibles</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Rechercher la définition d'une solution tampon.</li> <li>2 Le sang humain, par exemple, est tamponné à 7,4 ; si le pH est inférieur à 7,3, le sang élimine difficilement le gaz carbonique des cellules ; si le pH passe au-dessus de 7,7, il cède difficilement le gaz carbonique aux poumons. Lorsque les valeurs du pH sanguin se situent en dehors de la fourchette allant de 7 à 7,8 la mort est inéluctable, expliquer pourquoi.</li> </ol>

Le professeur commencera par montrer que la réaction entre un acide faible et une base forte (par exemple la réaction de l'acide éthanóique avec l'hydroxyde de sodium) est une réaction exothermique..

Par une démarche analogue à celle qui est adoptée au chapitre précédent on calculera les concentrations molaires des espèces présentes dans le mélange d'une solution d'acide éthanóique et d'une solution d'hydroxyde de sodium de volumes et concentrations connus. Les résultats obtenus permettront de déduire que lors de ce mélange les ions OH<sup>-</sup> apportés par la base réagissent avec les molécules d'acide selon une réaction totale que l'ion traduira par l'écriture : CH<sub>3</sub>COOH + OH<sup>-</sup>.....→...CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> + .H<sub>2</sub>O

Ce résultat sera confirmé par le calcul de la constante de réaction pour l'équilibre :



On vérifiera que la constante de réaction vaut :  $K = K_a / K_e = 10^{14 - pK_a} = 10^{9,8} > 10^3$ , ce qui permet de conclure que la réaction est pratiquement totale dans le sens 1(vers la droite ici).

Ce résultat sera généralisé pour la réaction entre un acide faible AH quelconque et une base forte :  $\text{AH} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$

En partant d'une solution d'acide éthanóique sur laquelle on verse progressivement une solution de soude de titre connu on étudiera l'évolution du pH au cours de la réaction. Faire tracer la courbe  $\text{pH} = f(V_B)$ , interpréter l'allure de la courbe et la comparer à celle obtenue lors de la réaction d'un acide fort avec une base forte. Les points d'équivalence et de demi-équivalence seront déterminés. On en déduira le pK<sub>a</sub> et le K<sub>a</sub> du couple acide/base. Faire remarquer que  $\text{pH}_E > 7$  et en donner la justification théorique..

Le professeur définira une solution tampon, il en dégagera les propriétés. Il donnera les différentes méthodes de préparation des solutions tampons.

Les applications des solutions tampons seront indiquées.

En exercice, on traitera le cas de la réaction d'un acide fort avec une base faible. Le caractère total de la réaction pourrait être vérifié par le calcul de la constante de réaction.

A partir de mesures on fera tracer la courbe  $\text{pH} = f(V_A)$ . L'allure de la courbe sera interprétée, les points d'équivalence et de demi- équivalence seront déterminés, on en déduira le pK<sub>a</sub> et le K<sub>a</sub> du couple acide/base. On fera remarquer que  $\text{pH}_E < 7$ .

- A titre d'application on montrera comment un dosage pHmétrique permet de déterminer la concentration d'une solution acide ou basique. Dans le cas de la réaction entre un monoacide et une monobase la relation  $C_A V_A = C_B V_B$  qui traduit l'équivalence sera utilisée pour calculer cette concentration.

Après avoir rappelé qu'à un indicateur coloré correspond un couple acide base, le professeur mettra en évidence expérimentalement la zone de virage de quelques indicateurs colorés en précisant les pH limites de celle-ci.

Un bref rappel sera fait sur le dosage colorimétrique vu en classe de seconde. On insistera sur le choix approprié de l'indicateur coloré : sa zone de virage doit englober le pH à l'équivalence pHE.

<b>CHAPITRE C9 : Acides <math>\alpha</math>-aminés</b>	<b>Durée :5 h</b>	<b>C L A S S E : T S</b>
--	-------------------	--------------------------

<b>Objectifs d'apprentissage</b>	<b>Contenus</b>	<b>Activités d'apprentissage</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Construire des modèles moléculaires</li> <li>* Donner la formule semi-développée d'un <math>\alpha</math> amino acide.</li> <li>* nommer un acide <math>\alpha</math> aminé</li> <li>Donner la représentation de Fischer d'un acide <math>\alpha</math> aminé</li> <li>Distinguer configuration et conformation.</li> <li>* Citer les espèces majoritaires entre (amphion, acide conjugué, base conjuguée) selon le pH du milieu.</li> <li>* Ecrire les demi-équation protoniques des deux couples acide-base.</li> <li>* Connaître comment bloquer, comment activer un groupement carboxylique.</li> <li>* Ecrire l'équation de la réaction entre deux <math>\alpha</math> amino acides.</li> <li>* Expliquer la formation d'une liaison peptidique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b><u>Acide <math>\alpha</math> aminé ou <math>\alpha</math> amino acide.</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formule semi-développée d'un <math>\alpha</math> amino acide.</li> <li>- Nomenclature</li> <li>- Exemples.</li> </ul> </li> <li>* <b><u>Stéréochimie.</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbone asymétrique.</li> <li>- Représentation spatiale.</li> <li>- Représentation de Fischer.</li> <li>- Configuration.</li> <li>- Chiralité.</li> <li>- Enantiomères.</li> </ul> </li> <li>* <b><u>Quelques propriétés</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Activité optique</li> <li>- Pouvoir rotatoire.</li> <li>- Configuration D ou L</li> <li>- Liaison peptidique Amphion ou Zwitterion, acide et base conjuguée</li> </ul> </li> <li>* <b><u>Polypeptides et protéines.</u></b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Représentation de formules développées.</li> <li>* Représentation spatiale et représentation de Fischer d'un <math>\alpha</math> amino acide.</li> <li>Construction des modèles moléculaires.</li> <li>* Interprétation de la formation de l'amphion, de son acide conjugué et de sa base conjuguée.</li> </ul>

### Commentaires

<b><u>Activités préparatoires possibles</u></b>
<p>On estime qu'il existe environ trente mille protéines différentes chez l'Homme, dont 2% seulement ont été décrites. Chez l'Homme, comme chez tous les êtres vivants, les protéines sont constituées d'une vingtaine d'acides <math>\alpha</math>-aminés différents. Ces acides <math>\alpha</math>-aminés sont liés par des liaisons peptidiques sous forme de longs filaments (chaînes polypeptidiques)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Les protéines jouent d'importants rôles dans l'organisme humain. Citer quelques uns de ces rôles.</li> <li>2 Les peptides et les protéines sont tous formés à partir d'acides <math>\alpha</math>-aminés, ce sont des polypeptides. A quoi tient leur différence?</li> <li>3 Rechercher la définition et la formule générale d'un acide <math>\alpha</math>-aminé.</li> </ol>

Définir un  $\alpha$  amino acide, donner sa formule semi-développée. Citer quelques exemples d'acide  $\alpha$  aminé (Glycine, Alanine, Valine, Leucine) et donner leurs symboles respectifs (Gly, Ala, Val, Leu).

L'étude des acides  $\alpha$  aminés sera mise à profit pour compléter les éléments de stéréoisomérisie étudiés en classe de première; c'est là un des objectifs assignés au chapitre. S'appuyant sur un exemple bien choisi de molécule d'acide  $\alpha$  aminé on définira les notions de carbone asymétrique, de chiralité et d'énantiomérisie La notion de configuration, la distinction entre configuration et conformation seront précisées. L'utilisation des modèles moléculaires sera d'un grand recours pour cette partie.

On amènera les élèves à faire la représentation spatiale et la représentation de Fischer de quelques molécules d'acide  $\alpha$  aminé. On précisera les configurations D et L. On expliquera l'activité optique.

L'étude de l'ionisation de l'acide  $\alpha$  aminé en solution aqueuse permettra d'introduire la notion d'amphion ou de zwitterion. A partir des règles de prédominance le professeur montrera que dans un milieu très acide la forme prépondérante est l'acide conjugué de l'amphion, dans un milieu très basique la forme prépondérante est sa base conjuguée, en zone intermédiaire l'espèce majoritaire est l'amphion.

On expliquera la formation de la liaison peptidique. La synthèse sélective d'un dipeptide sera expliquée par les possibilités d'activation du groupement carboxylique (sa transformation en groupement chlorure d'acide), de son blocage (sa transformation en groupement ester), et du blocage du groupement amino  $\text{NH}_2$ - (transformation en groupement amide).

- Le professeur donnera la structure de quelques polypeptides et protéines en expliquant leur importance dans la vie : le cours de Sciences naturelles sera d'un grand recours.

### ***Activités d'intégration possibles***

#### **1 Synthèse de médicaments.**

Lire l'énoncé dans le volet « activités » en fin de document (activité 7)

#### **2 Synthèse de conservateurs : acide benzoïque, acide sorbique**

#### **3 Dosage de la vitamine C (acide ascorbique) dans un jus de citron**