

# Physique-Chimie

## CLASSE DE TROISIÈME

En préambule à ce programme, il convient de se référer aux textes suivants qui se trouvent dans ce BO :

- l'introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques ;
- l'introduction générale des programmes de physique-chimie pour le collège.

Le programme est présenté de manière à mettre en évidence son articulation avec le « socle commun » notamment avec sa composante « culture scientifique et technologique » (compétence 3) :

- ce qui se rapporte au socle est écrit en caractère droit ; le reste du programme est écrit en italique. L'ensemble du programme est à traiter dans son intégralité.

- les colonnes « connaissances », « capacités » et « exemples d'activités » se complètent dans une lecture cohérente horizontale : chaque item met en correspondance les connaissances à acquérir et les capacités à maîtriser afin de mettre en œuvre ces connaissances dans des situations variées, dont certaines sont proposées de façon non obligatoire et non exhaustive dans la colonne « exemples d'activités ». Les connaissances et les capacités précédées par un astérisque sont en cours d'acquisition. Les compétences relevant du brevet informatique et Internet-collège [B2i] sont mentionnées dans la colonne « exemples d'activités ».

Les « capacités » générales dont doit faire preuve l'élève (pratiquer une démarche scientifique, comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes...) ainsi que les « attitudes », développées par l'enseignement de physique-chimie, que l'élève doit progressivement acquérir (sens de l'observation, curiosité, esprit critique, intérêt pour les progrès scientifiques et techniques, observation des règles de sécurité, respect des autres, responsabilité face à l'environnement...), sont présentées dans l'introduction générale des programmes de physique-chimie au collège ; elles n'ont pas été reprises, l'enseignant gardant à l'esprit qu'elles constituent des axes permanents de son enseignement.

La présentation retenue n'implique pas une progression obligatoire. Toute liberté est laissée à l'enseignant pour organiser son cours dans l'ordre où il le souhaite. L'essentiel est que le professeur respecte une progression logique et que tout le programme soit étudié.

Les différentes thématiques autour desquelles s'articule le programme servent de support à la construction d'une culture scientifique et technologique en classe de 3<sup>ème</sup> ; elles sont bien entendu au service de l'acquisition des savoirs et de la maîtrise des savoir-faire dans le respect d'attitudes formatrices et responsables.

### Introduction

Dans la continuité du programme du cycle central, le programme de troisième part de questions que l'élève est susceptible de se poser dans son cadre de vie quotidien et le conduit à élaborer de façon progressive une représentation rationnelle de son environnement.

La rubrique A. La chimie, science de la transformation de la matière constitue la partie « chimie » du programme, les rubriques B. Énergie électrique et circuits électriques en « alternatif » et C. De la gravitation ... à l'énergie mécanique en représentant la partie « physique ».

L'unité du programme de troisième se caractérise par des objectifs disciplinaires généraux ainsi que par des objectifs transversaux identiques pour la physique et pour la chimie. Elle se manifeste également dans la nature des concepts théoriques qui sous-tendent les thèmes proposés :

- le concept de charge électrique (ions et électrons) développé dans le paragraphe A1.2 conduction électrique et structure de la matière, conduit à une description de l'atome plus élaborée que celle qui a été abordée en classe de quatrième. Elle est utilisée dans le paragraphe A1.4 pour aborder l'interprétation de la réaction entre le fer et l'acide chlorhydrique ainsi que dans A.1.5 dans la pile électrochimique.

- le programme de troisième structure et développe les notions relatives à l'énergie qui, bien au-delà de l'enseignement de la physique-chimie, joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de nos sociétés. Ces notions, introduites progressivement en cinquième et en quatrième, s'articulent ici autour de différentes formes d'énergie, de ses transferts et de ses conversions (énergie chimique dans la partie A.1.5, électrique dans la partie B.1, mécanique dans la partie C). Elles sensibilisent l'élève, futur citoyen aux ressources renouvelables ou non. La différence entre puissance et énergie est introduite dans la partie B.2 à partir des plaques signalétiques des appareils domestiques.

- la gravitation et sa manifestation sur Terre (le poids) sont introduites qualitativement dans la partie C. Ce programme a été conçu en tenant compte de la progression de l'ensemble des autres disciplines scientifiques. Il contribue à la maîtrise du « socle commun de connaissances et de compétences » et il fournit les éléments de base indispensables à l'enseignement ultérieur de la physique-chimie.

Les liens particulièrement nombreux entre le programme de physique-chimie et ceux des autres disciplines rendent souhaitables des échanges entre les différents enseignants à la fois pour assurer une articulation dans le temps des enseignements et pour faire prendre conscience aux élèves de l'intérêt d'une telle interaction des savoirs.

Certaines parties du programme peuvent être traitées de façon coordonnée entre des professeurs de différentes disciplines en s'appuyant sur les thèmes de convergence qui correspondent à d'importants sujets de sociétés (cf. : thèmes de convergence).

L'enseignement reste orienté vers l'expérimentation par les élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation chaque fois que possible. (Cf. : Introduction commune à l'ensemble des disciplines du pôle des sciences, III. Les méthodes). Par un questionnement judicieux, les séances introductives doivent permettre l'émergence des représentations préalables des élèves.

**A - La chimie, science de la transformation de la matière***Durée conseillée : 13 semaines***A1 - Métaux, électrons et ions****A1.1 - Des métaux au quotidien**

Cette partie est une introduction succincte au thème « Métaux, électrons et ions ». Elle ne doit pas prêter à un développement en classe. Elle doit simplement servir à initier des recherches

documentaires personnelles des élèves en autonomie (CDI, salle multimédia, bibliothèque...) qui seront exploitées dans le paragraphe A1.2 conduction électrique et structure de la matière.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>UTILISATION DES MÉTAUX DANS LA VIE QUOTIDIENNE</b>		
<b>Quels sont les métaux les plus couramment utilisés ? Quelles sont leurs principales utilisations ?</b>		
Les métaux les plus couramment utilisés sont le fer, le zinc, l'aluminium, le cuivre, l'argent et l'or	Reconnaître par quelques tests qualitatifs simples quelques métaux usuels : le fer, le zinc, l'aluminium, le cuivre, l'argent et l'or.	Observations directes et/ou expérimentations permettant de distinguer les métaux usuels : couleur, corrosion, attraction ou non par aimant, densité (expériences qualitatives).  Recherches documentaires : - sur les métaux et leur utilisation et sur les fabrications du fer, de l'aluminium et du cuivre ; - sur le tri des métaux dans les entreprises de récupération et centres de tris des déchets. [B2i]
[Technologie : les matériaux]		

**A1.2 - Conduction électrique et structure de la matière**

Après avoir étudié dans les classes antérieures les propriétés du courant électrique dans les circuits, l'élève aborde ici la nature de ce courant électrique. C'est d'abord dans les métaux que la nature du courant électrique est abordée puisque l'élève n'a utilisé que de

tels conducteurs dans les circuits qu'il a été conduit à construire ; elle s'étend ensuite aux solutions aqueuses.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>L'ELECTRON : COMPRENDRE LA CONDUCTION ELECTRIQUE DANS LES METAUX</b>		
<b>Tous les solides conduisent-ils le courant électrique ?</b>		
Tous les métaux conduisent le courant électrique. <i>Tous les solides ne conduisent pas le courant électrique.</i>  La conduction du courant électrique dans les métaux s'interprète par un déplacement d'électrons.	Comparer le caractère conducteur de différents solides à l'aide d'un circuit électrique.	Étude expérimentale du caractère conducteur ou non du cuivre et du fer, du sucre, du sel et du sulfate de cuivre solides.  <i>Activité documentaire sur l'histoire de l'électron.</i>
[Technologie : environnement et énergie : isolants et conducteurs thermiques et électrique]		
<b>L'ION : COMPRENDRE LA CONDUCTION ÉLECTRIQUE DANS LES SOLUTIONS AQUEUSES</b>		
<b>Toutes les solutions aqueuses conduisent-elles le courant électrique ? D'où proviennent les électrons et les ions mobiles ?</b>		
<i>Toutes les solutions aqueuses ne conduisent pas le courant électrique.</i>		
La conduction du courant électrique dans les solutions aqueuses s'interprète par un déplacement d'ions.	Comparer (qualitativement) le caractère conducteur de l'eau et de diverses solutions aqueuses à l'aide d'un circuit électrique.	Comparer qualitativement le caractère conducteur ou non de l'eau, d'eaux minérales et des solutions obtenues lorsque l'on introduit dans l'eau : - du saccharose ; - du chlorure de sodium ; - du sulfate de cuivre.
Constituants de l'atome : noyau et électrons.  Les atomes et les molécules sont électriquement neutres ; l'électron et les ions sont chargés électriquement.	Comparer les ordres de grandeur des dimensions du noyau et de l'atome.	Étude d'un texte historique sur l'atome. [B2i]  <i>Étude de documents (textes ou documents multimédia) illustrant la structure microscopique de matériaux dont en particulier les images obtenues par microscopie électronique.</i>

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<p>Le courant électrique est dû à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un déplacement d'électrons dans le sens opposé au sens conventionnel du courant dans un métal ;</li> <li>- des déplacements d'ions dans une solution aqueuse</li> </ul>		<p>Recherche documentaire : définition historique du sens de circulation du courant électrique dans un circuit.</p> <p>Réalisation d'une expérience de migration d'ions.</p>
[Histoire des sciences : l'atome]		

### Commentaires :

L'enseignant introduit progressivement la constitution de l'atome par des entrées expérimentales concernant la conduction électronique dans les métaux, une migration d'ions et les conductions comparées de solutions ioniques. L'enseignant fait le lien avec les expériences réalisées en classe de cinquième.

L'objectif des comparaisons de conduction électrique de l'eau et des solutions aqueuses n'est pas de constater la plus ou moins grande conduction en fonction des concentrations mais de permettre l'introduction de la notion d'ions en solution.

L'existence des atomes étant rappelée aux élèves, une introduction historique leur fait prendre conscience que la description de l'atome qui leur est présentée est le fruit des efforts de plusieurs générations de scientifiques ce qui contribue à les sensibiliser à l'intérêt des progrès de la science.

La poursuite de la présentation de l'atome donnée au cycle central conduit à introduire l'électron, particule à la base aussi bien de l'interprétation des propriétés physiques des métaux que de leur réactivité chimique.

Un modèle possède une valeur explicative limitée dans un champ d'application déterminé :

- en un premier temps, le programme de quatrième a introduit une interprétation moléculaire afin d'expliquer les propriétés des liquides, solides et gaz, sans décrire la constitution de la molécule puisque la connaissance de celle-ci ne joue pas un rôle déterminant dans l'explication des propriétés décrites ;
- dans un deuxième temps, et toujours en classe de quatrième, l'interprétation précédente a été améliorée par une présentation de la molécule comme constituée d'atomes, ce qui a permis de donner une interprétation de la réaction chimique sans avoir à décrire la structure interne de l'atome ;
- en classe de troisième, l'enseignant présente l'atome comme constitué d'un noyau entouré d'électrons. La structure de l'atome permet d'abord d'expliquer la conduction du courant électrique dans les métaux. Le concept d'ion permet d'expliquer la conduction dans les solutions aqueuses et la réaction des solutions acides avec les métaux.

#### A.1.3 - Quelques tests de reconnaissance d'ions

On retrouve ici la notion de test de reconnaissance appliquée à de nouvelles espèces chimiques souvent rencontrées dans ce programme. C'est l'occasion, en liaison avec la reconnaissance des ions hydrogène, d'introduire la notion de pH, premier pas dans

La description simple proposée ne prétend pas être une représentation définitive de la réalité : l'élève doit savoir qu'il rencontrera dans la suite de ses études des modèles plus élaborés, plus "performants" en ce sens qu'ils permettent de rendre compte d'un plus grand nombre de faits expérimentaux.

Il n'est pas demandé de donner la composition du noyau. Ce qui importe est de faire mémoriser des caractéristiques de l'atome qu'une étude ultérieure plus approfondie ne remettra pas en cause :

- la charge positive de l'atome et sa masse sont concentrées au centre de celui-ci dans une région appelée noyau ;
- la charge négative est répartie dans le cortège électronique qui entoure le noyau ;
- la dimension de l'atome est de l'ordre du dixième de nanomètre ;
- les dimensions du noyau sont environ 100 000 fois inférieures. Les dimensions citées sont de simples ordres de grandeur, à une puissance de dix près. Elles dépendent bien entendu de la nature de l'atome considéré.

La signification des mots "anion" et "cation" peut être donnée si une occasion y incite (lecture d'une étiquette d'eau minérale par exemple) mais elle n'a pas à être connue des élèves.

L'enseignant peut préciser, en s'appuyant sur une expérience de migration des ions, que les ions positifs se déplacent dans le sens conventionnel du courant électrique et les ions négatifs en sens inverse.

l'étude de l'acido-basicité, en utilisant des produits d'utilisation courante.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>TESTS DE RECONNAISSANCE DE QUELQUES IONS</b>		
<b>Comment reconnaître la présence de certains ions en solution ? Que nous apprend la valeur du pH ?</b>		
Les formules des ions $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ et $\text{Fe}^{3+}$ .	Réaliser les tests de reconnaissance des ions $\text{Cl}^-$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ et $\text{Fe}^{3+}$ .	Recherche expérimentale de la nature des ions $\text{Cl}^-$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ et $\text{Fe}^{3+}$ présents dans une solution aqueuse.
Domaines d'acidité et de basicité en solution aqueuse.	Identifier, à l'aide d'une sonde ou par une estimation avec un papier pH, les solutions neutres, acides et basiques.	Etude expérimentale du caractère acide ou basique de boissons et de produits d'entretien. Lecture de pictogrammes de sécurité.
<i>Une solution aqueuse neutre, contient autant d'ions hydrogène <math>\text{H}^+</math> que d'ions hydroxyde <math>\text{HO}^-</math>. Dans une solution acide, il y a plus d'ions hydrogène <math>\text{H}^+</math> que d'ions hydroxyde <math>\text{HO}^-</math>.</i>	<i>Observer expérimentalement l'augmentation du pH quand on dilue une solution acide.</i>	
Les dangers que présentent des produits acides ou basiques concentrés.		Recherches documentaires : s'informer sur les risques présentés par les acides et les bases concentrés.
[SVT : besoins nutritifs, carences alimentaires, en classe de 5 <sup>ème</sup> et de 3 <sup>ème</sup> ] [Thèmes : Sécurité (emploi des solutions acides ou basiques) ; Environnement et développement durable (danger présenté par les solutions trop acides ou trop basiques)]		

### Commentaires :

L'enseignant se limite aux ions cités ; l'écriture des équations de réaction correspondant à ces tests n'est pas au programme.  
En ce qui concerne la dilution de solutions acides, l'enseignant limite l'étude à des expériences qualitatives de l'évolution du pH et fait remarquer que la solution reste acide.

La molécule HCl est appelée chlorure d'hydrogène dans la nomenclature systématique - règle de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC). La terminologie usuelle donne le nom d'acide chlorhydrique à sa solution aqueuse.

### A.1.4 - Réaction entre le fer et l'acide chlorhydrique ; interprétation

Dans la droite ligne de la notion d'ions et du pH, ce paragraphe permet d'aborder des réactions chimiques en milieu aqueux avec mise en jeu d'ions.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>RÉACTION ENTRE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE ET LE FER</b>		
<b>Le fer réagit-il avec l'acide chlorhydrique ?</b>		
Les ions hydrogène et chlorure sont présents dans une solution d'acide chlorhydrique.	Réaliser : - les tests de reconnaissance des ions chlorure et des ions hydrogène ; - la réaction entre le fer et l'acide chlorhydrique avec mise en évidence des produits.  Écrire, avec le nom des espèces en toutes lettres, le bilan de la réaction chimique entre le fer et l'acide chlorhydrique.	Mise en évidence : - de la présence d'ions chlorure par les ions argent et des ions hydrogène par la valeur du pH ; - de la présence des ions fer (II) par les ions hydroxyde et du dihydrogène par inflammation.
Critères de reconnaissance d'une transformation chimique : disparition des réactifs et apparition de produits.		
[Thème : Sécurité (emploi des solutions acides ou basiques)] [Technologie: les matériaux]		

### Commentaires :

Bien que dans le cas du fer la réaction avec l'acide chlorhydrique entraîne un changement d'aspect du milieu, une telle constatation est en général insuffisante pour attester du caractère chimique d'une transformation ; des expériences complémentaires sont le plus souvent nécessaires. Une telle analyse ayant été faite, le caractère chimique d'une transformation est en définitive consigné dans l'existence de formules chimiques différentes pour les produits et pour les réactifs : on généralise ainsi la notion de transformation chimique étudiée en classe de quatrième à propos de combustions.

À ce stade, le bilan de la réaction est écrit en toutes lettres :

fer + acide chlorhydrique → dihydrogène + (solution de) chlorure de fer (II).

La mise en évidence parmi les produits de la réaction d'une nouvelle espèce chimique  $Fe^{2+}$ , l'ion fer (II), s'interprète par la transformation de l'atome de fer en ion fer (II) mais il n'est pas demandé d'écrire une demi-équation électronique. Plus généralement, l'écriture d'équations de réactions où interviennent des ions, telle l'équation de la réaction entre l'acide chlorhydrique et le fer, n'est pas exigible avec les symboles des espèces.

Il n'est pas utile de soulever le problème de la solvatation des ions.

La mise en évidence du dihydrogène sera réalisée sur une très petite quantité de gaz.

### A.1.5 - Pile électrochimique et énergie chimique

De nombreux appareils courants (lampe de poche, télécommande, calculatrice, petits appareils domestiques tels que rasoirs, appareils photographiques, téléphones portables, outils de bricolage...) fonctionnent avec des piles électrochimiques ou avec des accumulateurs. Quelques notions d'énergie chimique sont donc

proposées à ce niveau d'enseignement en se limitant aux piles électrochimiques.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>APPROCHE DE L'ÉNERGIE CHIMIQUE : UNE PILE ÉLECTROCHIMIQUE</b>		
<b>Comment une pile peut-elle être une source d'énergie ?</b>		
<p>Les espèces chimiques présentes dans une pile contiennent de l'énergie chimique dont une partie est transférée sous d'autres formes d'énergie lorsqu'elle fonctionne.</p> <p>L'énergie mise en jeu dans une pile provient d'une réaction chimique : la consommation de réactifs entraîne « l'usure » de la pile.</p>	<p>Réaliser, décrire et schématiser la réaction entre une solution aqueuse de sulfate de cuivre et de la poudre de zinc ;</p> <p><i>Interpréter l'échauffement du milieu réactionnel comme le résultat de la conversion d'une partie de l'énergie chimique des réactifs en énergie thermique.</i></p>	<p>Réaction entre les ions cuivre (II) et le zinc :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par contact direct de la poudre de zinc et de la solution de sulfate de cuivre (II) avec mise en évidence de l'échauffement ;</li> <li>- en plongeant une lame de zinc et une lame de cuivre dans une solution de sulfate de cuivre.</li> </ul> <p><i>Recherches documentaires :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- invention de la pile électrochimique ;</li> <li>- constituants d'une pile du commerce ;</li> <li>- existence de plusieurs modèles de piles : pile à saline, pile alcaline, pile à combustibles.</li> </ul>
<p>[Histoire des sciences : piles et ions, en liaison avec la partie A] [SVT : fonctionnement de l'organisme et besoin en énergie (5<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup>) ; nécessité d'une alimentation équilibrée (3<sup>ème</sup>)]. [Thèmes : Santé (Apports énergétiques équilibrés), énergie, EDD] [Technologie : environnement et énergie]</p>		

### Commentaires :

La réaction chimique entre une solution de sulfate de cuivre et de la poudre de zinc, par exemple, est l'occasion d'un transfert d'énergie sous forme d'énergie thermique vers le milieu extérieur. Dans une pile électrochimique, l'énergie rendue disponible par la transformation chimique est principalement transférée sous forme d'énergie électrique vers les autres composants du circuit. À noter

que la pile va « s'user » ce qui la différencie d'une pile à combustible alimentée en continu en réactifs.

La réalisation de la pile est l'occasion de montrer l'apparition d'une tension, aux bornes des deux lames, capable d'alimenter un dipôle adapté ;

*La notion de couples oxydo-réducteur est hors programme.*

### A2 - SYNTHÈSE D'ESPÈCES CHIMIQUES

Un des objectifs premiers de la chimie est de produire de nouvelles espèces chimiques à partir d'autres ; les notions de corps pur, de transformation chimique, de réactifs et de produits sont ainsi réinvesties.

Le contenu scientifique de la rubrique A2 a été choisi pour que les élèves sachent, à la sortie du collège, que la chimie a aussi un caractère novateur qui consiste :

- soit à synthétiser des espèces chimiques déjà existantes dans la nature, afin d'en abaisser le coût et/ou d'en garantir la disponibilité ;
- soit à créer des espèces chimiques n'existant pas dans la nature, afin d'améliorer les conditions de vie (textiles nouveaux, shampoings et détergents, médicaments, produits de beauté, arômes et colorants, matériaux composites, vernis de synthèse, colles...).

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>SYNTHÈSE D'UNE ESPÈCE CHIMIQUE EXISTANT DANS LA NATURE</b>		
<b>Peut-on synthétiser l'arôme de banane ?</b>		
La synthèse des espèces chimiques déjà existantes dans la nature permet d'en abaisser le coût et/ou la disponibilité.	Respecter le protocole de la synthèse, effectuée de manière élémentaire de l'acétate d'isoamyle.	Réalisation de la synthèse de l'arôme de banane en respectant les règles de sécurité.
<b>CRÉATION D'UNE ESPÈCE CHIMIQUE N'EXISTANT PAS DANS LA NATURE</b>		
<b>Peut-on créer de nouvelles espèces chimiques ?</b>		
La synthèse d'espèces chimiques n'existant pas dans la nature permet d'améliorer les conditions de vie.	Respecter le protocole permettant de réaliser la synthèse du nylon® ou d'un savon.	En respectant les conditions de sécurité, synthétiser un produit d'usage courant.  Étude documentaire sur les « créations » de la chimie dans différents domaines : habillement, hygiène, santé, beauté, habitat, sport, transport... [B2i]
Le nylon® comme les matières plastiques sont constitués de macromolécules.		
[Thèmes : Santé (distinction entre produit naturel et produit de synthèse) ; Sécurité (emploi des solutions irritantes)] [SVT : OGM en 3ème] [Technologie : les matériaux]		

### Commentaires :

Dans cette présentation du caractère créatif de la chimie, l'enseignant n'oublie pas que les transformations chimiques issues des activités humaines peuvent être la source de pollutions diverses mais qu'il est également possible de mettre à profit la chimie pour recycler les matériaux et plus généralement pour restaurer l'environnement

[Thème : Environnement et développement durable].

La synthèse d'un arôme peut être réalisée de façon élémentaire par les élèves ou de façon plus élaborée par l'enseignant. À cette occasion, l'enseignant fait remarquer que les arômes naturels

doivent leur richesse à des mélanges complexes, renfermant quelquefois plus d'une centaine d'espèces chimiques. Les arômes de synthèse sont souvent constitués d'une seule espèce chimique ou d'un mélange simple.

La synthèse de l'arôme de banane est une réaction (de condensation) qui illustre l'une des étapes possibles des réactions de polymérisation qui conduisent à la formation des macromolécules tel le nylon 6-6 qui sera ensuite synthétisé en respectant les règles de sécurité. Le nylon® correspond au nylon 6-6 mais il existe en fait différents nylons qui sont des polyamides. La synthèse d'un savon pourra être réalisée de façon élémentaire par les élèves ; l'enseignant pourra recourir à de la verrerie spécialisée.

On signale l'importance des macromolécules en biologie.

## B - ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET CIRCUITS ÉLECTRIQUES EN « ALTERNATIF »

(Durée conseillée : 12 semaines)

L'électricité est omniprésente dans notre vie quotidienne. La finalité de cette partie est d'aborder la notion de tension alternative en partant de la centrale électrique et d'introduire quantitativement puissance et énergie électriques.

L'expression utilisée comme titre de cette rubrique, les circuits électriques en « alternatif », est celle qui est employée dans la vie courante.

### B.1 - De la centrale électrique à l'utilisateur

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>DES POSSIBILITÉS DE PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ</b>		
<b>Quel est le point commun des différentes centrales électriques ?</b>		
L'alternateur est la partie commune à toutes les centrales électriques.  L'énergie reçue par l'alternateur est convertie en énergie électrique.  Distinction entre les sources d'énergie renouvelables ou non.	Expliquer la production d'énergie électrique par l'alternateur de bicyclette par la transformation de l'énergie mécanique. Expliquer la production d'énergie électrique dans une centrale hydraulique ou éolienne par la transformation de l'énergie mécanique.  Réaliser un montage permettant d'allumer une lampe ou de faire tourner un moteur à l'aide d'un alternateur.  Traduire les conversions énergétiques dans un diagramme incluant les énergies « perdues ».	Activité documentaire (séquence vidéo) sur le principe de fonctionnement des centrales électriques.  Activités expérimentales : « production » d'énergie électrique par mise en rotation d'un alternateur grâce à : - l'entraînement mécanique du galet d'un alternateur de démonstration ; - l'action d'une chute d'eau (principe d'une centrale hydroélectrique), d'un jet de vapeur d'eau (principe d'une centrale thermique), d'un jet d'air (principe de l'éolienne).  Etude documentaire : - place de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité en France ; - sources d'énergies renouvelables et non renouvelables. [B2i]

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>L'ALTERNATEUR</b>		
<b>Comment produit-il une tension variable dans le temps ?</b>		
Une tension, variable dans le temps, peut être obtenue par déplacement d'un aimant au voisinage d'une bobine.	Illustrer expérimentalement l'influence du mouvement relatif d'un aimant et d'une bobine pour produire une tension.	Observation des éléments constitutifs d'un alternateur de démonstration. Déplacement (lent) d'un aimant près d'une bobine pour constater, grâce à un multimètre en continu, un oscilloscope ou à l'aide d'une interface d'acquisition, l'obtention d'une tension variable au cours du temps.
[Histoire des sciences et des techniques : production de l'électricité] [Thèmes : Énergie, Environnement et développement durable (Énergies renouvelables)] [Mathématiques : diagrammes, graphiques] [Technologie : environnement et énergie]		

### Commentaires

En passant en revue les sources primaires d'énergie électrique, l'enseignant ne peut pas ignorer l'énergie nucléaire qui représente 80 % de l'énergie électrique « produite » en France ; aucune connaissance sur le noyau de l'atome ni aucune étude de la fission nucléaire ne doivent être abordées au collège. On se limite strictement au point de vue qualitatif suivant : de même que des transferts d'énergie initialement sous forme chimique entrent en jeu dans une transformation chimique au cours de laquelle les molécules constituantes du système sont modifiées, l'énergie nucléaire est produite par modification des noyaux des atomes<sup>1</sup>. La différence entre les deux processus est également quantitative : la quantité d'énergie mise en jeu par l'énergie nucléaire est typiquement plusieurs millions de fois supérieure pour une même quantité de matière transformée (cf. : thème de convergence « Énergie »).

En s'adaptant aux conditions locales, en ce qui concerne les différentes possibilités de « produire » de l'énergie électrique avec un alternateur, il est conseillé au professeur de répartir les élèves en différents ateliers au cours d'activités en autonomie encadrée puis d'organiser des phases de mise en commun et de structuration des expériences. Il est indispensable de réaliser au moins une expérience parmi celles signalées outre la mise en œuvre de l'alternateur de démonstration.

Les situations présentées dans les rubriques B.1. (de la centrale électrique à l'utilisateur) permettent d'aborder la notion d'énergie renouvelable ou non de la source primaire, en relation avec une éducation pour un développement durable.

Pour la « production » d'électricité, les ressources en énergie fossile principalement utilisées ne sont pas renouvelables à l'échelle humaine : pétrole, charbon et gaz naturels. Par contre l'énergie hydraulique et l'énergie éolienne constituent des sources d'énergie renouvelable.

On ne prétend pas ici faire une étude exhaustive des sources d'énergie ni des différents types de centrales électriques. L'enseignant pourra aborder avec le professeur de géographie d'autres processus d'obtention d'énergie (biomasse, énergie marémotrice ...).

L'enseignant n'aborde pas les courants électriques car les courbes représentant courant et tension en fonction du temps n'ont pas

toujours la même forme, celle représentant le courant dépendant du circuit d'utilisation.

<sup>1</sup> Par exemple dans une centrale thermique de l'énergie thermique est nécessairement donnée à l'extérieur par le système de refroidissement. D'où l'appellation ancienne « énergie atomique » pour l'énergie nucléaire (CEA = Commissariat à l'Énergie Atomique).

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>TENSION CONTINUE ET TENSION ALTERNATIVE PÉRIODIQUE</b>		
<b>Qu'est-ce qui distingue la tension fournie par le «secteur» de celle fournie par une pile ?</b>		
Tension continue et tension variable au cours du temps ; tension alternative périodique. Période. Valeurs maximale et minimale d'une tension.	Identifier une tension continue et une tension alternative.	Comparaison d'une tension alternative et d'une tension continue en utilisant un générateur de très basse fréquence associé à : - une diode électroluminescente, deux DEL tête-bêche ou une diode associée à une lampe ; - un voltmètre en continu.
	Construire une représentation graphique de l'évolution d'une tension alternative périodique ; en décrire l'évolution.  Reconnaître une tension alternative périodique. Déterminer graphiquement sa valeur maximale et sa période.	Relever point par point les variations au cours du temps d'une tension alternative périodique. Construire à la main et/ou à l'aide d'un tableur-grapheur la courbe représentant les variations d'une tension alternative périodique en fonction du temps.  [B2i]
[Technologie : Architecture et cadre de vie (domotique) ; Énergie et environnement] [Mathématiques : ordre de grandeur, notation scientifique, représentation graphique]		
<b>L'OSCILLOSCOPE ET/OU L'INTERFACE D'ACQUISITION, INSTRUMENT DE MESURES DE TENSION ET DE DURÉE</b>		
<b>Que signifient les courbes affichées par un oscilloscope ou sur l'écran de l'ordinateur ?</b>		
	Reconnaître à l'oscilloscope, ou grâce à une interface d'acquisition, une tension alternative périodique.  Mesurer sur un oscilloscope la valeur maximale et la période.	Utilisation d'un oscilloscope sans balayage, puis avec balayage. Réalisation d'une acquisition à l'aide de l'ordinateur. [B2i]
La fréquence d'une tension périodique et son unité, le hertz (Hz), dans le Système International (SI).  Relation entre la période et la fréquence.		Utilisation d'un fréquencemètre.
La tension du secteur est alternative. Elle est sinusoïdale. La fréquence de la tension du secteur en France est 50 Hz.		Recherche documentaire : allure et caractéristiques de la tension du secteur.
<b>LE VOLTMÈTRE EN TENSION SINUSOÏDALE</b>		
<b>Qu'indique un voltmètre utilisé en position «alternatif» ?</b>		
Pour une tension sinusoïdale, un voltmètre utilisé en alternatif indique la valeur efficace de cette tension.	Identifier à des valeurs efficaces les valeurs des tensions alternatives indiquées sur les alimentations ou sur les appareils usuels.	Avec des tensions sinusoïdales d'amplitudes différentes, visualisation de la valeur maximale $U_{max}$ à l'oscilloscope et lecture de la valeur efficace $U$ indiquée par un voltmètre utilisé en mode alternatif.
Cette valeur efficace est proportionnelle à la valeur maximale.	Mesurer la valeur d'une tension efficace (très basse tension de sécurité).	Calcul du rapport $A = U_{max}/U$ si l'oscilloscope possède un calibrage des tensions.
[Mathématiques : Proportionnalité]		

#### Commentaires :

L'enseignant garde en mémoire que le secteur est une source de tension sinusoïdale qui est nécessairement alternative. Toute manipulation directe sur le secteur est interdite ; pour toute visualisation le concernant, il conviendrait d'utiliser des transformateurs très basse tension de sécurité (TBTS) ; on dispose alors d'une image de la tension du secteur.

Au niveau de la sécurité électrique, « Très Basse Tension » correspond en alternatif à des tensions inférieures ou égales à 50 V. Au collège, il est recommandé de rester dans des domaines de tensions correspondant à la très basse tension de sécurité (TBTS), c'est-à-dire à des tensions inférieures à 25 V pour l'alternatif (le sinusoïdal est bien sûr inclus).

L'oscilloscope peut être remplacé par tout autre dispositif d'acquisition d'une grandeur variable.

L'utilisation d'un fréquencemètre permet de comparer la valeur de la fréquence à l'inverse de la période.

On peut montrer des oscillogrammes de tensions alternatives non sinusoïdales, par exemple celle engendrée par un alternateur de démonstration, ou celles disponibles avec un GBF.

La relation  $U = U_{max}/A$  ( $A \geq 1$ ) peut être étudiée expérimentalement ; elle est traduite sous la forme  $A = \sqrt{2}$  seulement pour une tension sinusoïdale comme celle du secteur.



## B.2 - Puissance et énergie électriques

En relation avec la vie quotidienne, il apparaît indispensable que le futur citoyen aborde quantitativement les notions de puissance et d'énergie électriques afin de pouvoir gérer sa consommation électrique et de faire des choix énergétiques raisonnés.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE</b>		
<b>Que signifie la valeur exprimée en watts (W) qui est indiquée sur chaque appareil électrique ?</b>		
Puissance nominale indiquée sur un appareil. Le watt (W) est l'unité de puissance du Système International (SI).	Citer quelques ordres de grandeurs de puissances électriques domestiques.	Interprétation des indications portées sur la fiche signalétique d'un appareil électrique en terme de puissance, tension et fréquence.
Énoncé traduisant, pour un dipôle ohmique, la relation $P = U.I$ où $U$ et $I$ sont des grandeurs efficaces.	Calculer, à partir de sa puissance et de sa tension nominales, la valeur de l'intensité efficace du courant qui traverse un appareil qui se comporte comme un dipôle ohmique.	En basse tension (12 volts), mesurer l'intensité efficace $I$ du courant traversant un appareil, qui se comporte comme un dipôle ohmique, soumis à une tension efficace $U$ connue. Comparer cette valeur à celle déduite de la relation $P = U.I$ en utilisant la puissance nominale.
L'intensité du courant électrique qui parcourt un fil conducteur ne doit pas dépasser une valeur déterminée par un critère de sécurité.	Exposer le rôle d'un coupe-circuit.	
Le coupe-circuit protège les appareils et les installations contre les surintensités.	Repérer et identifier les indications de puissance, de tension et d'intensité sur les câbles et sur les prises électriques.	Étude de document : - l'origine des surintensités ; - les risques liés aux surintensités.
[Mathématiques : grandeur produit] [Technologie : Énergie et environnement] [Thème : sécurité]		
<b>LA MESURE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE</b>		
<b>À quoi sert un compteur électrique ? Que nous apprend une facture d'électricité ?</b>		
L'énergie électrique $E$ transférée pendant une durée $t$ à un appareil de puissance nominale $P$ est donnée par la relation $E = P.t$	Calculer l'énergie électrique transférée à un appareil pendant une durée donnée et l'exprimer en joule (J), ainsi qu'en kilowatt-heure (kWh).	Lecture des indications d'un compteur d'énergie électrique. Étude d'une facture d'électricité.
Le joule est l'unité d'énergie du système international (SI).		Comparaison de la consommation électrique d'appareils domestiques de puissances différentes ou de durées de fonctionnement différentes.  Recherche sur la facture familiale de la puissance souscrite et identification des appareils qui pourraient fonctionner simultanément (comparaison de la puissance souscrite avec la somme des puissances nominales).  Recherche documentaire : - perspective sur l'histoire de l'éclairage ; - amélioration du rendement des lampes ; - diagramme de répartition de la consommation moyenne d'énergie électrique par habitant : valeurs de chaque poste (chauffage électrique, éclairage...). - Comment diminuer sa facture d'électricité ?
[Thème : Énergie] [Technologie : Énergie et environnement] [Mathématiques : grandeur produit]		

### Commentaires :

L'étude du transformateur est hors programme.  
Dans le domaine de la puissance, l'enseignant garde en mémoire que le watt n'est pas la seule unité de puissance<sup>2</sup>. L'installation domestique est protégée par des fusibles, qui peuvent fondre, ou par des disjoncteurs magnéto-thermiques qu'il est possible de

<sup>2</sup> le volt-ampère mesure une puissance apparente et le volt-ampère réactif (VAR) mesure une puissance réactive mais ces unités ne sont pas abordées au collège.

réarmer.

On commence dans cette rubrique à donner une signification quantitative au concept d'énergie en mentionnant l'unité d'énergie et en reliant l'énergie électrique à d'autres grandeurs physiques. L'enseignant peut faire remarquer que l'unité d'énergie est aussi celle utilisée à propos de la valeur énergétique des aliments. Dans le langage courant, on parle de "consommation d'énergie" et même de "consommation d'électricité". Les observations effectuées

permettent d'expliquer que l'énergie ne disparaît pas mais est transformée et l'on mentionne la nature de cette transformation.

En « continu », la puissance électrique transformée est égale au produit U.I. En « alternatif », elle est égale à k.U.I (valeurs efficaces) avec  $k \leq 1$ ,  $k = 1$  correspond à un appareil purement résistif, ne produisant que des effets thermiques. Le nom du coefficient k (facteur de puissance) n'a pas à être mentionné.

On se limite donc en fait à utiliser l'expression  $P = U.I$ , en veillant toutefois à préciser que celle-ci n'est valable strictement que pour un appareil dont les effets sont purement thermiques et qu'elle est une bonne approximation pour de nombreux appareils domestiques. On est ainsi capable d'évaluer l'intensité efficace qui traverse un appareil branché sous tension à partir de sa puissance nominale :  $I \approx P / U$ . Si l'occasion se présente, l'enseignant peut indiquer que la loi d'Ohm reste valable en alternatif, tant pour les valeurs instantanées que pour les valeurs efficaces.

La loi de conservation pour l'intensité étudiée en quatrième s'étend aux courants variables (dont l'intensité est fonction du temps). Elle reste une excellente approximation pour les valeurs instantanées des intensités de courant de fréquences faibles (en particulier pour le courant du secteur). En revanche, de même que la loi

d'additivité des tensions, elle n'est valable pour les grandeurs efficaces que dans des circuits purement résistifs. Le professeur n'a pas à entrer dans ces considérations dans la mesure où tout calcul relatif à la répartition des tensions et des intensités dans un circuit électrique en alternatif est exclu au niveau du collège. On tire toutefois une conclusion pratique importante des remarques précédentes : l'énergie consommée dans une installation domestique l'étant principalement sous forme thermique, il est possible d'effectuer une approximation qui confond les divers appareils avec des résistances. Cette approximation permet d'estimer l'intensité du courant dans le circuit principal à partir des puissances nominales P des divers appareils : l'intensité efficace traversant chaque appareil est donnée par la relation  $I \approx P/U$  et celle du courant dans le circuit principal est voisine de la somme des intensités en dérivation. En ce qui concerne une installation domestique alimentée en 230 volts, on en tire la conclusion que l'on obtient une estimation de l'intensité du courant dans le circuit principal en effectuant le quotient par 230 de la puissance totale de l'installation. La relation  $E = P \cdot t$  constituée à ce niveau une définition, elle n'a pas à faire l'objet d'une vérification expérimentale.

### C - De la gravitation ... à l'énergie mécanique (Durée conseillée : 5 semaines)

Cette partie est destinée à donner aux élèves des notions sur la gravitation et sa manifestation au voisinage de la Terre (poids d'un corps). Elle introduit l'énergie de position et l'énergie cinétique.

Elle contribue à la formation du citoyen dans le domaine de la sécurité routière.

#### C1 - Interaction gravitationnelle

Après une présentation du système solaire, l'enseignant introduit progressivement la gravitation comme une action attractive à distance entre deux objets ayant une masse puis comme une interaction qui dépend de la distance entre les deux objets. La

notion d'énergie de position est abordée ainsi que sa conversion en énergie de mouvement.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>NOTION DE GRAVITATION</b>		
<b>Pourquoi les planètes gravitent-elles autour du Soleil ? Pourquoi les satellites gravitent-ils autour de la Terre ?</b>		
<i>[École primaire : fiche n° 21, système solaire et Univers, cycle 3]</i>		
Présentation succincte du système solaire.		Activité documentaire.
Action attractive à distance exercée par : - le Soleil sur chaque planète ; - une planète sur un objet proche d'elle ; - un objet sur un autre objet du fait de leur masse. La gravitation est une interaction attractive entre deux objets qui ont une masse ; elle dépend de leur distance.	Comparer, en analysant les analogies et les différences, le mouvement d'une fronde à celui d'une planète autour du Soleil.	Séquence vidéo (fronde, lancer du marteau...).
<i>La gravitation gouverne tout l'Univers (système solaire, étoiles et galaxies).</i>		Expérience avec des aimants : interactions, influence de la distance.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>Poids et masse d'un corps</b>		
<b>Pourquoi un corps a-t-il un poids ? Quelle est la relation entre le poids et la masse d'un objet ?</b>		
Action à distance exercée par la Terre sur un objet situé dans son voisinage : poids d'un corps.		Utilisation d'un fil à plomb pour illustrer la verticalité du poids. Chute d'un objet sans vitesse initiale.
Le poids $P$ et la masse $m$ d'un objet sont deux grandeurs de nature différente ; elles sont proportionnelles. L'unité de poids est le newton ( $N$ ). La relation de proportionnalité se traduit par $P = m.g$	Vérifier expérimentalement la relation entre le poids et la masse.	Expérience avec masses et dynamomètres.  Activité documentaire : poids d'un objet sur la Terre et sur la Lune.
<b>Pourquoi un objet tombe-t-il sur Terre ? Pourquoi l'eau d'un barrage acquiert-elle de la vitesse au cours de sa chute ?</b>		
Un objet possède : - une énergie de position au voisinage de la Terre ; - une énergie de mouvement appelée énergie cinétique. La somme de ses énergies de position et cinétique constitue son énergie mécanique. Conservation d'énergie au cours d'une chute.	Interpréter l'énergie de mouvement acquise par l'eau dans sa chute par une diminution de son énergie de position.	
[Thème : sécurité, énergie]		

#### Commentaires :

Le système solaire est constitué en son centre d'une étoile, le Soleil, et de huit planètes qui se déplacent autour de lui sur des trajectoires pratiquement circulaires. L'enseignant n'étudie pas les caractéristiques de chaque planète. Les astronomes, lors de l'assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale ont décidé, le 28 août 2006, de retirer à Pluton, découverte il y a presque quatre-vingts ans aux confins du système solaire, son statut de planète. L'élève n'a pas à connaître les noms et la place

de chacune des planètes au sein du système solaire. L'enseignant peut évoquer les satellites artificiels.

En ce qui concerne la gravitation, l'enseignant précise que :

- le Soleil exerce une action attractive, à distance, sur chaque planète se déplaçant autour de lui ;
- de même, une planète exerce une action attractive, à distance, sur chacun de ses satellites éventuels et sur les objets proches d'elle ;
- plus généralement, un objet exerce une action attractive, à distance, sur un autre objet du fait de leurs masses et réciproquement : les deux objets sont en interaction, c'est la gravitation.

L'expression de la force d'interaction gravitationnelle entre deux masses est hors programme.

L'enseignant introduit la réciprocité des actions entre deux masses par l'analogie avec la réciprocité des actions entre aimants ; toutefois il garde présent à l'esprit que ces deux interactions sont de nature fondamentalement différentes.

Le poids d'un corps est la manifestation de la gravitation au voisinage d'une planète. Le poids d'un objet situé au voisinage de la Terre est l'action à distance que la Terre exerce sur lui. Cette action s'exerce selon la verticale du lieu, vers le bas. La constante de proportionnalité,  $g$ , appelée intensité de la pesanteur, de l'ordre de 10 N/kg au voisinage de la Terre, est donnée.

L'enseignant garde en mémoire que la rotation de la Terre intervient aussi dans l'expression du poids.

Toute étude vectorielle (expression, représentation) est hors programme au collège.

Les énergies de position, cinétique et mécanique sont abordées uniquement pour expliquer qualitativement les conversions d'énergie dans une chute d'eau (barrage hydraulique).

**C2 - Énergie cinétique et sécurité routière**

Dans les moyens de transport, l'homme cherche toujours à aller plus vite pour gagner du temps ; le train à grande vitesse (TGV) en est une remarquable illustration. Mais les trop nombreux accidents routiers qui touchent notamment les jeunes justifient à eux seuls l'approche quantitative de l'énergie cinétique. Plus positivement,

ce paragraphe peut être exploité avec profit dans le cadre de l'attestation scolaire de sécurité routière afin d'attirer l'attention des élèves sur les dangers de la vitesse.

Connaissances	Capacités	Exemples d'activités
<b>APPROCHE DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE</b>		
<b>Qu'est ce que l'énergie cinétique ?</b>		
La relation donnant l'énergie cinétique d'un solide en translation est $E_c = \frac{1}{2} m.v^2$ . L'énergie cinétique se mesure en joules (J).	Exploiter la relation $E_c = \frac{1}{2} m.v^2$ .	Documents audiovisuels de la sécurité routière montrant l'influence de la masse et de la vitesse sur la déformation des véhicules lors d'un choc.
<b>Pourquoi la vitesse est-elle dangereuse ?</b>		
La distance de freinage croît plus rapidement que la vitesse.	Exploiter les documents relatifs à la sécurité routière.	Étude de documents supports de l'attestation scolaire de sécurité routière.
[Mathématiques : grandeur produit, proportionnalité et non proportionnalité] [SVT : énergie des plaques tectoniques, séismes (classe de 4 <sup>ème</sup> )] [Technologie : les transports, des principes physiques : freinage, guide, propulsion, etc... (classe de 6 <sup>ème</sup> )] [Thème : sécurité, énergie]		

**Commentaires :**

L'énergie cinétique a été introduite dans le cas général d'un objet qui se déplace. L'étude est ici réduite à celle d'un solide en translation. La notion de vitesse ayant déjà été abordée en mathématiques en classe de quatrième et utilisée en physique lors de l'étude de la lumière, le professeur se limite à un rappel.

L'énergie cinétique d'un solide en translation dépend de la masse du corps et de sa vitesse ; elle croît lorsque ces grandeurs augmentent mais l'enseignant insiste sur la non proportionnalité de l'énergie et de la vitesse.

L'utilisation des documents de la « sécurité routière » conduit l'enseignant à montrer que la distance de freinage est multipliée par 4 quand la vitesse est doublée ; il se contente à ce niveau de mettre en corrélation ce résultat avec l'expression de l'énergie cinétique  $E_c = \frac{1}{2} m.v^2$ .

Il explique qu'au cours de l'arrêt d'un véhicule par freinage, l'énergie cinétique est pour l'essentiel transformée sous forme thermique au niveau des freins alors que, dans un accident automobile, elle engendre des déformations du véhicule et des objets heurtés, et elle peut occasionner des blessures aux passagers, voire leur mort.