

PHYSIQUE-CHIMIE

Mettre en œuvre son enseignement

L'énergie et ses conversions

Pistes pour la construction d'une progression sur le thème « L'énergie et ses conversions »

Introduction

« De toutes les lois de conservation, celle qui traite de l'énergie est la plus difficile, la plus abstraite et cependant la plus utile, elle est plus difficile à comprendre que celles que je viens de décrire ; en effet, pour la charge et les autres lois de conservation, le mécanisme est clair, c'est plus ou moins la conservation de certains objets. Ce n'est pas tout à fait exact, car il y a le problème des objets nouveaux que l'on obtient à partir des anciens, mais, en tout cas, c'est une simple question de dénombrement. La conservation de l'énergie est un petit peu plus difficile, car, cette fois nous avons un nombre qui ne varie pas avec le temps, mais ce nombre ne représente aucun objet particulier ».

Ce texte issu du livre de Richard Feynman, « La nature de la physique »¹ montre la complexité du concept et la difficulté à construire la notion d'énergie. Dans le même ouvrage, est publiée une conférence donnée par l'auteur en 1966 devant le congrès annuel de l'association nationale des professeurs de sciences des USA ; Richard Feynman critique un livre de sciences correspondant au niveau sixième :

« On voit une première image qui représente un chien mécanique, un de ces jouets à ressort qu'il faut remonter ; on voit ensuite une main sur la clé du ressort et le chien se met à marcher. En dessous il y a la légende : « qu'est-ce qui fait marcher le chien ? ». Un peu plus loin, sur une autre image, on voit un vrai chien avec la même question [...] puis on voit une moto toujours avec la même légende « qu'est-ce qui fait marcher la moto ? ». Au début, j'ai cru qu'il s'agissait d'une introduction aux différents domaines de la science : la physique, la biologie, la chimie. Mais pas du tout. Car la réponse juste, je l'ai trouvée dans le livre du maître joint au manuel : « C'est l'énergie qui fait marcher le chien, la moto, etc. » [...] En somme la question posée par le manuel est bonne. C'est la réponse qui est mal venue, car ce n'est qu'une définition de l'énergie qui ne nous apprend rien. Imaginez qu'un élève dise : « Moi, je ne crois pas que ce soit l'énergie qui fait bouger le chien. Il est impossible de discuter avec lui ».

Richard Feynman propose une autre réponse : tout ce que nous voyons bouger bouge parce que le Soleil brille. Cette assertion peut aussi être réfutée par les élèves mais cette fois la discussion est possible ; les transferts d'énergie d'un système à un autre peuvent commencer à être abordés.

La revue *Recherches en didactique des sciences et des technologies* a publié en 2014 un numéro spécial consacré à l'énergie². Dans l'article « Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée ? Une analyse des programmes et des manuels », les auteurs signalent les difficultés rencontrées lors de la construction de ce concept :

- la polysémie du terme « énergie » qui a des acceptions différentes en sciences, économie, sport, ou en arts, ce qui implique de la part de l'élève une remise en cause de ses représentations antérieures ;
- c'est un des concepts les plus abstraits de la physique : la définition même de l'énergie n'est pas simple. La définition scientifique qui présente l'énergie comme une grandeur qui se conserve (Richard Feynman) n'est pas accessible à un élève de cycle 3 ou en début de cycle 4, c'est pourquoi certains auteurs proposent de définir l'énergie comme une grandeur physique qui représente la capacité d'un système à fournir du travail ou de la chaleur, d'autres préfèrent la capacité à produire des changements. Une autre difficulté est liée à la mesure de cette grandeur : elle ne se mesure pas directement mais peut être déterminée à partir de mesures d'autres grandeurs. Enfin, c'est une notion qui intervient dans un grand nombre de phénomènes qui en apparence n'ont que peu de liens entre eux : il n'est pas immédiat de se rendre compte que l'énergie stockée par une bobine d'inductance L parcourue par un courant d'intensité I ($1/2.LI^2$) et l'énergie cinétique d'un véhicule de masse m roulant à la vitesse V ($1/2.m.V^2$) sont deux grandeurs de même nature ;
- la maîtrise du concept d'énergie passe par la maîtrise de notions sur lesquelles la construction même du concept d'énergie va s'appuyer : sources d'énergie, formes d'énergie, conversions ou transformations d'énergie, transferts d'énergie, dissipation d'énergie... C'est d'autre part un concept qui est relié à d'autres concepts scientifiques : force, puissance ou encore température. Il s'agit pour les élèves de distinguer ces concepts qui sont souvent très proches.

La construction d'une progression sur la thématique de l'énergie implique de s'interroger sur les deux points suivants :

- quelles sont les notions introduites à chaque niveau d'enseignement ?
- quel est le niveau de formulation et le vocabulaire utilisé ?

Si, suivant les auteurs, les priorités et les modes de présentation peuvent différer, deux points semblent faire consensus :

- commencer au cycle 3 par une approche qualitative à laquelle se substitue progressivement une approche quantitative au cycle 4, pour parvenir à la notion de conservation de l'énergie ;
- introduire progressivement les ingrédients essentiels nécessaires à la construction du concept d'énergie : les sources et les formes d'énergie, les notions de transformation ou de conversion, de transfert, de dissipation et pour terminer de conservation de l'énergie.

Face à la complexité de la notion d'énergie, il aurait été simple de repousser son apprentissage au lycée. Ce choix n'a pas été fait par les concepteurs du programme, en raison de l'importance de ce concept dans la vie de tous les jours, parce que chaque être vivant a besoin d'énergie pour vivre, chaque machine a besoin d'énergie pour fonctionner ; la raison d'introduire la notion d'énergie dans les programmes de sciences est donc sociétale, et elle permet de sensibiliser les élèves à la problématique du défi énergétique. La bonne compréhension du fonctionnement des chaînes énergétiques et du vocabulaire associé est essentielle à la formation du citoyen de demain : comprendre qu'une perte d'énergie est en fait une transformation d'énergie en une forme plus difficile à valoriser permet de progresser dans la compréhension des enjeux du monde qui nous entoure.

Ainsi, même si la notion d'énergie est complexe, il est essentiel d'en aborder l'étude très tôt. Cependant les exigences doivent être modestes au départ et la construction de la notion

Retrouvez Éduscol sur



2. BACHTOLD.M, MUNIER.V, GUEDJ.M, LEROUGE.A, RANQUET.A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée ? Une analyse des programmes et des manuels. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, n°10, p. 63-91.

progressive, en prenant soin de réinvestir ce qui a été vu les années précédentes dans une logique de démarche « spiralaire ». Un des objectifs de fin du cycle 4 est d'associer la notion de conservation au concept d'énergie. La maîtrise complète de ce concept ne peut être attendue en fin de collège, ni même en fin d'études scientifiques au lycée.

Ce document n'a pas l'ambition de répondre à l'ensemble des questions soulevées mais de proposer des pistes pour construire une progression. Un choix a été fait : l'introduction de l'énergie en partant des sources, des transformations et de l'utilisation (cycle 3) pour construire les notions de forme d'énergie et de conversion, l'identification des formes associées aux processus de dissipation d'énergie permettant d'arriver progressivement à la notion de conservation de l'énergie.

Explicitation de la ressource

PRÉREQUIS – ATTENDUS DE FIN DE CYCLE 3

Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie

- Identifier des sources et des formes d'énergie.
- L'énergie existe sous différentes formes (énergie associée à un objet en mouvement, énergie thermique, électrique...).
- Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer...
- Reconnaître les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie.
- Exemples de sources d'énergie utilisées par les êtres humains : charbon, pétrole, bois, uranium, aliments, vent, Soleil, eau et barrage, pile...
- Notion d'énergie renouvelable.
- Identifier quelques éléments d'une chaîne d'énergie domestique simple.
- Quelques dispositifs visant à économiser la consommation d'énergie.

Les chaînes énergétiques sont abordées par une description du type : source, stockage, transformation et utilisation. Ce sont donc bien les objets réels qui servent de support d'analyse. Ainsi la description d'une chaîne énergétique qui va d'une éolienne à une ampoule peut être décrite de la manière suivante : la source d'énergie est le vent, l'éolienne transforme l'énergie fournie par le vent en une énergie transportée par l'électricité, la lampe placée à l'extrémité utilise cette énergie pour produire de la lumière.

Progressivement, des formes d'énergie sont introduites pour modéliser graphiquement des situations simples ; avec une éolienne, on obtient le résultat suivant :



ATTENDUS DE FIN DE CYCLE 4

Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie - Utiliser la conservation de l'énergie

- Identifier les différentes formes d'énergie.
- Cinétique (relation $E_c = \frac{1}{2} mv^2$), potentielle (dépendant de la position), thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse.
- Identifier les sources, les transferts et les conversions d'énergie.
- Établir un bilan énergétique pour un système simple.
- Sources.
- Transferts.
- Conversion d'un type d'énergie en un autre.
- Conservation de l'énergie.
- Unités d'énergie.
- Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée.
- Notion de puissance.

Les supports d'enseignement gagnent à relever de systèmes ou de situations de la vie courante. Les activités proposées permettent de souligner que toutes les formes d'énergie ne sont pas équivalentes ni également utilisables.

Ce thème permet d'aborder un vocabulaire scientifique visant à clarifier les termes souvent rencontrés dans la vie courante : chaleur, production, pertes, consommation, gaspillage, économie d'énergie, énergies renouvelables.

RÉALISER DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES SIMPLES ET EXPLOITER LES LOIS DE L'ÉLECTRICITÉ

- Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental simple visant à réaliser un circuit électrique répondant à un cahier des charges simple ou à vérifier une loi de l'électricité. Exploiter les lois de l'électricité.
 - Dipôles en série, dipôles en dérivation.
 - L'intensité du courant électrique est la même en tout point d'un circuit qui ne compte que des dipôles en série.
 - Loi d'additivité des tensions (circuit à une seule maille).
 - Loi d'additivité des intensités (circuit à deux mailles).
 - Relation tension-courant : loi d'Ohm.
 - Loi d'unicité des tensions.
- Mettre en relation les lois de l'électricité et les règles de sécurité dans ce domaine.
- Conduire un calcul de consommation d'énergie électrique relatif à une situation de la vie courante.
 - Puissance électrique $P = U \cdot I$.
 - Relation liant l'énergie, la puissance électrique et la durée.

Les exemples de circuits électriques privilégient les dispositifs rencontrés dans la vie courante : automobile, appareils portatifs, installations et appareils domestiques. Les activités proposées permettent de sensibiliser les élèves aux économies d'énergie pour développer des comportements responsables et citoyens.

Description de la proposition de progression des apprentissages

Cette proposition de progression ne constitue pas une préconisation. D'autres pistes pour la construction d'une progression sur ce thème sont proposées dans la ressource « [Aide à la construction d'une progression](#) ». Il s'agit ici d'un exemple qui, en prenant appui sur les acquis du cycle 3, a pour objectifs de stabiliser le vocabulaire autour de l'énergie, d'effectuer des bilans quantitatifs et d'associer progressivement le concept d'énergie à la notion de conservation. Cette proposition de progression est plus « classique » pour la partie électricité. L'exploitation [des ressources publiées sur le site éducol en 2008](#) est, à ce propos, toujours possible : en fonction des acquis des élèves (cycle 3), il est possible de transférer en classe de cinquième des éléments qui dans les anciens programmes étaient prévus en classe de quatrième. Les deux parties, énergie et électricité, sont liées ; aussi peut-il être intéressant

Retrouvez Éduscol sur



de commencer par aborder les chaînes énergétiques depuis la source primaire jusqu'à l'utilisation finale, cela permet de montrer l'importance de l'électricité pour le transport de l'énergie, mais aussi de rappeler à l'élève qu'en amont de la prise de courant il y a une chaîne énergétique. Le travail sur un calcul de consommation d'énergie électrique relatif à une situation de la vie courante permet un retour quantitatif sur les bilans énergétiques.

En classe de cinquième, l'objectif est de stabiliser les acquis du cycle 3 : l'élève identifie source, stockage, transformations et utilisation de l'énergie et représente cette chaîne par un schéma. Progressivement les formes d'énergie sont introduites, l'objectif étant qu'en classe de quatrième source d'énergie et forme d'énergie soient bien distinguées et maîtrisées. On attend alors qu'un élève identifie la source et la forme d'énergie associée, les différentes conversions dans la chaîne ainsi que la ou les formes d'énergie en bout de chaîne. On peut alors faire comprendre que toutes les formes d'énergie ne sont pas équivalentes, certaines sont plus adaptées pour le stockage, d'autres pour le transport et d'autres sont peu ou pas réutilisables (dissipation d'énergie sous forme d'énergie thermique par exemple). En classe de troisième, en partant de ces notions, l'objectif est de commencer à formaliser le concept de conservation de l'énergie.

La conservation de l'énergie n'intervient qu'en fin de parcours pour formaliser des démarches qui auront été engagées en amont. Cependant, en ce qui concerne les ordres de grandeurs et les applications numériques, il n'est pas nécessaire d'attendre d'avoir abordé la conservation de l'énergie pour effectuer des bilans.

Ressources bibliographiques

Livres

- Feynman R, La nature de la physique, Collection Points Sciences, Seuil, 1980
- Salviat B., Proust B., Allégraud K., Une énergie, des énergies, comment fonctionne le monde, Belin, 2015
- Harlen W., Idées de la science, idées sur la science, Le Pommier !, 2015

Article

- BACHTOLD.M, MUNIER.V, GUEDJ.M, LEROUGE.A, RANQUET.A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée ? Une analyse des programmes et des manuels. Recherches en didactique des sciences et des technologies, n°10,

Site de l'ENS de Lyon Culture Sciences Physique

- [Ressources pour le thème de convergence sur l'énergie](#)
- [Mémento sur l'énergie](#)
- [Les rendez-vous sciences et énergie](#)

Exemple de construction de progression

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES OBJECTIFS DE FIN DE CYCLE	NIVEAU 5 ^E	NIVEAU 4 ^E	NIVEAU 3 ^E
IDENTIFIER LES SOURCES, LES TRANSFERTS, LES CONVERSIONS ET LES FORMES D'ÉNERGIE UTILISER LA CONVERSION DE L'ÉNERGIE			
<p>Identifier les sources, les transferts</p> <p>Identifier différentes formes d'énergie - Identifier des conversions d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • cinétique (relation $E_c = \frac{1}{2} mv^2$) ; • potentielle (dépendant de la position) ; • thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse. <p>Établir un bilan énergétique pour un système simple</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sources • Transferts • Conversion d'un type d'énergie en un autre • Conservation de l'énergie • Unités d'énergie 	<p>L'élève identifie une source d'énergie, un transfert ou transport d'énergie, un stockage d'énergie, un mode d'utilisation de l'énergie.</p> <p>Un élève décrit une chaîne énergétique en identifie les différents éléments.</p> <p>L'élève commence à identifier les formes d'énergie correspondantes.</p> <p>Représentation sous forme d'une chaîne énergétique.</p> <p>Les situations proposées sont simples, par exemple depuis une source primaire (vent) jusqu'à l'utilisation (ampoule). Cet exemple présente l'intérêt de pouvoir servir d'introduction aux circuits électriques.</p> <p>Pour les ordres de grandeur, on limite en cinquième à la comparaison d'ordre de grandeurs, les valeurs étant exprimées dans la même unité (comparaisons simples du type : consommation ou produit plus ou moins, une source qui permet de faire fonctionner un nombre de récepteurs à déterminer, etc.).</p>	<p>L'élève identifie une source d'énergie renouvelable ; il repère les dissipations d'énergie dans une chaîne énergétique.</p> <p>Pour un système simple donné :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifier différentes formes d'énergie ; • identifier des conversions d'énergie ; • tracer le diagramme énergétique correspondant à la situation étudiée. <p>Les situations sont un peu plus complexes que celles présentées en cinquième, et touchent différents domaines de la physique ou de la chimie.</p> <p>Voir exemple « Quel est le véhicule qui atteindra le plus rapidement 320 km/h ? »</p> <p>Pour les ordres de grandeur, on attend la connaissance du joule et du wattheure. Les expressions de l'énergie cinétique et de l'énergie en fonction de la puissance peuvent être utilisées pour calculer une énergie. Identifier les sources d'énergie, les transferts et les conversions.</p>	<p>L'élève traduit une situation donnée par une chaîne énergétique, il en identifie les différents éléments et l'exploite en termes scientifiques et sociétaux.</p> <p>Progressivement, on laisse plus d'autonomie aux élèves pour conduire une étude énergétique (augmentation de la complexité).</p> <p>Cette partie permet de traiter la compétence « calcul de la consommation d'énergie électrique relatif à une situation de la vie courante »</p> <p>Voir exemple « Ascension du Mont Ventoux ».</p> <p>L'étude des différentes conversions permet d'aborder la notion de conservation de l'énergie qui n'a jamais été explicitée jusqu'à maintenant : même quantité d'énergie qui entre dans le convertisseur que celle qui sort.</p> <p>La conservation de l'énergie étant introduite, il est alors possible de préciser ce que signifie scientifiquement le vocabulaire utilisé dans la vie courante : gaspillage d'énergie, consommation d'énergie, dissipation d'énergie...</p> <p>Pour les bilans quantitatifs, il est aussi donné plus d'autonomie aux élèves. Les relations donnant l'énergie cinétique et l'énergie en fonction de la puissance et la durée sont régulièrement utilisées. Les conversions d'unités sont systématiquement données pour ne travailler que sur les bilans d'énergie.</p>

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES OBJECTIFS DE FIN DE CYCLE	NIVEAU 5 ^E	NIVEAU 4 ^E	NIVEAU 3 ^E
<p>Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée.</p> <p>Notion de puissance</p>	<p>Notion de puissance :</p> <ul style="list-style-type: none"> • savoir que l'énergie convertie par un appareil dépend de sa puissance et de sa durée d'utilisation. On ne compare pas des puissances et une énergie ; • utilisation du watt (W). 	<p>Puissance et énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • calcul de l'énergie connaissant la puissance et le temps de fonctionnement ; • utilisation du joule (J) et du wattheure (Wh). <i>Voir exemple « Quelle bouilloire choisir... ».</i> 	<p>Puissance et énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • maîtrise de la relation qui lie puissance, énergie et durée. L'utilisation de cette relation ne se limitant pas à l'électricité ; • maîtrise des unités joule (J) et wattheure (Wh) - Réaliser une conversion d'unité.
<ul style="list-style-type: none"> • Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental simple visant à réaliser un circuit électrique répondant à un cahier des charges simple 	<p>RÉALISER DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES SIMPLES ET EXPLOITER LES LOIS DE L'ÉLECTRICITÉ</p> <p>La progressivité des apprentissages se joue essentiellement au niveau de la complexité des supports utilisés.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractériser un appareil électrique comme un objet dipolaire. • Prévoir le fonctionnement d'un dipôle dans un circuit électrique (circuit ouvert - fermé - court-circuit). • Élaborer un circuit électrique répondant à un cahier des charges précis. • Réaliser un schéma normalisé. • Réaliser un montage à partir d'un schéma. • Identifier - Réaliser - schématiser un circuit en série, en dérivation. 		

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES OBJECTIFS DE FIN DE CYCLE	NIVEAU 5 ^E	NIVEAU 4 ^E	NIVEAU 3 ^E
<p>Exploiter / vérifier les lois de l'électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dipôles en série, dipôles en dérivation • L'intensité du courant électrique est la même en tout point d'un circuit qui ne compte que des dipôles en série • Loi d'additivité des tensions (circuit à une seule maille) • Loi d'additivité des intensités (circuit à deux mailles) • Relation tension-courant : loi d'Ohm • Loi d'unicité des tensions 	<p>La mesure de résistance est plutôt réservée à la classe de 4^e.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier des dipôles branchés en série - en dérivation. • Identifier une boucle. • Caractériser la tension en tant que grandeur physique. • Mesurer une tension (cas simples). • Placer un appareil de mesure sur un schéma. • Communiquer le résultat d'une mesure par une phrase et une écriture codée. • Réaliser une conversion d'unité. • Mettre en œuvre un protocole expérimental pour tester les lois concernant la tension par des mesures. • Écrire les lois concernant la tension, les exploiter qualitativement. 	<p>Entretien de ces capacités.</p>	<p>Entretien de ces capacités.</p>
<p>Mettre en relation les lois de l'électricité et les règles de sécurité dans ce domaine</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir qu'il existe une tension électrique aux bornes de l'interrupteur dans un circuit ouvert alimenté. • Exploiter les lois pour comprendre le rôle des dispositifs de protection des installations électriques (coupe-circuit). 	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir qu'il existe une tension électrique aux bornes de l'interrupteur dans un circuit ouvert alimenté. • Exploiter les lois pour comprendre le rôle des dispositifs de protection des installations électriques (coupe-circuit). 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploiter les lois pour comprendre le rôle des dispositifs de protection des installations électriques (coupe-circuit).
<p>Conduire un calcul de consommation d'énergie électrique relatif à une situation de la vie courante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puissance électrique $P=U.I$ • Relation liant l'énergie, la puissance électrique et la durée 	<p>Notion de puissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Savoir que la puissance est liée à l'intensité du courant qui traverse l'appareil dans une installation électrique domestique et à la tension à ses bornes. • Les premiers calculs de puissance peuvent être conduits mais la maîtrise de la relation $P=U.I$ n'est pas demandée. 	<p>Notion de puissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Savoir que la puissance est liée à l'intensité du courant qui traverse l'appareil dans une installation électrique domestique et à la tension à ses bornes. • Les premiers calculs de puissance peuvent être conduits mais la maîtrise de la relation $P=U.I$ n'est pas demandée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser la relation liant l'énergie, la puissance électrique et la durée. • Savoir que la puissance est liée à l'intensité du courant qui traverse l'appareil dans une installation électrique domestique et à la tension à ses bornes. • Utiliser la relation qui lie puissance, tension et intensité. • Savoir que l'énergie convertie par un appareil dépend de sa puissance et de sa durée d'utilisation. • Utiliser la relation qui lie puissance, énergie et durée.