



**ACADÉMIE
D'AIX-MARSEILLE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**Comment le concept d'énergie est-il enseigné à l'école,
au collège et au lycée ?**

Isabelle Tarride IA-IPR de physique-chimie

Comment le concept d'énergie est-il enseigné à l'école au collège et au lycée ?

- Quelle progressivité dans les apprentissages ?
 - Quelles compétences pour les élèves au cursus scientifique ?
 - Quelle culture pour les élèves au cursus non scientifique ?
 - Quel lien avec les problématiques environnementales, climatiques ?
-

L'énergie : un concept difficile à définir

« L'énergie nous apparait sous un très grand nombre de formes différentes, et il existe une formule pour chacune. [...]. **Il est important de se rendre compte que dans la physique d'aujourd'hui, nous n'avons aucune connaissance de ce qu'est l'énergie** »

R. Feynman, *Cours de mécanique*, Dunod



R. Feynman (1918-1988)

L'énergie est un concept

- L'énergie est un concept difficile à appréhender.
 - Elle n'est pas mesurable directement.
 - Sa présence est attestée par des changements.
 - Pour un système isolé, c'est une grandeur invariante.
Elle vérifie le principe de conservation.
-

Les difficultés conceptuelles et didactiques

Un concept est défini comme une “pensée abstraite”.

On distingue les **concepts catégoriels** et les **concepts formels**.

Concept catégoriel

Catégories qui permettent d'organiser la perception du monde en catégories. Ils sont basés sur des caractéristiques partagées par une classe d'objets ou d'idées.

Exemples : fruits, chiens, arbres, voitures, meubles, oiseaux, instruments de musique....

Concept formel

Abstractions souvent utilisées dans des domaines tels que les mathématiques, la logique, ou la philosophie. Ils sont indépendants des perceptions sensorielles.

Exemples : nombre, égalité, justice, liberté, énergie, infini... Ils sont destinés à résoudre des problèmes

L'énergie est un concept formel.

Difficulté cognitive à penser la conservation

Énergie « En sciences »

- Grandeur caractérisant un système physique, gardant la même valeur au cours de toutes les transformations internes du système (loi de **conservation**) et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes avec lesquels il entre en interaction.



Gérard Noelting, assistant de Bärbel Inhelder (psychologue, professeure à l'université de Genève en psychologie et des sciences de l'éducation), interrogeant Sylviane, 4 ans 11 mois...

La réponse de l'enfant illustre la première étape de la construction de la notion de conservation des liquides.

<https://www.youtube.com/watch?v=YfmyQXpfL1Q>

L'énergie dans le langage courant

Définitions du dictionnaire Larousse

- Puissance physique de quelqu'un, qui lui permet d'agir et de réagir . **Être sans énergie à la fin de la journée.**
- Volonté tendue vers une action déterminée ; **puissance**, vigueur, **force** morale. **L'énergie du désespoir.**

La puissance caractérise la vitesse d'un transfert d'énergie. Elle s'exprime en Watt (W). C'est l'énergie transférée en 1 seconde.

Une force modélise une action.
Action de contact : pousser, tirer, tenir, retenir...
ou action à distance : attirer, repousser...
La force s'exprime en Newton (N)

L'énergie dans le langage courant

Économiser l'énergie

Consommer de l'énergie

Quelques expressions

Source d'énergie

Énergie renouvelable

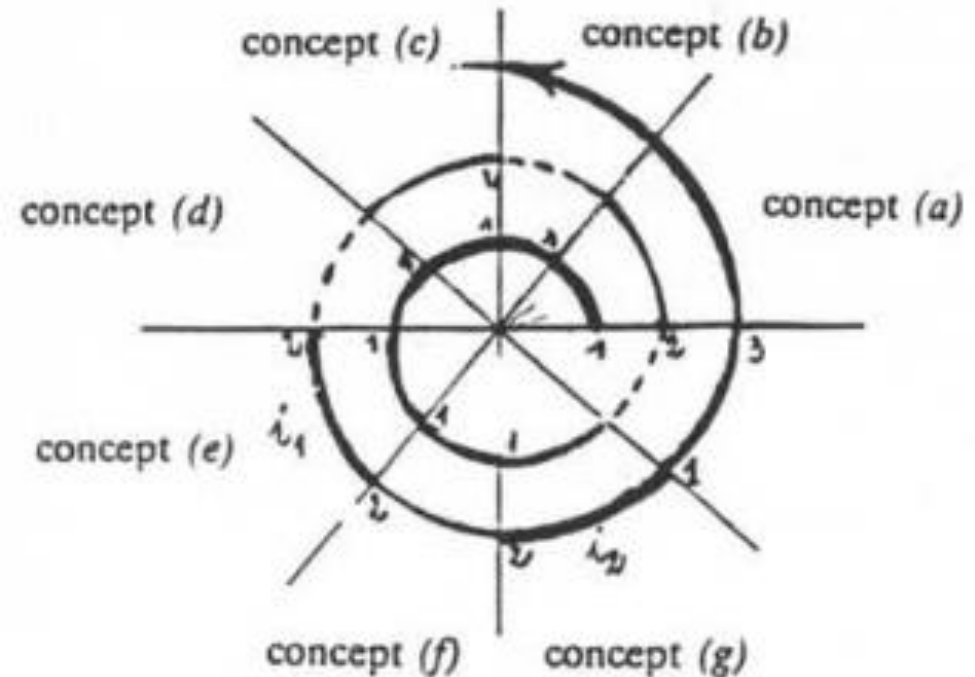
Ces expressions (idées d'épuisement ou de régénération) ne favorisent pas l'idée de conservation

Enseigner le concept d'énergie

L'énergie

- I- *Définition*
- II- *Différentes formes d'énergies*
- III- *Principe de conservation*
 1. *Conversions*
 2. *Transferts*
 3. *Conservation*

Enseignement spiralaire



Chaque secteur représente un concept, la courbe en spirale illustre le cheminement de l'élève. Au cours de l'apprentissage, plusieurs passages se font dans le champ du même concept à un niveau d'activité, de raisonnement, de connaissance supérieur au passage précédent.

Le concept d'énergie est introduit dès cycle 2

<https://eduscol.education.fr/84/j-enseigne-au-cycle-2>

BO n° 31 du 30 juillet 2020

Questionner le monde

Compétences travaillées

Adopter un comportement éthique et responsable

- Mettre en pratique les premières notions de gestion responsable de l'environnement par des actions simples individuelles ou collectives (« éco-gestes ») : gestion de déchets, du papier, économies d'eau et d'énergie (éclairage, chauffage, etc.).



L'énergie est présentée comme une denrée à préserver, au même titre que l'eau
Début de catégorisation de l'utilisation de l'énergie (éclairage, chauffage...)

Le concept d'énergie est introduit dès cycle 2

<https://eduscol.education.fr/84/j-enseigne-au-cycle-2>

BO n° 31 du 30 juillet 2020

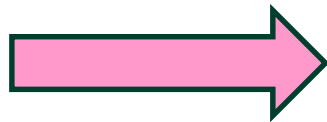
Comment reconnaître le monde vivant ?

Connaissances et compétences associées

Reconnaître des comportements favorables à sa santé

Mettre en œuvre et apprécier quelques règles d'hygiène de vie : [...]

- Les apports spécifiques des aliments (**apport d'énergie** : manger pour bouger).



L'énergie est associée à ses conversions (apport énergétique des aliments)

L'énergie au cycle 3 (programme 2023)

Bulletin officiel n° 25 du 22 juin 2023

Différentes formes d'énergie (de pesanteur, cinétique, chimique, thermique, électrique, nucléaire et lumineuse) sont introduites de façon progressive **par le biais de leurs conversions et de leurs transferts dans des contextes concrets : moyens de transport, production d'électricité, applications domestiques, etc.**

[...]

La **réalisation de maquettes simples** permet de modéliser des dispositifs où interviennent des conversions ou des transferts d'énergie : conversion d'énergie potentielle en énergie cinétique dans un dispositif mécanique (moulin à eau, par exemple), conversion d'énergie chimique en énergie cinétique dans un dispositif constitué d'un moteur alimenté par une pile électrique, transfert d'énergie électrique vers une lampe ou un autre appareil électrique alimenté par une pile électrique, etc.

Les élèves sont sensibilisés au caractère **renouvelable ou non, à l'échelle temporelle de la vie humaine**, des ressources en énergie. L'importance de l'énergie reçue du Soleil pour la vie sur Terre et pour les activités humaines est mentionnée. La recherche d'informations relatives à **différentes ressources en énergie et aux conséquences sur l'environnement de leur utilisation (chauffage, moyens de transport, production d'électricité, etc.)** s'inscrit dans **l'éducation au développement durable**. Elle a également pour **but d'enrichir la culture scientifique et technique** des élèves, de les sensibiliser à la problématique de la fiabilité des sources d'informations et de **contribuer à développer leur esprit critique**.

L'énergie au cycle 3 (programme 2023)

Bulletin officiel n° 25 du 22 juin 2023

Ressources en énergie et conversions d'énergie

Connaissances et compétences attendues en fin de cours moyen

Conversions d'énergie

- Réaliser expérimentalement un dispositif de **conversion d'énergie**.
- Identifier différentes **formes d'énergie** : énergie de pesanteur (dépendant de l'altitude sur Terre), énergie cinétique (liée au mouvement) et énergie électrique, par exemple dans le contexte de la production d'électricité



L'énergie est associée à ses conversions à travers des dispositifs technologiques



Catégorisation des formes d'énergie – enseignement contextualisé

L'énergie au cycle 3 (programme 2023)

Bulletin officiel n° 25 du 22 juin 2023

Connaissances et compétences attendues en fin de sixième

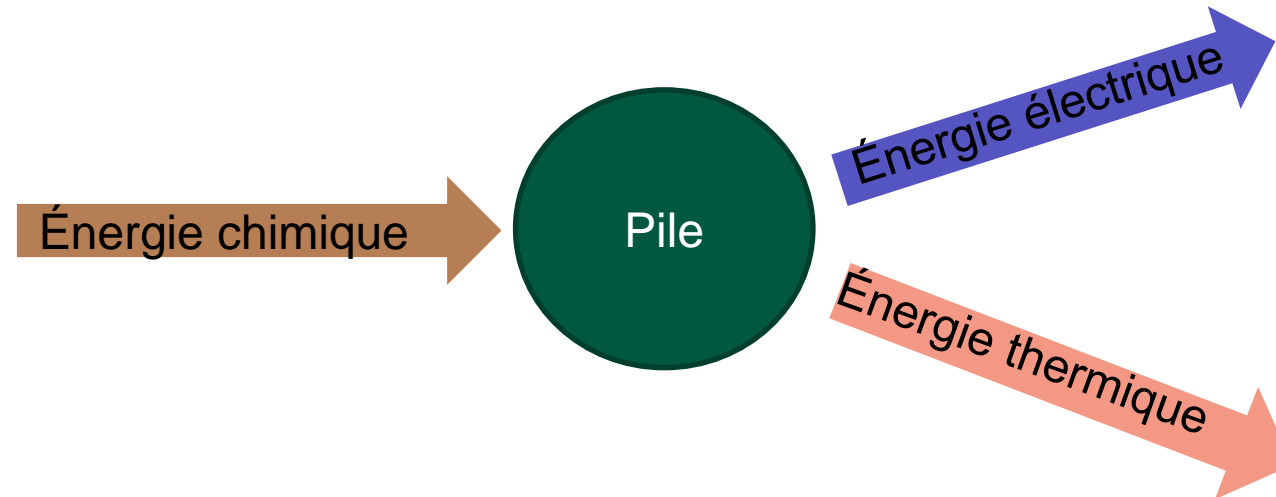
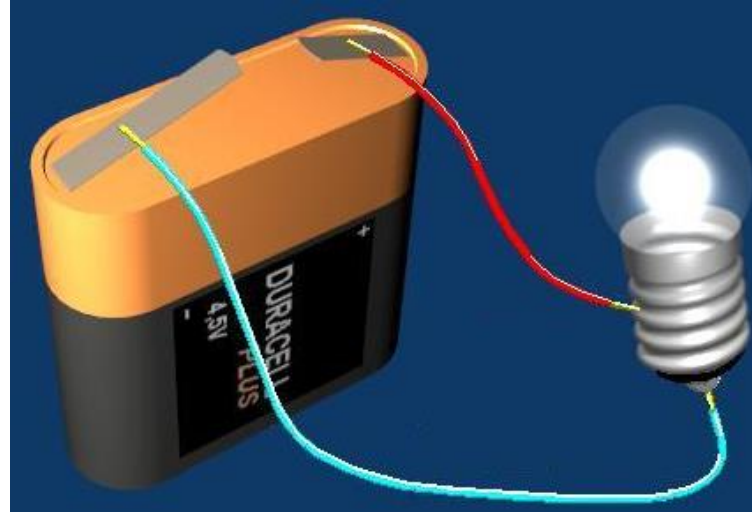
Conversions d'énergie

- Identifier différentes **formes d'énergie** (énergies de pesanteur, cinétique, chimique, thermique, électrique, nucléaire et lumineuse) dans des situations variées.
- Réaliser expérimentalement un dispositif de **conversion d'énergie** et en rendre compte par la représentation d'une **chaîne énergétique**.
- Rechercher des informations relatives à différentes **ressources en énergie** (Soleil, eau, vent, pétrole, bois, charbon, dihydrogène, combustible nucléaire (uranium), etc.) et les différencier selon leur **caractère renouvelable** ou non à l'échelle temporelle de la vie humaine.
- Rechercher des informations relatives à l'utilisation de différentes **ressources en énergie** pour caractériser leurs **conséquences sur l'environnement** (émission de gaz à effet de serre, production de déchets, etc.).

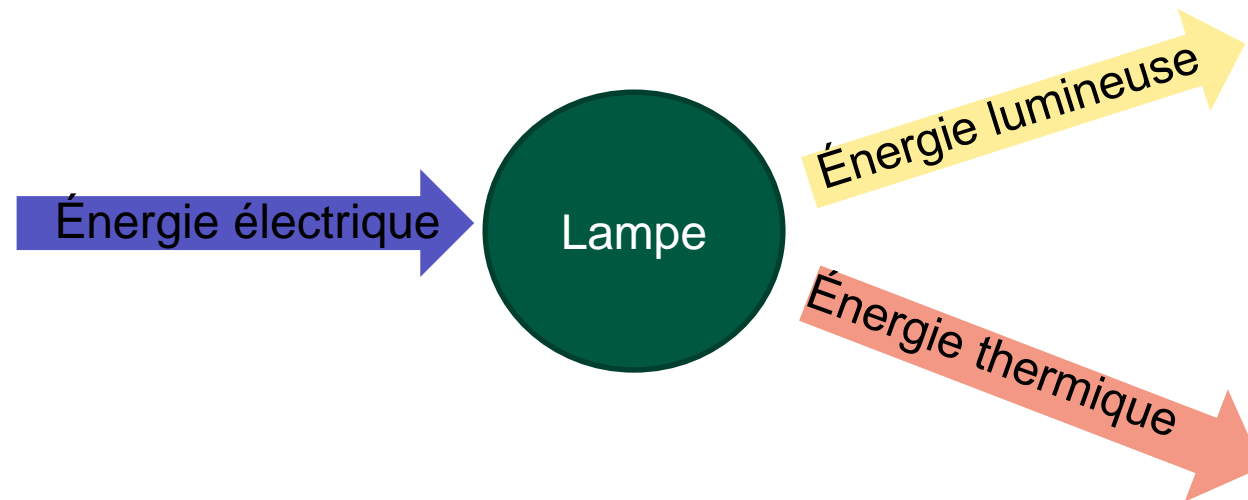
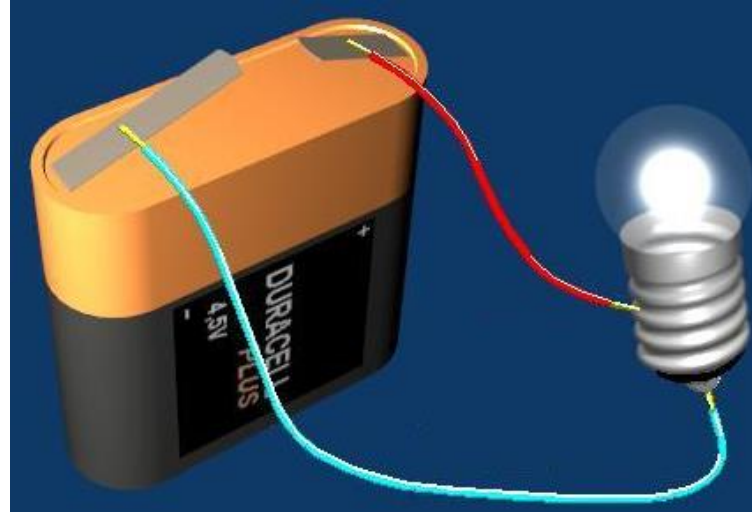


Catégorisation des sources (ressources) en énergie

Modélisation de conversions d'énergie à l'aide d'une chaîne énergétique



Modélisation de conversions d'énergie à l'aide d'une chaîne énergétique



L'énergie à la fin du cycle 3

Attendus de fin de cycle

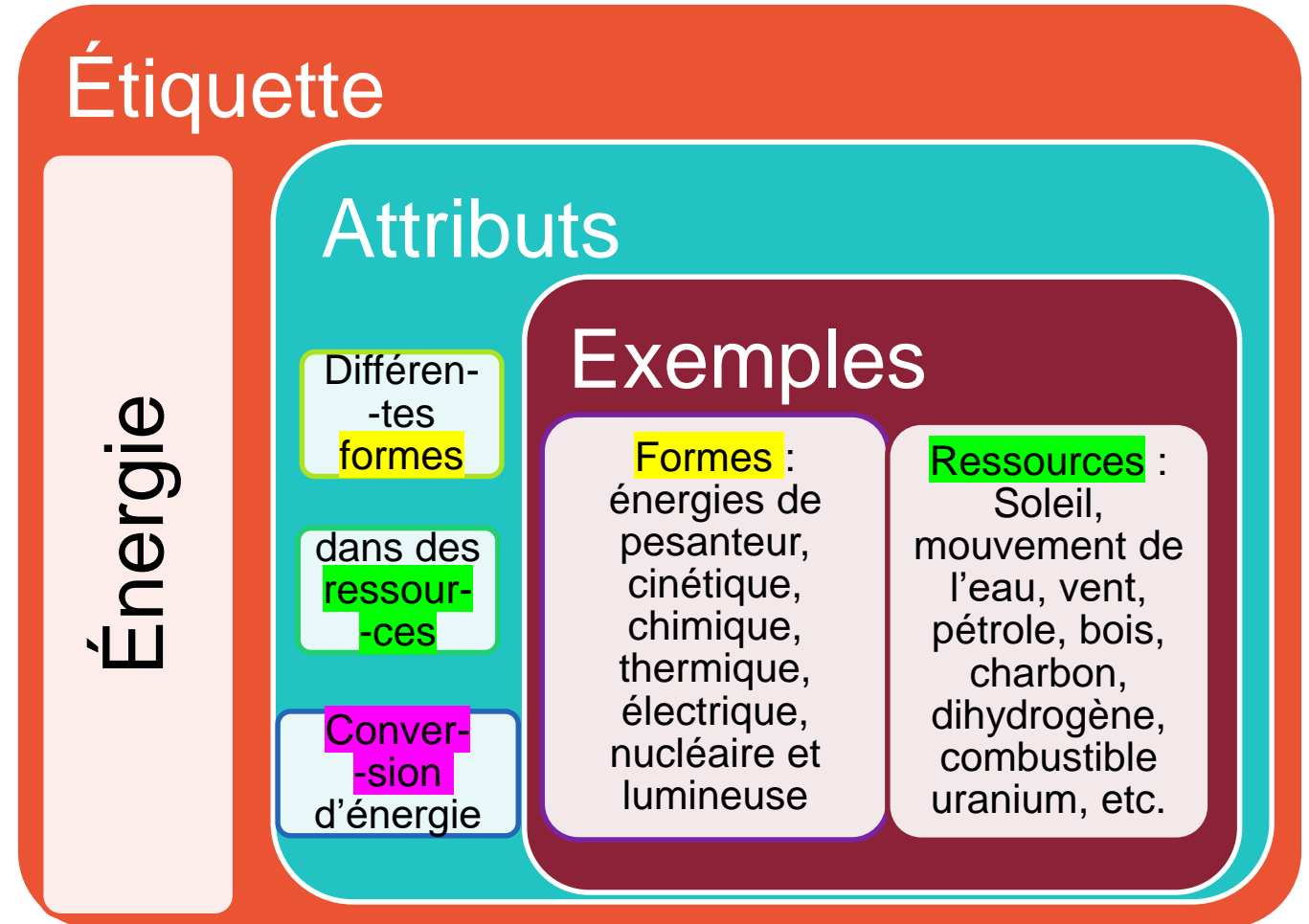
- Identifier les formes d'énergie mises en jeu dans un dispositif de conversion d'énergie.
 - Rechercher et exploiter des informations relatives aux ressources en énergie et à leur utilisation en exerçant son esprit critique.
-

Modèle d'apprentissage d'un concept catégoriel

Jusqu'au cycle 3, l'énergie est présentée comme un concept catégoriel.

On modélise un concept catégoriel par un mot ("l'étiquette") et des caractéristiques ("les attributs") lui permettant de se distinguer d'autres concepts.

Un concept catégoriel est construit à partir d'exemples et de contre-exemples.



L'énergie au cycle 4 (programme 2020)

Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie

Utiliser la conservation de l'énergie

Connaissances et compétences associées

Identifier les différentes formes d'énergie.

Identifier un dispositif de conversion d'énergie dont le fonctionnement s'accompagne d'une émission de dioxyde de carbone.

- Énergies cinétique (relation $E_c = \frac{1}{2} mv^2$), potentielle (dépendant de la position), thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse.

Établir un bilan énergétique pour un système simple.

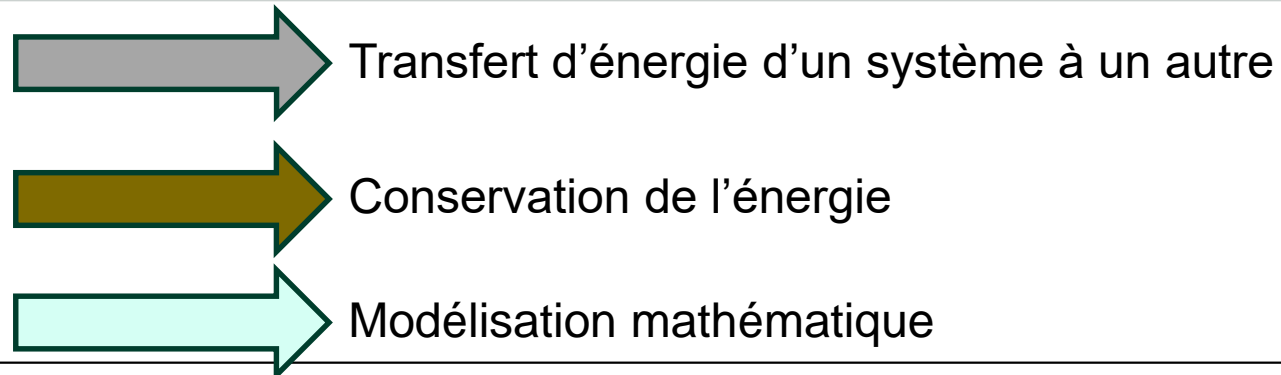
- Sources.

- Transferts.

- Conversion d'une forme d'énergie en une autre.

- Conservation de l'énergie.

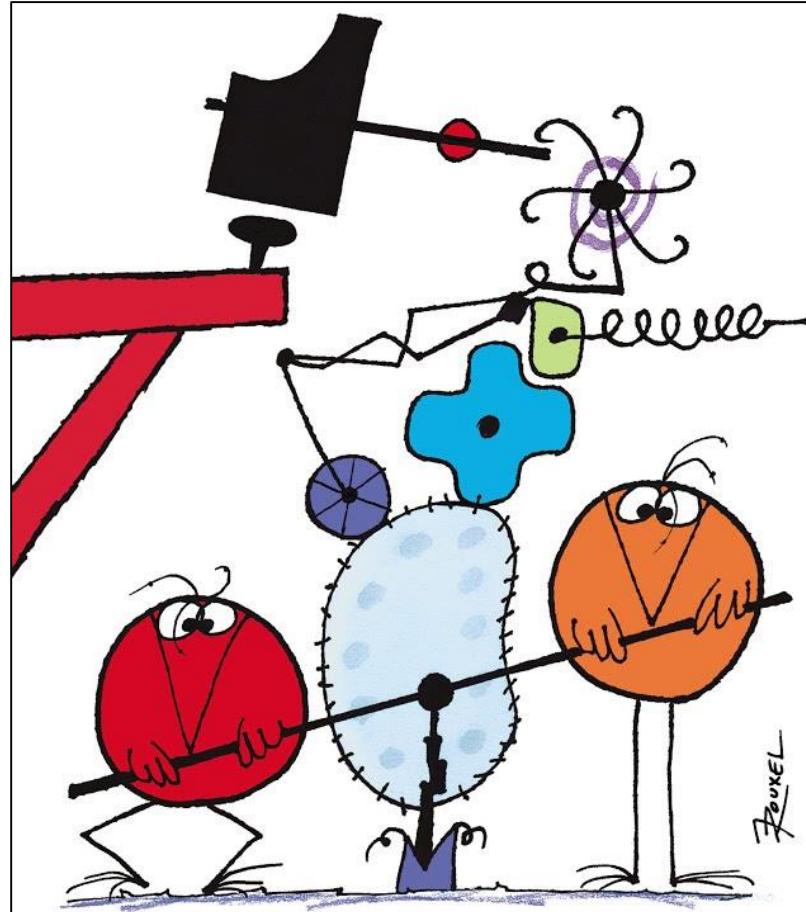
- Unités d'énergie.



L'énergie : deux perspectives en tension

Perspectives socio-économique et environnementale

- Entité (substance, denrée...) qui peut être **produite**, **stockée**, transportée et **consommée**...

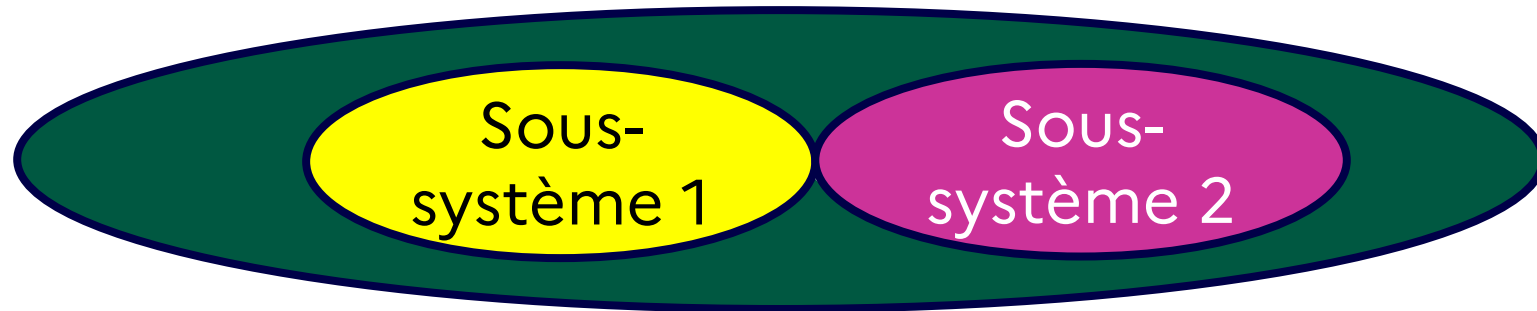


Perspective scientifique

- Grandeur relative à un système qui caractérise sa **capacité à modifier l'état** d'un autre système avec lequel il est en interaction, et qui **se conserve** si le système est isolé.

Conservation de l'énergie

Un système isolé n'échange pas d'énergie avec l'extérieur.
L'énergie d'un système isolé se conserve.



Les parties d'un système isolé peuvent échanger de l'énergie.
Tout ce qui est perdu par une partie est gagné par l'autre.
L'énergie du système global ne change pas.

L'énergie au cycle 4 (programme 2020)

Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie

Utiliser la conservation de l'énergie

Connaissances et compétences associées

Analyser une situation où, pour un système donné, les valeurs des transferts d'énergie entrant et sortant sont différentes.

Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée.

- Notion de puissance.

Associer l'émission et l'absorption d'un rayonnement à un transfert d'énergie.

- Rayonnement émis par un objet.

- Absorption d'un rayonnement par un objet.

- Transfert d'énergie par rayonnement.

- Absorption du rayonnement terrestre par les gaz à effet de serre.

L'énergie au cycle 4 (programme 2020)

Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité

Connaissances et compétences associées

Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental simple visant à réaliser un circuit électrique répondant à un cahier des charges ou à vérifier une loi de l'électricité.

Exploiter les lois de l'électricité.

[...]

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 $P = U.I$.

Relation liant l'énergie, la puissance électrique et la durée.

L'énergie à la fin du cycle 4

Attendus de fin de cycle

- Identifier les **sources**, les **transferts**, les **conversions** et les **formes d'énergie**.
- Utiliser la **conservation de l'énergie**.
- Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité.

Socle culturel de tous les élèves de collège

L'Éducation au développement durable (EDD)

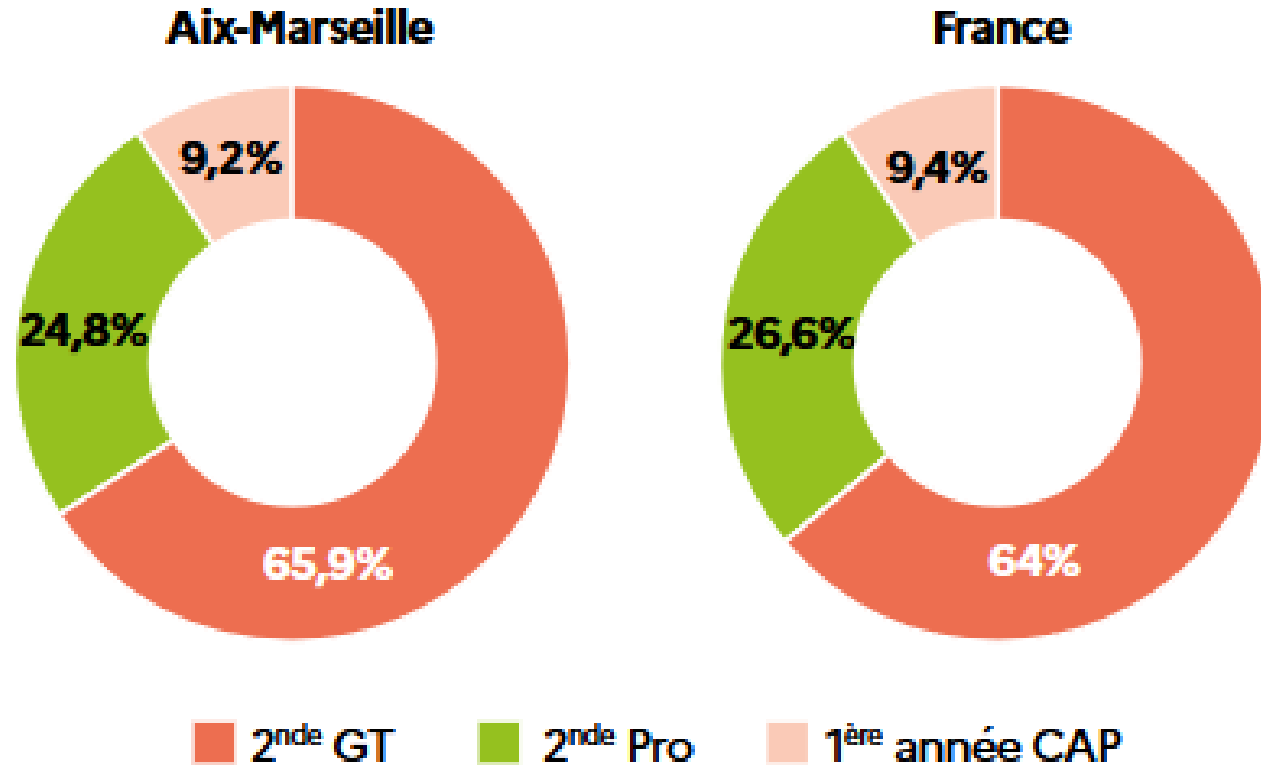
L'éducation au développement durable (EDD) permet d'appréhender la complexité du monde dans ses dimensions scientifiques, éthiques et civiques.

L'éducation au développement durable est transversale, s'applique dans une logique d'interdisciplinarité, à conduire des actions et projets qui impliquent l'ensemble de la communauté éducative et des partenaires de l'école.

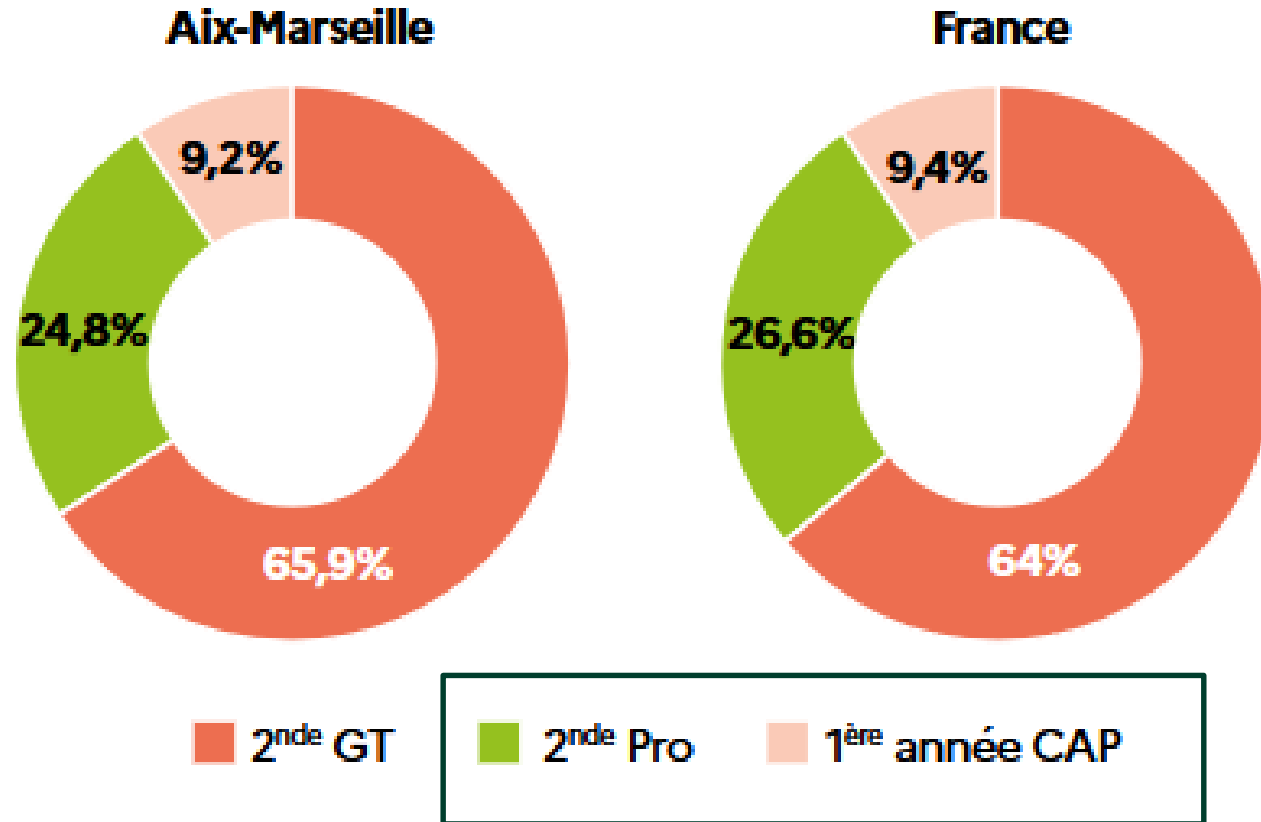
Depuis 2019, on assiste à un renforcement des enseignements relatifs au changement climatique, à la biodiversité et au développement durable.

L'article 9 de la loi pour une École de la confiance (28 juillet 2019) modernise et élargit le contenu de l'éducation à l'environnement et au développement durable en intégrant, pour la première fois dans le Code de l'éducation, les notions de transition écologique, de biodiversité et de lutte contre le réchauffement climatique.

Orientation des élèves de collège en fin de 3^{ème} – session 2023



Orientation des élèves de collège en fin de 3^{ème} – session 2023



Socle culturel de fin de collège sur l'énergie

Seconde générale et technologique (programme 2019)

Objectifs de formation

Dans la continuité du collège, le programme de physique-chimie de la classe de seconde vise à faire pratiquer les méthodes et démarches de ces deux sciences en mettant particulièrement en avant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation**.

[...] Le programme accorde une place importante aux **concepts** et en propose une **approche concrète et contextualisée**.

[...] Le programme de seconde permet ainsi à tous les élèves de **formuler des choix éclairés en matière de parcours de formation** en classe de première générale ou technologique et de suivre avec profit l'enseignement scientifique proposé dans le tronc commun de formation du cycle terminal de la voie générale.

2. Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie

Une première approche des énergies mises en jeu lors de ces trois types de transformations (transformations physiques, chimiques, nucléaires) permet de montrer que l'énergie transférée lors d'une transformation dépend des quantités de matière des espèces mises en jeu.

A) Transformation physique

Modélisation microscopique d'un changement d'état.

Transformations physiques endothermiques et exothermiques.

Énergie de changement d'état et applications.

B) Transformation chimique

Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.

C) Transformation nucléaire

Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires.

Après la seconde au lycée général

Cycle terminal

Lycée général

Lycée technologique

Enseignement
scientifique

Spécialité
physique-chimie

STI2D – STL...
(scientifiques)

STMG

Environ 2/3 des lycéens de seconde
Environ 44% de la cohorte du collège

Moins d'1/3 des lycéens de seconde
Environ 22% de la cohorte du collège

La spécialité physique-chimie est choisie jusqu'en terminale par environ 30% des élèves

L'énergie dans le programme de 1^{ère} Enseignement scientifique

2 — Le Soleil, notre source d'énergie

2.1 — Le rayonnement solaire

2.2 — Le bilan radiatif terrestre

2.3 — De la conversion biologique de l'énergie solaire par la photosynthèse à l'énergie nécessaire à tous les êtres vivants

2.4 — Une diversité de sources d'énergie utilisables par l'Humanité.

Enjeux sociétaux et environnementaux

L'énergie dans le programme de Terminale Enseignement scientifique

Thème 2 — Le futur des énergies

2.1 — Deux siècles d'énergie électrique

2.2 — Conversion et transport de l'énergie électrique

2.3 — Énergie, choix de développement et futur climatique

Choix énergétiques et conséquences climatiques

Objectifs généraux de formation

L'enseignement scientifique cherche à développer des compétences générales par la pratique de la réflexion scientifique.

A — Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration

B — Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques

C — Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement

Culture scientifique et citoyenne

Il ne vise pas à construire un savoir encyclopédique, mais cherche plutôt à atteindre trois buts :

- contribuer à faire de chaque élève une **personne lucide**, consciente de ce qu'elle est, de ce qu'est le monde et de ce qu'est sa relation au monde ;
 - contribuer à faire des élèves des **citoyens responsables**, qui connaissent les conséquences de leurs actions sur le monde et disposent des outils nécessaires pour les analyser et les anticiper ;
 - contribuer au développement en chaque élève d'un **esprit rationnel, autonome et éclairé**, capable d'exercer une analyse critique face aux fausses informations et aux rumeurs.
-

L'énergie dans le programme de 1^{ère} spécialité physique-chimie au lycée général

Constitution et transformations de la matière

- énergie de liaison
- énergie mises en jeu lors des ruptures et formations de liaisons.
- Énergie molaire de réaction,

L'énergie : conversions et transferts

1. Aspects énergétiques des phénomènes électriques : puissance et énergie ; Bilan de puissance dans un circuit
2. Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques : Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel ; Travail d'une force ; Théorème de l'énergie cinétique ; Énergie potentielle ; Énergie mécanique ; Conservation et non conservation de l'énergie mécanique.

Ondes et signaux

Le photon. Énergie d'un photon.

Quantification des niveaux d'énergie des atomes.

L'énergie dans le programme de terminale spécialité physique-chimie au lycée général

Constitution et transformations de la matière

- Stockage et conversion d'énergie chimique.

Mouvement et interactions

Mouvement dans un champ uniforme : aspects énergétiques

L'énergie : conversions et transferts

- Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la Thermodynamique : Énergie interne d'un système ; Transfert thermique ; travail. Énergie interne d'un système incompressible. Modes de transfert thermique. Flux thermique. Résistance thermique. Bilan thermique du système Terre-atmosphère. Effet de serre.

Ondes et signaux

Le photon : énergie, vitesse, Masse

Quelques obstacles didactiques

- L'énergie est reconnue lorsqu'il y a un effet perceptible (changement visible, lumière, échauffement, mouvement...).
 - Les énergies potentielles (liaisons chimiques, énergie potentielle de pesanteur...) ne sont pas reconnues.
 - L'énergie chimique est reconnue s'il y a réaction.
 - L'énergie est parfois conçue comme quelque chose de présent et d'actif pendant un certain temps, puis qui disparaît.
 - Pour rendre compte de la conservation de l'énergie, les élèves et les étudiants rencontrent des difficultés tant pour le choix du système isolé que pour l'écriture du bilan.
 - La perte ou le gain d'énergie d'un système non isolé n'est pas associée à la conservation de l'énergie d'un système plus large.
-

1^{ère} et Terminale STI2D physique-chimie et mathématiques

• L'énergie et ses enjeux

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Formes d'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> - Citer les différentes formes d'énergie utilisées dans les domaines de la vie courante, de la production et des services. - Distinguer les formes d'énergie des différentes sources d'énergie associées.
Énergie et puissance.	<ul style="list-style-type: none"> - Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. - Évaluer et citer des ordres de grandeur des puissances mises en jeu dans les secteurs de l'énergie, de l'habitat, des transports, des communications, etc.
Les conversions et les chaînes énergétiques. Stockage de l'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les principales conversions d'énergie : électromécanique, photoélectrique, électrochimique, thermodynamique (conversions réalisées par une machine thermique), etc. - Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. - Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.
Principe de la conservation de l'énergie. Rendement.	<ul style="list-style-type: none"> - Énoncer le principe de conservation de l'énergie pour un système isolé. - Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. - Déterminer le rendement d'une chaîne énergétique ou d'un convertisseur
Ressource d'énergie dite « renouvelable ».	<ul style="list-style-type: none"> - Énoncer qu'une ressource d'énergie est qualifiée de « renouvelable » si son renouvellement naturel est assez rapide à l'échelle de temps d'une vie humaine.

• L'énergie et ses enjeux

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Énergie et puissance.	<ul style="list-style-type: none"> - Définir la puissance instantanée comme la limite de la puissance moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit. - Définir la puissance instantanée comme la dérivée par rapport au temps de l'énergie. - Déterminer l'énergie mise en jeu par un système pendant un intervalle de temps donné à partir de la courbe représentant la puissance en fonction du temps. - Utiliser un outil numérique (tableur, logiciel ou programme informatique) pour calculer les valeurs de la puissance d'un système à partir d'un tableau de valeurs de l'énergie mise en jeu au cours du temps. - Utiliser un outil numérique (tableur, logiciel ou programme informatique) pour calculer les valeurs de l'énergie mise en jeu au cours du temps à partir d'un tableau de valeurs de la puissance d'un système. - Estimer la durée de fonctionnement d'un système autonome.
Puissance absorbée et puissance utile. Rendement d'une conversion, d'un transfert d'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter la relation permettant de calculer le rendement d'une conversion ou d'un transfert d'énergie.
Réversibilité des conversions d'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> - Définir un fonctionnement réversible et non-réversible pour un convertisseur.

Énergie chimique
Énergie électrique
Énergie interne
Énergie mécanique
Énergie transportée par la lumière

Conclusion

L'énergie joue un rôle central dans les civilisations industrielles.

Au-delà du concept de l'énergie, son enseignement développe des compétences de la démarche scientifique :

- Rechercher et organiser l'information
- Identifier des questions de nature scientifique.
- Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question scientifique.
- Éprouver les hypothèses par des expériences / observations.
- Construire de nouveaux modèles.

Enseigner le concept d'énergie revêt donc une importance capitale pour préparer les élèves d'aujourd'hui au monde de demain pour :

- Appréhender la complexité du monde.
 - Relever les défis énergétiques et environnementaux de notre époque (changement climatique, transition vers les énergies renouvelables, réduction de l'empreinte carbone).
 - Former des citoyens capables de prendre des décisions éclairées, de comprendre les politiques énergétiques et de participer activement aux débats sociétaux sur ces questions.
 - Doter les élèves de compétences pour favoriser leur intégration dans les métiers du futur.
-

Quelques ressources

Eduscol Physique-chimie

<https://eduscol.education.fr/2318/physique-chimie>

Programmes d'enseignement

Cycle 3 : https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/ensel-101_annexe_ok.pdf

Cycle 4 : <https://eduscol.education.fr/296/physique-chimie-cycle-4>

Les objectifs de développement durable : <https://www.education.gouv.fr/les-objectifs-de-developpement-durable-4205>

Lycée voie GT : <https://eduscol.education.fr/1648/programmes-et-ressources-en-physique-chimie-voie-gt>

Math-Physique-chimie STI2D :

<https://eduscol.education.fr/1736/programmes-et-ressources-en-serie-sti2d>

Les chiffres clés du système éducatif

<https://www.education.gouv.fr/les-chiffres-cles-du-systeme-educatif-6515>

Merci pour votre attention
