

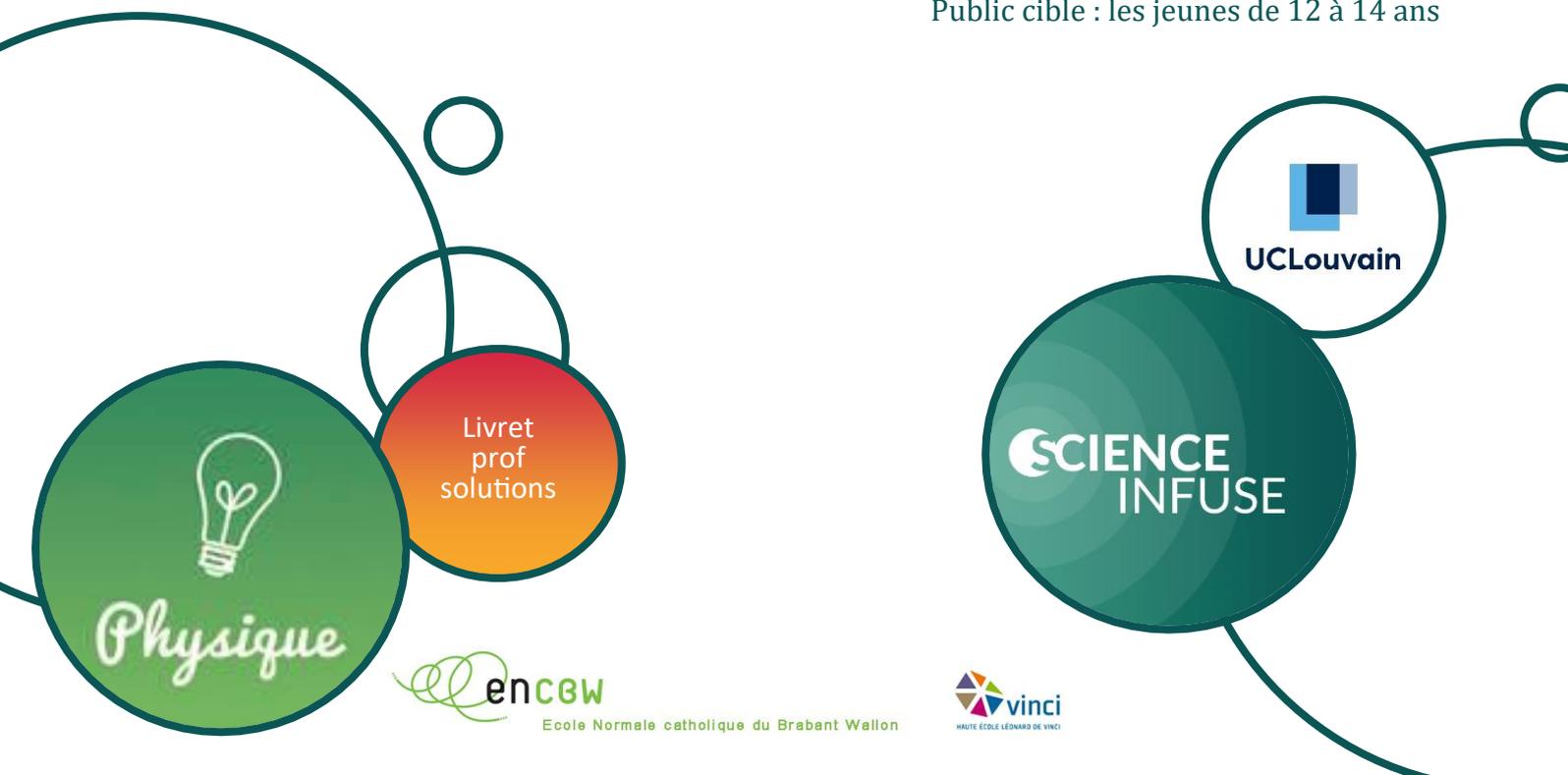


ALERTE, BLACK-OUT IMMINENT !

de découverte sur les sources et les transformations d'énergie

Une escape box

Public cible : les jeunes de 12 à 14 ans



Physique

Livret
prof
solutions

UCLouvain

SCIENCE
INFUSE

Intentions pédagogiques

Cette activité a été réalisée dans le cadre du Printemps des Sciences 2018 par Delaby C., Gierling J., Maréchal Q., Devergnies J. Petit N., Michel A., Kasap M., Bamps A., étudiants de 2^{ème} année Bachelier Normal Secondaire Sciences de l'ENCBW et finalisée par ScienceInfuse.

« Résoudre une situation complexe relative à la matière vivante ou inanimée par la mise en œuvre d'une démarche scientifique. » est la compétence principale qui y est développée.

Pour introduire la partie sur les transformations et les sources d'énergie, les auteurs ont choisi comme contextualisation, la réalisation d'une escape box. La situation problème de cette escape box prend source dans un fait d'actualité : il s'agit du risque de black-out qui est une coupure d'électricité généralisée. Elle est une introduction aux sources, formes et transformations d'énergie après avoir vu les circuits électriques.

Matériel général

- Une clé USB contenant 3 vidéos : Une vidéo d'introduction – Deux vidéos de fin d'activité à choisir selon l'issue de celle-ci (réussite ou échec de la mission)
- 3 jeux de 5 boîtes / fardes avec cadenas et matériel divers

Mise en situation

Faites visionner aux élèves la séquence vidéo d'introduction expliquant qu'un problème de black-out est imminent en Belgique. Pour résoudre cette situation, la journaliste demande aux élèves de trouver des solutions se basant sur les énergies renouvelables et d'envoyer leurs propositions au gouvernement.

A la fin de la projection, formez 3 groupes d'élèves qui peuvent se lancer dans l'aventure en ouvrant la première boîte.

Boîte 1 : Centrales thermiques

Enveloppe 1.1

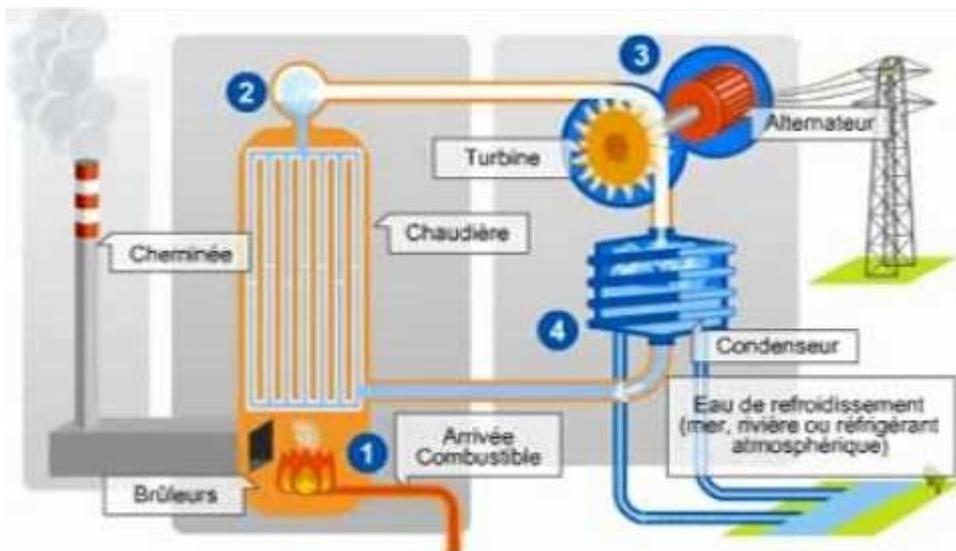
a. Matériel

- Un camping gaz
- Une bouteille fermée par un bouchon surmonté d'un fin tube en verre
- De l'eau
- Une petite hélice reliée à une génératrice électrique (*) connectée à une ampoule LED

(*) Remarque : La génératrice électrique est ici une dynamo car l'ampoule LED demande un courant continu.

b. Activité

A partir du matériel mis à votre disposition, construisez un montage qui modélise le fonctionnement d'une centrale thermique au gaz schématisée ci-dessous



[\(7\) Electricité - SI - A1 : Fonctionnement d'une centrale thermique classique - YouTube](#)

c. Solution



Enveloppe 1.2

a. Matériel

- Puzzle de la centrale nucléaire

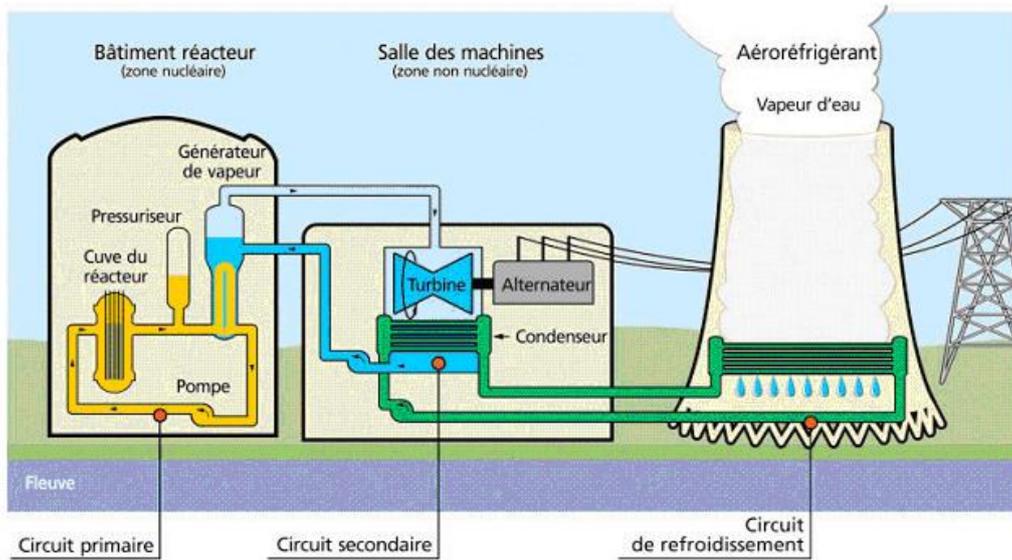
b. Activité

A partir du texte ci-après, assemblez les éléments à votre disposition pour illustrer correctement le fonctionnement d'une centrale nucléaire.

Les centrales nucléaires fonctionnent globalement selon le même principe que les centrales thermiques au gaz mais elles utilisent de l'uranium et non du gaz comme source d'énergie primaire. Il y a trois circuits d'eau séparés.

1. Dans la « chaudière », la chaleur produite par la réaction nucléaire de fission de l'uranium est récupérée par l'eau du circuit primaire. Une partie de la chaleur du circuit primaire est transférée à l'eau du circuit secondaire.
2. La vapeur produite dans le circuit secondaire est utilisée pour entraîner des turbines couplées à des alternateurs. La rotation du rotor de l'alternateur produit de l'énergie électrique. La vapeur du 2^{ème} circuit est refroidie et condensée grâce au 3^{ème} circuit d'eau alimenté par une rivière.
3. L'eau du 3^{ème} circuit est elle-même refroidie par une circulation d'air dans les tours de refroidissement avant d'être rejetée dans la rivière. C'est de l'air humide qui s'échappe des tours de refroidissement.

c. Solution



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sch%C3%A9ma_Centrale_nucl%C3%A9aire.jpg?uselang=fr

Enveloppe 1.3

a. Matériel :

- Diverse cartes illustrées en lien avec l'énergie
- Une carte spéciale permettant de trouver le code des cadenas de toutes les boites (conservez le pour les boites suivantes)

b. Activité

Pour accéder à la boîte suivante, vous devez construire la chaîne énergétique représentant les transformations et transferts d'énergie dans une centrale électrique nucléaire.

Parmi les cartes à disposition, sélectionnez la source d'énergie primaire utilisée et toutes les formes d'énergie qui sont tour à tour transformées et produites dans la centrale nucléaire ainsi que les transformateurs permettant les conversions et transferts d'énergie. Une fois la chaîne énergétique construite, vous pourrez trouver le code du cadenas vous permettant d'accéder au contenu de la boîte 2 !

c. Solution

Source - énergie primaire	Transformateur	Énergie	Transformateur	Énergie	Transformateur	Énergie	Transformateur	Énergie finale
Uranium - Énergie nucléaire	Réacteur nucléaire	Energie thermique	Générateur de vapeur	Énergie mécanique	Turbine	Énergie mécanique	Alternateur	Énergie électrique
Carte 1: 2	Carte 2: 9	Carte 3: 4	Carte 4: 1	Carte 5: 5	Carte 6: 3	Carte 7: 5	Carte 8: 6	Carte 9: 8

La clé pour ouvrir le cadenas est donnée par la carte spéciale :

Carte 1 + 2 cartes 2 + 3 cartes 3 + 4 cartes 4 + 5 cartes 5 + 6 cartes 6 + 7 cartes 7 + 8 cartes 8 + 9 cartes 9 =

$$1*2+2*9+3*4+4*1+5*5+6*3+7*5+8*6+9*8= \mathbf{234}$$

Boîte 2 : Énergie électrique et autres formes d'énergie

Enveloppe 2.1

a. Matériel

- Diverses cartes illustrées en lien avec l'énergie

b. Activités (à noter dans le carnet)

1. Notez dans votre carnet 6 objets que vous ne pourriez plus utiliser en cas de Black-out.
2. Complétez le texte ci-dessous à l'aide des mots proposés.
3. Les cartes fournies illustrent différentes sources d'énergies primaires ainsi que différentes formes d'énergie.
 - a) Classez, en deux catégories, les sources d'énergies primaires renouvelables et les sources d'énergies primaires non renouvelables.
 - b) Notez votre classification dans votre carnet et indiquez à côté de chaque source d'énergie primaire la forme d'énergie qui lui correspond.
 - c) L'énergie électrique est-elle une énergie primaire ?

c. Solution

Quelques définitions et informations utiles

- L'**énergie** est une grandeur physique qui exprime la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur.

- L'unité de l'énergie dans le système de référence international (SI) est le **joule**.

- Une source d'**énergie primaire** est une forme d'énergie directement disponible dans la nature.

- Les sources d'**énergies renouvelables** sont des sources d'énergie dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

- Selon le **principe de conservation de l'énergie**, l'énergie ne peut être ni créée, ni détruite ; elle est sans cesse transformée (d'une forme en une autre) et/ou transférée (d'un corps à un autre). La transformation de l'énergie, son transfert et son transport jusqu'à son lieu d'utilisation entraînent des pertes qui peuvent être très importantes, il ne s'agit en réalité pas de pertes d'énergie mais d'une dissipation de l'énergie dans l'environnement.

Aujourd'hui, nous imaginons difficilement nous passer d'énergie électrique. Et pourtant, son arrivée dans les maisons est assez récente.

Rapide histoire de la conquête de l'énergie

Jusqu'au 15^{ème} siècle, l'homme utilisait uniquement des sources d'**énergies renouvelables** : le bois, les chutes d'eau, le vent et la force animale.

Au 19^{ème} siècle, on exploite de plus en plus les mines de **charbon**. Son utilisation explosera avec le développement des machines à vapeur et la révolution industrielle.

Dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle, c'est la ruée vers l'or noir, le premier puits de **pétrole** est exploité en 1859 aux Etats-Unis.

Le 20^{ème} siècle connaîtra l'essor de l'**électricité** !

Ce n'est qu'à partir de 1960 qu'apparaîtront les premières centrales **nucléaires**.

Aujourd'hui de plus en plus d'efforts sont réalisés pour remplacer les **énergies fossiles** (charbon, pétrole et gaz) et l'énergie nucléaire par des énergies renouvelables et moins polluantes.

Les sources d'énergies primaires renouvelables :

- Le soleil - Énergie solaire : Énergie de rayonnement
- Le vent - Énergie éolienne : Énergie mécanique
- L'eau (en hauteur et en mouvement) - Énergie hydraulique : Énergie mécanique
- La chaleur interne de la Terre – Énergie géothermique : Énergie thermique
- La biomasse – Énergie de la biomasse : Énergie chimique

Les sources d'énergies primaires non renouvelables :

- L'uranium - Énergie nucléaire : Énergie nucléaire
- Les combustibles fossiles (charbon, gaz et pétrole) - Énergies fossiles : Énergie chimique

L'énergie électrique n'est pas une énergie primaire.

Remarques :

*Le soleil, comme toutes les étoiles, peut être considéré comme une centrale nucléaire à fusion. L'énergie qui est émise par le soleil dans l'espace est une **énergie de rayonnement**. L'énergie solaire qui arrive sur Terre est donc de l'énergie de rayonnement.*

L'énergie rayonnante ou énergie de rayonnement est la forme d'énergie contenue et transportée par les ondes électromagnétiques : rayons gamma, RX, UV, IR, micro-ondes, ondes radio et la lumière. La lumière correspond à la partie visible du spectre des ondes électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques transportent l'énergie d'un endroit à un autre, même à travers le vide.

*L'**énergie mécanique** est la forme d'énergie liée au mouvement d'un corps (énergie cinétique) ou à sa position dans l'espace (énergie potentielle).*

Enveloppe 2.2

a. Matériel

- Deux piles 1,5V dans un support
- Une ampoule LED sur un support
- Deux câbles électriques avec des pinces
- Des cartes illustrées en lien avec l'énergie

b. Activités

1. Vous avez à votre disposition différents objets, tentez à l'aide de ceux-ci de construire un circuit électrique permettant d'allumer l'ampoule.

Dans le circuit réalisé, quel est le générateur d'énergie électrique, quelle est la forme de l'énergie initiale ?

Dans votre carnet, réalisez un schéma normalisé du circuit que vous venez de construire à l'aide des symboles suivants.

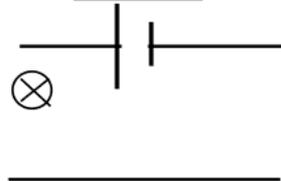
MATERIEL

Un générateur

Une ampoule

Des câbles électriques

SYMBOLES

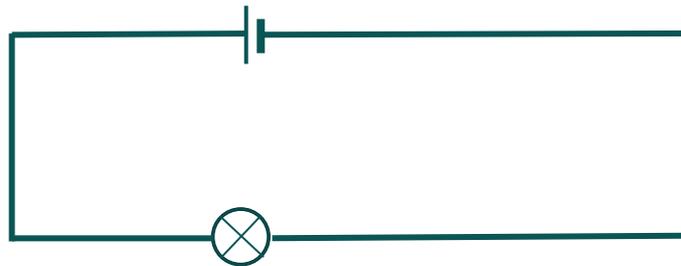


2. A l'aide des cartes, construisez la chaîne énergétique de cette situation.

Si vous êtes bien éclairés, vous trouverez facilement le code du cadenas vous permettant d'accéder à la troisième boîte.

c. Solution

1. Le générateur est la pile, l'énergie initiale de ce circuit est chimique.



2.

Énergie initiale	Transformateur	Énergie	Transformateur	Énergie finale
Énergie chimique	Pile	Énergie électrique	Ampoule	Énergie de rayonnement
3	2	8	7	9

La clé pour ouvrir le cadenas est :

$$1*3+2*2+3*8+4*7+5*9= \mathbf{104}$$

Le code du cadenas est : **104**

Boîte 3 : Panneaux photovoltaïques

a. Matériel

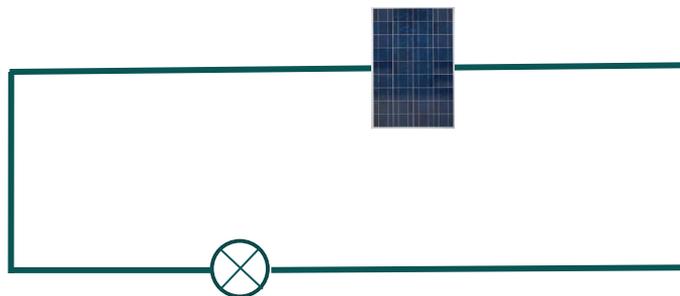
- Un panneau photovoltaïque
- Une ampoule LED sur un support
- Deux câbles électriques avec des pinces
- Deux nuages en papier calque
- Un voltmètre
- Des cartes illustrées en lien avec l'énergie
- Un spot (un pour l'ensemble de la classe) pour faire office de soleil lorsque la lumière du jour est insuffisante.

b. Activités

Le black-out dont parle la journaliste est dû à l'arrêt de plusieurs centrales nucléaires en Belgique et d'une demande importante d'énergie électrique par la population et les entreprises belges. Il faut donc à la fois réduire nos besoins en électricité et trouver des alternatives renouvelables à l'énergie nucléaire.

L'une de ces alternatives est l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques...

1. Dans ce circuit électrique, la pile du montage précédent est remplacée par un panneau solaire photovoltaïque. Réalisez le circuit et exposez-les panneaux aux rayons du soleil (ou à la lumière d'un spot) et observez.



2. Branchez un voltmètre aux bornes de l'ampoule LED. Interposez un nuage (en papier claqué) entre la source de lumière et le panneau photovoltaïque pour comparer la tension en absence et en présence de nuage. Notez vos mesures dans votre carnet.

3. Construisez la chaîne énergétique de cette situation (en partant de l'énergie primaire normalement utilisée dans cette situation).

c. Solution

Source - Énergie primaire	Transformateur	Énergie	Transformateur	Énergie finale
Le soleil - Énergie solaire	Panneau photovoltaïque	Énergie électrique	Lampe	Énergie de rayonnement
6	4	8	7	9

La clé pour ouvrir le cadenas est :

$$1*6+2*4+3*8+4*7+5*9= 111$$

Le code de la boîte 4 est : **111**

Boîte 4 : Barrages

a. Matériel

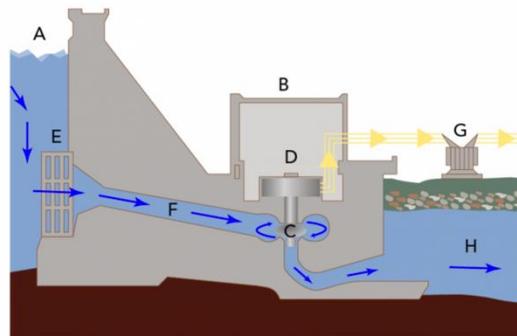
- Une petite hélice reliée à une génératrice d'électricité et à une ampoule LED
- Un bidon rempli d'eau muni d'un tuyau
- Un bac en plastique
- Diverses cartes illustrées en lien avec l'énergie

b. Activités

Vous avez pu vérifier que l'on peut produire de l'énergie électrique grâce aux panneaux photovoltaïques qui transforment l'énergie lumineuse en énergie électrique, mais l'efficacité des panneaux photovoltaïques dépend fortement de la présence ou non de nuages et aussi évidemment du moment de la journée et de la saison.

Heureusement, nous disposons aussi d'autres énergies renouvelables. La photo ci-dessous représente l'une d'elle.

La centrale hydroélectrique de Butchenbach, avec son barrage et, au centre (pente en béton), les conduites qui aboutissent aux turbines reliées aux alternateurs. L'eau retenue par le barrage permet de stocker une importante quantité d'énergie.



Une installation hydroélectrique (Parlons sciences utilisant un schéma de Tennessee Valley Authority, format SVG de Tomia [CC-BY-SA 3.0] via Wikimedia Commons).

Fonctionnement d'un barrage hydroélectrique

- Le barrage retient l'eau d'un cours d'eau pour former une zone de stockage d'eau sous la forme d'un lac (retenue d'eau).
- Lorsque la quantité d'eau retenue par le barrage est suffisante, les vannes sont ouvertes et l'eau s'écoule dans un conduit forcé. Elle arrive à une turbine et la fait tourner. La rotation de la turbine entraîne la rotation du rotor de l'alternateur. Le mouvement de celui-ci produit une tension électrique.

1. Votre défi est d'allumer la lampe à l'aide du matériel à disposition afin de pouvoir éclairer le code du prochain cadenas.
Le code est donné par la chaîne énergétique de cette nouvelle situation.

2. Répondez aux questions suivantes dans votre carnet
 - a. À quelle hauteur avez-vous placé le bidon d'eau ?
Est-il possible d'allumer la LED en surélevant le bidon d'eau à la hauteur d'un banc ? Pourquoi ?
 - b. A quel emplacement est-il donc le plus judicieux d'installer un barrage hydroélectrique ?
 - c. La Belgique dispose-t-elle d'un potentiel hydroélectrique très élevé ? Pourquoi ?

c. Solution

1.

Source - Énergie primaire	Transforma- teur	Énergie	Transforma- teur	Énergie	Transforma- teur	Énergie finale
L'eau - Énergie hydraulique	Turbine	Énergie mécanique	Alternateur	Énergie électrique	Lampe	Énergie de rayonnement
4	3	5	6	8	7	9

La clé pour ouvrir le cadenas est :

$$1*4+2*3+3*5+4*6+5*8+6*7+7*9= 194$$

Le code du cadenas : **194**

2.

- a. La hauteur d'un banc est très insuffisante. A cette hauteur, l'eau ne possède pas suffisamment d'énergie mécanique potentielle
Pour faire briller la LED à l'aide du matériel mis à disposition, il faut une chute d'eau de minimum deux étages.
L'eau du bidon placé en hauteur s'écoule par le tuyau et entraîne dans son mouvement la turbine qui fait elle-même tourner la génératrice produisant l'électricité nécessaire à l'allumage de la LED. Plus le bidon est surélevé, plus l'énergie potentielle disponible est grande car $E_p = m g h$. C'est cette énergie potentielle qui sera transformée en énergie cinétique $E_c = m v^2/2$, capable de faire tourner la turbine. Plus la vitesse de l'eau est grande, plus la turbine tourne vite et plus la quantité d'énergie électrique produite est importante.
- b. Les barrages hydroélectriques sont généralement installés dans des endroits présentant une dénivellation importante.
- c. La Belgique étant un pays assez plat, ce n'est pas le pays le plus propice à l'installation de barrages et de centrales hydroélectriques de grande capacité.

Boîte 5 : Conclusion

BRAVO pour votre parcours !

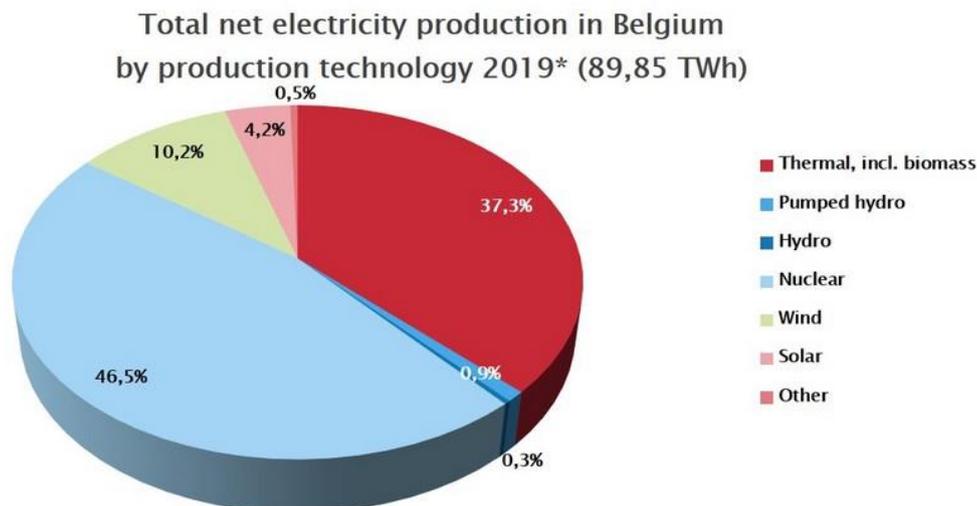
Voici le moment le plus crucial ! Il est temps de commencer la rédaction de votre rapport au gouvernement.

Pour vous aider, voici quelques informations complémentaires.

1. Modes de production d'électricité en Belgique

D'après la Fédération Belge des Entreprises Électriques et Gazières (FEBEG) et du SPW, les producteurs actifs sur le territoire belge disposent ensemble d'un parc de production varié. Plusieurs types de centrales servent à produire l'électricité.

<https://www.febeg.be/fr/statistiques-electricite>



- Nous voyons dans ce graphique que l'essentiel de la production d'électricité en Belgique est issue des centrales thermiques (centrales nucléaires, centrales à combustibles fossiles et centrale à biomasse). Quel est ensuite le type d'énergie qui a le plus contribué à la production d'électricité en Belgique durant l'année 2019 ? Pour quel pourcentage ?
- Après les énergies thermiques, nucléaire, fossiles et de la biomasse, quel est le type d'énergie qui a le plus contribué à la production d'électricité en Belgique durant l'année 2019 ? Pour quel pourcentage ?
- S'agit-il d'une énergie renouvelable ?

Solution

L'énergie éolienne qui est une énergie renouvelable, utilisée pour de 10,2 % de la production d'électricité belge en 2019.

2. Production en temps réel

Consultez le site internet « Electricity MAP » pour découvrir les modes de production d'électricité en temps réel. Ces informations sont précieuses pour éviter le black-out, vous devrez en tenir compte dans la rédaction de votre rapport.

<https://www.electricitymap.org/?page=country&solar=false&remote=true&wind=false&countryCode=BE>

1. Sur la carte, cliquez sur la zone représentant la Belgique et notez les modes de **production** d'électricité en temps réel.

Notez dans l'ordre décroissant, les 5 modes de production d'électricité les plus importants dans l'approvisionnement en électricité de la Belgique. Indiquez la date et l'heure du moment où vous avez consulté le site.

2. Répétez ce relevé beaucoup plus tard dans la journée, quand il fait noir.
3. Entourez le(s) mode(s) de production d'électricité que l'on pourrait, selon vous, exploiter davantage pour éviter le black-out et dans un objectif de développement durable.



Solution :

Le 06 novembre 2020 à 16h, les sources de production d'énergie électrique en Belgique sont

1. Le nucléaire (41,5%)
2. Le gaz (25,8%)
3. Le solaire (2,3%)
4. L'éolien (6,4%)
5. La biomasse (3,7%)

3. Astuces pour diminuer ma consommation en électricité

- Proposez, trois moyens pour réduire notre consommation en électricité.
Pour vous aider, sachez que les appareils qui chauffent sont ceux qui demandent le plus d'énergie électrique.

Solution

- Pour le linge et le lave-vaisselle, préférer les programmes basse température.
- Faire sécher son linge à l'air libre plutôt qu'avec un séchoir électrique
- Ne pas laisser la porte du réfrigérateur ouverte trop longtemps
- Dégivrer régulièrement le congélateur
- Décongeler les aliments congelés au réfrigérateur plutôt qu'au microonde
- Ne faire bouillir que la quantité d'eau nécessaire
- Choisir des ampoules électriques basse consommation, telles que les LED.
- Eteindre les luminaires inutiles
- Choisir des appareils électriques peu gourmands en électricité
- Ne pas laisser d'appareils électriques en veille, les éteindre ou les débrancher
- Débrancher les transformateurs inutilisés
-

3. Rédaction de votre rapport au gouvernement

- Votre rapport doit répondre, de manière structurée et argumentée, à la question « comment éviter le black-out?».
- Aidez-vous de ce que vous venez d'apprendre, n'hésitez pas à chercher des compléments d'informations en consultant différentes ressources et à faire appel à votre créativité pour la rédaction.

**Ne tardez pas,
nous devons urgemment trouver des solutions pour éviter le
black-out !**

- Lorsque vous aurez envoyé votre rapport, regardez le journal télévisé, une réponse vous sera communiquée en direct ;-)
Bonne chance !

Remarque :

En fonction de la pertinence des rapports des élèves, le professeur choisira la séquence du journal télévisé à leur diffuser.

Cette activité a été conçue initialement par des étudiants
de 2^{ème} année Bachelier Normal Secondaire sciences.
Décembre 2018

Delaby C. ; Gierling J. ; Maréchal Q. ; Devergnies J. ; Petit N. ; Michel A. ; Kasap M. ; Bamps A.

L'activité et le dossier ont été retravaillés par ScienceInfuse afin de les mettre à disposition des enseignants.

Sources

- TANGUY L., « Le fonctionnement des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques »,
<http://www.tpepanneauxsolaires.fr/fonctionnement.html> (Page consultée le 12/12/2018)
- ASBL sortir du nucléaire, « le nucléaire ne sauvera pas le climat »,
<https://www.sortirdunucleaire.org/> (Page consultée le 12/12/2018)
- ENGIE, « Hydroélectricité », <http://corporate.engie-electrabel.be/fr/producteur-local/hydroelectricite/> (Page consultée le 12/12/2018)
- Le télégramme, « Étude. Énergies renouvelables : l'option la plus compétitive © Le Télégramme »
<https://www.letelegramme.fr/economie/etude-energies-renouvelables-l-option-la-plus-competitive-10-12-2018-12157560.php#TTZrV82iWBfweXII.99> (Page consultée le 12/12/2018)
- RTBF.BE, « Centrales nucléaires belges : un risque de pénurie par -5° en janvier », https://www.rtbf.be/info/economie/detail_centrales-nucleaires-belges-un-risque-de-penurie-par-5-et-peu-de-vent?id=10084278 (Page consultée le 12/12/2018)
- FEBEG Fédération Belge des Entreprises Electriques et Gazières ,
<https://www.febeg.be/fr/climat-et-environnement>
- SPW Service Publique de Wallonie,
<http://environnement.wallonie.be/enviroentreprises/pages/etatenviindustrie.asp?doc=syn-ele-tec>
- EDF fonctionnement d'une centrale thermique ,
[\(7\) Electricité - S1 - A1 : Fonctionnement d'une centrale thermique classique - YouTube](#)
- Wikipedia : centrale nucléaire
[Fichier:Schéma Centrale nucléaire.jpg — Wikipédia \(wikipedia.org\)](#)
- Programme scolaire Humanités générales et technologiques ; Sciences 1er degré ; 1A et 2ème commune ; D/2000/7362/012 (pp 42 à 51)
- DONTAINE M., électricité S2460, Louvain-La-Neuve, 2018.
- MATTHYS N., Produire et transformer l'énergie, Louvain-La-Neuve, 2018.

