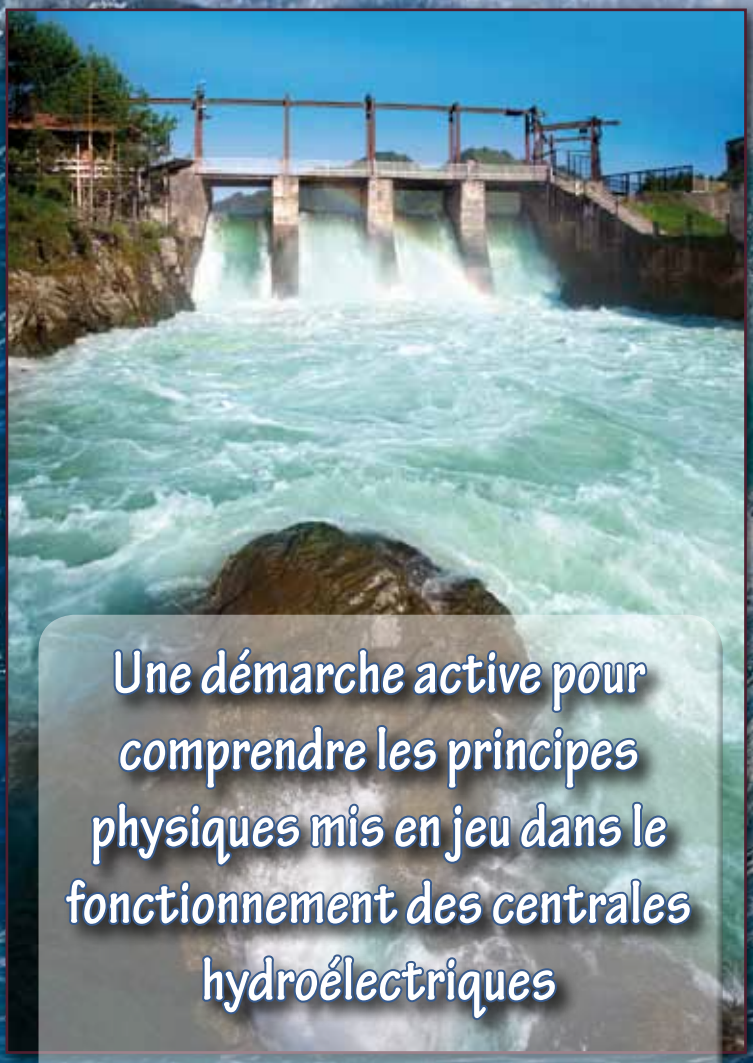
«Aujourd'hui pour demain»
LES CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES



Une démarche active pour comprendre les principes physiques mis en jeu dans le fonctionnement des centrales hydroélectriques

Public cible : les jeunes de 10 à 14 ans

HYPOThèse asbl
www.hypothese.be

SPW
Service public de Wallonie

Maison liégeoise de l'Environnement
rue Fusch, 3 - 4000 Liège

Tél. : 04 250 95 89
www.hypothese.be
contact@hypothese.be

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse
avec le soutien de la DGO4 - SPW

2012

Auteurs : Sabine Daro - Serge Nanson - Caroline Villeval
Conseillers : Claire Balthazart - Corentin Poffé - Francis Schoebrechts
Graphisme et schémas : Serge Nanson

Crédits photos : Alain Grignet, Serge Nanson, Fotolia, Francis Schoebrechts.

Table des matières

Introduction 5
Statuts de l'expérience 6
Canevas d'exploitation pour l'enseignant 8

Activités préalables 10
1. Analyse de l'utilisation de l'énergie dans la classe 10
2. Le coût de l'énergie électrique 12
3. Les sources d'énergie utilisées 12

Comprendre l'énergie hydraulique 13
Phase de sensibilisation 13

Activité 1 :
L'eau en mouvement peut déplacer un objet - *Expérience action* 14

Activité 2 :
L'eau en mouvement peut faire tourner un objet - *Expérience action* 15

Activité 3 :
Quels sont les paramètres qui influencent la vitesse de rotation de la roue ? - *Expérience à concevoir* 17

Activité 4 :
Le mouvement peut produire de l'électricité - *Expérience à suivre* 24

Activité 5 :
Le multiplicateur - *Expérience action et expérience à concevoir* 25

Activité 6 :
Mise en évidence de l'importance de la hauteur de la chute d'eau sur la puissance électrique produite par la dynamo - *Expérience à suivre* 28

Activité 7 :
Mise en évidence de l'importance du débit de la chute d'eau (à hauteur constante) sur la puissance électrique produite par la dynamo - *Expérience à suivre* 30

Pourquoi construire différents types de barrages ? 36

Les centrales marémotrices 40

Energie - Puissance - Unités de mesure 41
Pour en savoir plus 41
Bibliographie 42

Centrale hydroélectrique : Val de Poix

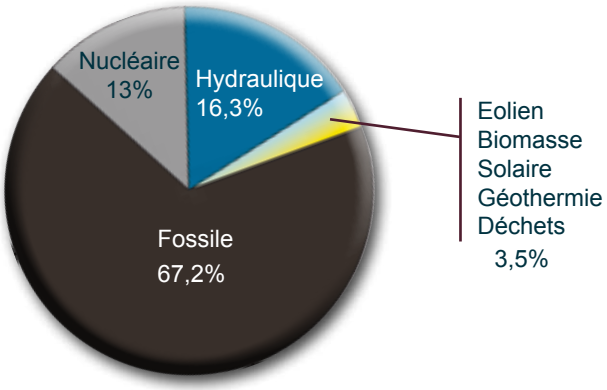
Introduction

La séquence d'apprentissage que nous proposons dans cette brochure permet de comprendre les principes physiques mis en jeu dans la production d'énergie électrique à partir de l'énergie hydraulique.
Cette brochure complète une série dans laquelle d'autres sources d'énergie sont abordées : l'énergie solaire et l'énergie éolienne.
L'énergie hydroélectrique, ou hydro-électricité, est une énergie électrique renouvelable obtenue par transformation de l'énergie mécanique des différents flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins, marées, vagues...). L'énergie du courant d'eau en mouvement est transformée grâce à une turbine et une dynamo en énergie électrique.

En 2010, la production d'électricité d'origine hydraulique représentait 16,3% de la production totale d'électricité mondiale. Au même moment, la production d'origine nucléaire était de 13% et celle d'origine fossile était de 67,2%.

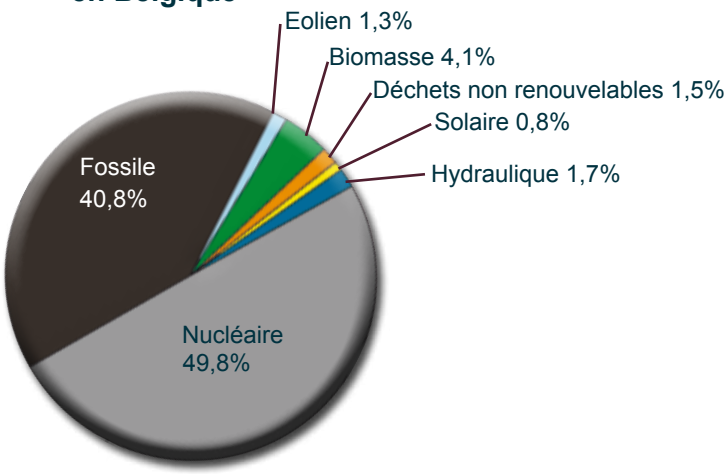
Source : http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/archives/chap/956/L-hydraulique-la-premiere-energie-renouvelable-pour-la-production-d-electricite

La production d'électricité en 2010 dans le Monde

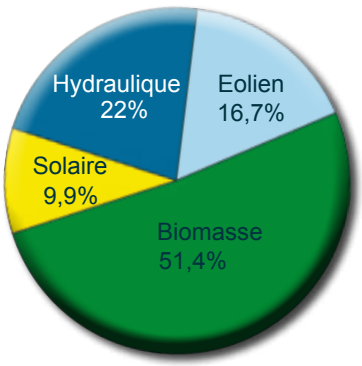


En Belgique, où il n'y a pas beaucoup de chutes d'eau, la production d'énergie hydroélectrique en 2010 représentait 1,7% de la production totale d'énergie électrique, ce qui correspond néanmoins à 22 % de l'énergie d'origine renouvelable.

La production d'électricité en 2010 en Belgique



La production électrique d'origine renouvelable en 2010 en Belgique



Source : http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/inventaire/pdf/13e-inventaire-Chap03-3.4.3-Belgique.pdf

L'énergie hydroélectrique est une énergie relativement peu dépendante des conditions météorologiques. C'est une énergie non polluante et facile à mettre en place.

Statuts de l'expérience

Au delà des notions de physique, la démarche d'apprentissage décrite dans cette brochure permet de développer chez l'élève une attitude de recherche et tous les savoir-faire qui y sont associés. Le chapitre suivant donne le cadre méthodologique suivi pour construire les activités expérimentales.

Lorsque des expériences sont proposées dans des séquences d'apprentissage, elles n'ont pas toujours la même fonction, la même place. Le tableau ci-dessous décrit différentes manières d'envisager une activité expérimentale. Selon le statut occupé par l'expérience, les apprentissages développés chez les enfants vont varier.

Ces expériences sont présentées selon une gradation qui permet un ancrage plus efficace des notions apprises. Les activités proposées dans cette séquence ont été testées en sixième primaire et au premier degré du secondaire.

Tout au long de la séquence, nous indiquons les activités spécifiques selon la tranche d'âge des élèves. Nous partons toutefois du principe que les activités expérimentales peuvent être proposées à l'un ou l'autre niveau. Plus que l'action elle-même, c'est le niveau de formulation de la structuration de l'activité vécue qu'il faudra adapter.

	Statut de l'expérience	**Rôle**
1	Expérience pour ressentir	Permettre la perception par le corps des phénomènes abordés.
2	Expérience action	Se familiariser avec un concept en commençant par un tâtonnement expérimental de type essai-erreur.
3	Expérience à suivre	Faire découvrir une loi ou illustrer un phénomène physique. Le protocole est donné.
4	Expérience à concevoir	Permettre à l'élève d'élaborer une démarche expérimentale pour vérifier une hypothèse. Le protocole est à construire.

Le tableau suivant permet d'associer chacune des expériences de la brochure à sa méthodologie spécifique. La brochure complète est téléchargeable sur le site www.hypothese.be

	1	2	3	4	
	Expérience pour ressentir	Expérience action	Expérience à suivre	Expérience à concevoir	Pages
L'eau en mouvement peut déplacer un objet	¤	¤			14
L'eau en mouvement peut faire tourner un objet		¤			15
Quels sont les paramètres qui influencent la vitesse de rotation de la roue ?				¤	17
Le mouvement peut produire de l'électricité			¤		24
Le multiplicateur		¤	¤	¤	25
L'importance de la hauteur de la chute d'eau			¤		28
L'importance du débit de l'eau			¤		30

Prétest

Expérience pour ressentir

Expérience action

Expérience à suivre

Expérience à concevoir

Canevas d'exploitation pour l'enseignant

Le matériel

Il se compose de malles, que l'on peut se procurer, sur simple demande, à l'asbl Hypothèse (contact@hypothese.be). Ce matériel est à compléter par différents éléments facilement trouvables.

Chaque malle «centrale hydroélectrique» contient le matériel suivant :

- Un modèle de centrale hydroélectrique
- Une étagère pour poser le bac de retenue d'eau
- Un bac pour la retenue d'eau
- Un bac de récupération de l'eau
- Tuyaux de diamètres différents permettant l'écoulement de l'eau entre le bac de retenue et la centrale hydroélectrique
- 2 tuyaux transparents s'emboîtant l'un dans l'autre
- Un récipient de retenue d'eau emboîtable sur les tuyaux transparents
- Des cales pour poser la centrale hydroélectrique
- Un indicateur de niveau de puissance
- Un pied statif
- Deux câbles électriques
- Des engrenages de différentes tailles (avec un nombre différent de dents)
- Des plateaux de fixation
- Une maquette de dynamo
- Une ampoule à incandescence et une douille

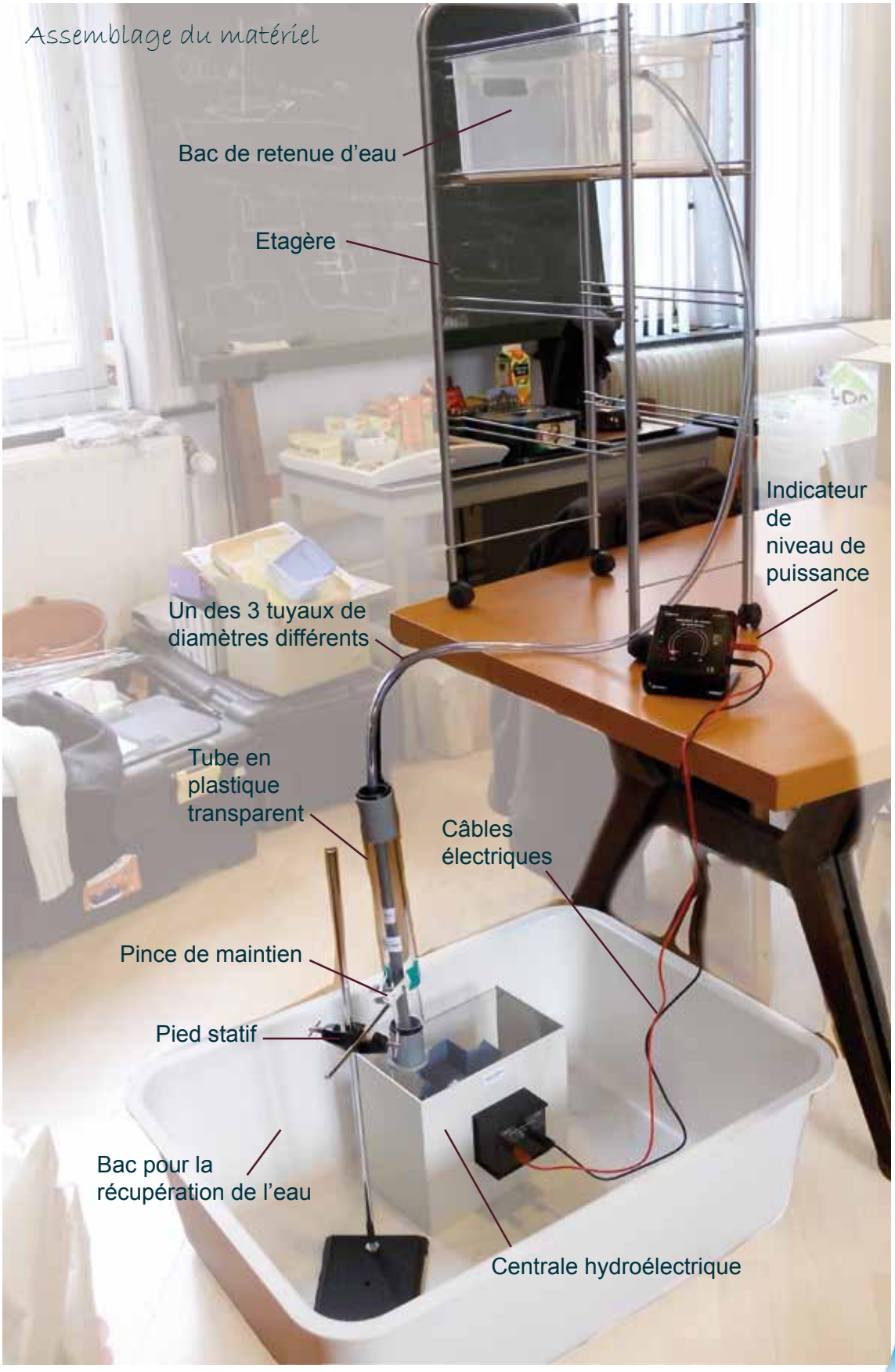
Le matériel de la malle est à compléter avec

- Du matériel divers : des pipettes, des pissettes, des arrosoirs, des seaux, des tuyaux d'arrosage, des bouteilles d'eau de 1L, des tuyaux, des seringues, des pulvérisateurs pour plantes, des balles de ping-pong, des ballons de baudruche, de la ficelle, des piques à brochette, des tuteurs, du papier dur, des morceaux de plastique, des plaques de frigolite, des bouteilles en plastique, des pailles, des bobines, des axes, des cuillères en plastique, des billes, du papier collant, du papier collant double face, des ronds en frigolite, des pots en verre, des tuyaux en polystyrène (type isolation de chauffage), des capsules de bouteilles, des noix, des gommettes, de la pâte à modeler …
- Du matériel de nettoyage : des torchons et des raclettes

Séquence proposée

Phase de sensibilisation et activité 1	1 période
Activités 2 et 3	2 périodes
Activité 4	1 période
Activité 5	1 période
Activité 6 (pour le primaire) Activité 6 et 7 (pour le secondaire)	1 période de familiarisation avec le matériel et 2 périodes pour l'activité
Analyse des résultats	1 période

Assemblage du matériel



Activités préalables

1. Analyse de l'utilisation de l'énergie dans la classe

A. Mise en situation - ressentir la dépense d'énergie

Faire faire aux élèves des exercices physiques pour leur faire ressentir la dépense d'énergie (la fatigue). Celle-ci est proportionnelle à l'intensité de l'exercice réalisé.

B. Exercices physiques

1. Faire 3 flexions avec les jambes : placer sur une échelle de 1 à 10 la dépense estimée d'énergie
2. Marcher lentement dans la classe : idem
3. Faire 15 flexions avec les jambes : idem
4. Tourner les yeux de gauche à droite : idem
5. Rester assis : idem

C. Discussion avec la classe

Faire passer aux élèves le message que **dès qu'il y a mouvement, action, il y a dépense d'énergie.** Plus le mouvement est intense plus l'énergie consommée est importante. (voir informations ci-dessous)
Poser la question : Comment le corps fait-il pour se procurer de l'énergie ? Où la trouve-t-il ? Dans la nourriture (quand on a faim, est-on capable de courir 1 km ?).
Remarque - le point 5 - rester assis. Certains élèves vont probablement dire qu'on ne dépense pas d'énergie en restant assis puisqu'on ne bouge pas et vont peut-être critiquer l'échelle de dépense puisqu'elle ne débute pas à 0. Dans ce cas, les faire imaginer qu'ils restent assis jusqu'à une heure avancée de la journée, et leur demander s'ils ne vont pas ressentir la sensation de faim. Or, s'ils ne dépensent pas d'énergie, ils n'ont pas besoin de manger.

D. Dans la classe, quels sont les objets qui utilisent de l'énergie ?

Observation des différents endroits de la classe et relevé des appareils consommateurs.
Exemples : néon, lampe de bureau, radio, bouilloire, horloge, radiateurs, téléphone, jeux à piles ...
Pourquoi ces appareils utilisent-ils de l'énergie ? - Réaliser un classement

- Produire de la lumière : néon, lampe de bureau
- Produire du son : radio, téléphone, jeux
- Produire du mouvement : horloge, jeux
- Produire de la chaleur : radiateur, bouilloire

E. Quel type d'énergie utilisent ces appareils ?

Nous mangeons pour réaliser toutes nos activités. Ces appareils de quoi ont-ils besoin pour produire de la lumière, du son, des mouvements, du chauffage ?

- De l'électricité pour les lampes, la radio, le téléphone, le chauffage, ...
- Du mazout ou du gaz pour le chauffage

F. Que consomment ces appareils ?

Pour courir pendant une heure, il nous faut 2385 kJ soit un peu plus de 100g de chocolat (2252 kJ pour 100g).
La puissance, c'est-à-dire la quantité d'énergie par seconde, dont a besoin un appareil pour fonctionner ne s'exprime pas en grammes de chocolat par seconde ou par heure mais en watts.*
Une bouilloire qui a besoin de 850 watts pour fonctionner et qui chauffe pendant 1 heure consomme 850 watts x 1 heure = 850 watts X 3600 secondes = 3060 KiloJoules. Si elle ne fonctionne que 5 minutes ce qui est une consommation courante, elle consomme 850 watts x 300 secondes = 255 KiloJoules, ce qui est à peu près ce que nous consommons en 1 heure de sommeil.

G. Réaliser la comparaison de la consommation d'énergie des différents appareils de la classe

Afin d'aider les élèves à mieux se rendre compte de la relation entre consommation d'énergie et production de travail, l'enseignant peut réaliser l'activité suivante.
Prendre des ampoules de puissances différentes : 25W, 40W, 60W et 100W. Les tester et observer l'**intensité de la lumière** en fonction de la puissance de l'ampoule.
Variante - demander aux élèves quelle est l'ampoule qui consomme le plus ou le moins d'énergie.*
Les dépenses d'énergie varient en fonction des activités réalisées. L'unité utilisée pour exprimer l'énergie est le **kilojoule (kJ)** qui peut être transformé en kcal.

Les dépenses d'énergie en fonction des activités réalisées. L'unité utilisée pour exprimer l'énergie est le **kilojoule (kJ)** qui peut être transformé en **kcal** *	
1 heure de sommeil	= 270 kJ
1 heure assis au repos	= 420 kJ
1 heure de marche lente (4,2 km/h)	= 835 kJ
1 heure de marche rapide (6 km/h)	= 1255 kJ
1 heure de course (8,5 km/h)	= 2385 kJ
1 heure de montée d'escaliers	= 4600 kJ

Le joule (symbole : J) est l'unité utilisée pour quantifier l'énergie. Le joule étant une unité très petite, on utilise plutôt les kilojoules (kJ) en nutrition. Cette mesure est de plus en plus utilisée au côté des calories (cal) et tend graduellement à les remplacer. 1 kJ vaut 239 cal et 1 cal vaut 4,18 joules.

H. Réaliser un audit énergétique à l'école.

Cette activité, proposée dans le cadre du projet «Réussir avec l'énergie» (SPW), pourrait également introduire cette séquence sur l'énergie et ses transformations. Renseignements : www.educ-energie.ulg.ac.be dans l'onglet «outils pédagogiques». Remarque : le site du SPW «Réussir avec l'énergie» (www.educ-energie.ulg.ac.be) propose toute une série d'outils pour sensibiliser les élève à l'utilisation rationnelle de l'énergie.

* La relation entre énergie et puissance et leurs unités respectives sont reprises à la fin de la brochure, à la page 41

2. Le coût de l'énergie électrique

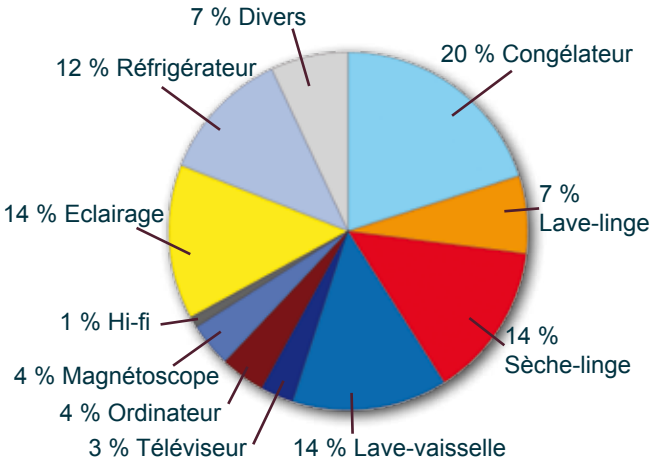
Le chocolat que nous consommons, nous devons l'acheter et le payer; et bien... c'est la même chose pour l'énergie que consomment les appareils de la classe. Chaque mois, l'école reçoit une facture d'électricité. Mais que peut-on trouver sur celle-ci ?

La consommation mensuelle ou annuelle d'énergie électrique en kWh, le coût au kWh 0,15€ (coût global correspondant à la production, au transport et à la distribution ainsi qu'aux taxes fédérales et régionales) et le total à payer.

En sachant que l'utilisation de 1000 watts pendant 1 heure coûte 0,15 €, il est possible de calculer la consommation hebdomadaire des divers appareils de la classe (ou de la maison). Pour cela, il suffit de faire un relevé de tous les appareils qui consomment de l'énergie électrique (machine à laver, tv, lave-vaisselle, ampoules, chauffage électrique, ordinateur, imprimante, fer à repasser, four, chaudière, téléphone, horloge…), de noter leurs puissances respectives (voir étiquette) et le temps de fonctionnement hebdomadaire. Ensuite, nous pourrons calculer la consommation hebdomadaire de chaque appareil et la consommation d'énergie électrique de toute la classe (ou de tout le ménage) sur une semaine.

Il est aussi possible de comparer la consommation d'énergie électrique calculée avec la consommation réelle d'énergie électrique utilisée (pour ce faire, il suffit de réaliser un relevé du compteur électrique en début et en fin de semaine). Ces valeurs sont-elles comparables ?
Oui, pratiquement ! Alors, nous avons bien relevé tous les appareils consommateurs d'énergie électrique.
Non ! Certains appareils nous ont certainement échappé… Essayons de retrouver les appareils oubliés…

Consommation des appareils électroménagers



Issu de *http://www.lafinancepourtous.com/Vie-familiale-et-consommation/Etablir-son-budget/Reduire-ses-depenses/Les-economies-d-electricite*

3. Les sources d'énergie utilisées

L'électricité est la source d'énergie qui permet de faire fonctionner les appareils. D'où vient cette électricité ?
Faire analyser des illustrations d'industries ou des documents qui relatent comment on produit de l'électricité.

Les moyens de production d'électricité : les centrales hydroélectriques, les turbo-alternateurs, les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les turbines à gaz, les groupes électrogènes Diesel, les cellules photoélectriques (l'énergie solaire), les éoliennes, les centrales marémotrices et les génératrices magnétohydrodynamiques.

Comprendre l'énergie hydraulique

Phase de sensibilisation

Différentes « portes d'entrée » sont possibles :

- Texte sur le réchauffement climatique
- Visite d'une centrale hydroélectrique
- Visite d'une micro centrale
- Documents sur les centrales hydroélectriques (construction du barrage, accident et points négatifs de la construction d'un barrage, dangers des barrages, …)
- Dans les montagnes, utilisation des barrages et des cours d'eau
- Utilisation de la station de Coo comme stockage de l'énergie électrique (voir à ce sujet l'article de Michel Wautelet, l'énergie hydroélectrique en Wallonie, dans la revue Athéna n°277, Janvier 2012, p14-15
- Qu'y a-t-il dans une centrale hydroélectrique ? Peut-être partir de l'analyse d'un schéma, de photos ou d'une visite
- Visite du barrage et de la centrale hydroélectrique d'Eupen
- Visite d'un moulin à eau

Activité 1 : L'eau en mouvement peut déplacer un objet – Expérience action

But de l'expérience

Défi expérimental permettant aux élèves de prendre conscience que l'eau peut mettre un objet en mouvement.

Matériel

- Des pipettes, des pissettes, des arrosoirs, des seaux, des tuyaux d'arrosage, des tuyaux, des seringues, des pulvérisateurs pour plantes, des balles de ping-pong, des ballons de baudruche, de la ficelle, des piques à brochette, des tuteurs, du papier dur, des morceaux de plastique, des plaques de frigolite, des bouteilles en plastique, des pailles, des bobines, des axes, des cuillères en plastique, des billes, du papier collant, du papier collant double face, des ronds en frigolite, des pots en verre, des tuyaux en polystyrène (type isolation de chauffage), des capsules de bouteilles, des noix …
- Des feuilles A3 pour les schémas des élèves
- Du matériel de nettoyage (si l'activité n'est pas menée dans la cour)
- Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Activité

A l'aide d'eau, les élèves doivent mettre un objet en mouvement et dessiner, sur une feuille A3, un schéma du ou des essais réalisés.

Mise en commun

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe des expériences réalisées pour répondre au défi de départ. Les élèves peuvent aussi présenter leur schéma.

Une discussion sur les schémas peut suivre cette mise en commun et une conclusion pourra dès lors être tirée. Les expériences proposées par les élèves pourront certainement être triées en deux catégories par rapport aux mouvements produits, soit de translation, soit de rotation (mouvement qui nous intéressera dans la suite de la démarche sur les centrales hydroélectriques).

Beaucoup d'expériences sont possibles. Il nous semblait donc intéressant de partager ces différentes idées. Certaines se trouvent actuellement sur le site www.hypothese.be. Proposez-nous vos différentes solutions (illustrées de photos et/ou de schémas…) et nous les publierons sur le site (contact@hypothese.be).

Recul théorique et prolongement possible

L'eau n'est pas le seul élément naturel à pouvoir mettre un objet en mouvement : le vent peut aussi mettre une hélice en mouvement (par exemple dans un moulin à vent ou dans une éolienne).

Activité 2 : L'eau en mouvement peut faire tourner un objet - Expérience action

But de l'expérience

Dans une centrale hydroélectrique, l'eau fait tourner la turbine, il est donc intéressant de lancer un défi aux élèves sur la façon de faire tourner un objet avec de l'eau.

Matériel

- Un verre rempli d'eau, des balles de ping-pong, des ballons de baudruche, de la ficelle, des piques à brochette, des tuteurs, du papier dur, des morceaux de plastique, des plaques de frigolite, des bouteilles en plastique, des pailles, des bobines, des axes, des cuillères en plastique, des billes, du papier collant, du papier collant double face, des ronds en frigolite, des pots en verre, des tuyaux en polystyrène (type isolation de chauffage), des capsules de bouteilles, des noix …
- Du matériel de nettoyage.
- Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5.

Activité

Les élèves doivent mettre un objet en rotation grâce à la force de l'eau contenue dans un verre.

Mise en commun

Les constructions terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe des expériences réalisées pour répondre au défi de départ. Les élèves peuvent aussi présenter des schémas.
Après la mise en commun, les élèves peuvent « relever » les différents paramètres pouvant influencer la rotation d'un objet, ou d'une roue, placés dans un courant d'eau et émettre des hypothèses quant à leur influence sur la vitesse de rotation de la roue.
Voici quelques exemples d'hypothèses proposées (qui ne se vérifieront pas nécessairement) :

- Plus le verre d'eau est versé de haut, plus la roue tourne vite.
- Plus la roue a de pales, plus elle tourne vite.
- La roue tourne plus vite si elle est plus grande.

A partir de cette expérience action, essayons de déterminer quels sont les paramètres qui influencent la vitesse de rotation de la roue.

Recul méthodologique à propos des expériences action

« C'est en faisant qu'on apprend ! ».
« Le fait d'être acteur d'une situation, et non pas simplement le témoin d'événements, exerce généralement un effet dynamisant : l'élève investit toute sa capacité d'attention, et ce, sans réserve ni efforts apparents (Humphrey, 1985) ».

Faire tourner un objet avec de l'eau représente un défi pour l'élève ! Les situations défi proposées doivent être attrayantes par leur caractère ludique. L'obstacle est choisi de manière à être franchissable. Un sentiment d'émulation peut motiver certains lorsque le défi est proposé à plusieurs groupes. L'enseignant intervient pour stimuler la réflexion. Les défis permettent aux élèves de se poser des questions, d'émettre des idées et de les essayer. Les défis suscitent également la motivation et la créativité car ils laissent libre cours à l'imagination. Le défi permet d'aborder de manière ludique des questions scientifiques, il stimule l'activité mentale de l'élève et la confiance en ses capacités si le défi est accessible. Les résultats sont d'ordre qualitatif, l'activité permet souvent de mettre en relation une cause et son effet. Cette méthode est bien appropriée pour une première approche d'un phénomène, mais sans structuration des acquis, l'approche par tâtonnement expérimental permet peu l'intégration des savoirs. La méthode est appréciée des élèves qui peuvent ici mener leur propre projet et développer leur imagination mais certains élèves, par contre, peuvent être déstabilisés dans cette démarche moins directive.

Activité 3 : Quels sont les paramètres qui influencent la vitesse de rotation de la roue ? – Expérience à concevoir

But de l'expérience

Expérience à concevoir permettant aux élèves de prendre conscience qu'il est possible de faire varier la vitesse de rotation d'une roue en agissant sur l'un ou l'autre facteur.

Matériel

- De la ficelle, des piques à brochette, des tuteurs, du papier dur, des morceaux de plastique, des plaques de frigolite, des bouteilles en plastique, des pailles, des bobines, des axes, des cuillères en plastique, des billes, du papier collant, du papier collant double face, des ronds en frigolite, des pots en verre, des tuyaux en polystyrène (type isolation de chauffage), des capsules de bouteilles, des noix …
- Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Remarque : Les élèves peuvent ici utiliser une roue à eau construite lors de l'activité précédente au lieu d'en construire.

Activité

Les élèves doivent imaginer une expérience facilement réalisable en classe, qui montre l'influence d'un des paramètres suivants : hauteur de la chute d'eau, débit de l'eau, nombre de pales, masse de la roue, surface des pales, forme des pales, etc.
Attention, imaginer une expérience n'est pas facile : quand on étudie un facteur, il faut faire en sorte que les autres ne varient pas (sinon, on ne sait pas lequel des facteurs a influencé l'expérience). Les élèves seront amenés à donner un résultat quantifiable. Il faudra leur faire prendre conscience qu'ils doivent prévoir un moyen de mesurer l'efficacité du mouvement de la roue. Par exemple, ils peuvent placer une ficelle sur l'axe tournant pour évaluer le nombre de tours réalisés par la roue à chaque essai.
La consigne à donner pourrait être celle-ci :
Vous devez imaginer une expérience dans laquelle vous allez tester l'importance d'un paramètre sur la vitesse de rotation d'une roue dans un courant d'eau.

1. Mon hypothèse de départ est …
2. J'ai besoin du matériel suivant …
3. Le déroulement de mon expérience est …
4. Je schématise mon expérience comme ceci …
5. Après expérimentation, je constate que …
6. J'en conclu que ...

Mise en commun

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, du mode opératoire, du résultat attendu et celui effectivement observé, ainsi que de la conclusion tirée de l'expérimentation.
Certains résultats vont surprendre les élèves. En effet, beaucoup sont persuadés que avec la même quantité d'eau, plus il y a de pales, plus la roue tournera. Si cela se vérifie au début de la gradation (une roue à 8 pales tournera de manière plus efficace qu'avec 4 pales), la relation ne se vérifie plus après un certain nombre de pales (par exemple mettre 16, 14, ou 10 pales n'influence pas de manière significative le mouvement).

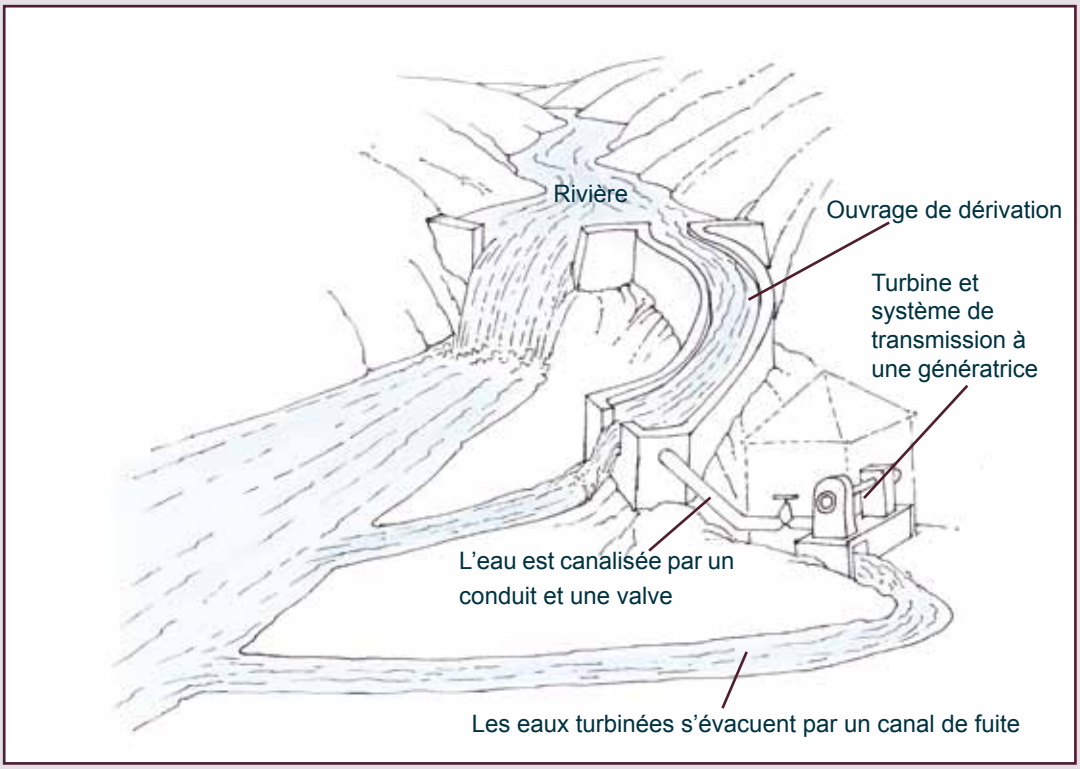
Recul méthodologique à propos des expériences à concevoir

Dans cette partie de la démarche, il faut stimuler la réflexion dans les groupes, discuter des protocoles proposés en évaluant l'adéquation par rapport à l'hypothèse posée. Les expériences imaginées par l'élève servent à contrôler une idée, à la tester. Dans ce type d'expérience, de mise à l'épreuve, tel que décrit par Cariou, « Nous sommes au cœur d'une démarche hypothético-déductive : si cette hypothèse est vraie, alors il s'ensuit que, dans telles conditions, j'observerai tel résultat (déduction) ».
Bien que l'expérience scientifique s'entende habituellement dans ce sens là, elle est rarement proposée et les élèves y sont rarement exercés. En effet, à l'école la confusion est fréquente entre une manipulation scientifique (faire, exécuter, suivre une expérience) et une démarche expérimentale (concevoir l'expérience pour mettre à l'épreuve une idée). Trop souvent, lors des cours de sciences, les hypothèses et le déroulement de l'expérience sont amenés à l'élève et semblent relever d'une évidence que l'élève ne perçoit pas toujours. L'élève est alors exécutant d'une démarche qu'il n'a pas pensée lui-même. Ici, l'élève doit penser le protocole pour mettre à l'épreuve le réel. Nous reprenons cette expression de Cariou : « Le plus important dans l'expérimental est le mental ! Ce n'est pas qui réalise, mais qui conçoit. »

Cariou J-Y, 2007, Un projet pour faire vivre des démarches expérimentales. Ed. Delagrave

Recul théorique sur les turbines hydrauliques

1- Historique
Les roues à aubes étaient déjà connues des Romains, qui les utilisaient dans les moulins à grain. Elles ont animé pendant longtemps les moulins à céréales mais aussi des installations artisanales ou industrielles. Héritières des antiques moulins à aubes, les turbines hydrauliques apparurent au cours du dix-neuvième siècle. La première réalisation de turbine hydraulique est due à Benoît Fourneyron, un français, en 1827, elle est le perfectionnement des roues hydrauliques qui existaient depuis plusieurs siècles ; c'est une turbine à réaction. L'invention de la turbine hydraulique puis de la dynamo et enfin de l'alternateur ont ouvert une voie importante vers l'hydroélectricité qui constitue la source d'énergie renouvelable la plus utilisée dans le monde. Les noms de Francis et Pelton sont rattachés aux principales découvertes techniques. Elles permettent aujourd'hui d'obtenir des puissances unitaires très élevées, de l'ordre de 200 000 kW avec une roue Pelton et atteignant 500 000 kW avec une roue Francis ; ainsi que des rendements énergétiques dépassant 90%.



2- Principe de fonctionnement

Une turbine est un dispositif muni d'ailettes, de pales ou d'aubes (dont l'ensemble s'appelle aubage), auquel un fluide imprime un mouvement de rotation transmis à un mécanisme par l'intermédiaire d'un arbre placé au centre du dispositif.

Une installation hydroélectrique est une installation qui capte l'énergie mécanique de l'eau grâce à une roue dite «turbine». Cette énergie mécanique est ensuite transformée en énergie électrique à l'aide d'une génératrice (dynamo ou alternateur).

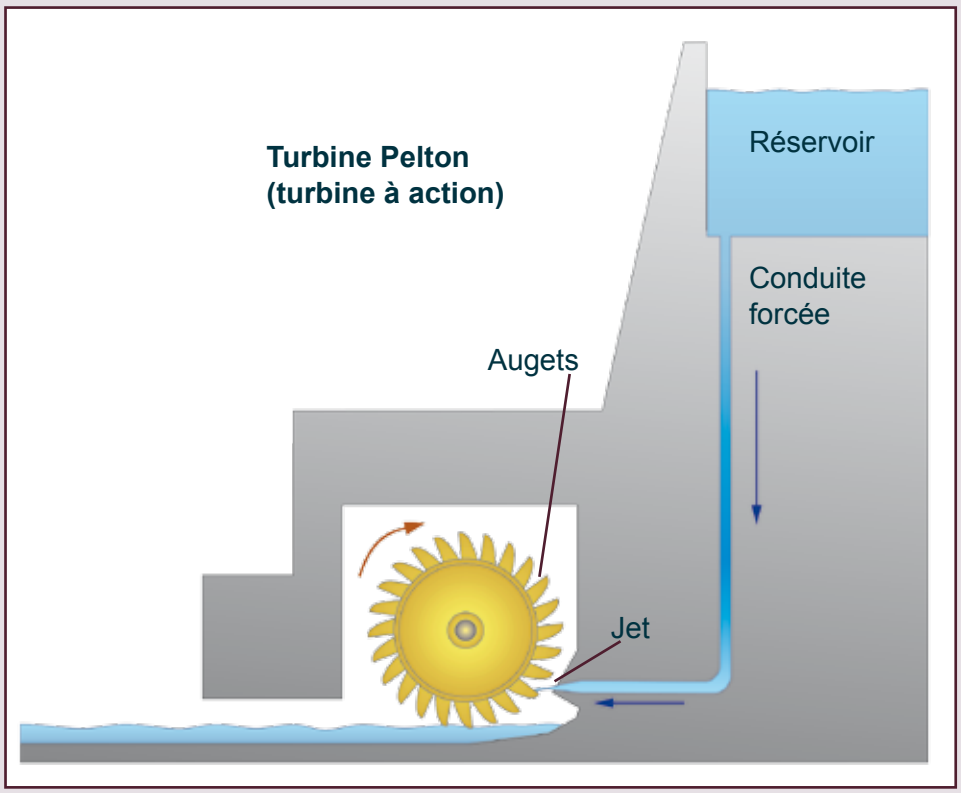
Une turbine est constituée d'une partie fixe, le distributeur ou stator, et d'une partie mobile, le rotor. Le stator peut être constitué d'un ou plusieurs injecteurs comme dans la turbine Pelton, ou comporter, comme le rotor, des aubages disposés de telle sorte que la conversion de l'énergie de l'eau en énergie mécanique de rotation s'effectue suivant les principes d'action, de réaction, ou résulte de la combinaison des deux. Ces différents modes de fonctionnement sont obtenus à partir de la forme et de la disposition du stator et du rotor, et par des profils d'aubes adaptés.

3- Caractéristiques générales

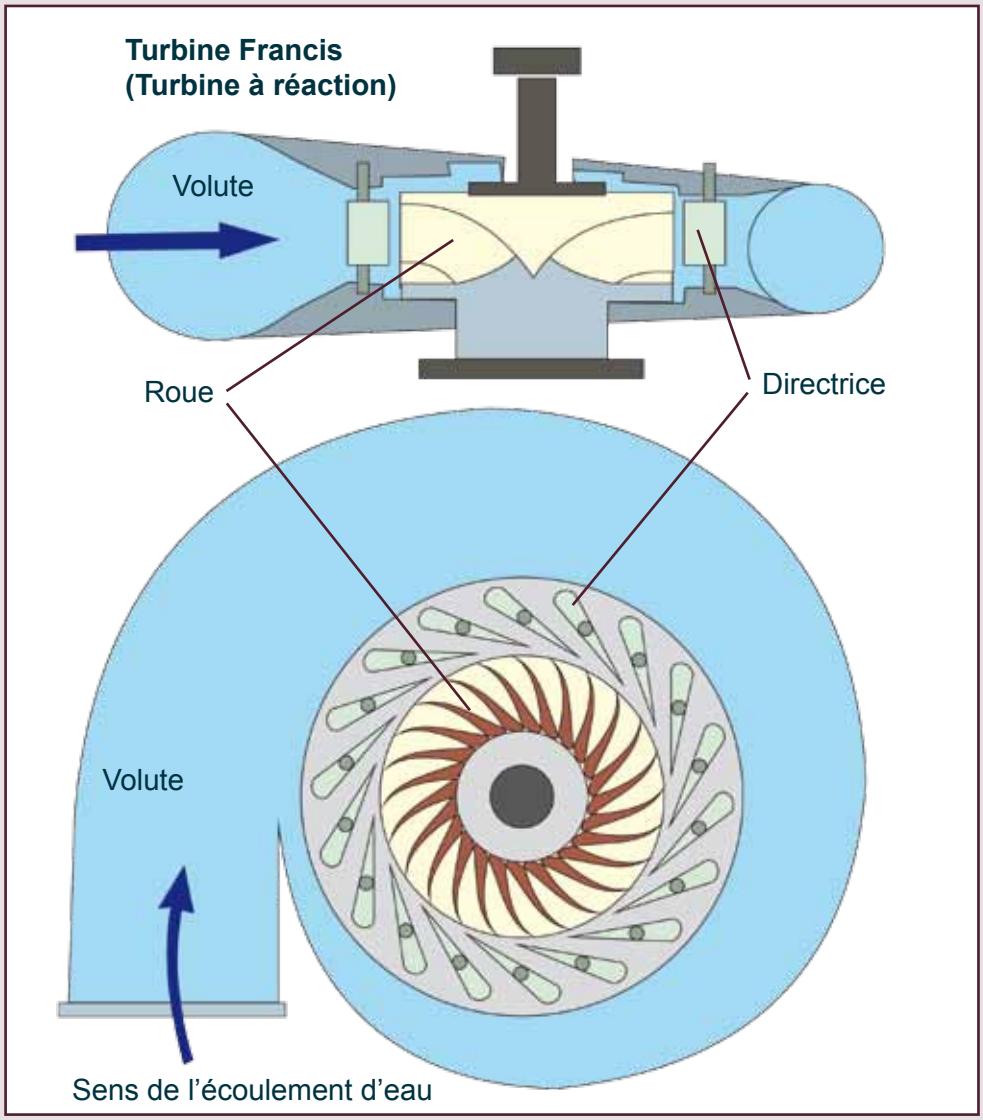
L'élément central de toute installation hydroélectrique est la turbine. Le choix des turbines se fait en fonction de la hauteur de chute et du débit d'eau disponible ; ce qui détermine la puissance de chaque installation.

Les turbines sont des machines rotatives dans lesquelles l'énergie cinétique et la pression de l'écoulement de l'eau sont transformées en énergie mécanique directement utilisable sur l'arbre moteur de la machine. Elles comportent un système distributeur d'eau, le plus souvent réglable, et une ou plusieurs roues motrices (roues à aubes, à augets, à ailettes).
Les turbines peuvent fournir de quelques watts avec relais batteries pour les plus petites jusqu'à plusieurs kilowatts en 220 volts pour les plus importantes.

Les centrales de haute chute sont généralement équipées de turbines PELTON, ou turbine à action. Les turbines Pelton sont composées d'augets fixés sur un arbre, elles peuvent avoir plusieurs roues sur le même axe ou plusieurs injecteurs, appelés aussi pointeaux ou aiguilles. Les turbines Pelton sont utilisées pour les chutes d'eau de 10 à 500 mètres. A l'ouverture de l'injecteur, l'eau est orientée sur les augets ce qui provoque la rotation de la turbine. Les augets sont doubles avec une arête centrale, l'eau arrive sur cette arête et est dirigée dans les augets.

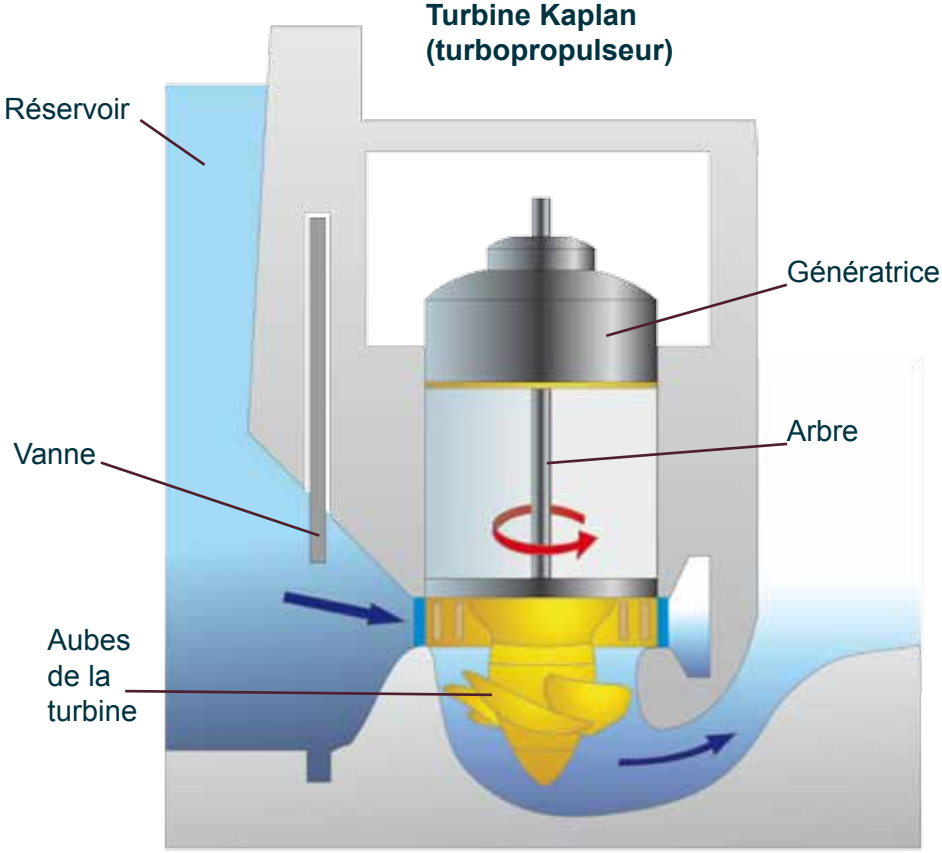


Les centrales de moyenne chute sont équipées de turbine FRANCIS, ou turbine à réaction, qui permettent l'utilisation de l'eau à moyenne pression. L'eau arrive sur le pourtour de la roue et est évacuée axialement. Les directrices, sont des sortes de vannes, elles s'ouvrent plus ou moins. Elles permettent de faire varier la puissance du générateur en réglant le débit de l'eau qui est dirigée sur les aubes afin de garantir le meilleur rendement. Ce type de turbine est installé pour les chutes d'eau de 10 à 100 mètres. Elles peuvent être verticales ou horizontales.



Les centrales de basse chute sont équipées de turbine à réaction type KAPLAN avec pales orientables en fonction du débit. Les turbines Kaplan conviennent pour les centrales hydroélectriques situées sur les rivières dont la hauteur de chute d'eau peut être de moins de 5 mètres. Elles sont adaptées à un débit d'eau variable et la faible vitesse de rotation leur permet d'avoir un bon rendement. L'eau arrive par le pourtour ou le centre et est dirigée vers la roue en forme d'hélice de bateau dont l'orientation est variable.

Turbine Kaplan (turbopropulseur)



Activité 4 : Le mouvement peut produire de l'électricité – Expérience à suivre

But de l'activité

L'utilisation de la maquette de dynamo permet d'observer que l'énergie mécanique reçue par la dynamo est convertie en énergie électrique (le mouvement de la bobine dans le champ magnétique de l'aimant crée un courant électrique). Elle permet d'observer également que la puissance augmente en même temps que la vitesse de rotation de la bobine augmente.

Matériel

- Maquette de dynamo
- Ampoule à incandescence + douille
- Multimètre
- Fiches de connexion (pinces crocodiles et fiches bananes)

Activité

- Brancher l'ampoule à incandescence aux bornes de la dynamo
- Mettre en mouvement la bobine en tournant la manivelle
- Observer l'intensité lumineuse de l'ampoule en fonction de la vitesse de rotation de la bobine
- Renouveler l'expérience en ajoutant le multimètre au circuit électrique
- Observer la tension ainsi obtenue en faisant varier la vitesse de rotation de la bobine
- Réaliser un schéma du circuit électrique

Mise en commun

Echanges à propos des observations.

Activité 5 : Le multiplicateur - Expérience action et expérience à concevoir

Le multiplicateur permet d'augmenter la vitesse de rotation de la dynamo. Mais comment fonctionne-t-il ? Voici deux activités permettant de comprendre son fonctionnement.

But de l'activité

Proposer à l'élève de construire un alignement de roues dentées (engrenages) afin d'observer la vitesse de rotation des roues en fonction de leur taille; puis d'établir le rapport entre le nombre de dents et la vitesse de rotation.

Matériel

- Des engrenages de différentes tailles (avec un nombre de dents différent)
- Des plateaux de fixation
- De la pâte à modeler et des petits drapeaux sur cure-dents ou des gommettes ... afin de repérer le nombre de tours réalisées par les roues

Expérience action

Les élèves seront répartis en groupes de 3 ou 4.

- Présentation du matériel, manipulation libre de celui-ci et expression des observations
- Faire tourner deux roues identiques. Observer qu'elles tournent toutes les deux à la même vitesse
- Donner aux élèves une roue de départ (de taille moyenne) et leur demander de faire tourner plus vite une seconde roue (au choix : plus petite, plus grande ou de taille identique)

Exemples d'hypothèses :

1. Si je prends une roue avec deux fois moins de dents, elle tournera deux fois plus vite.
2. Le nombre de tour d'une roue par rapport à l'autre est inversement proportionnel au nombre de dents.
3. Pour une même roue entraînante, le nombre de tours des roues entraînées ne dépend pas du nombre de roues comprises dans la chaîne.

Expérience à concevoir

Repartir de l'hypothèse émise lors de l'activité précédente. Et proposer aux élèves de vérifier cette hypothèse.

Attention, imaginer une expérience n'est pas facile : quand on étudie un facteur, il faut faire en sorte que les autres ne varient pas (sinon, on ne sait pas quel facteur a influencé l'expérience).

La consigne à donner pourrait être celle-ci :
Vous devez imaginer une expérience dans laquelle vous allez montrer l'importance du choix des engrenages pour augmenter la vitesse de rotation d'un système.

1. Mon hypothèse de départ est …
2. J'ai besoin du matériel suivant …
3. Le déroulement de mon expérience est …
4. Je schématise mon expérience comme ceci …
5. Après expérimentation, je constate que …
6. J'en conclu que …

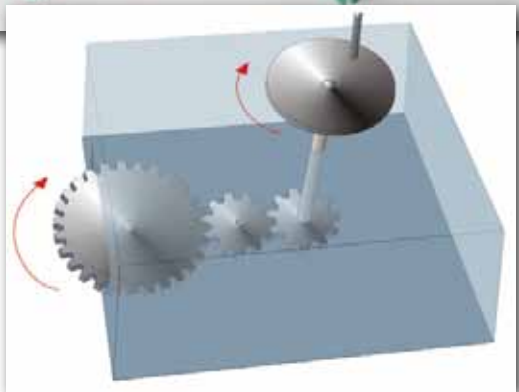
Un exemple d'hypothèse :
L'hypothèse choisie (qui doit toujours être une affirmation à vérifier) pourrait être par exemple : dans un engrenage, si la roue 1 a deux fois plus de dents que la roue 2 , la première tournera deux fois moins vite que la deuxième.

Un exemple de protocole pourrait être le suivant :

- Compter le nombre de dents de chaque roue.
- Fixer deux roues de tailles différentes.
- Placer un repère sur chaque roue (une gommette ou un petit drapeau). Ce repère permettra de compter le nombre de tours réalisés par chaque roue.
- Confier à un élève le soin de compter le nombre de tours faits par la roue 2.
- Faire faire 5 tours à la roue 1.
- Recommencer en faisant varier la taille (et le nombre de dents) respective des deux roues.
- Réaliser un tableau de mesures afin de comparer les différentes vitesses.

Mise en commun

Faire le point sur les résultats des manipulations en fonction des hypothèses émises.



Activité 6 : Mise en évidence de l'importance de la hauteur de la chute d'eau sur la puissance électrique produite par la dynamo – Expérience à suivre

(pour le primaire et le secondaire)

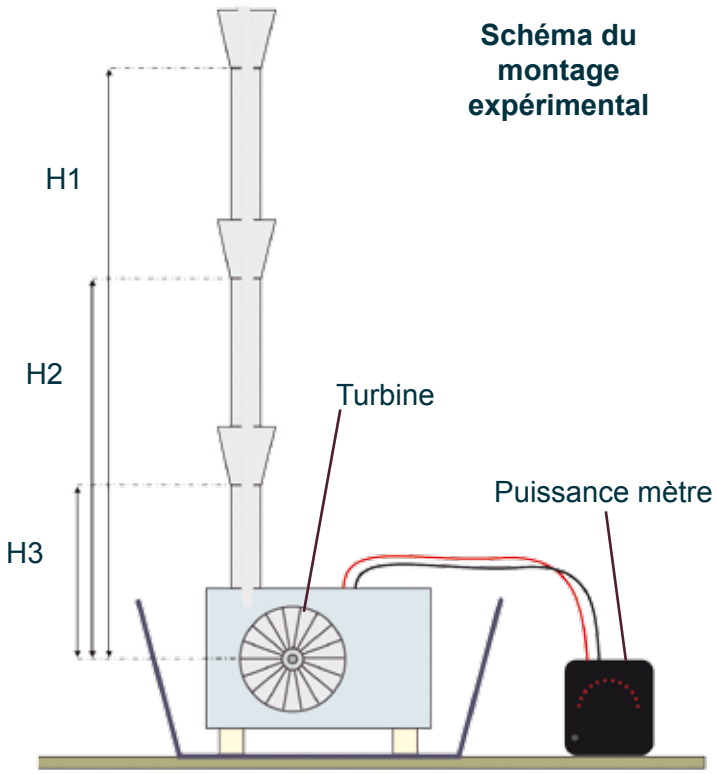
But de l'activité

Mettre en évidence l'importance de la hauteur de la chute d'eau sur la puissance électrique produite.

Matériel

- Un modèle de centrale hydroélectrique
- Un bac pour la récupération d'eau
- Tuyaux de même diamètre s'emboîtant l'un dans l'autre et permettant de faire varier la hauteur de la chute d'eau
- Récipient de retenue d'eau emboîtable sur les tuyaux transparents et son bouchon
- Un indicateur de niveau de puissance
- Deux câbles électriques
- Des cales pour poser la centrale à une certaine hauteur du fond du bac de récupération (afin d'éviter à l'eau en surplus dans le bac de récupération de freiner la roue)
- Du matériel de nettoyage
- Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Schéma du montage expérimental



Activité

Les élèves vont utiliser le modèle de centrale hydroélectrique relié à l'indicateur de niveau de puissance. Avant de commencer cette activité, il est important que chaque groupe d'élèves puisse tester une ou deux fois l'expérience, pour que chacun puisse ainsi s'approprier son rôle et le matériel.
La hauteur de chute d'eau sera changée au fur et à mesure des expériences.
Il est possible de réaliser un tableau de mesures reprenant d'une part les différentes hauteur de chute testées et en comptant d'autre part le nombre de LED allumées **dans les différentes conditions**. Attention, lors de certaines manipulations, une LED placée « plus loin » sur l'indicateur de niveau de puissance peut s'allumer, il ne faudra pas tenir compte de cette LED-là dans les mesures réalisées.
Pour que l'expérimentation se passe bien, il faut veiller à placer la centrale sur un support et vider de temps en temps le bac de récupération de l'eau, afin de ne pas freiner la roue de la turbine.

Mise en commun

Les mesures réalisées permettent de mettre en évidence l'importance de la hauteur de chute d'eau, d'où l'intérêt de construire des barrages en montagne.
A partir des résultats obtenus, les élèves peuvent réaliser un graphique (en bâtonnets).

Echo des classes

Pour éviter d'avoir trop d'eau sur le sol de la classe, les activités peuvent être réalisées dans la cour de l'école, à proximité d'une arrivée d'eau.
Pour les plus petits, plutôt que de compter le nombre de LED allumées, les enfants peuvent colorier les LED allumées sur un schéma.
Comme l'expérience est assez reproductible, faire 2 ou 3 mesures suffit pour montrer l'influence de la hauteur de chute.

Activité 7 : Mise en évidence de l'importance du débit de la chute d'eau (à hauteur constante) sur la puissance électrique produite par la dynamo – Expérience à suivre

(pour le secondaire)

But de l'activité

Mettre en évidence l'importance du débit de l'eau sur la puissance électrique produite.

Matériel

- Une bouteille d'eau de 1 litre
- Une étagère pour poser le bac de retenue d'eau
- Un bac pour la retenue d'eau
- Un bac pour la récupération d'eau
- Tuyaux de diamètres différents (8, 9, 10, 12 et 14 mm) permettant l'écoulement de l'eau entre le bac de retenue et la bouteille ou la centrale hydroélectrique
- Un modèle de centrale hydroélectrique
- Un indicateur de niveau de puissance
- Deux câbles électriques
- Du matériel de nettoyage
- Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Activités

Activité préalable

Cette première activité permet de montrer que le débit de l'eau change en fonction du diamètre du tuyau utilisé et que le débit ne change pas quand l'eau passe dans un tuyau de diamètre constant.

Les élèves ne vont pas utiliser le modèle de centrale hydroélectrique dans cette première partie.

L'expérience proposée est la suivante :

- poser le bac de retenue d'eau à une hauteur constante à l'aide de l'étagère (+/- 1 m)
- utiliser successivement chaque tuyau de diamètres différents, pour vider le bac de retenue d'eau. Pour amorcer l'arrivée d'eau, un élève doit siphonner le tuyau. Une certaine quantité d'eau s'écoulera dans le bac de récupération (avant de remplir la bouteille)
- les deux étapes suivantes doivent se faire successivement :
  - afin de mesurer le débit de l'eau qui sort du bac de retenue, un élève mesure le temps nécessaire à l'eau pour passer du niveau 3,5L au niveau 2,5L (comme 1 litre d'eau se sera écoulé durant ce temps, le débit est simplement 1L/temps)
  - afin de mesurer le débit de l'eau qui sort en bas du tuyau, un élève mesure le temps nécessaire au remplissage d'une bouteille d'eau d'un litre en bas du tuyau.

Attention, cette bouteille doit commencer à se remplir lorsque l'eau dans le bac de retenue d'eau passe à 3,5L (comme la bouteille contient 1 litre d'eau, le débit sera simplement égale à 1L/temps). Il est donc nécessaire de remplir le bassin de retenue d'eau à sa capacité maximum avant de réaliser cette mesure.

- en réalisant l'expérience pour chacun des tuyaux de diamètres différents, on peut observer deux choses :
  - le débit entre le haut et le bas du tuyau est identique
  - le débit augmente quand le diamètre du tuyau augmente. Les résultats des différentes mesures peuvent également être mis sous forme d'un graphique du débit en fonction du diamètre du tuyau

Mesure de la puissance produite en fonction du débit de l'eau

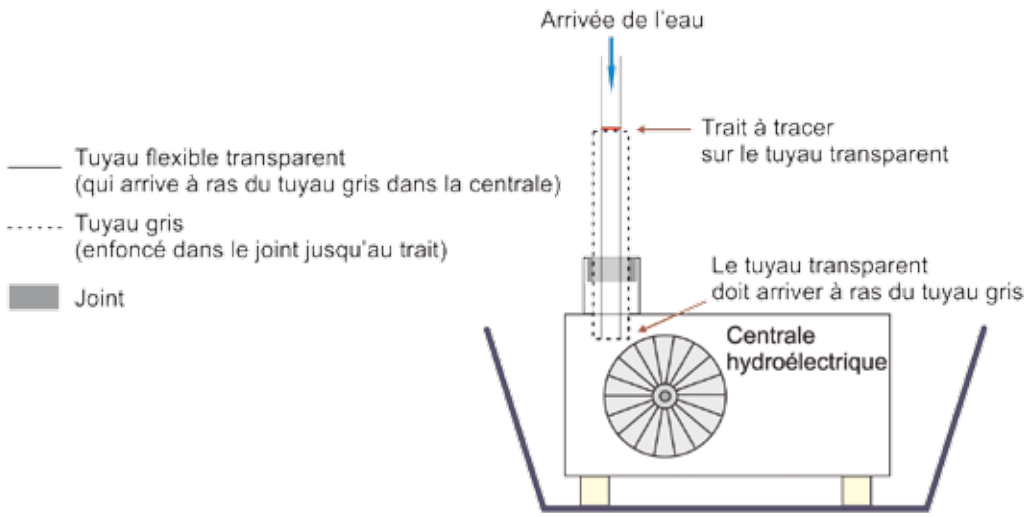
Les élèves vont maintenant utiliser le modèle de centrale hydroélectrique relié à l'indicateur de niveau de puissance. Avant de commencer cette activité, il est important que chaque groupe d'élève puisse tester une ou deux fois l'expérience, pour que chacun puisse s'approprier son rôle (siphonnage, mesure du débit, comptage des LED, secrétaire…) et le matériel.

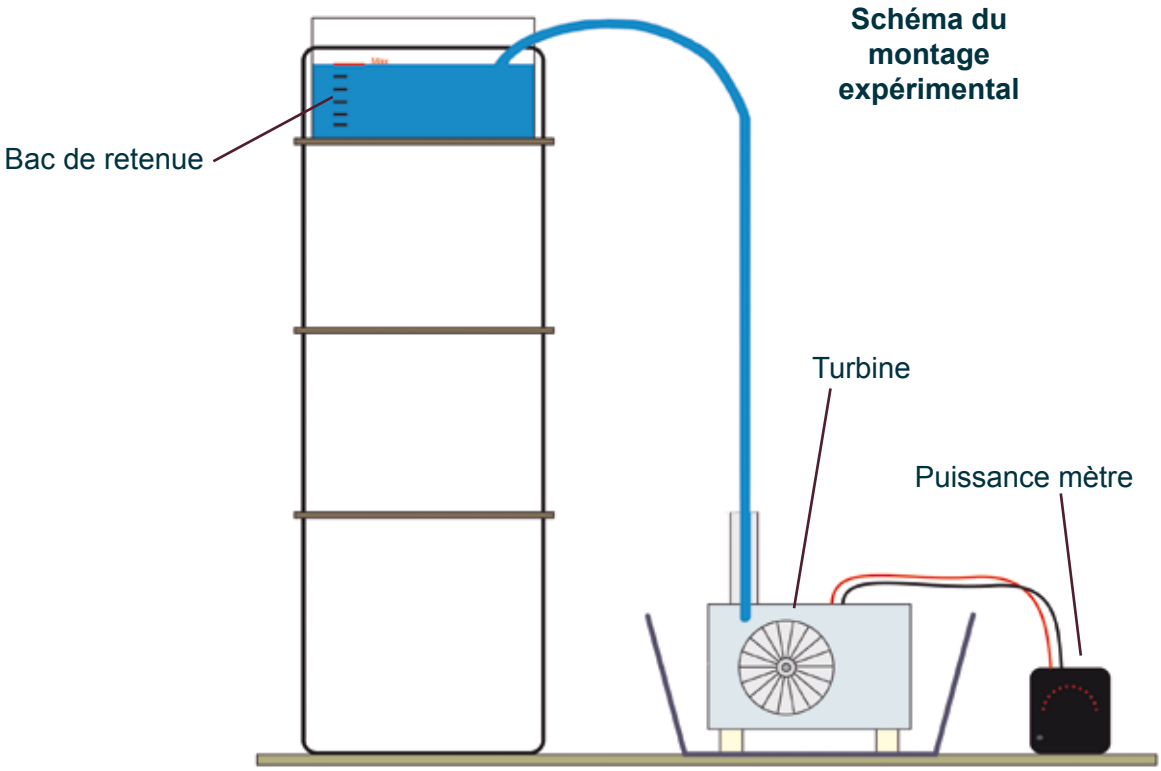
La hauteur de chute restera constante durant toutes les manipulations, seul le diamètre du tuyau amenant l'eau jusqu'à la roue de la centrale sera changé au fur et à mesure des expériences.

L'étagère supportant le bac de retenue d'eau doit être placée sur un banc ou une table et la centrale hydroélectrique sur le sol. La hauteur entre le niveau du bac de retenue d'eau et le centre de la turbine doit être d'au moins 1 m.

Pour amorcer l'arrivée d'eau, un élève doit siphonner et boucher le tuyau avec son doigt avant de le fixer au-dessus de la centrale hydroélectrique. Juste après le siphonnage, nous conseillons aux élèves de boucher l'extrémité du tuyau qui se trouve dans le bac de retenue, afin de ne pas « perdre » trop d'eau et éviter ainsi de devoir recommencer l'amorce de l'eau dans le tuyau.

Attention, laisser ses mains dans l'eau modifie le volume d'eau et donc la mesure du débit. Afin d'avoir des mesures reproductibles, le tuyau flexible doit être glissé dans le tuyau gris jusqu'au trait (à tracer au préalable), comme le montre le schéma suivant.





Afin d'avoir des résultats optimaux, nous vous conseillons de mettre maximum 5 litres d'eau dans le bac de retenue et de prendre les mesures de débit et de puissance quand le volume d'eau passe de 3,5 à 2,5 litres dans ce même bac de retenue.
Il est possible de réaliser un tableau de mesures en comptant le nombre de LED allumées **durant** l'expérience (quand le volume d'eau dans le réservoir supérieur passe de 3,5 à 2,5 litres).
Dans chacune des conditions expérimentales (tuyaux de diamètres différents).
Attention, lors de certaines manipulations, une LED placée « plus loin » sur l'indicateur de niveau de puissance peut s'allumer, il ne faudra pas tenir compte de cette LED-là dans les mesures réalisées.

Mise en commun

Les mesures réalisées permettent de mettre en évidence l'importance de la relation entre le débit de l'eau et la puissance électrique produite par la centrale, d'où la nécessité d'utiliser des tuyaux de grand diamètre dans les centrales hydroélectriques.
A partir des résultats obtenus, les élèves peuvent réaliser un graphique en bâtonnets et essayer de trouver une relation entre le débit et le niveau de puissance mesuré.

A la suite de cette activité et de la précédente, les élèves peuvent comprendre le rôle essentiel du débit et de la hauteur de chute d'eau dans une centrale hydroélectrique. Ces deux paramètres sont en fait les seuls qui peuvent modifier la puissance d'une centrale hydroélectrique, comme le montre le recul théorique suivant.

Recul théorique sur les paramètres influençant la puissance électrique produite par une centrale hydroélectrique

Dans une chute d'eau, l'énergie que l'on peut capter est l'énergie potentielle (Ep) de l'eau qui tombe.
Ep = m g h,
où :
- m est la masse d'eau qui tombe par seconde;
- g = 9,81 m/s² est l'accélération de la pesanteur;
- h est la hauteur de chute (différence de hauteur entre le niveau moyen de l'eau libre et celui de la turbine).

La puissance captable est donc l'énergie potentielle de l'eau captable par seconde

Pc = Ep/s.

La masse d'eau qui tombe par seconde sur la turbine peut être remplacée par ρ.D dans l'équation précédente, où ρ est la masse volumique et D le débit d'eau en m³/s.

On obtient donc une puissance captable de
Pc = ρ D g h

Dans une centrale hydroélectrique, on ne peut pas récupérer toute l'énergie potentielle de l'eau, une partie est perdue lorsque l'eau passe par la turbine et une autre partie est dissipée lors de la transformation de l'énergie de rotation de la turbine en énergie électrique. La puissance électrique disponible à la sortie de la centrale hydroélectrique sera donc moindre que la puissance captable par la turbine.

La puissance électrique disponible, Pél, est égale au produit de la puissance captable avec le rendement global (R) :
Pél = R Pc

Le rendement global de la centrale hydroélectrique dépendra des rendements respectifs de la turbine, des systèmes de transmission et de multiplication et de la génératrice. Pour une installation optimalisée, R = 0,7. Pour les petites installations, R est compris entre 0,5 et 0,6.

Echos des classes

Voici les résultats des mesures réalisées dans une classe. La hauteur entre le bac de retenue et la centrale était différente dans les deux groupes.

CALCUL DU DÉBIT EN FONCTION DU DIAMÈTRE DU TUYAU

Groupe 1 :

Diamètre (mm)	Temps d'écoulement (s) pour un litre Dans la bouteille			Moyenne	Débit (L/s) Bouteille	Temps d'écoulement (s) pour un litre Dans le bassin			Moyenne	Débit (L/s) Bassin
8	15,80	14,28	15,47	15,18	0,06	16,50	17,90	14,90	16,43	0,06
9	13,93	14,90	12,52	13,78	0,07	15,60	14,40	12,50	14,16	0,07
10	8,54	8,72	7,62	8,29	0,12	8,80	8,90	8,60	8,76	0,11
12	6,15	5,48	5,10	5,57	0,17	6,20	5,00	5,80	5,66	0,17
14	3,61	2,40	3,89	3,30	0,30	3,50	4,00	3,60	3,70	0,27

Groupe 2 :

Diamètre (mm)	Temps d'écoulement (s) pour un litre Dans la bouteille			Moyenne	Débit (L/s) Bouteille	Temps d'écoulement (s) pour un litre Dans le bassin			Moyenne	Débit (L/s) Bassin
8	13,0	14,70	14,75	14,15	0,06	14,00	14,30	17,00	15,10	0,06
10	8,97	9,00	9,00	8,99	0,11	9,67	8,90	9,63	9,40	0,10
12	6,00	6,45	6,00	6,15	0,16	6,06	6,06	6,58	6,23	0,16
14	5,00	4,64	4,79	4,81	0,20	4,78	4,52	4,52	4,60	0,21

On peut observer que le débit ne varie pas entre le début et la fin du tuyau.

MESURE DE LA PUISSANCE EN FONCTION DU DÉBIT MOYEN

Groupe 1				Groupe 2		
Diamètre (mm)	Débit moyen (L/s)	Puissance (nombre de diodes)		Diamètre (mm)	Débit moyen (L/s)	Puissance (nombre de diodes)
8	0,06	3		8	0,06	3
9	0,07	4				
10	0,12	6		10	0,11	5
12	0,17	7		12	0,16	6
14	0,30	8		14	0,20	7

On peut éventuellement compléter ces tableaux de mesures par un graphique.

Pour aller plus loin

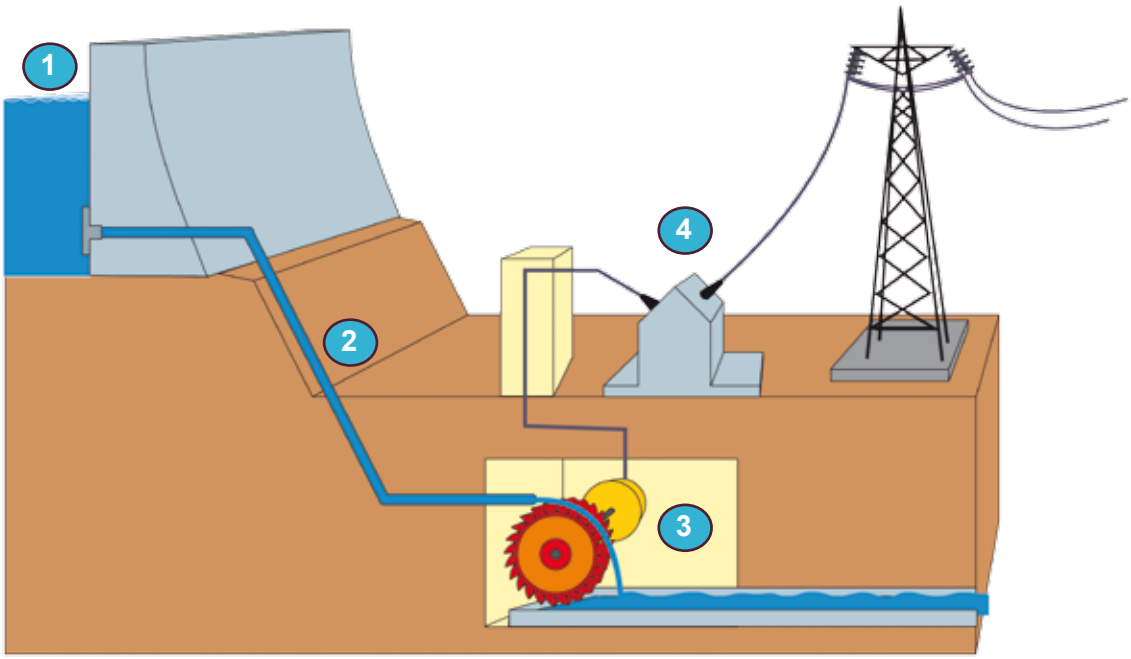
Les élèves peuvent aussi faire varier la hauteur de chute et par conséquent le débit (le débit dépend de la hauteur de chute et du diamètre du tuyau) et observer que la puissance électrique produite par la centrale sera maximale lorsque le débit et la hauteur seront les plus importants.

Pourquoi construire différents types de barrages ?

Comme nous l'avons vu, l'énergie de l'eau dépend de deux paramètres : la hauteur de la chute et le débit du cours d'eau. C'est la raison pour laquelle il existe deux familles de barrage : les barrages de haute ou moyenne chute et les barrages de basse chute.

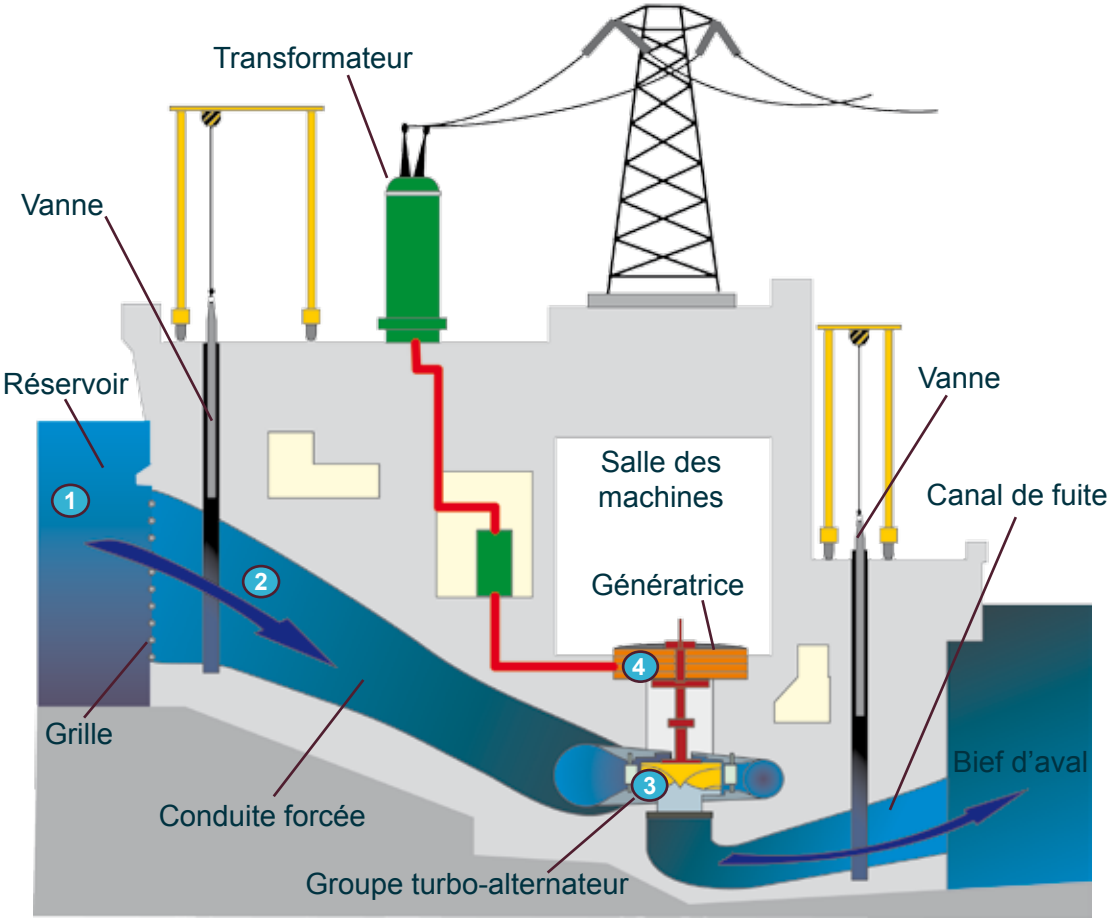
Les barrages de haute ou moyenne chute sont situés en montagne. Ils utilisent l'énergie de l'eau générée par la hauteur de chute d'eau et non le débit. L'eau est ainsi acheminée jusqu'aux turbines par une canalisation que l'on appelle « conduite forcée ». Avec des chutes allant de 30 à 300 mètres, elles utilisent les réserves d'eau accumulées sur des courtes périodes. Ces centrales servent pour la régulation journalière ou hebdomadaire de la production.

Le schéma suivant présente ce type de centrale hydroélectrique.



En 1, l'eau du fleuve ou de la rivière est retenue par le barrage.
En 2, les vannes du barrage sont ouvertes pour acheminer l'eau jusqu'à la centrale par la conduite forcée.
En 3, l'eau fait tourner la turbine qui entraîne un alternateur. L'alternateur produit de l'électricité.
En 4, le transformateur élève la tension de l'électricité pour le transport dans les lignes à haute tension.

Les barrages de basse chute sont situés sur les fleuves et rivières importants, en plaine. Ils utilisent un débit d'eau qui est très important et non la hauteur de chute d'eau qui est faible : moins de 30 m. Ces centrales produisent sans interruption.



En 1, l'eau est captée dans la rivière et transportée via un canal jusqu'à la centrale.
En 2, l'eau rentre dans la centrale par des conduites forcées et est amenée jusqu'aux turbines.
En 3, le débit d'eau peut-être réglé par un système de pales orientables, permettant d'avoir un débit constant sur la turbine (et une production électrique constante).
En 4, l'eau fait tourner la turbine qui entraîne un alternateur. L'alternateur produit de l'électricité.

Quelques vidéos (issues du site de http://enseignants.edf.com/) illustrant les différents types de centrales hydroélectriques :

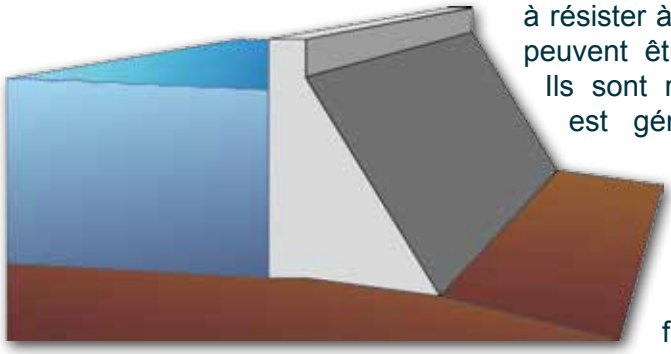
- de basse chute *http://enseignants.edf.com/mod/preparez/animation-3d-sur-le-fonctionnement-des-centrales-basse-chute-,2137?page=1*
- de moyenne chute *http://enseignants.edf.com/mod/preparez/animation-3d-sur-le-fonctionnement-des-centrales-moyenne-chute-,1945?page=1*
- de haute chute *http://enseignants.edf.com/mod/preparez/animation-3d-sur-le-fonctionnement-des-centrales-haute-chute-,1944?page=1*

Un barrage de haute chute utilise 1 m³, tombant de 450 m de hauteur, pour produire 1 kW, tandis qu'un barrage de basse chute utilise 100 m³, tombant de 4,5 m de hauteur pour produire la même puissance.

Les barrages de rivière produisent en toutes saisons mais les barrages de montagne ne fonctionnent qu'en hiver car, l'été, ils se remplissent.

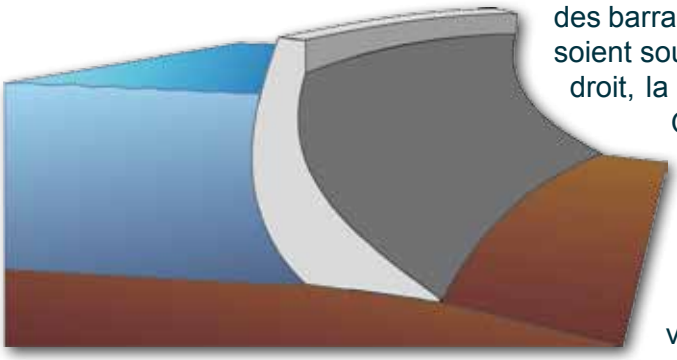
Les barrages sont conçus pour résister à la force de l'eau. Pour cela, on va utiliser différentes techniques de construction. Il existe trois types de barrages :

Barrage poids



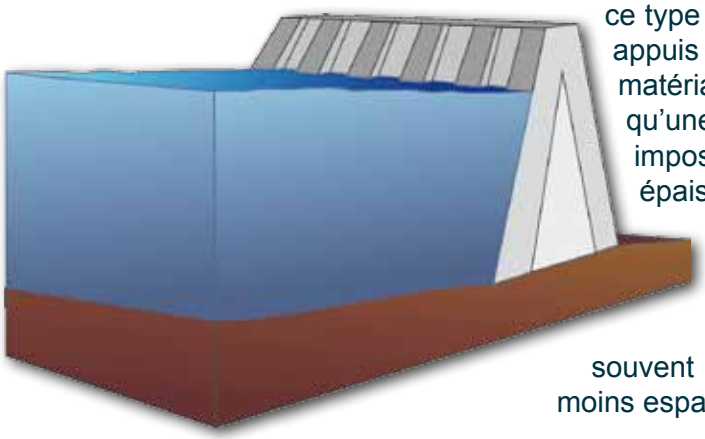
Les barrages poids : leur propre masse suffit à résister à la pression exercée par l'eau. Ils peuvent être en maçonnerie ou en béton. Ils sont relativement épais et leur forme est généralement simple (en triangle rectangle). Le barrage poids en béton est choisi lorsque le rocher du site est suffisamment résistant pour supporter un tel ouvrage (vallée large ayant une fondation rocheuse).

Barrage à voûte



Les barrages à voûte : on peut construire des barrages moins lourds à condition qu'ils soient sous forme de voûte. En effet, s'il est droit, la force de l'eau finit par l'emporter. Quand on construit un barrage à voûte, la force de l'eau (qui est canalisée vers les côtés) s'exerce vers l'extérieur du barrage, dans la montagne. La technique du barrage voûte nécessite une vallée plutôt étroite.

Barrage à contreforts



Les barrages à contreforts ou multi-voûtes : ce type de barrage est utilisé quand les appuis sont trop distants ou quand le matériau local est tellement compact qu'une extraction s'avère presque impossible. Ces barrages sont moins épais que les barrages poids et ont une masse nettement inférieure. Ils peuvent néanmoins résister à la force de l'eau grâce à une série de murs parallèles, souvent de forme triangulaire plus ou moins espacés qui les soutiennent.

Barrage poids

Barrage à voûte

Barrage à contreforts

Les centrales marémotrices

Le mouvement des eaux côtières permet de produire de l'énergie. Il suffit d'aménager sur un estuaire une digue artificielle avec des turbines qui sont entraînées par le va et vient des marées. De tels ouvrages supposent toutefois des amplitudes de marées élevées, telles qu'elles existent en Bretagne, avec des différences de niveau de l'ordre de 12 à 13 mètres. A marée montante, le barrage laisse passer la mer qui envahit le bassin de retenue. Dès que la marée se prépare à redescendre, le barrage est fermé. L'eau ainsi retenue servira à alimenter les turbines à marée basse.

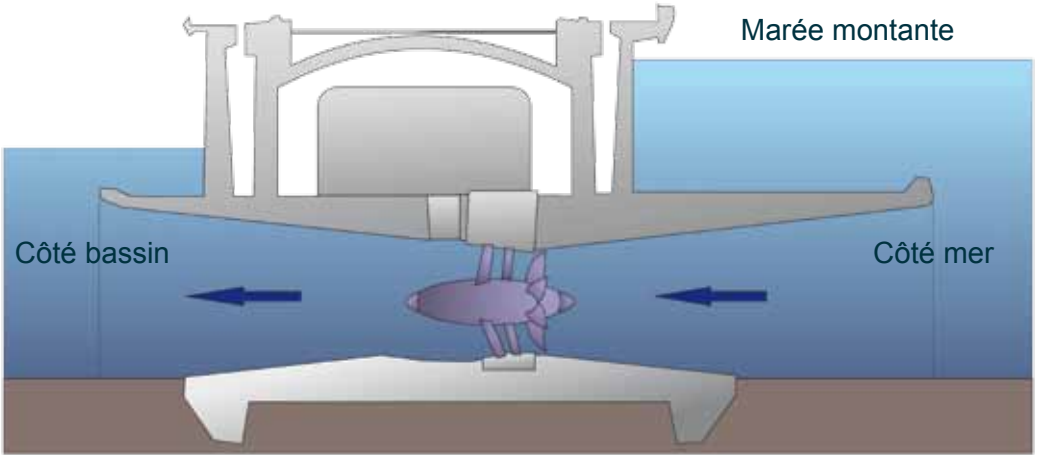
Avantages :

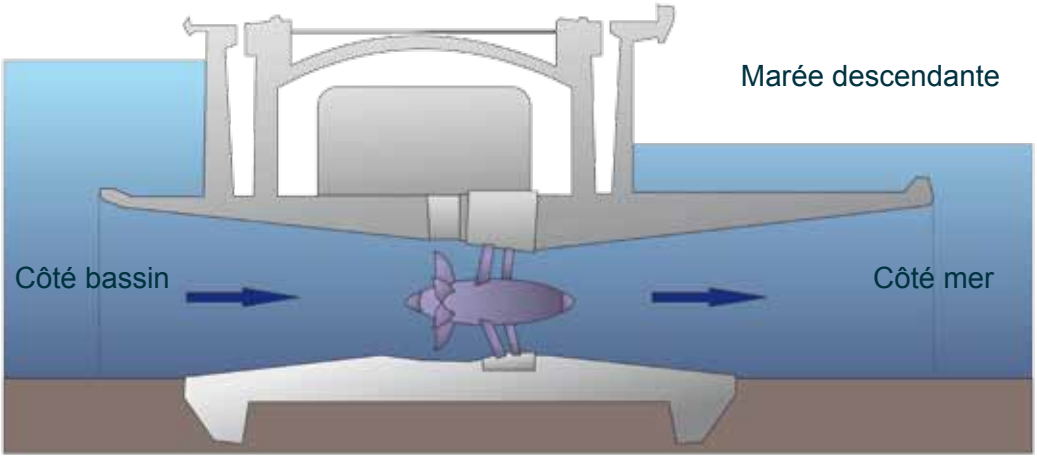
C'est une énergie renouvelable variable, mais prévisible des années à l'avance
Coût d'exploitation faible
Grande longévité des centrales marémotrices

Inconvénients :

Risque de dépôt dans le bassin, qui nécessite un nettoyage régulier qui peut être coûteux
Modification de la faune au niveau de l'estuaire
Envasement à long terme dû au barrage

Pour en savoir plus :
http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_mar%C3%A9motrice
http://fr.wikipedia.org/wiki/Usine_mar%C3%A9motrice_de_la_Rance





Energie - Puissance - Unités de mesure

Energie
L'unité d'énergie est le joule. On emploie également la calorie : 1 calorie = 4,184 joules
Comme ces unités sont relativement petites, on utilise fréquemment le kilojoule et la kilocalorie : 1 kjoule = 1000 joules 1kcal = 1000 calories ou 4184 joules

Puissance
Dans de nombreuses utilisations, plutôt que de connaître la quantité totale d'énergie, produite ou utilisée, il est important de connaître la vitesse de variation de cette quantité par unité de temps. On peut, par exemple, déneiger un chemin à l'aide d'une pelle ou avec une machine. Dans les deux cas, le même travail est effectué. Toutefois, la machine effectue ce travail plus rapidement. On dit que la machine est plus puissante.

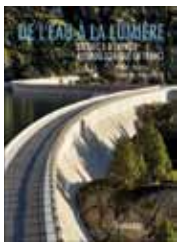
L'unité de puissance est appelée le watt (W)
1watt correspond à la production ou à la consommation de l'énergie d'un joule par seconde. 1 kilowatt = 1000 watts par seconde

Attention
Le kilowattheure (Kwh) qui figure sur notre facture d'électricité est une unité d'**énergie** puisqu'il correspond à une production ou une consommation de 1000 watts durant 1 heure (3600 secondes) soit 3.600.000 joules.

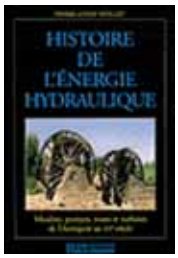
Pour en savoir plus

- Giordan A., Souchon C.
  Une éducation pour l'environnement, vers un développement durable
  Ed. Delagrave

- Pierre Crausse, François Vieillefosse
  De l'eau à la lumière - l'aventure de l'hydroélectricité
  Loubatieres Eds - Collection Sciences



- Pierre-Louis Viollet -
  Histoire de l'energie hydraulique - Moulins, pompes, roues et turbines de l'Antiquité au XXe siècle
  Ed. Presses Ecole Nationale Ponts Chaussées



- **Les moulins à eau et les centrales hydrauliques**
  Brochure à télécharger sur le site Web d'Hypothèse : www.hypothese.be

Bibliographie

- Articulation entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire - Sciences et mathématiques - Rapport de recherche Communauté française. DARO Sabine, GERON Christine, GRAFTIAU Marie-Christine, HINDRYCKX Marie-Noêlle, STEGEN Pierre : http://www.hypothese.be/documents/LesActivitesScientifiquesExperimentales.pdf
- M. Wautelet, Sciences, technologies et sociétés - Questions et Réponses, De Boeck 2005
- http://www.volta-electricite.info/index.php?lng=fr
- www.wikipedia.org
- http://enseignants.edf.com
- http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/archives/chap/956/L-hydraulique-la-premiere-energierenouvelable-pour-la-production-d-electricite
- http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/inventaire/pdf/13e-inventaire-Chap03-3.4.3-Belgique.pdf
- www.educ-energie.ulg.ac.be
- http://www.curbain.be/fr/energie/information/diminuer_conso_appareils_electriques_ELE.php
- Maucor Serge et Jean-Bernard (1984), micro-centrales hydrauliques, 2ème édition revue et corrigée. Editions alternatives.
- de Harlez de Deulin Nathalie (1997), Les ouvrages hydrauliques. Editions du Perron

Maison liégeoise de l'Environnement
rue Fusch, 3 - 4000 Liège

Tél. : 042.50 95 89
www.hypothese.be
contact@hypothese.be

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse
avec le soutien de la DGO4 - SPW

2012