

Exercices de la séquence n°10

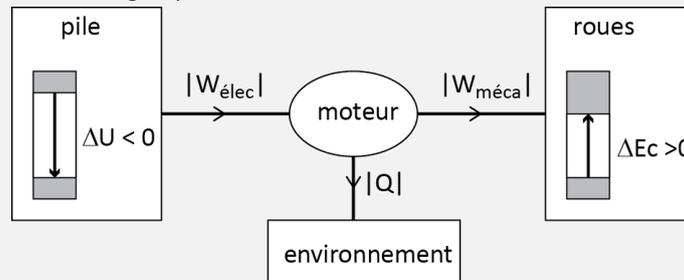
Stockages et transferts de l'énergie

À PROPOS DES CHAINES ÉNERGÉTIQUES

Pour représenter une chaîne énergétique, on adoptera les conventions suivantes :

- Un réservoir (système dont l'énergie stockée varie) sera représenté dans un rectangle.
- *Si cela est demandé*, on représentera les formes d'énergie stockées et leur sens de variation au moyen d'un ascenseur.
- Un convertisseur sera représenté dans une ellipse.
- Les transferts d'énergie seront représentés par des flèches entre les systèmes, légendés d'un symbole de type $|W_n|$ (pour un travail) ou $|Q_n|$ (pour un transfert thermique).

Par exemple, une petite voiture électrique dont le moteur est alimenté par une pile, lors de son démarrage, aura la chaîne énergétique suivante :



EXERCICE 1 : travail ou transfert thermique ?



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Dans chacune des situations suivantes, le système étudié (écrit en caractère gras) voit sa température s'élever. Identifier le mode de transfert par lequel il reçoit de l'énergie.

Situations	TRAVAIL		TRANSFERT THERMIQUE	
	mécanique	électrique	par conduction et/ou convection	par rayonnement
J'ai LES MAINS froides, alors je les frotte l'une sur l'autre pour les réchauffer.				
J'ai LES MAINS froides, alors je les pose sur un radiateur.				
Je réchauffe MON BOL DE LAIT dans le four micro-ondes.				
Je réchauffe MON LAIT dans une casserole posée sur une plaque électrique.				
LES PATINS DE FREINS de mon VTT, après une longue descente, sont brûlants.				
LES PNEUS de mon VTT, laissé en plein Soleil, sont brûlants.				



EXERCICE 2 : stocker l'électricité ?



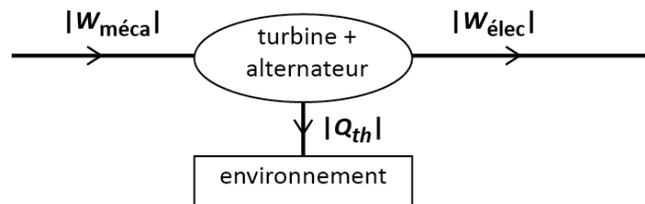
Cet exercice est partiellement proposé en version **interactive** et traitable en ligne

L'électricité est un déplacement de porteurs de charge : ce n'est donc pas une forme d'énergie stockable mais un mode de transfert. Pour « stocker de l'électricité » on recourt donc à des réservoirs d'énergie stockée sous une autre forme, qui peuvent, s'ils sont associés à un ou plusieurs convertisseurs, céder du travail électrique.

- Le tableau ci-dessous décrit sommairement quelques-uns des dispositifs couramment utilisés pour produire de l'électricité. Pour chacun d'eux préciser la forme d'énergie stockée et, dans le cas de l'énergie interne, préciser si elle est de nature thermique, chimique, ou nucléaire. Le réservoir à considérer est celui écrit en majuscules, les convertisseurs sont écrits en italique.

Dispositifs couramment exploités pour produire de l'électricité	Forme d'énergie STOCKÉE
<p>■ Le champ d'éoliennes Dans un champ d'éoliennes, LE VENT fait tourner <i>leurs pales</i>, lesquelles sont reliées à un <i>alternateur</i> qui, lorsqu'il tourne, génère de l'électricité.</p>	
<p>■ La centrale hydraulique Dans une centrale hydraulique, L'EAU d'un cours d'eau est retenue par un barrage. Lorsque l'on ouvre les vannes, l'eau passe dans une <i>turbine</i>, elle-même reliée à un <i>alternateur</i> qui produit de l'électricité.</p>	
<p>■ La pile Une pile est constituée DE RÉACTIFS susceptibles de donner lieu à une réaction d'oxydoréduction. Comme ces réactifs sont séparés physiquement, les électrons échangés passent par le circuit extérieur, ce qui génère un courant électrique.</p>	
<p>■ La centrale nucléaire Dans une centrale nucléaire, DE L'URANIUM est bombardé de neutrons, ce qui provoque une réaction de fission nucléaire très exothermique. L'énergie libérée par celle-ci est utilisée pour vaporiser <i>l'eau d'une chaudière</i>, laquelle passe dans une <i>turbine reliée à un alternateur</i> qui, lorsqu'il tourne, génère l'électricité.</p>	
<p>■ La centrale thermique à carburant fossile Une centrale thermique fonctionne sur le même principe que la centrale nucléaire mais c'est la combustion d'un CARBURANT (fioul, charbon...) qui vaporise l'eau.</p>	
<p>■ La centrale marémotrice Dans une centrale marémotrice, des <i>turbines</i> couplées à des <i>alternateurs</i> sont placées sous l'eau, à des endroits où les marées sont importantes. Ces turbines sont actionnées par le passage de L'EAU à chaque marée montante ou descendante.</p>	

- Une turbine est un dispositif qui se met rotation lorsqu'un fluide le parcourt à haute vitesse. L'alternateur génère de l'électricité lorsque son axe est mis en rotation. L'association turbine + chaudière réalise donc la conversion :



À l'aide de ces informations, proposer une chaîne énergétique représentant la centrale nucléaire. Le réservoir qui reçoit le travail électrique ne sera pas mentionné (car il varie selon l'usage que l'on fait de la centrale). La forme d'énergie stockée par l'uranium seront représentés.

- Une centrale thermique solaire produit l'électricité avec une association turbine + alternateur mais la chaudière est entourée de miroirs qui font converger la lumière du Soleil pour la vaporiser. Réaliser la chaîne énergétique correspondante (les énergies stockées par les réservoirs ne seront pas représentés).



EXERCICE 3 : associer une situation à une chaîne énergétique



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Un radiateur électrique est un constitué d'un conducteur ohmique qui convertit la totalité du travail électrique qu'il reçoit en transfert thermique.

Une pompe à chaleur est un dispositif plus complexe. Elle est alimentée électriquement mais reçoit, en plus, un transfert thermique venant de l'extérieur du logement : elle « pompe de la chaleur » à l'air extérieur et convertit toute l'énergie qu'elle reçoit en transfert thermique cédé à l'intérieur du logement. La pompe à chaleur peut être inversée l'été afin de servir de climatiseur.

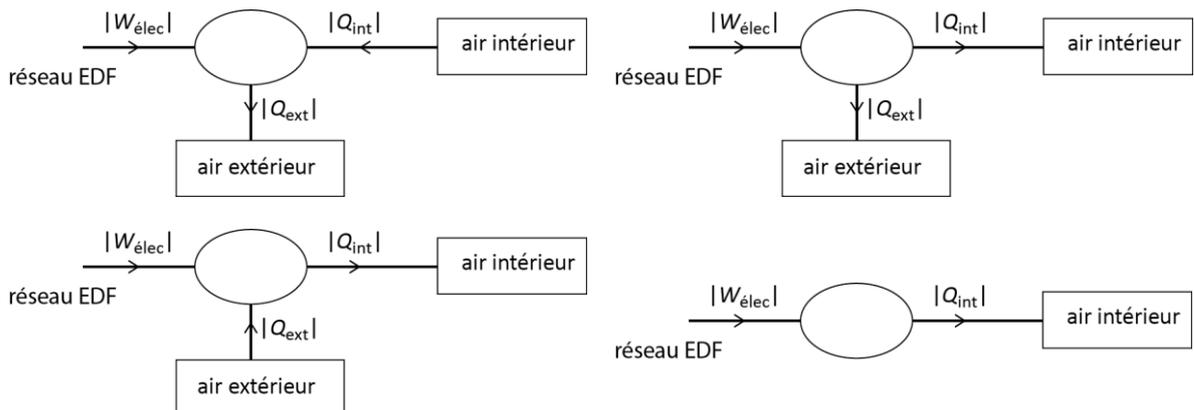
On envisage trois situations :

- **Situation 1** : le logement est chauffé avec un radiateur électrique.
- **Situation 2** : le logement est chauffé avec une pompe à chaleur.
- **Situation 3** : le logement est climatisé avec une pompe à chaleur inversée.

1. Voici quatre chaînes énergétiques.

- l'une correspond au radiateur électrique : inscrire « radiateur » dans l'ellipse centrale ;
- l'une correspond à la pompe à chaleur de la situation 2 : inscrire « PAC » dans l'ellipse centrale ;
- l'une correspond à la pompe à chaleur inversée de la situation 3 : inscrire « clim » dans l'ellipse centrale.
- rayer la chaîne ne correspondant à aucune des situations proposées.

Chaînes énergétiques proposées :



2. Dans chacune de ces situations 1 à 3, écrire une relation entre les valeurs absolues des transferts représentés.
3. Dans le cas où le logement est chauffé (situations 1 et 2) : quel est l'avantage de pompe à chaleur mis en évidence par ces relations (outre le fait de pouvoir servir de climatiseur l'été) ? Comparer le travail électrique reçu, pour un transfert thermique cédé à l'intérieur donné, par chacun de deux systèmes de chauffage étudiés.

EXERCICE 4 : la lampe à manivelle



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Une lampe sans pile est constituée d'une manivelle que l'utilisateur peut tourner à la main, reliée à une dynamo qui produit de l'électricité lorsque son rotor est mis en rotation, connectée à un accumulateur, lui-même relié électriquement à une LED via un circuit muni d'un interrupteur.

Proposer une chaîne énergétique pour chacune de ces situations (en tenant bien compte de la dissipation à chaque conversion) et représenter la variation de l'énergie stockée par l'accumulateur lorsque c'est pertinent :

1. L'opérateur tourne la manivelle, l'interrupteur étant ouvert.
2. L'opérateur ferme l'interrupteur, sans agir sur la manivelle, afin d'éclairer sa serrure.
3. L'accumulateur est totalement déchargé, alors l'opérateur tourne la manivelle, interrupteur fermé, pour éclairer sa serrure.



EXERCICE 5 : quel bonhomme de neige fond le premier ?

Cette scène se déroule alors qu'il fait nuit et que la température de l'air vaut -5°C depuis plusieurs heures :



1. Le bonhomme de gauche a-t-il raison d'être jaloux ? Pourquoi ? La réponse doit contenir l'expression « transfert thermique ».

Le jour s'est levé, la température extérieure vaut désormais $+5^{\circ}\text{C}$. Voilà la suite de leur conversation :



2. Si la température se maintient à $+5^{\circ}\text{C}$: que va-t-il arriver à chacun de ces deux bonshommes de neige ?
3. Les deux bonshommes de neige semblent tous les deux optimistes à propos de leur avenir... mais lequel a raison ? Lequel fondra le premier ? Justifier en citant le transfert thermique pertinent et en précisant son sens.
4. Dans le langage courant, on dit souvent qu'un bon manteau est un vêtement qui « tient chaud ». Reformuler cette affirmation en respectant les lois de la physique.
5. On note :
 - Δt_A et Δt_B les durées mises par chacun des bonshommes de neige pour fondre (A celui de gauche, B celui de droite) ;
 - Q_A et Q_B les transferts thermiques qu'ils reçoivent pendant ces durées ;
 - \mathcal{P}_A et \mathcal{P}_B les puissances des transferts thermiques qu'ils reçoivent pendant ces durées.

Compléter les relations suivantes par « = », « > » ou « < » :

$$Q_A \dots Q_B$$

$$\mathcal{P}_A \dots \mathcal{P}_B$$



EXERCICE 6 : chauffage d'une eau de piscine

Le propriétaire d'une piscine, dans la région lyonnaise, souhaite chauffer son bassin afin de maintenir la température de l'eau à 26°C pendant les cinq mois d'utilisation (de mai à septembre). Cela nécessite un système de chauffage qui cède à l'eau une puissance thermique de valeur moyenne $P_{th} = 1,3 \text{ kW}$.

De plus, pour réduire le coût économique et écologique de son installation, il souhaite que le système de chauffage électrique soit alimenté par un panneau solaire.

1^{ère} partie : comparaison de deux systèmes de chauffage

Le réchauffeur électrique

- Le système de chauffage le plus rudimentaire (et le moins coûteux à l'achat) est le réchauffeur électrique : il s'agit d'une résistance chauffante, placée dans le circuit de filtration de l'eau, qui convertit la totalité de la puissance électrique qu'il reçoit en puissance thermique cédée à l'eau. Sa chaîne énergétique est :

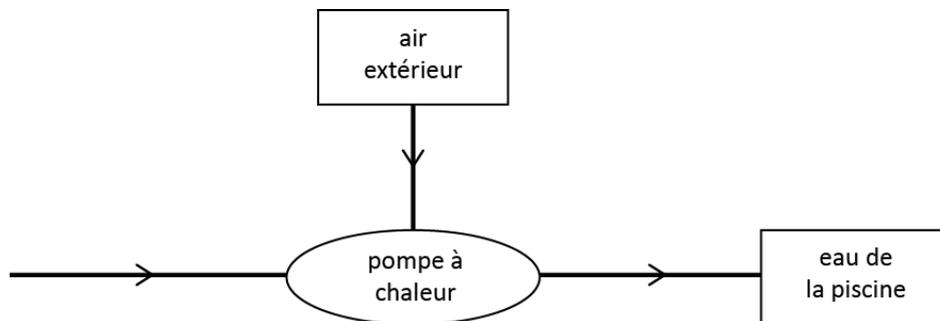


Préciser, au-dessus de chaque flèche, la nature du transfert d'énergie réalisé.

- Donner la définition, sous forme d'une relation littérale, du rendement du réchauffeur électrique. D'après les informations ci-dessus, quelle est sa valeur numérique ? En déduire les valeurs des puissances des deux transferts d'énergie représentés.

La pompe à chaleur

- Le système de chauffage le plus utilisé est la pompe à chaleur : il s'agit d'un dispositif plus coûteux à l'achat, mais qui exploite, en plus de l'énergie reçue par transfert électrique, l'énergie stockée sous forme thermique par l'air ambiant : une partie de l'énergie consommée est donc gratuite. La chaîne énergétique est :



Préciser, au-dessus de chaque flèche, la nature du transfert d'énergie réalisé.

- Le transfert entre l'air extérieur et la pompe à chaleur représente, en moyenne, 70% de l'énergie reçue. On note :
 - \mathcal{P}_{elec} la puissance électrique reçue par la pompe à chaleur ;
 - \mathcal{P}_{air} et \mathcal{P}_{eau} les puissances des transferts thermiques échangés avec l'air extérieur et avec l'eau de la piscine.
 Justifier la relation : $\mathcal{P}_{air} = 0,70 \times \mathcal{P}_{eau}$.
- Quel avantage présente la pompe à chaleur sur le réchauffeur électrique ?
- En considérant que l'eau de la piscine reçoit une puissance moyenne de 1,3 kW, calculer la valeur du travail électrique cédé à la pompe à chaleur.

2^{nde} partie : alimentation par un panneau photovoltaïque

Afin de réduire le coût économique et écologique de son système de chauffage, le propriétaire de la piscine envisage d'utiliser un panneau solaire (photovoltaïque) pour alimenter sa pompe à chaleur. Le panneau photovoltaïque reçoit de l'énergie par rayonnement et en convertit 20% environ en travail électrique.

- Réaliser ci-dessous la chaîne énergétique représentant les transferts d'énergie réalisés par le panneau photovoltaïque. Les transferts seront nommés mais les valeurs des puissances ne sont pas attendues.



8. On appelle « irradiation solaire » la puissance cédée au sol par le Soleil par mètre carré de surface éclairée. Elle se calcule par la relation :

$$I = \frac{\mathcal{P}_{ray}}{S}$$

\mathcal{P}_{ray} étant la puissance reçue (en W) et S l'aire (en m^2) de la surface éclairée.

Dans la région lyonnaise, l'irradiation solaire entre les mois de mai et septembre vaut, en moyenne $I = 190 \text{ W/m}^2$.

Afin de disposer d'une marge suffisante, le panneau solaire doit pouvoir céder par transfert électrique une puissance moyenne de valeur $\mathcal{P}_{elec} = 500 \text{ W}$.

Quelle doit être la superficie du panneau solaire permettant d'alimenter la pompe à chaleur ?

9. Le panneau solaire n'alimente jamais directement la pompe à chaleur : il est relié à une batterie, laquelle cède son énergie à la pompe à chaleur lorsque celle-ci fonctionne. Pourquoi est-ce nécessaire ?

EXERCICE 7 : faire cuire des crêpes avec un groupe électrogène

Un restaurateur itinérant spécialisé dans la préparation des crêpes utilise des plaques électriques pour leur cuisson. Lorsqu'il pose son stand à des endroits où il est impossible de se brancher, il alimente son installation avec un groupe électrogène : il s'agit d'un ensemble moteur thermique + alternateur, permettant de produire de l'électricité à partir d'un carburant fossile (généralement de l'essence). Le principe du groupe électrogène est le suivant :

- ▶ le moteur thermique réalise la combustion de l'essence et convertit l'énergie libérée pour mettre son axe en rotation ;
- ▶ l'axe du moteur est relié à un alternateur, lequel convertit l'énergie qu'il reçoit en électricité.

Lorsque ses plaques de cuisson fonctionnent à pleine puissance, elles consomment une puissance électrique totale de valeur 4700 W.

DONNÉES utiles :

- rendement du moteur thermique : $\eta_m = 46 \%$
- rendement de l'alternateur : $\eta_a = 92 \%$
- pouvoir calorifique de l'essence : $35\,475 \text{ kJ} \cdot \text{L}^{-1}$

NB : le pouvoir calorifique est l'énergie libérée par unité de volume de carburant brûlé.

1. Réaliser la chaîne énergétique représentant le dispositif complet en fonctionnement, en partant du réservoir d'essence et aboutissant aux plaques de cuisson.
2. Lorsque le groupe électrogène fonctionne à plein régime, le moteur cède à l'alternateur une puissance mécanique de valeur $\mathcal{P}_{méca} = 6,0 \text{ kW}$. En tenant compte de son rendement, calculer :
 - la puissance \mathcal{P}_{th1} transférée entre le carburant en combustion et le moteur ;
 - la puissance \mathcal{P}_{th2} cédée par le moteur à l'environnement.
3. Que vaut la puissance électrique \mathcal{P}_{elec} cédée aux récepteurs électriques alimentés lorsque le groupe électrogène fonctionne à plein régime ?
4. Ce groupe électrogène délivre-t-il une puissance suffisante pour alimenter les plaques de cuisson de notre restaurateur ?
5. Proposer une définition du rendement global du groupe électrogène et calculer sa valeur. Commenter le résultat obtenu.
6. En une soirée, le restaurateur utilise ses plaques cuisson pendant 3h. Quel volume d'essence consomme-t-il alors ?