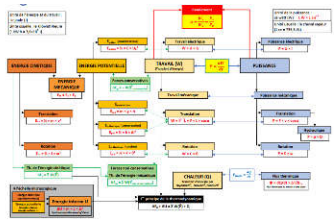


Document à destination des enseignants de Sciences Physiques et de Sciences de l'Ingénieur
Éléments de description des programmes, points de vigilance, exemples... pour faciliter l'articulation des deux disciplines

Sciences physiques	Sciences de l'Ingénieur
ENERGIE, PUISSANCE & TRAVAIL	
<p>Le programme de terminale permet d'aborder explicitement les notions de conversion et de transfert d'énergie.</p> <p>L'élève doit être capable de :</p> <p>En mécanique :</p> <ul style="list-style-type: none"> D'exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme. <p>Points de vigilance</p> <p>Le travail d'une force constante, la notion de force conservative ou non conservative ainsi que la notion d'énergie potentielle ont été vus en classe de première en eds physique chimie.</p> <p>TheorèmeEc-VoirQ6et+Sujet-Métropole-2021-ChuteDrône</p> <p>En thermodynamique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Énergie interne d'un système. Aspects microscopiques. Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail. Sujet -2022-J2-PAC-PompeAchaleur Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible : "Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique" Sujet-2021-Bouilloire Flux thermique. Résistance thermique : "Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée" Sujet-2022-IsolationThermiqueROVER-Persévérance Décrire qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement. VoirQ4-Sujet-2023-EtudeThermiqueMethanier Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat : "Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps." Sujet-2023-RefroidissementMicroprocesseur 	<p>Le programme de terminale permet de développer les compétences et connaissances associées qui suivent.</p> <p>L'élève doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système. Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel. <ul style="list-style-type: none"> Grandeurs physiques (mécanique, électrique, thermique, etc.) mobilisées par le fonctionnement d'un produit. Grandeurs d'effort et de flux liées à la nature des procédés. Rendements et pertes. Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance. <ul style="list-style-type: none"> Grandeur effort, grandeur flux. Énergie Puissance instantanée, moyenne. Réversibilité de la chaîne de puissance. Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance. <ul style="list-style-type: none"> Sources parfaites de flux et d'effort Interrupteur parfait. Modèle associé aux composants élémentaires de transformation, de modulation, de conversion ou de stockage de l'énergie. <p>Énergétique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Energie cinétique, énergie potentielle ; Rendement, puissance instantanée, puissance moyenne ; Bilan d'énergie, conservation d'énergie.
<p>Points de vigilance, commentaires...</p> <p>Le programme de terminale du complément sciences physiques ne cite pas le terme puissance. La puissance est vue en électricité dans le programme de l'eds de première en physique chimie. En général dans les exercices, il n'est pas fait usage de la puissance en mécanique.</p> <p>Cependant la relation liant puissance et électricité est connue et revue en enseignement scientifique de terminale : $P = \frac{E}{\Delta t}$</p>	<p>Voir pages suivantes pour plus de détails</p>

Sciences physiques	Sciences de l'Ingénieur
ENERGIE, PUISSANCE & TRAVAIL	
<p>Notation, relations, grandeurs</p> <p>Variation d'énergie interne</p> $\Delta U = W + Q$ $\Delta U = m \times c \times (T_f - T_i)$ <p>Flux thermique (également nommée puissance thermique)</p> $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ <p>Résistance thermique $\Phi = \frac{T_A - T_B}{R_{th}}$</p> <p>Loi de Newton</p> <p>Le système (température T) échange de la chaleur avec un thermostat (température T_e) au travers d'une surface S.</p> <p>Le principal mode de transfert est conductico-convectif (coefficient d'échange convectif h) $\Phi = h \times S \times (T_e - T)$</p> <p>L'exploitation de l'ensemble de ces relations permet l'établissement d'une équation différentielle permettant d'étudier l'évolution de la température du système.</p>	

Points de convergence et différences d'approche

Sciences physiques	Sciences de l'Ingénieur
Energie	
<p>L'énergie décrit la capacité d'un système à produire un travail (ou de la chaleur) afin de modifier son propre état ou celui de son environnement voire celui d'un autre système (température, pression, altitude, vitesse, composition chimique...). Elle s'exprime en Joule (J).</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'énergie peut être stockée ; - L'énergie peut être transférée d'un système à un autre par électricité, mouvement, chaleur et lumière ; - Elle peut être transformée ; - Elle se conserve en valeur au cours de ses différentes transformations. 	
Puissance	
<p>La puissance moyenne d'un dispositif est liée à la quantité d'énergie transférée pendant une durée Δt.</p> $P_{moy} = \frac{E}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} P_{moy} : \text{puissance moyenne (W)} \\ E : \text{énergie transférée (J ou Wh)} \\ \Delta t : \text{durée du transfert (s ou h)} \end{cases}$	
Travail	
<p>Le travail représente ce qu'il faut fournir globalement en énergie à un système pour l'amener d'un état initial à un état final. Les moyens utilisés, le temps nécessaires ou la manière dont le chemin est parcouru entre ces deux états n'ont pas d'importance. Le travail correspond à un transfert d'énergie et s'exprime également en Joule (J).</p>	
<p>Pour les différentes relations existantes entre les concepts d'énergie, de travail et de puissance</p> <p>➔ Voir la carte mentale du domaine énergétique jointe</p>	
	
Points de vigilance	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'expression «énergie électrique» est souvent utilisée de façon inappropriée. L'énergie électrique n'étant pas stockable (sauf cas exceptionnel du condensateur), il conviendrait d'utiliser la notion de travail électrique. ▪ L'expression «production d'énergie» doit être comprise au sens « conversion d'énergie » et non au sens d'une pure « création ». 	

Sciences physiques

Puissance

Notion définie au collège, revue en première et utilisée en enseignement scientifique.

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Unités vues :

- unité Système International 1 W = 1 J·s⁻¹
- unité d'énergie usuelle : kW·h

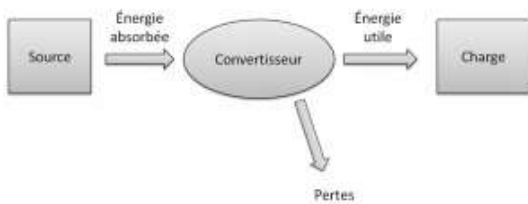
Chaîne ENERGETIQUE

Vue au collège sous forme de bilan énergétique et utilisée uniquement en enseignement scientifique de terminale.

Normes : les appareils permettant la transformation d'une forme d'énergie en une autre sont appelés **convertisseurs**.

Éléments d'une chaîne d'énergie	Symbole	Exemple
Réservoir d'énergie		Energie chimique, énergie cinétique ...
Convertisseur d'énergie		Moteur, ampoule, alternateur ...
Transfert d'énergie		Travail, rayonnement, convection, conduction ...

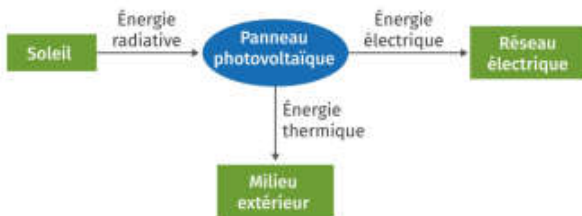
Représentation :



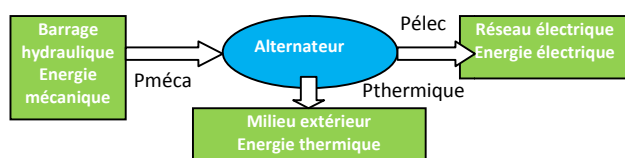
Les flux d'énergies sont représentés par des flèches accompagnées de cases rectangulaires indiquant le type d'énergie utilisé (Approche énergétique seulement).

Les pertes énergétiques sont représentées par des flèches. Elles sont souvent dues à des frottements ou des effets (effet Joule par exemple) qui dissipent de l'énergie sous forme thermique.

Exemple : panneau photovoltaïque lié au réseau électrique



Exemple : barrage hydraulique lié au réseau électrique



Sciences de l'Ingénieur

En SI, c'est l'action de **transfert et de conversion d'énergie** qui importe dans l'étude de la chaîne de puissance d'un système.

La **puissance est alors définie** comme étant la variation d'énergie (travail élémentaire dW) effectuée par unité de temps élémentaire dt soit :

$$P = \frac{dW}{dt}$$

La puissance est donc équivalente à un débit d'énergie et caractérise un travail fourni par unité de temps.

Les **pratiques courantes** s'accordent à « définir » l'énergie fournie (ou dissipée) comme étant le produit de la puissance P avec la durée Δt .

$$\rightarrow E = P \Delta t \quad E [J], t [s], P [W] \quad \text{avec } (1W = 1 J \cdot s^{-1})$$

En SI, une autre façon de définir la puissance est de considérer que la puissance est un grandeur scalaire égale au **produit de 2 grandeurs variables** - scalaires ou vectorielles - qui sont une **grandeur d'effort** (notée e) et une **grandeur flux** (notée f) toutes deux **dépendantes du temps** de sorte que : $P(t) = e(t)f(t)$

La grandeur effort (e) tend à provoquer le déplacement d'une certaine quantité de matière (ou d'un équivalent).

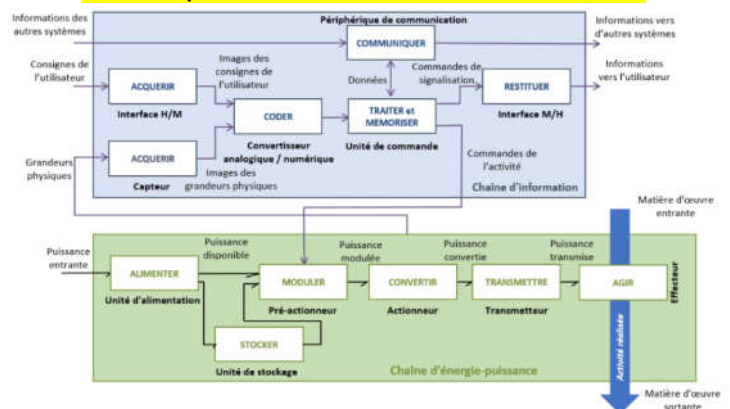
La grandeur flux (f) traduit le déplacement avec un certain « débit » d'une certaine quantité de matière (ou d'un équivalent)..

Dans le domaine du Génie Electrique par exemple : la tension U représente la grandeur effort et l'intensité I d'un courant électrique correspond à la grandeur flux par analogie avec la quantité d'électricité transportée. D'où $P = e f = U I$

Le tableau qui suit précise l'effort et le flux pour différents domaines :

Domaine	Effort (e)	Flux (f)	Déplacement (q)
Électrique	Tension (V)	Courant (A)	Charge (C)
Mécanique en translation	Effort (N)	Vitesse (m·s ⁻¹)	Déplacement (m)
Mécanique en rotation	Couple (N·m)	Vitesse (rad·s ⁻¹)	Angle (rad)
Hydraulique	Pression (Pa)	Débit volumique (m ³ ·s ⁻¹)	Volume (m ³)
Magnétique	Force magnéto-motrice (A)	Dérivée flux (V)	Flux (Wb)
Chimique	Potentiel Chimique (J·mol ⁻¹)	Flux molaire (mol·s ⁻¹)	Quantité de matière (mol)
Thermodynamique	Température (K)	Flux entropique (W·K ⁻¹)	Entropie (J·K ⁻¹)
Acoustique	Pression (Pa)	Débit acoustique (m ³ ·s ⁻¹)	Volume (m ³)

Chaîne de puissance en lien avec la chaîne d'information



Normes : Les composants sont représentés sous formes de schéma bloc avec des rectangles. On distingue les convertisseurs des autres adaptateurs, transmetteurs...

Représentation : Les liens de puissance (en lien avec les flux d'énergie) sont représentés par une demi flèche (→)

NB : Flux d'information (→) et flux de matière (⇨)

Les pertes énergétiques ne sont pas représentées si ce n'est par l'indication du rendement du composant.

Un autre format est utilisé : celui du SYSML (diagrammes bdd et ibd)

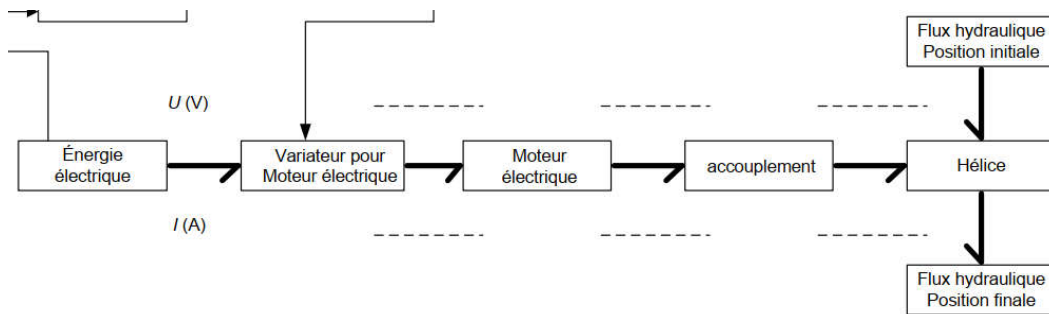
Sciences physiques	Sciences de l'Ingénieur
Rendement	Rendement
<p>Le rendement global d'une chaîne est au programme de l'enseignement scientifique</p> $\eta = \frac{E_u}{E_r} = \frac{P_u}{P_r} \leq 1$ <p>avec $\left\{ \begin{array}{l} \eta : \text{rendement (sans unité)} \\ E_u \text{ et } E_r : \text{énergies utile et reçue (J)} \\ P_u \text{ et } P_r : \text{puissances utile et reçue (W)} \end{array} \right.$</p>	<p style="text-align: center;">$\eta_{global} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$</p>
Les pertes énergétiques d'un convertisseur	$E_{perdue} = E_{reçue} \text{ (entrée)} - E_{utile} \text{ (sortie)}$

Extraits d'annales de bac SI :

Extrait 1 - AUV – Autonomus Underwater Vehicles

Les AUV sont des sous-marins autonomes utilisés pour des missions de surveillance sous-marines. La structure partielle de la fonction « propulser axialement » l'AUV est représentée ci-dessous :

- 1- Reporter sur les pointillés du schéma suivant, les grandeurs d'effort et de flux correspondant à la puissance transportée par chacun des liens de puissance. Préciser les unités du système international.

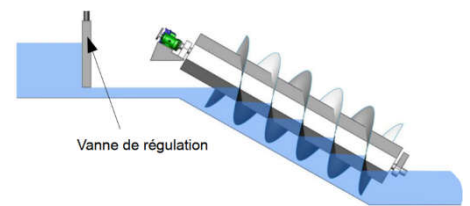
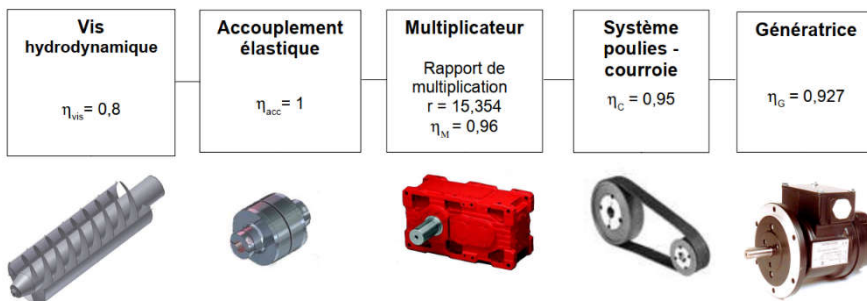


- 2- L'hélice du sous-marin qui transporte la caméra de surveillance exerce une force F de 100 N quand il se déplace à une vitesse V de 2 m.s⁻¹. Calculer la puissance mécanique P_m développée par le groupe propulseur du sous-marin.

Extrait 2 - Centrale hydroélectrique

Cette petite centrale hydraulique est un prototype basé sur une vis d'Archimède et installé sur la rivière Lauch dans le Haut-Rhin. C'est une installation de production énergétique d'une puissance inférieure à 10 MW, transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique.

On donne le schéma bloc de l'architecture de conversion de l'énergie de l'eau sur la vis hydrodynamique en énergie électrique :



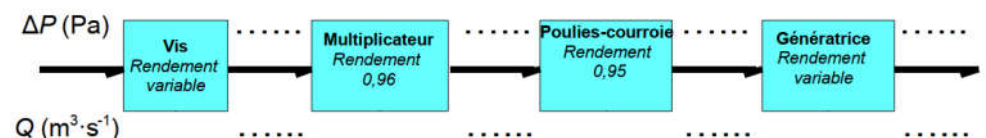
- 2- La puissance hydraulique P_{hydro} qui arrive sur la vis est de 39.24 kW. Déterminer la puissance électrique que l'on peut attendre de cette installation ?

Rivière

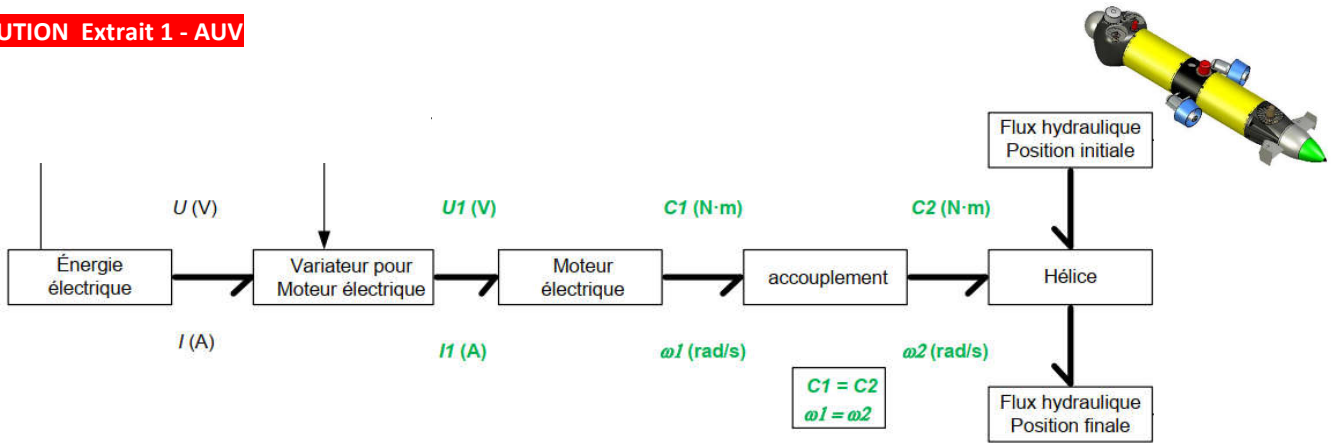
P. hydraulique

Réseau EDF

P. électrique



SOLUTION Extrait 1 - AUV

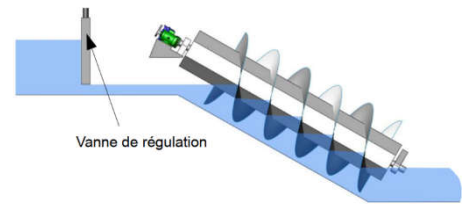


$P_m = F \times V = 100 \times 2 = 200 \text{ W}$

SOLUTION Extrait 2 –Centrale hydroélectrique

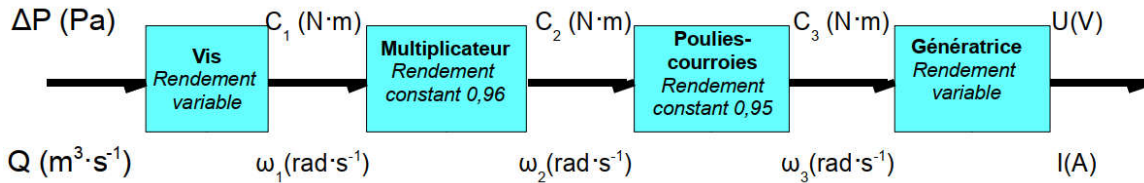
Le produit de tous les rendements donne un rendement global égal à 67,6 %.
La puissance hydraulique est de 39,24 kW.

La puissance à la sortie de la génératrice est donc de
 $P_{elec} = \eta_{global} \times P_{hydro} = 39,24 \times 0,676 = 26,53 \text{ kW}$



Rivière

P. hydraulique



Réseau EDF

P. électrique

EXTRAITS DE SUJETS DE BAC DE SCIENCES PHYSIQUES

QUESTIONS	ELEMENTS DE CORRECTION
<p><u>TheorèmeEc-Q6et+Sujet-Métropole-2021-ChuteDrone</u></p> <p>À l'instant $t = 0 \text{ s}$, à la suite d'un problème technique, les moteurs s'arrêtent alors que le drone vole en direction du public. On considère alors que le drone est en chute libre. La situation est modélisée au moyen du schéma et du graphique ci-dessous.</p> <p>6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique appliqué au drone entre l'instant où les moteurs s'arrêtent et le moment où il va toucher le sol, déterminer l'expression de sa vitesse v_p au moment de l'impact en fonction de v_0, g et h.</p>	<p>6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique appliqué au drone entre l'instant où les moteurs s'arrêtent et le moment où il va toucher le sol, déterminer l'expression de sa vitesse v_p au moment de l'impact en fonction de v_0, g et h.</p> <p>(1 pt) État initial : point A altitude h vitesse v_0</p> <p>État final : point B altitude presque nulle vitesse v_p</p> <p>D'après le théorème de l'énergie cinétique $\Delta E_c = \Sigma W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$</p> $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_p^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \vec{P} \cdot \vec{AB}$ $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_p^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = 0 \times (x_B - x_A) + (-m \cdot g) \cdot (-h) = m \cdot g \cdot h$ <p>On divise par m et on multiplie par 2.</p> $v_p^2 - v_0^2 = 2 \cdot g \cdot h$ $v_p^2 = 2 \cdot g \cdot h + v_0^2$ $v_p = \sqrt{2 \cdot g \cdot h + v_0^2}$

Sujet -2022-J2-PAC-PompeAchaleur

- Q_F , Q_C et W_e sont les deux transferts thermiques et le travail algébriquement reçu par le fluide caloporteur, respectivement de l'air extérieur, du logement à chauffer et du réseau électrique. Recopier sur la copie le schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur (figure 2) et le compléter avec les termes suivants : source froide, source chaude, réseau électrique, Q_F , Q_C , et W_e .

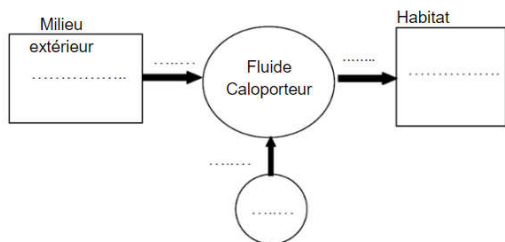
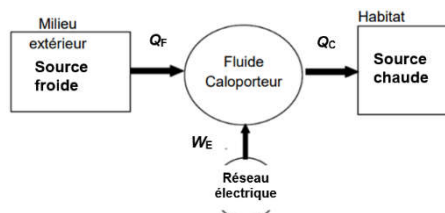


Figure 2. Schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur.

- Indiquer, en expliquant, la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système {fluide caloporteur} au cours d'un nombre entier de cycles thermiques.
- À partir du premier principe de la thermodynamique appliqué au système {fluide caloporteur}, établir la relation entre Q_F , Q_C et W_e .
La pompe à chaleur étudiée est telle que les transferts d'énergie mis en jeu au cours d'un cycle de transformations, sous forme thermique, vérifient la relation : $Q_F = -\frac{2 \times Q_C}{3}$.
- À partir de cette dernière relation, vérifier que la valeur du CoP dans le cas étudié est égale à 3.
Le transfert thermique cédé par un radiateur électrique est considéré comme égal au travail électrique fourni.
- En déduire l'intérêt d'une pompe à chaleur en comparant la consommation électrique d'une PAC à celle d'un radiateur électrique pour un même chauffage du logement.

1.



- À la fin de chaque cycle, le fluide se retrouve dans le même état physique qu'au début du cycle, les températures et pressions sont les mêmes. Ainsi l'énergie interne du système n'a pas varié. $\Delta U = 0$.

3. $\Delta U = 0$ donc $Q_F + W_e + Q_C = 0$

Attention ici Q_F , Q_C et W_e sont des valeurs algébriques, Q_F et W_e sont positives car reçues par le fluide, tandis que Q_C est négative car cédée par le fluide.

4. On nous donne $Q_F = -\frac{2Q_C}{3}$ et le CoP est défini dans le sujet par $CoP = \frac{|E_{utile}|}{W_e} = \frac{|Q_C|}{W_e}$.

D'après la réponse précédente : $Q_F + W_e + Q_C = 0$
 $-\frac{2Q_C}{3} + W_e + Q_C = 0$

$\frac{Q_C}{3} + W_e = 0$ donc $\frac{Q_C}{3} = -W_e$ soit $Q_C = -3W_e$ donc $|Q_C| = |-3W_e| = 3W_e$

$CoP = \frac{|Q_C|}{W_e} = \frac{3W_e}{W_e} = 3$

5. La consommation électrique de la PAC est :

$CoP = 3 = \frac{|Q_C|}{W_e}$ donc $W_e = \frac{|Q_C|}{3}$

La consommation électrique du radiateur est W_e .

On constate qu'avec la PAC la consommation électrique est divisée par 3 pour un même chauffage du logement.

Sujet-2021-Bouilloire

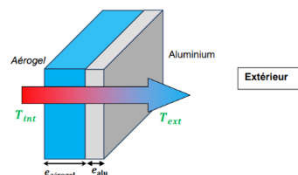
- Déterminer la valeur de la variation d'énergie interne du système constitué par 1 litre d'eau lorsque la température de celui-ci varie de $T_1 = 20^\circ C$ à $T_2 = 90^\circ C$.
- Déterminer la valeur de l'énergie électrique reçue par la résistance de la bouilloire pendant la durée de chauffe du système de $t_1 = 30$ s à $t_2 = 190$ s.
Le vase de la bouilloire est en acier inoxydable. Sa capacité thermique vaut $C_{vase} = 3,0 \times 10^2 J \cdot K^{-1}$. On suppose qu'à chaque instant la température du vase de la bouilloire est égale à celle de l'eau.
- Calculer la valeur de la variation d'énergie interne du vase de la bouilloire lorsque la température de celui-ci varie de $T_1 = 20^\circ C$ à $T_2 = 90^\circ C$. Commenter au regard des questions précédentes.
- En supposant que toute l'énergie thermique cédée par la résistance de la bouilloire est transférée au système {eau}, déterminer la durée nécessaire pour augmenter la température du système {eau} de $T_1 = 20^\circ C$ à $T_2 = 90^\circ C$.

- $\Delta U = \rho \cdot V \cdot C_{eau} \cdot (T_2 - T_1)$
 $\Delta U = 1,0 \times 1,0 \times 4,18 \times 10^3 \times (90 - 20) = 2,9 \times 10^5 J$
- $E = P \cdot \Delta t = P \cdot (t_2 - t_1)$
 $E = 2,0 \times 10^3 \times (190 - 30) = 3,2 \times 10^5 J$
- $\Delta U_{vase} = C_{vase} \cdot (T_2 - T_1)$
 $\Delta U_{vase} = 3,0 \times 10^2 \times (90 - 20) = 2,1 \times 10^4 J = 0,21 \times 10^5 J$
On constate que la variation d'énergie interne du vase est très faible face à celle de l'eau. On peut considérer que toute l'énergie thermique cédée par la résistance a été transférée à l'eau.
- Le système {eau} doit recevoir $\Delta U = 2,9 \times 10^5 J$ de la part de la résistance qui fournit une puissance P de 2,0 kW.
 $\Delta U = P \cdot \Delta t$ donc $\Delta t = \frac{\Delta U}{P}$ donc $\Delta t = \frac{2,926 \times 10^5}{2,0 \times 10^3} = 1,5 \times 10^2$ s

Sujet-2022-IsolationThermiqueROVER-Persévérance

- Schématiser le sens du transfert thermique s'opérant entre l'intérieur et l'extérieur du rover sur le schéma situé en ANNEXE à rendre avec la copie. Expliquer ce sens.
- Citer le principal mode de transfert thermique intervenant dans cette situation. Préciser s'il existe d'autres modes de transfert thermique.
Une partie du rover a dû être isolée pour les besoins de la mission. La pièce en aluminium, partie du système, possède une longueur L de 40 cm, une largeur ϕ de 15 cm et une épaisseur $e_{aluminium}$ de 0,85 cm.
- Calculer la résistance thermique de cette pièce avant isolation, sachant que le flux thermique traverse son épaisseur.
- En déduire le flux thermique correspondant.
On rajoute à cette pièce une couche d'aérogel de 3,5 cm d'épaisseur, notée $e_{aérogel}$ (cf. schéma du document réponse en annexe).
- Calculer la résistance thermique de la couche d'aérogel rajoutée ainsi que la résistance thermique de l'ensemble.
- En déduire le flux thermique à travers l'ensemble (pièce en aluminium et couche d'aérogel) et le comparer au flux thermique en absence d'aérogel.
- Indiquer comment varie le flux thermique global lorsqu'on :
 - double la surface (longueur \times largeur) de l'ensemble (pièce en aluminium et couche d'aérogel). Justifier votre réponse ;
 - double l'épaisseur de l'ensemble (pièce en aluminium et couche d'aérogel). Justifier votre réponse.

- Si on considère les températures moyennes, le rover est à $10^\circ C$
l'air extérieur est à $-53^\circ C$
Le transfert thermique a lieu du corps chaud (rover) vers le corps froid (air extérieur).



- Le principal mode de transfert thermique est la conduction. Il peut également se produire des transferts par convection et par rayonnement.
Rq : les explications à l'échelle microscopique des transferts thermiques sont exigibles.

3. $R_m(AI) = \frac{e}{\lambda \cdot S} = \frac{e}{\lambda_{aluminium} \cdot L \cdot \phi}$
 $R_m(AI) = \frac{0,85 \times 10^{-2} m}{237 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1} \times 40 \times 10^{-2} m \times 15 \times 10^{-2} m} = 6,0 \times 10^{-4} K \cdot W^{-1}$

4. $\Delta T = R_m \cdot \phi$ ou $\phi = \frac{\Delta T}{R_m}$ donc $\phi = \frac{(10 - (-53)) K}{6,0 \times 10^{-4} K \cdot W^{-1}} = 1,1 \times 10^5 W$

5. $R_m(aéro) = \frac{e}{\lambda \cdot S} = \frac{e}{\lambda_{aérogel} \cdot L \cdot \phi}$
 $R_m(aéro) = \frac{3,5 \times 10^{-2} m}{0,0015 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1} \times 40 \times 10^{-2} m \times 15 \times 10^{-2} m} = 3,9 \times 10^2 K \cdot W^{-1}$

$R_m(Total) = R_m(aéro) + R_m(AI)$
 $R_m(Total) = 3,9 \times 10^2 + 6,0 \times 10^{-4} = 3,9 \times 10^2 K \cdot W^{-1}$

6. $\phi = \frac{\Delta T}{R_m(Total)}$ donc $\phi = \frac{(10 - (-53))}{3,9 \times 10^2} = 0,16 W$

Ce flux thermique est beaucoup plus faible qu'en l'absence d'aérogel. L'aérogel joue bien son rôle d'isolant très performant.

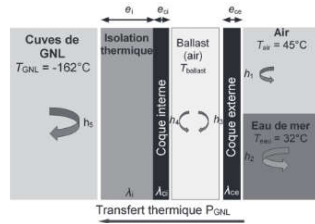
7. $\phi = \frac{\Delta T}{R_m}$ et $R_m = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ donc $\phi = \frac{\Delta T}{\frac{e}{\lambda \cdot S}} = \frac{\Delta T \cdot \lambda \cdot S}{e}$

Si la surface S double alors le flux double.
Si on double l'épaisseur e alors le flux est divisé par 2.

Q4-Sujet-2023-EtudeThermiqueMethanier

La figure 1 propose une modélisation thermique unidimensionnelle du méthanier. Le transfert thermique de puissance P_{GNL} traverse l'ensemble de la structure depuis la coque externe jusqu'aux cuves de GNL.

La température de l'environnement extérieur $T_{env} = 39^\circ\text{C}$ est la température extérieure moyenne pondérée, prenant en compte la surface en contact avec l'air et celle en contact avec l'eau de mer dans des conditions extrêmes.



Q4. La modélisation proposée figure 1 fait apparaître des coefficients h (h_1 à h_2) et λ (λ_{ce} , λ_{ci} et λ_i). Citer deux modes de transferts thermiques qu'ils permettent de modéliser.

Q4. Les coefficients λ correspondent à des transferts thermiques par conduction à travers un matériau tandis que les coefficients h correspondent à des transferts thermiques par convection dans un fluide (liquide ou gaz).

Sujet-2023-RefroidissementMicroprocesseur

Le flux thermique Φ_{th} associé au transfert thermique entre le système de dissipation à la température T et l'air à la température T_{air} est donné par la loi de Newton :

$$\Phi_{th}(t) = h \times S (T_{air} - T(t))$$

avec h le coefficient de transfert thermique surfacique et S la surface d'échange.

Q5. Montrer, en appliquant le premier principe de la thermodynamique au ventirad, que la température $T(t)$ des éléments de dissipation du ventirad vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{hS}{C} (T(t) - T_{air})$$

avec C , la capacité thermique du dispositif de refroidissement.

Q6. Par un raisonnement d'homogénéité mené sur l'équation différentielle ci-dessus, déterminer l'unité de la grandeur $\frac{C}{hS}$.

Q7. Représenter sur votre copie l'allure de l'évolution de la température des éléments de dissipation du ventirad. On précisera les valeurs de la température initiale et finale.

Q5. Le système (ventirad) est au repos macroscopique (son énergie mécanique ne varie pas) ; le 1er principe de la thermodynamique donne $\Delta U = W + Q$ ici $W = 0$ (pas d'échanges sous forme de travail) donc $\Delta U = Q$

$$\text{Or } \Delta U = C \cdot (T(t+\Delta t) - T(t)) = C \cdot \Delta T \quad (1)$$

Par ailleurs on a $\phi = \frac{Q}{\Delta t}$, soit $Q = \phi \cdot \Delta t$ et la loi de Newton donne : $\Phi_{th}(t) = h \cdot S \cdot (T_{air} - T(t))$

$$Q = h \cdot S \cdot (T_{air} - T(t)) \cdot \Delta t \quad (2)$$

En égalant les deux expressions (1) et (2) de Q : $C \cdot \Delta T = h \cdot S \cdot (T_{air} - T(t)) \cdot \Delta t$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{h \cdot S}{C} \cdot (T_{air} - T(t)) \Leftrightarrow \frac{dT}{dt} = -\frac{h \cdot S}{C} \cdot (T(t) - T_{air})$$

En faisant tendre Δt vers 0, on obtient $\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h \cdot S}{C} \cdot (T(t) - T_{air})$

$$\text{Q6. } \frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h \cdot S}{C} \cdot (T(t) - T_{air}) \text{ donc } \frac{dT(t)}{dt} \cdot \frac{C}{h \cdot S} = -(T(t) - T_{air})$$

$$\frac{C}{h \cdot S} = -\frac{(T(t) - T_{air})}{\frac{dT(t)}{dt}} = -(T(t) - T_{air}) \times \frac{dt}{dT(t)} = -\frac{(T(t) - T_{air})}{dT(t)} \times dt$$

$(T(t) - T_{air})$ tout comme $dT(t)$ sont des différences de température exprimées en Kelvins.

Alors $\frac{C}{h \cdot S}$ a la même dimension que dt , $\frac{C}{h \cdot S}$ est homogène à une durée exprimée en secondes.

Q7.

