Document élève

Cours :
Cararactériser les transferts d'énergie

Mesurer et calculer des puissances (autres qu'électriques)

Nous avons vu que le produit $p(t)=e\times f$ est la puissance instantanée, très pratique pour instrumenter un modèle multiphysique ou monitorer des puissances.

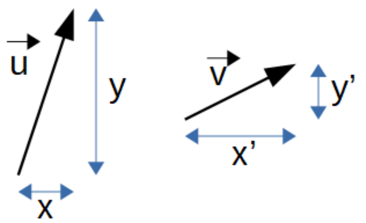
Cependant il est important de savoir calculer des puissances à un instant « t »...

Puissance mécanique en translation

Domaines	*Grandeur **effort***	*Grandeur **flux***
Mécanique translation	Force F [N]	Vitesse v [m/s]
Conventions de signes : Si la puissance calculée est positive ⇒la force F contribue au mouvement Si la puissance calculée est négative ⇒ la force F s'oppose au mouvement		

La force et la vitesse se modélise dans le domaine de la physique par des vecteurs. Ainsi le produit $p(t)=e\times f$ se traduit par le produit de deux vecteurs $P=\vec{F}\cdot\vec{v}$ Il s'agit d'un produit scalaire.

Rappel du produit scalaire :

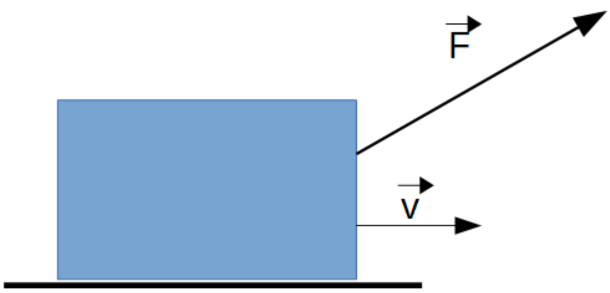


$\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ $\vec{v}\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$

$\vec{u}\cdot\vec{v}=x\cdot y+x'\cdot y'$

$\vec{u}\cdot\vec{v}=\|\vec{u}\|\cdot\|\vec{v}\|\cdot\cos(\vec{u},\vec{v})$

Application 1 :



$\vec{F}\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix}$ $\|\vec{F}\|=5\,N$

$\vec{v}\begin{pmatrix} 10 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\|\vec{v}\|=10\,N$

- Calculer la puissance développée par la force F.
- Déterminer l'énergie de transfert requise pour un fonctionnement de 20 secondes (hypothèse : l'intensité et la direction de la force F demeurent constantes).

Puissance mécanique en rotation

Domaines	*Grandeur **effort***	*Grandeur **flux***
Mécanique rotation	Couple C [N.m]	Vitesse angulaire ω [rad/s]
Conventions de signes : Si la puissance calculée est positive ⇒le couple C contribue au mouvement Si la puissance calculée est négative ⇒ le couple C s'oppose au mouvement		

Au même titre que la force et la vitesse (domaine de la translation), le couple et la vitesse angulaire (domaine de la rotation) peuvent se modéliser par des vecteurs.

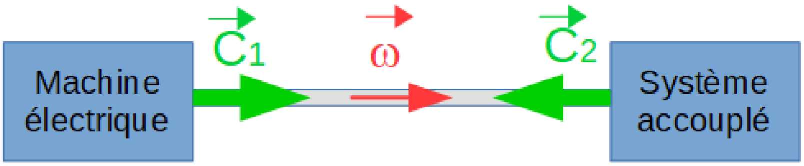
Ainsi le produit $p(t)=e\times f$ se traduit par le produit de deux vecteurs $P=\vec{C}\cdot\vec{\omega}$ Il s'agit encore d'un produit scalaire.

Cependant il est très rare que le vecteur Couple $\vec{C}$ et le vecteur vitesse angulaire $\vec{\omega}$ ne soient pas colinaires. Ainsi en vertue de la 2ème propriété du produit scalaire ($\vec{u}\cdot\vec{v}=\|\vec{u}\|\cdot\|\vec{v}\|\cdot\cos(\vec{u},\vec{v})$) l'angle entre le couple et la vitesse angulaire est soit de 0, soit de 180°, ce qui implique un $\cos(\vec{C},\vec{\omega})=1 \ \ ou \ \ -1$

On retiendra donc la formule suivante : $P=C\ \cdot\omega$

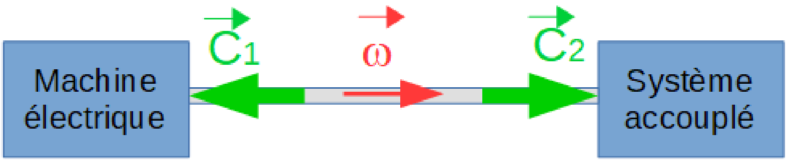
Illustration :

Soit la une partie de la chaine de puissance suivante :



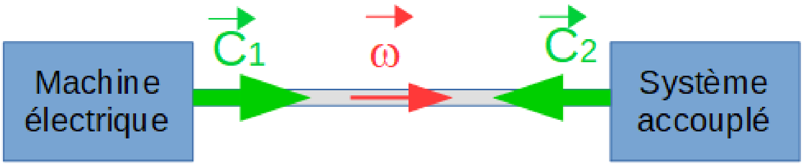
Le couple C1 est imposé par la machine électrique et le couple C2 par le système accouplé.

Machine électrique	Système accouplé
$P=C_1\ \cdot\omega>0$ (puissance positive) Fonctionnement en **moteur** et impose le mouvement de rotation.	$P=C_2\ \cdot\omega<0$ (puissance négative) Le système accouplé s'oppose au mouvement de rotation.



Machine électrique	Système accouplé
$P=C_1\ \cdot\omega<0$ (puissance négative) Fonctionnement en **générateur** et s'oppose au mouvement de rotation.	$P=C_2\ \cdot\omega>0$ (puissance positive) Le système accouplé impose le mouvement de rotation.

Application 2 :
Soit la machine électrique entrainant



La machine électrique impose un couple C1 de 40 N.m
Le système accouplé lui oppose un couple de même valeur.

En vertu du principe fondamental de la dynamique $\vec{C}_1 + \vec{C}_2 = J \cdot \frac{d\vec{\omega}}{dt}$

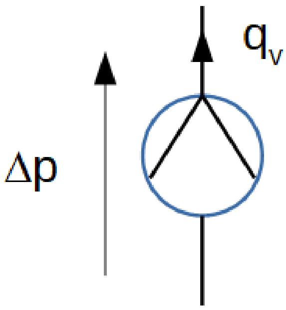
1. Préciser si la vitesse de angulaire ω varie.
2. Calculer la puissance mécanique développée par la machine électrique lorsque la vitesse de rotation est de 1500 tr/min
3. Calculer la puissance mécanique opposée par le système couplé. Expliquer le signe négatif.

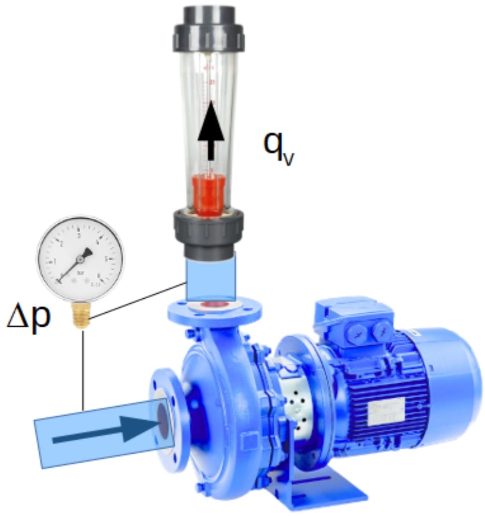
Puissance fluidique

Domaines	*Grandeur* ***effort***	*Grandeur* ***flux***
Fluidique	Différence de pression Δp [Pa]	Débit volumique q_v [m³/s]
Conventions générateur : Si la puissance calculée est positive ⇒la puissance est fournie (sortante) Si la puissance calculée est négative ⇒la puissance est absorbée (entrante)		
Convention récepteur : Si la puissance calculée est positive ⇒la puissance absorbée (entrante) Si la puissance calculée est négative ⇒la puissance est est fournie (sortante)		

le produit $p(t) = e \times f$ se traduit par le produit du débit volumique par la différence de pression :

$$P = q_v \times \Delta p$$





Application 3 :
Soit la pompe ci-avant qui fait circuler de l'eau à une vitesse de 3 m/s dans une conduite de section Sc=10 cm² dont la différence de pression mesurée est de 30 mCE (mètre de colonne d'eau).

- Déterminer la puissance hydraulique en sortie de pompe.

Puissance thermique (échangeur de chaleur au travers duquel circule un fluide caloporteur)

Domaines	*Grandeur **effort***	*Grandeur **flux***
Thermique	Différence de température $\Delta\theta$ [°C] ou ΔT [K]	Débit massique q_m [kg/s]

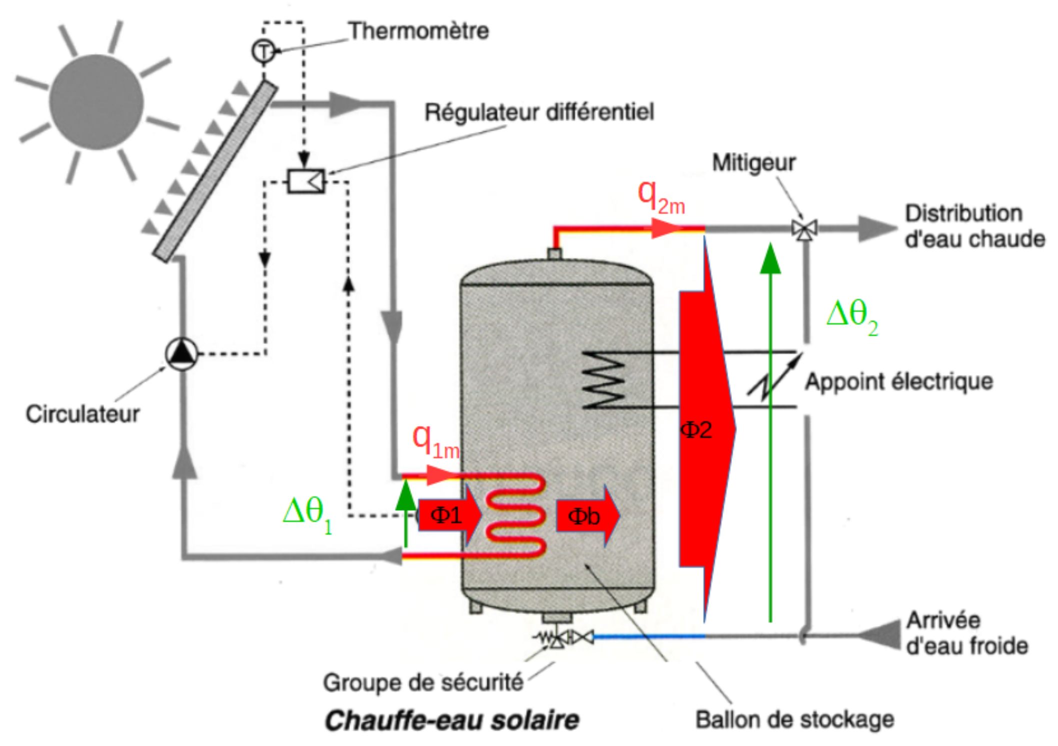
le produit $p(t)=e\times f$ se traduirait par le produit du débit volumique par la différence de pression :

$$P=q_m\times\Delta\theta$$

Ce qui n'est pas tout à fait exact ! C'est vrai à une constante près (la capacité thermique massique)

La véritable formule est la suivante et comme il s'agit d'un flux de chaleur, la puissance P est notée Φ :

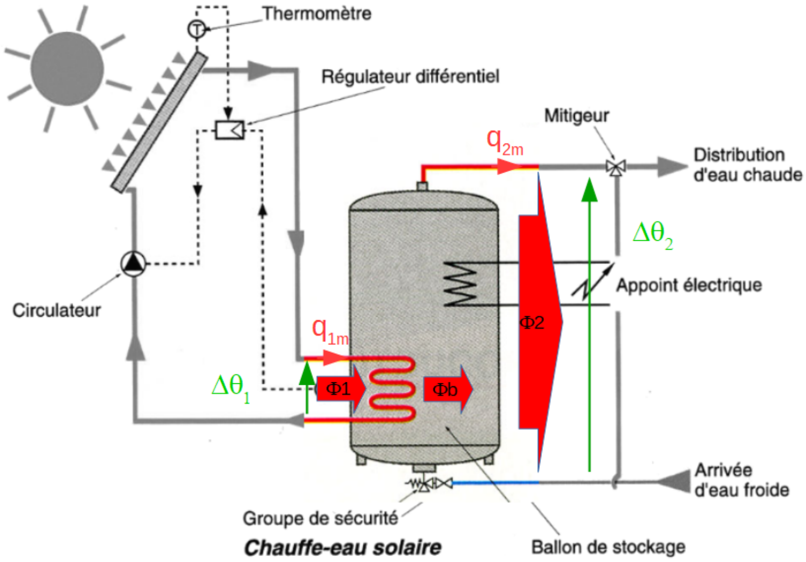
$$\phi=q_m \cdot c \cdot \Delta\theta$$



Puissance transportée par le circuit d'eau solaire : $\phi_1=q_{1m} \cdot c \cdot \Delta\theta_1$	Puissance transportée par le circuit d'eau chaude sanitaire : $\phi_2=q_{2m} \cdot c \cdot \Delta\theta_2$
La puissance transmise à l'eau du ballon (hypothèse : aucune perte entre sur l'échangeur) : $\phi_1=\phi_b$	
Quantité de chaleur Q transmise à l'eau du ballon (en absence de soutirage d'eau chaude sanitaire) : $Q_{eau\,ballon}= \phi_b \cdot\Delta t = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot\Delta\theta_{eau\,ballon}$	
C : capacité thermique massique du fluide en circulation [J.kg^{-1}.K^{-1}] qm : débit massique [kg.s^{-1}]	Q : Quantité de chaleur (énergie de transfert) [J] ϕ : Flux de chaleur [W] $\Delta\theta$: Ecart de température [K] ou [°C]

Application 4 :

Soit l'installation ci-contre.



A partir des données suivantes :

- L'irradiation solaire : 1000 W/m².
- Surface panneau solaire themique : 8 m².
- Débit q_{1m} : 5 L.min-1
- $\Delta\theta1$: 24 °C
- Eau glycolée (pour éviter la prise en glace en cas de température extérieure inférieure à 0°C). $C=3824\ J.kg^{-1}.K^{-1}$

- Quel est le fluide caloporteur du circuit solaire ?
- Déterminer la puissance $\phi1$ à l'entrée de l'échangeur de chaleur.
- Déterminer la puissance reçue par le panneau solaire thermique.
- En déduire les pertes de chaleur dans l'installation solaire en admettant que l'intégralité de la puissance reçue par les panneaux est intégralement restituée à l'eau du circuit solaire.