

1 Habitat

1.1 Gestion de l'énergie dans l'habitat

1.1.1 Energie solaire : conversions photovoltaïque et thermique

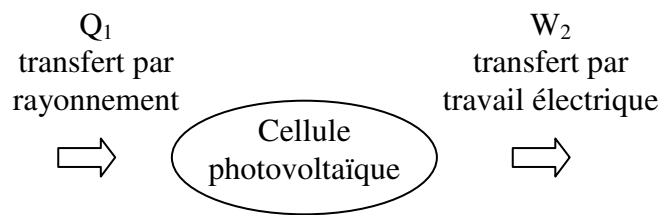
1.1.1.1 Chaîne énergétique

Une chaîne énergétique permet de représenter graphiquement les transferts d'énergie entre différents systèmes.

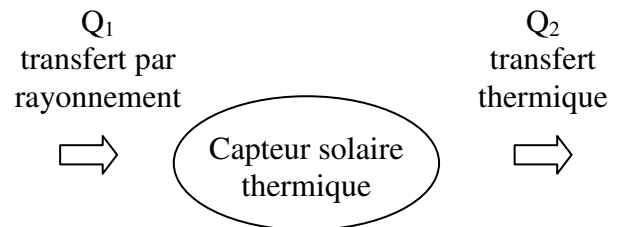


1.1.1.2 Modes d'exploitation de l'énergie solaire

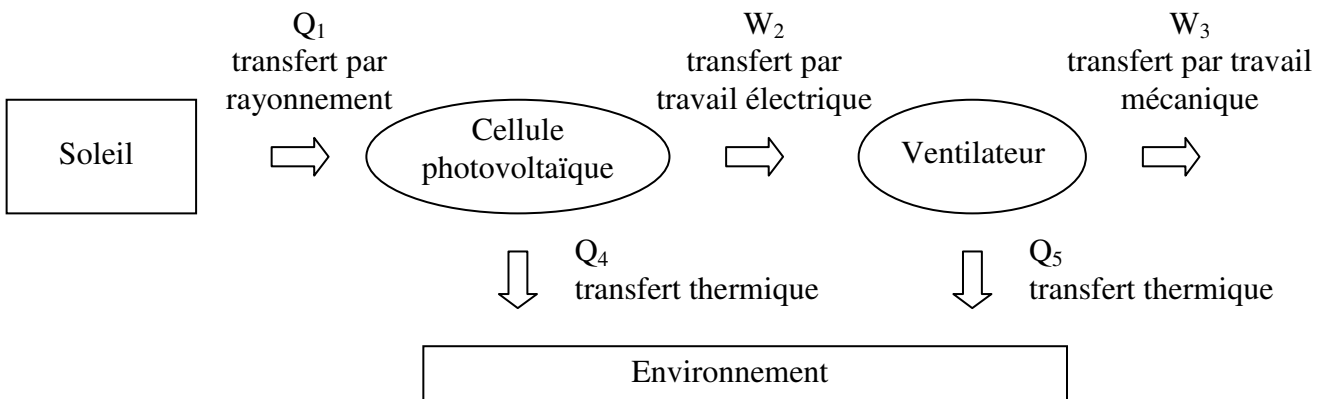
Conversion photovoltaïque :



Conversion thermique :



Exemple de chaîne énergétique dans un dispositif utilisant l'énergie solaire dans l'habitat



1.1.2 Modèle corpusculaire de la lumière, le photon

La lumière est constituée de particules nommées « photons ».

1.1.2.1 Energie d'un photon

L'énergie d'un photon est donnée par la relation d'Einstein :

$$\Delta E = h * \nu = h * \frac{c}{\lambda}$$

ν : fréquence de la radiation associée au photon (prononcer nu) ; en Hz

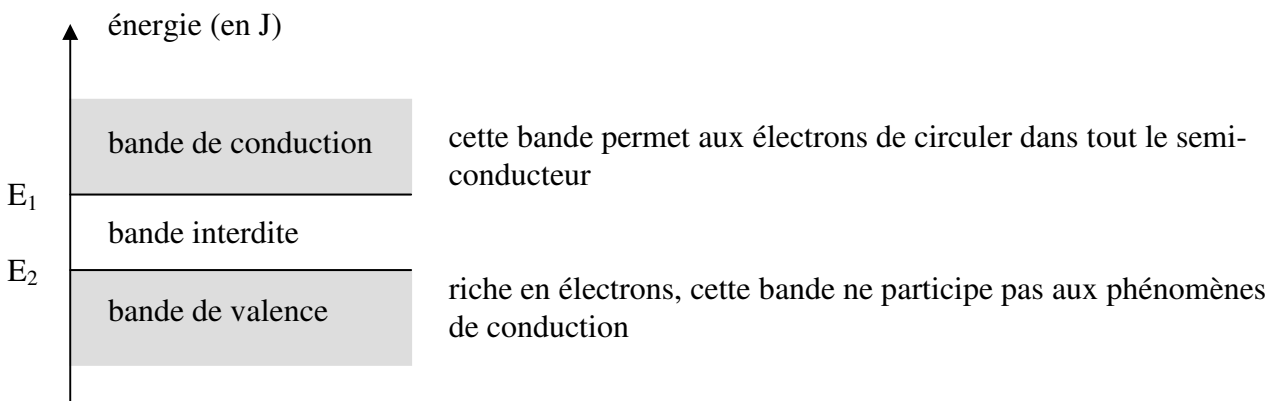
λ : longueur d'onde de la radiation associée au photon ; en m

c : célérité de la lumière dans le vide ; en m / s ($m \cdot s^{-1}$)

h : constante de Planck ; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} / \text{s}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)

1.1.2.2 Matériau semi-conducteur

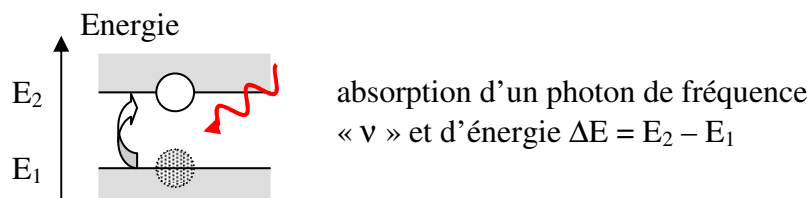
Dans un matériau semi-conducteur, les électrons sont répartis en bandes d'énergie :



1.1.2.3 Echanges d'énergie entre lumière et matière

Un électron du matériau semi-conducteur peut passer d'une bande d'énergie à une autre si on lui fournit de l'énergie sous forme de lumière.

Exemple



Remarque si le matériau reçoit un photon d'énergie inférieure à $(E_2 - E_1)$, la transition n'a pas lieu.

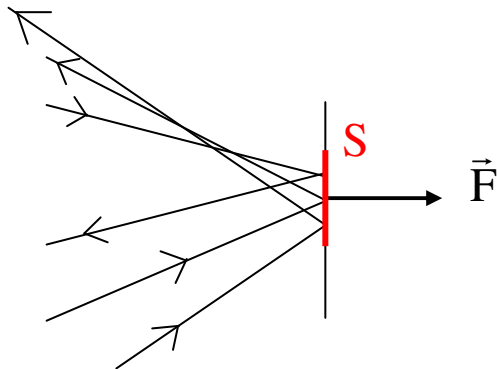
1.2 Les fluides dans l'habitat

1.2.1 Pression dans un fluide incompressible en équilibre

Les gaz sont compressibles mais les liquides sont incompressibles.

1.2.1.1 La pression

Dans un liquide, les particules se déplacent et subissent de nombreux chocs avec d'autres particules ou avec une paroi.



on perçoit les chocs des particules sur une paroi de surface « S » comme une force « F » perpendiculaire à S telle que :

$$F = P * S$$

P est appelée la pression du fluide.

La pression se mesure à l'aide d'un manomètre. Plusieurs unités existent :

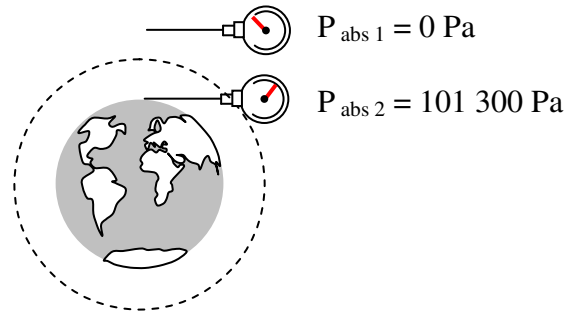
- le « pascal » de symbole Pa (unité du système international)
- le « bar » de symbole bar (1 bar = 100 000 Pa)

Exemple l'atmosphère exerce une pression absolue toujours voisine de 101 300 Pa (1,013 bar) au niveau de la mer.

1.2.1.2 Pressions absolue, relative et différentielle

La pression absolue « P_{abs} » est la pression mesurée par rapport au vide ($P_{abs} > 0$).

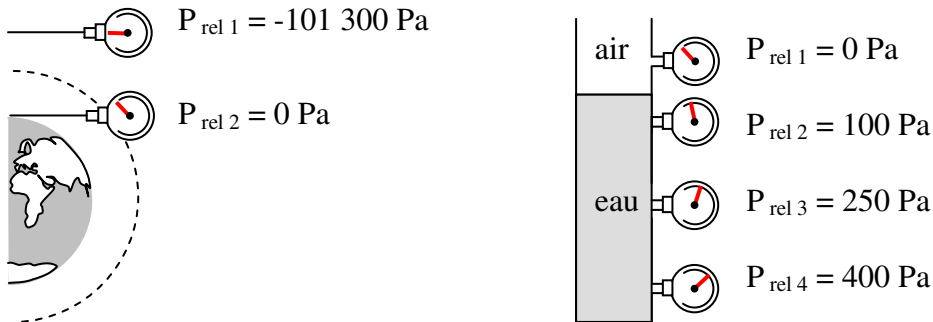
Exemples



La pression relative « P_{rel} » est la pression mesurée par rapport à la pression atmosphérique « P_{atm} » :

$$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm}$$

Exemples



La pression différentielle « P_{diff} » est la pression mesurée par rapport à une pression de référence $P_{réf}$ choisie :

$$P_{diff 1} = P_1 - P_{réf}$$

Exemple

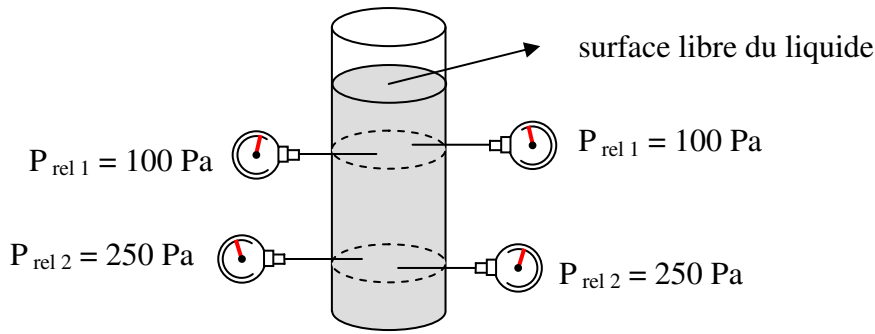
calcul de la pression au point n°3 en prenant la pression au point n°2 comme référence :

$$P_{diff 3} = P_{rel 3} - P_{rel 2} = 250 - 100 = 150 \text{ Pa}$$

1.2.2 Equilibre d'un fluide soumis à la pesanteur

Dans un liquide immobile, la pression sur un plan horizontal est constante.

Exemples



Le principe fondamental de l'hydrostatique s'écrit :

$$P_A + \rho * g * z_A = P_B + \rho * g * z_B$$

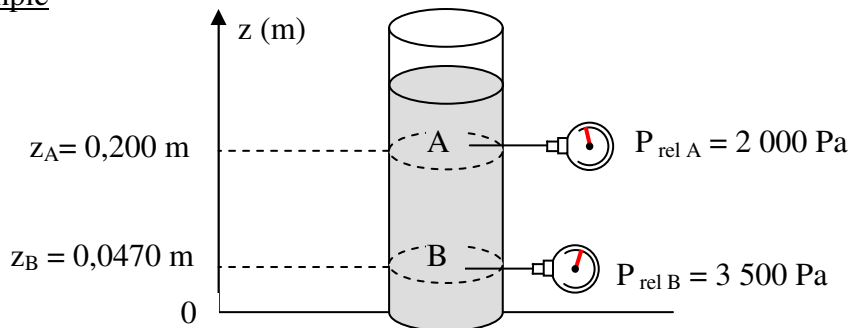
P_A, P_B : pressions (absolues ou relatives) en A et B ; en Pa

ρ : masse volumique du liquide (prononcer « rho ») ; en kg / m^3
($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

g : pesanteur sur Terre ; en m / s^2 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

z : altitude en A et B ; en m

Exemple



$$\rho \text{ (eau)} = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$
$$g_{\text{Terre}} = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$P_{rel A} + \rho \text{ (eau)} * g * z_A = 2000 + 1000 * 9,80 * 0,200 = 3,96 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_{rel B} + \rho \text{ (eau)} * g * z_B = 3500 + 1000 * 9,80 * 0,0470 = 3,96 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

1.2.3 Ecoulement stationnaire

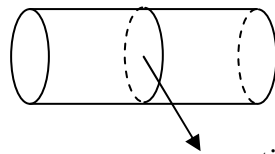
Une grandeur stationnaire n'évolue pas en fonction du temps (elle est constante).

1.2.3.1 Débits volumique et massique

Le débit est le volume ou la masse de liquide traversant une section d'une canalisation pendant l'unité de temps choisie (h, min, s ...):

$$\text{débit volumique : } D_V = \frac{V}{t} \qquad \text{débit massique : } D_m = \frac{m}{t}$$

Les unités pourront donc être : $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$, ...



section d'une canalisation

Les débits volumique et massique sont liés par la relation :

$$D_m = D_V * \rho$$

ρ : masse volumique du liquide ; en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

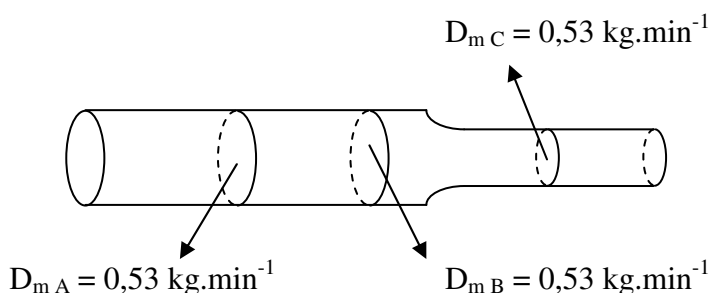
1.2.3.2 Ecoulement stationnaire

Lors de l'écoulement stationnaire d'un liquide, les débits volumique et massique sont constants (dans le temps).

1.2.3.3 Loi de conservation de la masse

Le débit massique « D_m » est identique en toute section d'une canalisation.

Exemple

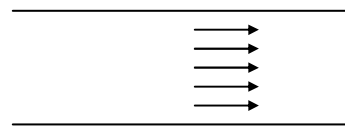
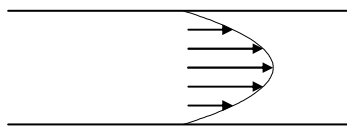


Seule la vitesse du liquide varie : elle augmente quand la section de la canalisation diminue et inversement.

En ajoutant l'hypothèse de fluide incompressible, le débit volumique « D_V » est également constant le long de la canalisation.

1.2.3.4 Vitesse moyenne d'écoulement dans une canalisation

La vitesse moyenne dans une canalisation est la vitesse uniforme (partout la même) qui assurerait le même débit que les vitesses réelles.



vitesse moyenne du liquide dans une canalisation

$$v = \frac{D_V}{S}$$

v : vitesse moyenne du liquide ; en m / s ($m \cdot s^{-1}$)

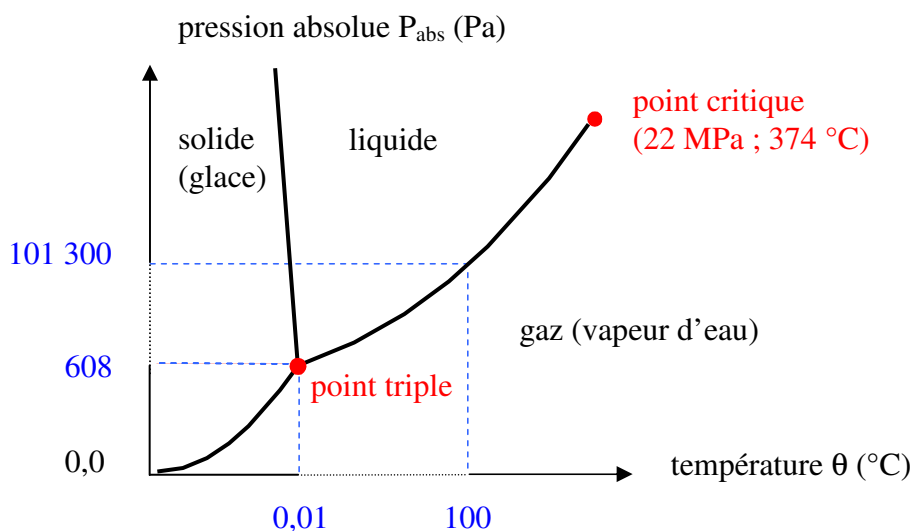
D_V : débit volumique du liquide ; en m^3 / s ($m^3 \cdot s^{-1}$)

S : section de la canalisation ; en m^2

1.2.4 Etats de l'eau

Il existe 3 états physiques de l'eau : solide (glace), liquide et gaz (vapeur d'eau).

Le diagramme d'état (P, T) de l'eau permet de déterminer l'état de l'eau pour une pression et une température données :



Exemples

lecture sur le diagramme d'état (P, T) de l'eau :

$P_{\text{abs}} = 500 \text{ Pa}$ et $\theta = +50 \text{ }^\circ\text{C}$: eau gaz (vapeur d'eau)

$P_{\text{abs}} = 10\,000 \text{ Pa}$ et $\theta = -50 \text{ }^\circ\text{C}$: eau solide (glace)

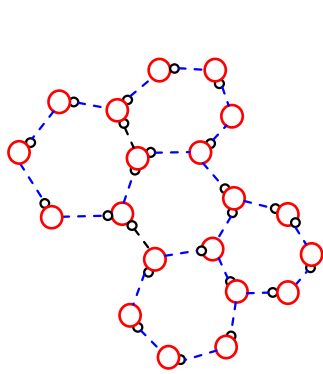
$P_{\text{abs}} = 200\,000 \text{ Pa}$ et $\theta = +50 \text{ }^\circ\text{C}$: eau liquide

1.2.4.1 La cohésion des états condensés (solide et liquide)

La cohésion des états solide et liquide de l'eau a pour origine des liaisons hydrogène entre molécules.

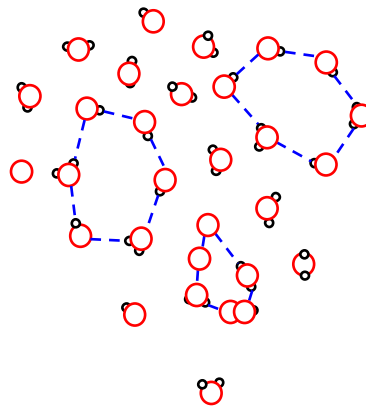
Exemple

liaisons hydrogène entre molécules d'eau (représentées en pointillés)



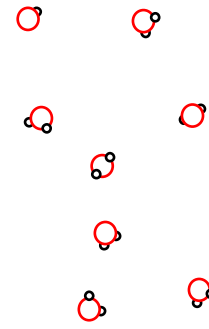
glace

Toutes les molécules sont liées



eau liquide

Les liaisons hydrogène sont moins nombreuses que dans le solide

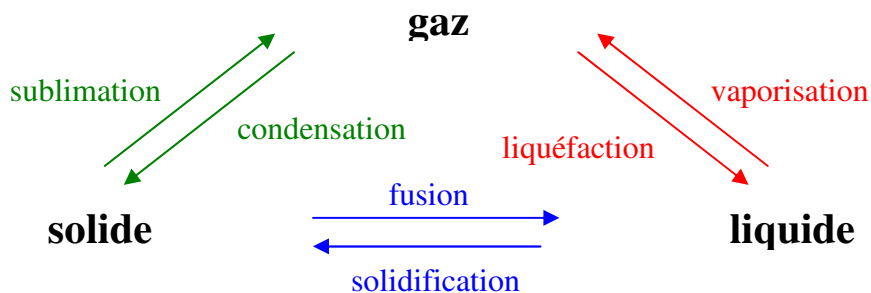


gaz

Il n'y a plus aucune liaisons hydrogène

1.2.4.2 Les changements d'état

Il existe 6 changements d'état :



Pour passer successivement du solide au liquide puis au gaz, une molécule d'eau doit rompre toutes les liaisons hydrogène qui la lient aux autres molécules (et inversement).

1.2.4.3 Evaporation et ébullition de l'eau

Dans l'eau à l'état liquide, les molécules se déplacent. Ce qui permet à certaines d'entre elles de rompre toutes leurs liaisons hydrogène et de passer à l'état gazeux (vapeur d'eau).

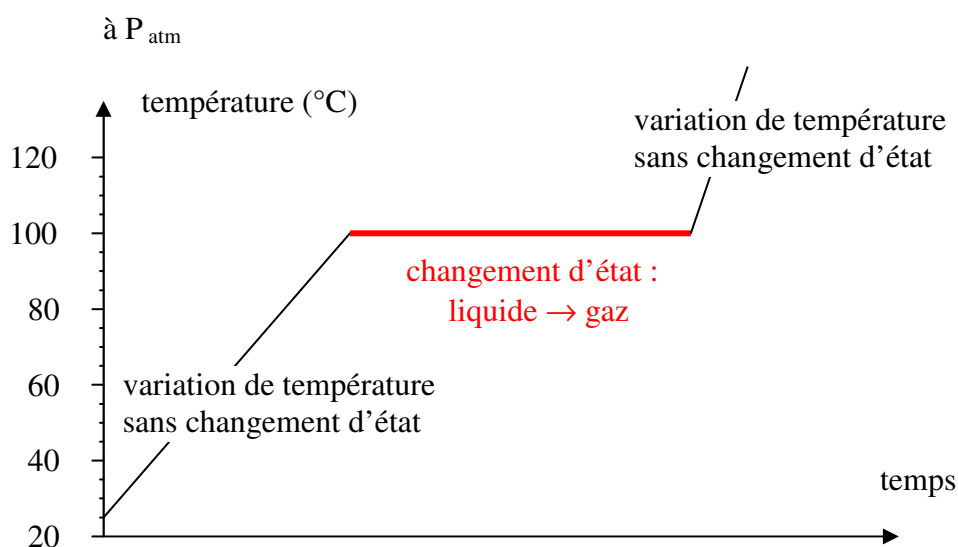
$\theta < \theta_{\text{ébullition}}$ l'agitation est modérée. Seules les molécules d'eau à la surface du liquide peuvent passer à l'état gazeux (elles sont moins liées). C'est l'évaporation qui est un phénomène de surface.

$\theta = \theta_{\text{ébullition}}$ l'agitation est forte. Toutes les molécules d'eau du liquide peuvent passer à l'état gazeux. C'est l'ébullition qui est un phénomène qui concerne la totalité du liquide.

1.2.5 Effets thermiques associés aux changements d'état

Les changements d'état d'un corps pur se font à température constante.

Exemple



L'enthalpie de changement d'état notée « L » (L_f pour la fusion ; L_v pour la vaporisation) représente l'énergie à fournir à 1 kg de corps pur pour le faire changer d'état à pression et température constantes.

Exemples L_v (eau à 100 °C) = $2,26 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

L_f (eau à 0 °C) = $3,34 \cdot 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$

L (liquéfaction) = $- L_v$

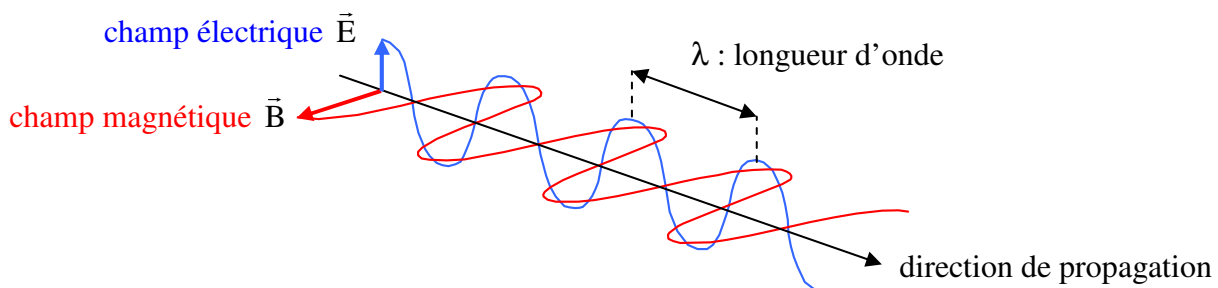
Le transfert thermique lors du changement d'état d'une masse « m » de corps pur est donné par la relation :

$$Q = m * L$$

1.3 La communication dans l'habitat

1.3.1 Les ondes électromagnétiques

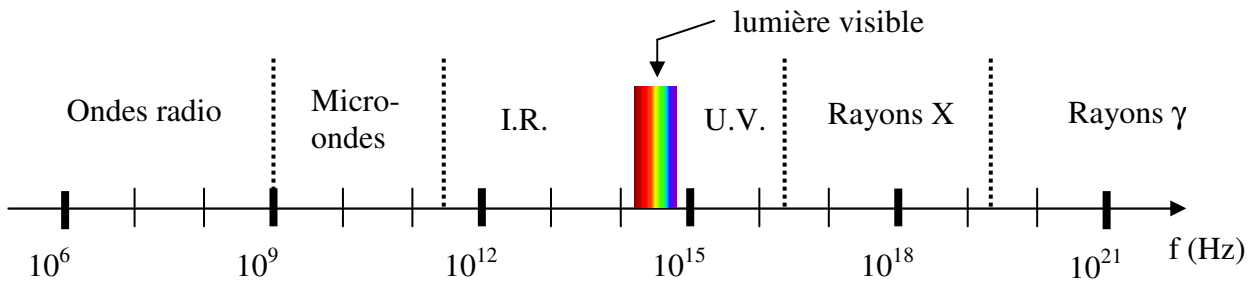
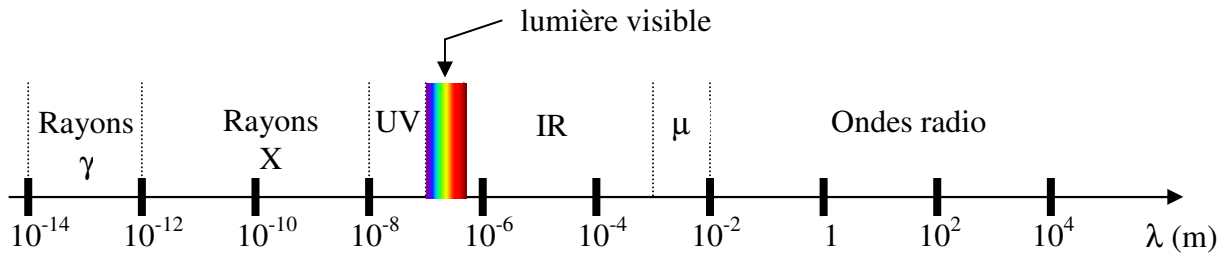
Une onde électromagnétique est composée d'un champ magnétique et d'un champ électrique.



Une onde électromagnétique se propage dans le vide à la vitesse « c » égale à $3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1.3.2 Les différentes ondes électromagnétiques

On classe les ondes électromagnétiques en différents domaines de longueur d'onde « λ » ou de fréquence « f » :



La fréquence « f » d'une onde électromagnétique correspond au nombre d'oscillations par seconde du champ électrique ou magnétique.

1.3.3 Grandeurs physiques associées à une onde

Fréquence et période « T » sont liées par la relation :

$$f = \frac{1}{T}$$

Longueur d'onde, vitesse et période sont liées par la relation :

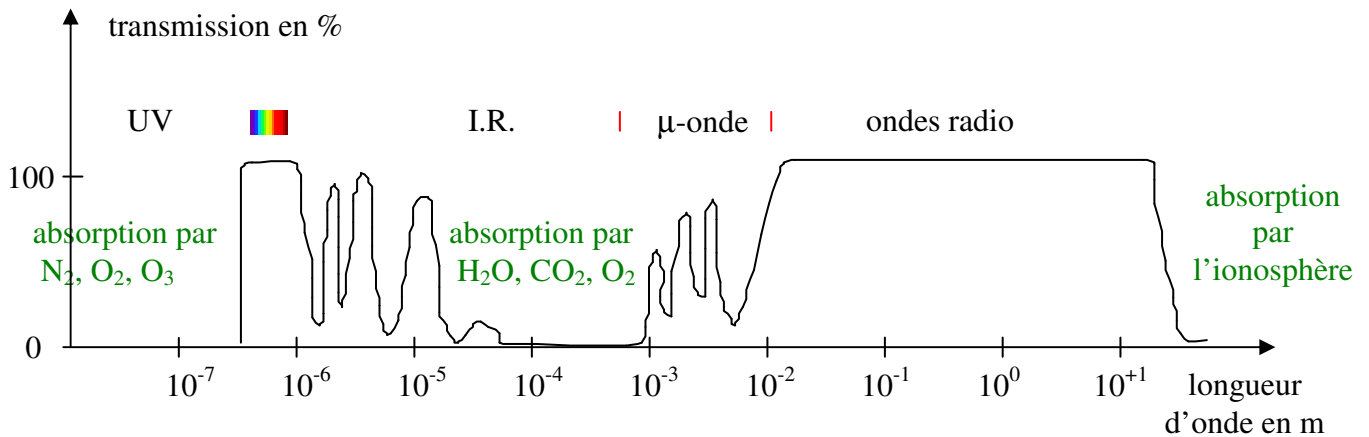
$$\lambda = c * T$$

La longueur d'onde correspond à la distance parcourue par l'onde durant une période.

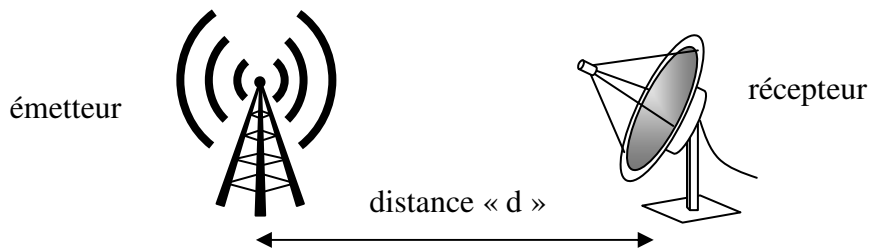
1.3.4 Spectre des ondes utilisées en communication

Le visible et les ondes radio (appelées aussi ondes hertziennes) sont utilisés pour les communications car ils ne sont pas absorbés par l'atmosphère terrestre.

Transmission des rayonnements électromagnétiques par l'atmosphère terrestre



1.3.5 Les sources d'ondes électromagnétiques



L'intensité du champ électrique se mesure à l'aide d'un « champmètre » et s'exprime en V / m ($V.m^{-1}$).

L'intensité du champ électrique diminue quand la distance à la source augmente :

$$E = \frac{\sqrt{\alpha * P_0}}{d}$$

E : intensité du champ électrique ; en V / m ($V.m^{-1}$)

P_0 : puissance d'émission de la source ; en Watt (W)

d : distance séparant l'émetteur du récepteur ; en m

α : constante propre à chaque antenne, en Ohm (Ω)

1.3.6 Mesure des grandeurs physiques dans l'habitat

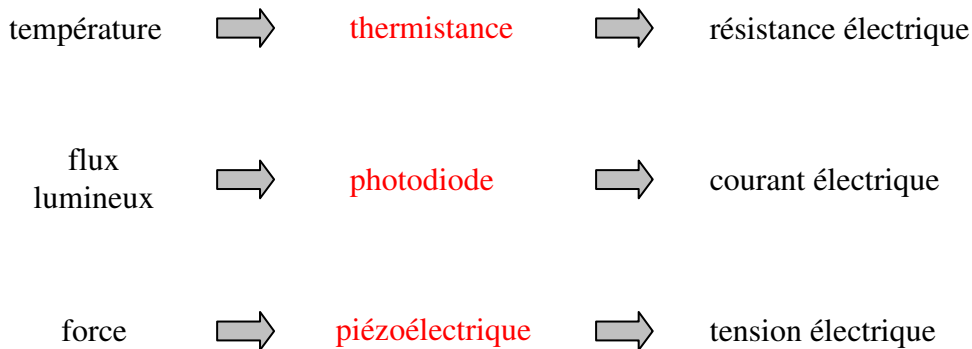
1.3.6.1 Exemples de capteurs et de détecteurs utilisés dans l'habitat

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique (pression, température, ...) en une grandeur utilisable (tension ou intensité électrique, ...).

Exemples de capteurs

grandeur physique d'entrée

grandeur physique de sortie

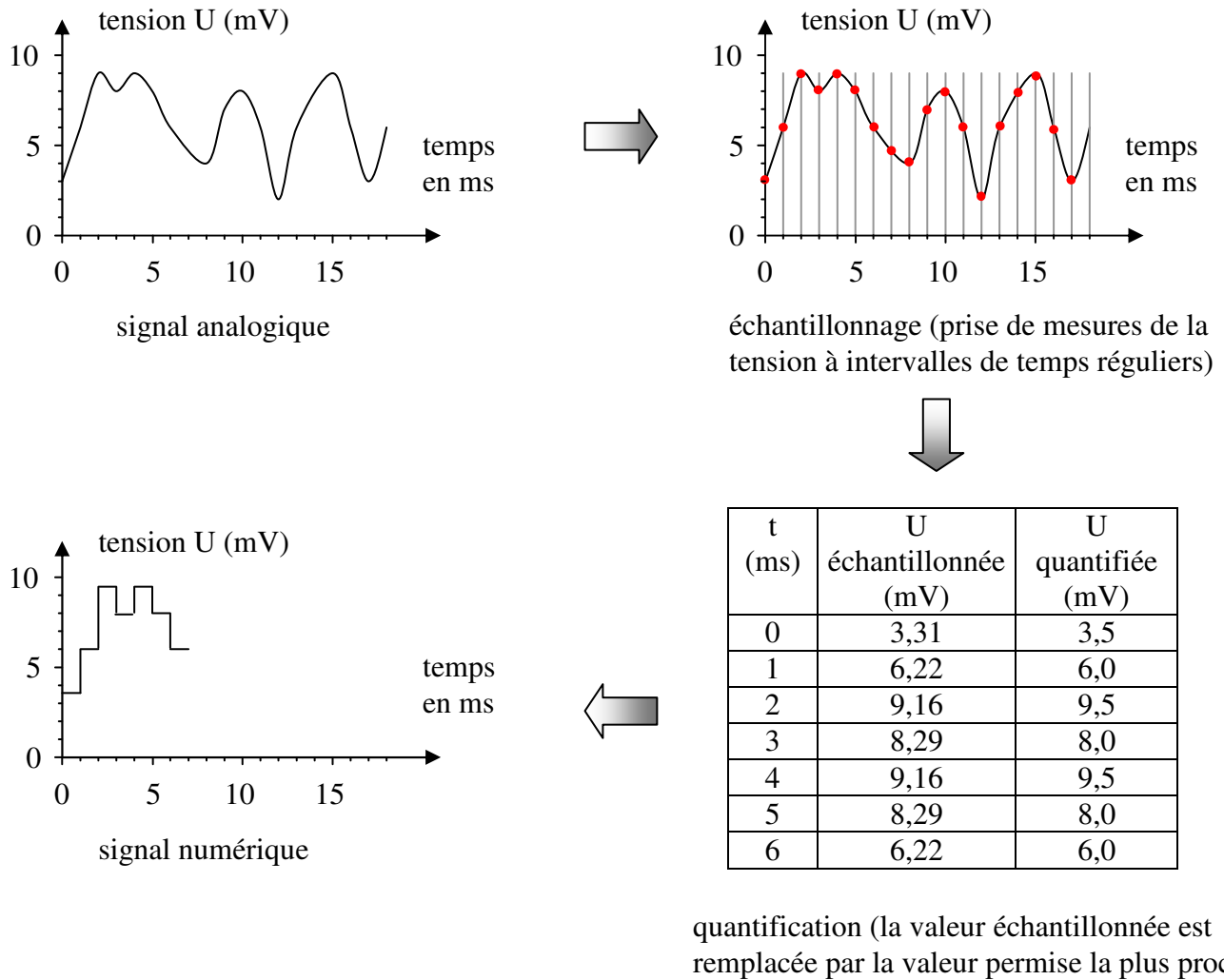


Un instrument de mesure (ou un détecteur) est un appareil autonome disposant d'un capteur, une chaîne de mesure qui traite le signal capté et d'un afficheur.

1.3.6.2 Conversion d'un signal analogique en signal numérique

Un signal analogique varie de façon continue dans le temps tandis qu'un signal numérique varie de façon discrète (il ne peut prendre que certaines valeurs).

Exemple



1.4 Entretien et rénovation dans l'habitat

1.4.1 Produits d'entretien couramment utilisés dans l'habitat

Les produits d'entretien sont :

acides : détartrants, décapants pour métaux, ...

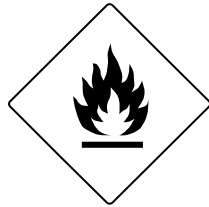
basiques : déboucheurs de canalisation, savons, décapants pour peintures, dégraissants, ...

neutres : cosmétiques, ...

La manipulation de ces produits présente des risques (indiqués par des pictogrammes de danger) et nécessite des précautions.



comburant



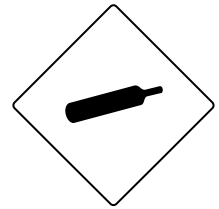
inflammable



dangereux pour
l'environnement



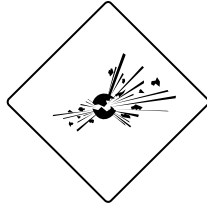
toxique



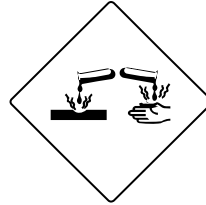
gaz sous
pression



cancérogène,
tératogène



explosif



corrosif



nocif,
irritant

1.4.2 Les acides et les bases

1.4.2.1 L'ion oxonium

L'ion H^+ (nommé proton), est issu d'un atome d'hydrogène qui a perdu son unique électron.

Dans l'eau, le proton H^+ s'associe à une molécule H_2O pour former l'ion oxonium H_3O^+ (noté parfois H^+_{aq}).

1.4.2.2 Définition du pH

Pour les solutions aqueuses diluées ($10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \leq c \leq 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$) :

$$\text{pH} = -\log ([H_3O^+]) \quad \text{ou} \quad [H_3O^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Lorsque le pH baisse d'une unité, la concentration des ions oxonium H_3O^+ augmente d'un facteur de 10 (et inversement).

1.4.2.3 Acides et bases

Un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+ .

Exemple l'acide éthanoïque CH_3CO_2H :



Une base est une espèce chimique capable de capter un proton H^+ .

Exemple l'ammoniac NH_3 :



1.4.2.4 Couple acide / base

Les acides et les bases peuvent être regroupés en couples. En effet, un acide perdant un proton H^+ produit une espèce capable de capter un proton appelée base conjuguée.

Exemple acide éthanoïque CH_3CO_2H et ion éthanoate $CH_3CO_2^-$:



L'acide éthanoïque est la forme acide et l'ion éthanoate est la forme basique d'une même espèce chimique.

L'acide éthanoïque et l'ion éthanoate forment un couple acide / base. Ce couple est noté $CH_3CO_2H / CH_3CO_2^-$ (dans l'ordre acide / base)

1.4.2.5 Réaction acide / base

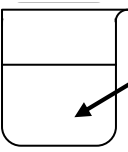
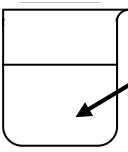
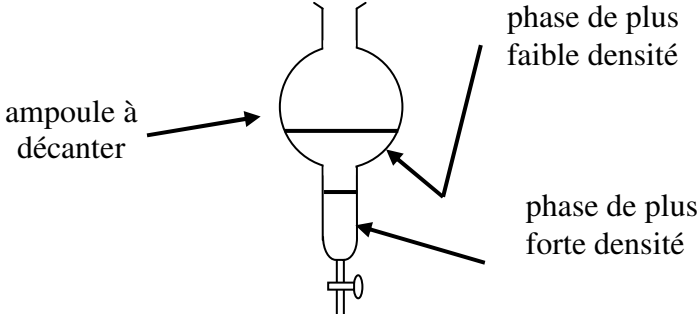
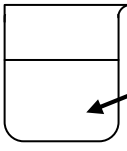
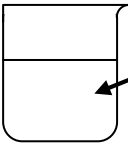
L'acide d'un premier couple réagit avec la base d'un deuxième couple.

Exemple couples : $CH_3CO_2H / CH_3CO_2^-$ et NH_4^+ / NH_3



1.4.3 Les solvants

1.4.3.1 Principe de l'extraction par solvant

	1 ^{ère} phase liquide ou solide	2 ^{ème} phase liquide
Avant	 <p>espèce n°1 espèce n°2 espèce n°3 ...</p>	 <p>solvant</p>
Mélange	 <p>ampoule à décanter</p> <p>phase de plus faible densité</p> <p>phase de plus forte densité</p>	
Après	 <p>espèce n°1 espèce n°2 espèce n°3 ...</p>	 <p>solvant + espèce n°2</p>

1.4.3.2 Choix pour mener une extraction par solvant

- a) miscibilité : les deux phases ne sont pas miscibles
- b) solubilité : l'espèce chimique à extraire est plus soluble dans le solvant que dans la première phase
- c) état physique : le solvant est liquide à la température d'extraction (utiliser les températures de fusion θ_f et d'ébullition θ_{eb})
- d) dangerosité : choisir le solvant qui présente le moins de danger (toxique, inflammable, corrosif...)
- e) densité : prévoir la phase surnageante à partir de la masse volumique ou de la densité des espèces

1.4.3.3 Les solvants de nettoyage

On nettoie une surface en éliminant une substance indésirable. On peut utiliser pour cela un solvant. Dans ce cas, le solvant doit être choisi comme si on menait une extraction par solvant.

2 Transport

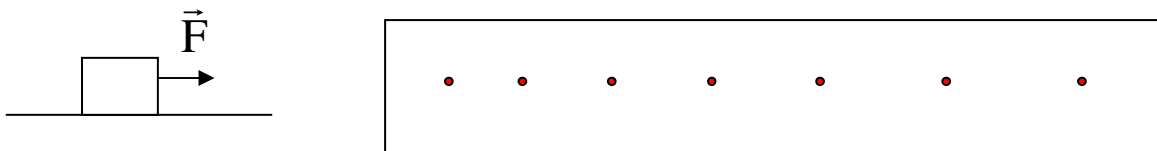
2.1 Mise en mouvement

2.1.1 Effets d'une force sur le mouvement

Une force peut modifier la direction du mouvement d'un corps :



Une force peut modifier la valeur de la vitesse d'un corps :



L'action d'une force sur un corps (modification de la valeur de la vitesse ou de la direction de son mouvement) dépend de la masse du corps :



2.1.2 Les forces à connaître

2.1.2.1 Le poids

C'est la force qu'exerce la Terre sur un solide. C'est une action à distance, toujours attractive et qui existe même lorsque le système n'est pas en contact avec le sol.

notation :	\vec{P}
direction :	verticale
sens :	vers le centre de la Terre
intensité :	$P = m * g$

2.1.2.2 Réaction du support

C'est la force qu'exerce un support sur un solide. La réaction est toujours perpendiculaire au support.

notation :	\vec{R}
direction :	perpendiculaire au support
sens :	du support vers le système

2.1.2.3 Les frottements

C'est une force réparties sur la surface de contact entre le solide et le support. Elle est toujours tangente au support.

notation :	\vec{f}
direction :	tangente au support
sens :	opposé au glissement du système sur le support

Lorsqu'un solide est en contact avec un support, les frottements sont proportionnels à la réaction du support :

$$f = f_0 * R$$

f : force de frottement ; en N

f₀ : coefficient d'adhérence ; sans unité

R : réaction du support ; en N

Lorsqu'un solide se déplace dans un fluide, les frottements (aérodynamiques) sont donnés par :

$$f = \frac{1}{2} * \rho * S * C_x * v^2$$

f : force de frottement ; en N

ρ : masse volumique du fluide ; en kg / m³ (kg.m⁻³)

S : surface frontale du solide ; en m²

C_x : coefficient aérodynamique ; sans unité

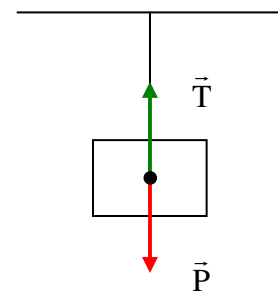
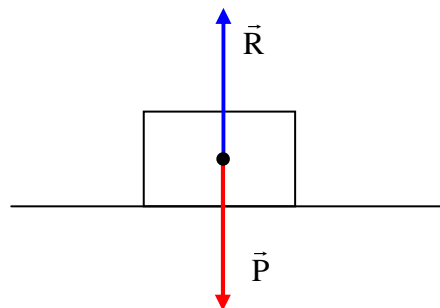
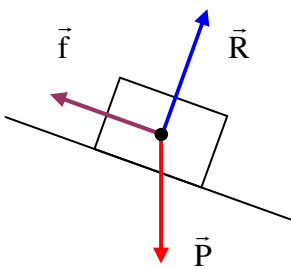
v : vitesse du solide ; en m / s (m.s⁻²)

2.1.2.4 La tension d'un fil

Un système est attaché à un fil tendu. Le fil exerce sur le système une force qui s'appelle la tension du fil.

notation :	\vec{T}
direction :	celle du fil
sens :	du solide vers le fil

Exemples poids, réaction du support, frottements et tension d'un fil s'exerçant sur un solide



2.1.3 Moment de force

Le moment d'une force traduit l'aptitude de cette force à faire tourner un solide au tour d'un axe.

Le moment d'une force \vec{F} par rapport à l'axe de rotation Δ est :

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = F * d$$

M_{Δ} : moment de la force \vec{F} ; en Newton-mètre (N.m)

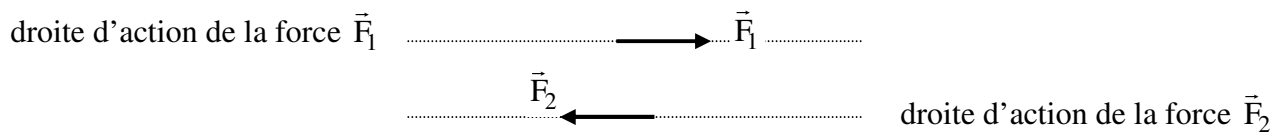
F : intensité de la force \vec{F} ; en N

d : bras de levier (distance entre Δ et \vec{F}) ; en m

2.1.4 Couple de forces

C'est un ensemble de deux forces opposées mais de droites d'action différentes.

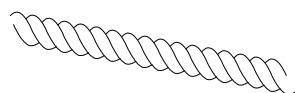
Exemple



Toutes les actions mécaniques visant à faire tourner un système autour d'un axe se modélisent par un couple de forces.

Exemple

Si on tord un fil, il exerce un ensemble de forces qui tendent à le ramener à sa position initiale. Les forces mises en jeu sont difficiles à mettre en évidence. On parle simplement du couple de torsion du fil.



2.1.5 Moment d'un couple de forces

Le moment C d'un couple de forces est défini par :

$$C = F * d$$

C : moment du couple de forces (ou couple) ; en N.m

F : l'intensité de chacune des deux forces du couple ; en N

d : distance séparant les droites d'action des deux forces du couple ;
en m

2.2 L'énergie

2.2.1 Qu'est-ce que l'énergie ?

Dès que le monde qui nous entoure change, de l'énergie entre en jeu.

Exemples

- une quantité d'eau change de température ou d'état
- une voiture ralentit ou accélère
- un mélange subit une réaction chimique
- un rayonnement apparaît ou disparaît
- un solide se déforme
- une masse monte ou descend

2.2.2 Les différentes formes d'énergie

2.2.2.1 L'énergie cinétique

L'énergie cinétique, notée E_c , est l'énergie que possède un solide du fait de son mouvement :

$$E_c = \frac{1}{2} * m * v^2$$

E_c : énergie cinétique du solide ; en J

m : masse du solide ; en kg

v : vitesse du solide ; en m / s ($m.s^{-1}$)

L'énergie cinétique de rotation, notée E_c , est l'énergie que possède un solide du fait de son mouvement de rotation :

$$E_c = \frac{1}{2} * J * \omega^2$$

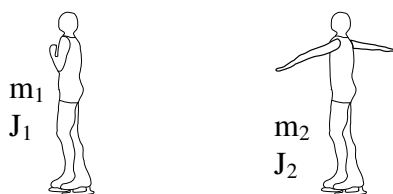
E_c : énergie cinétique du solide ; en J

J : moment d'inertie du solide ; en kg.m^2

ω : vitesse de rotation du solide (prononcer oméga) ; en rad / s
(rad.s^{-1})

Le moment d'inertie est une grandeur physique qui caractérise la répartition de la masse dans le solide.

Exemple



en serrant les bras le long du corps, une patineuse sur glace diminue son moment d'inertie ($J_1 < J_2$) mais sa masse reste constante ($m_1 = m_2$).

2.2.2.2 L'énergie potentielle

L'énergie potentielle d'un solide est l'énergie liée à une interaction (gravitationnelle, magnétique, ...), qui a le potentiel de se transformer en énergie cinétique s'il se déplace.

Exemples

- 2 solides reliés par un ressort tendu (énergie potentielle élastique)
- une masse placée en altitude (énergie potentielle de pesanteur)
- un morceau d'acier à proximité d'un aimant

2.2.3 **Transfert d'énergie par travail mécanique**

Les objets soumis à une force qui se déplace peuvent être mis en mouvement, changer d'altitude, voir leur température s'élever, se déformer, ...

Dans tous ces cas, on dira que la force travaille.

2.2.3.1 Travail d'une force constante

On définit le travail W (\vec{F}) d'une force constante \vec{F} pour un déplacement \overline{AB} par la relation :

$$W = F * AB * \cos (\theta)$$

W : travail de \vec{F} entre A et B ; en joule (J)

F : intensité de la force qui travaille ; en N

AB : distance entre A et B ; en m

θ : angle entre les vecteurs \vec{F} et \overrightarrow{AB} (prononcer théta) ; en radian (rad)

2.2.3.2 Travail d'un couple constant

On définit le travail W (C) du moment d'un couple constant C pour une rotation d'un angle θ par la relation :

$$W = C * \theta$$

W : travail de C pour la rotation ; en J

C : couple ; en N.m

θ : angle de rotation ; en radian (rad)

2.2.3.3 Le travail : un mode de transfert de l'énergie

Entre deux positions, la variation de l'énergie cinétique d'un solide est égale à la somme des travaux des forces extérieures :

$$\sum W(\vec{F}_{\text{ext}}) = \Delta E_c$$

Σ : symbole mathématique de somme

W : travaux des forces extérieures qui s'exercent sur le solide ; en J

E_c : énergie cinétique du solide ; en J

Δ : symbole mathématique de différence (prononcer delta) ;

$$\Delta E_c = E_c (\text{final}) - E_c (\text{initial})$$

Entre deux angles, la variation de l'énergie cinétique de rotation d'un solide est égale à la somme des travaux des couples extérieurs :

$$\sum W(C_{\text{ext}}) = \Delta E_c$$

W : travaux des couples extérieurs qui s'exercent sur le solide ; en J
Ec : énergie cinétique de rotation du solide ; en J

Le travail peut être négatif (travail résistant), positif (travail moteur) ou nul. Le travail d'une force ou d'un couple moteur augmente l'énergie cinétique d'un solide.

2.2.4 La puissance moyenne

La puissance moyenne exprime la vitesse à laquelle l'énergie est consommée ou produite :

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

P : puissance ; en Watt (W)

W : travail d'une force ou d'un couple ; en J

Δt : durée de déplacement ou la durée de rotation du solide ; en s

2.2.5 Conservation et non-conservation de l'énergie mécanique

On nomme « énergie mécanique » la grandeur $E_m = E_c + E_p$.

L'énergie mécanique d'un solide soumis à des frottements diminue. On dit que l'énergie est dissipée par les frottements. L'énergie perdue par le solide est transférée sous forme de chaleur au solide et à son environnement.

2.2.6 L'accélération

L'accélération mesure le changement dans un mouvement : changement de direction ou changement de la valeur de la vitesse.

On a vu, dans une précédente partie, les effets d'une force sur le mouvement : changement de direction ou changement de la valeur de la vitesse.

Ainsi l'accélération mesure les effets d'une force sur le mouvement :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m * \vec{a}$$

Σ : symbole mathématique de somme

\vec{F}_{ext} : force extérieure qui s'exerce sur le solide ; en N

m : masse du solide ; en kg

\vec{a} : vecteur accélération ; en m / s² (m.s⁻²)

L'accélération angulaire mesure les effets d'un couple sur la rotation :

$$\sum C_{\text{ext}} = J * \alpha$$

C_{ext} : couple extérieur qui s'exerce sur le solide ; en N.m

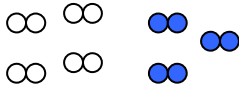
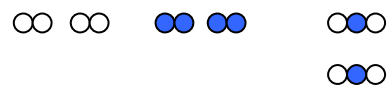
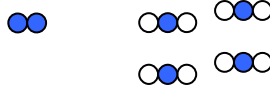
J : moment d'inertie du solide ; en kg.m²

α : accélération angulaire du solide (prononcer alpha) ; en rad / s² (rad.s⁻²)

2.3 Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme thermique

2.3.1 La réaction chimique

Exemple d'évolution de la composition d'un système au cours d'une transformation chimique :

Etat initial	Etat intermédiaire	Etat maximal
2 H ₂ (g) + O ₂ (g) → 2 H ₂ O (l)	2 H ₂ (g) + O ₂ (g) → 2 H ₂ O (l)	2 H ₂ (g) + O ₂ (g) → 2 H ₂ O (l)
		

L'avancement maximal de la transformation est atteint quand un réactif (ici le dihydrogène) a été totalement consommé. Ce réactif est appelé le réactif limitant.

2.3.1.1 Avancement d'une réaction

La quantité de matière, notée « x », appelée avancement de la réaction, permet de suivre l'évolution de la composition d'un système au cours d'une transformation chimique.

2.3.1.2 Tableau d'avancement

C'est un tableau descriptif de l'évolution d'une transformation chimique :

{ toutes les quantités en mol. }	avancement	2 H ₂ (g)	+	O ₂ (g)	→	2 H ₂ O (l)
état initial	0,0	4,0		3,0		0,0
en cours de transformation	x	4,0 - 2 * x		3,0 - x		0,0 + 2 * x

2.3.1.3 Détermination de l'avancement maximal

Hyp n°1 H₂ est le réactif limitant
⇒ 4,0 - 2 * x_{max 1} = 0 ⇒ x_{max 1} = 2,0 mol.

Hyp n°2 O₂ est le réactif limitant
⇒ 3,0 - x_{max 2} = 0 ⇒ x_{max 2} = 3,0 mol.

L'avancement maximal correspond à la plus faible calculée :

état maximal	x _{max} = 2,0	0,0	3,0 - x _{max}	0,0 + 2.x _{max} = 4,0
--------------	------------------------	-----	------------------------	--------------------------------

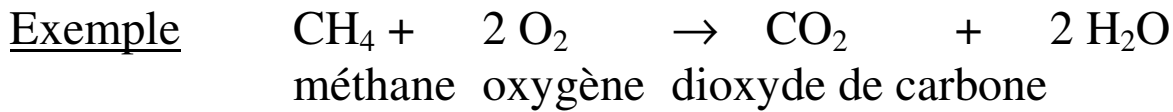
2.3.2 **La combustion**

2.3.2.1 La combustion

C'est la réaction chimique entre un combustible et un comburant.

Exemples combustibles : hydrogène, bois, essence, ...
comburants : oxygène de l'air, eau oxygénée, nitrates, ...

Si le combustible est formé de carbone et d'hydrogène (un hydrocarbure), la combustion conduit à la formation de CO₂ et H₂O.



2.3.2.2 Les carburants

Un carburant est un combustible qui alimente un moteur thermique (qui transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique).

Exemples

Carburants fossiles (issus du pétrole)	Bio-carburants (issu de produits agricoles)
kérosène : utilisé pour les avions	éthanol : utilisé dans les moteurs à essence
gazole : utilisé dans les moteurs diesel	huiles : utilisés dans les moteurs diesel

2.3.2.3 Energie libérée au cours d'une combustion

L'enthalpie standard de combustion, notée « ΔH°_c », représente l'énergie libérée lors de la combustion d'une mole du combustible avec le dioxygène (à 25°C et 10⁵ Pa).

Exemple variation d'énergie chimique lors de la combustion de n (CH₄) = 0,25 mol. de méthane :

$$\Delta E = n (\text{CH}_4) * \Delta H^\circ_c (\text{CH}_4) = 0,25 * -8,9.10^5$$

$$\Delta E = - 2,2.10^5 \text{ J}$$

Energie chimique libérée par la combustion de 0,25 mol. de méthane :

$$E_{\text{lib}} = 2,2.10^5 \text{ J}$$

2.3.2.4 Dangers liés aux combustions

La réaction chimique entre le combustible et un comburant peut :

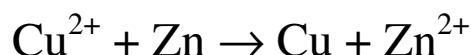
- provoquer des brûlures
- exploser
- intoxiquer par les gaz issus de la combustion

On s'éloignera de toute source de chaleur ou d'étincelle lors de la manipulation des produits. On prévoira une bonne ventilation des locaux pour évacuer les gaz issus de la combustion.

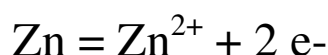
2.3.3 Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme électrique

2.3.3.1 Les réactions d'oxydoréduction

Certaines transformations chimiques sont spontanées :



Dans la transformation précédente, un atome de zinc perd deux électrons. On nomme oxydation cette perte d'électron(s). L'espèce chimique qui perd des électrons est le réducteur (ici l'atome de zinc).



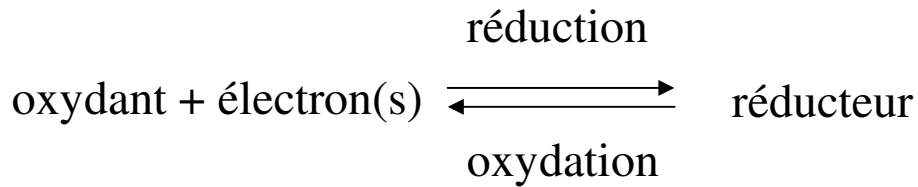
Parallèlement, un ion cuivre (II) gagne deux électrons. On nomme réduction ce gain d'électron(s). L'espèce chimique qui gagne des électrons est l'oxydant (ici l'ion cuivre (II)) :



Les réactions équivalentes à un transfert d'électron(s) sont appelées réactions d'oxydoréduction (ou réactions rédox).

L'écriture de ce transfert d'électron(s) est appelé demi-équation électronique.

Résumé

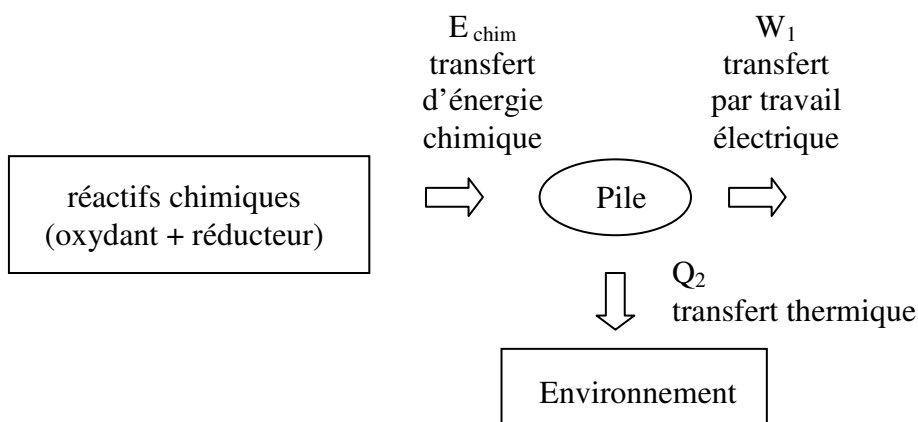


L'ion Cu^{2+} est la forme oxydée de l'élément chimique cuivre et l'atome de cuivre Cu est la forme réduite de l'élément chimique cuivre.

L'ion Cu^{2+} et l'atome de cuivre Cu forment un couple oxydant réducteur (ou couple rédox). Ce couple est noté $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ (toujours noté dans l'ordre oxydant / réducteur).

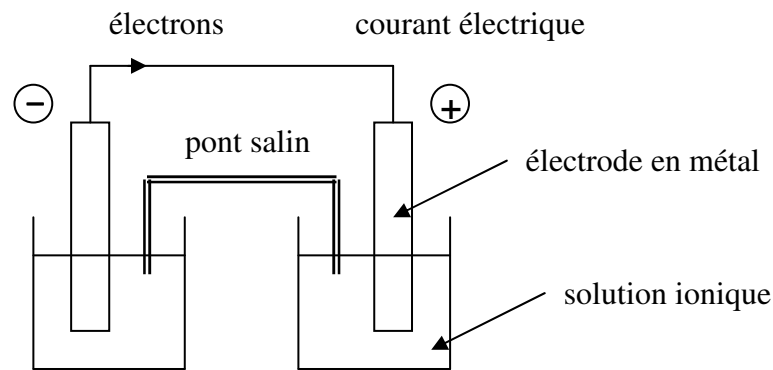
2.3.3.2 Les piles

Les piles sont des convertisseurs d'énergie. Elles mettent en jeu des transformations d'oxydoréduction spontanées.



2.3.3.3 Principe de fonctionnement des piles

Le courant électrique est un mouvement d'électrons dans un métal ou d'ions dans une solution.



Chaque compartiment, appelé demi pile, est constitué d'un couple redox.

Exemple 1ère demi pile : $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$
 2ème demi pile : $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$

Le métal est appelé l'électrode. C'est à sa surface se produit une transformation chimique et le transfert d'électrons.

Exemple 1ère ½ pile : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ réduction cathode
 2ème ½ pile : $\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ oxydation anode

Le pont salin permet de fermer le circuit en laissant migrer les ions entre les deux demi piles.

Le courant électrique circule du pôle (+) vers le pôle (-) à l'extérieur de la pile (et les électrons en sens inverse).

Exemple 1ère demi pile : cathode pôle (+)
 2ème demi pile : anode pôle (-)

2.3.3.4 Durée de vie

Les piles saline ou alcaline ont une durée de vie limitée par la quantité de réactifs qu'elles contiennent. Les piles à combustible n'ont pas

cette limitation puisque les réactifs sont apportés en continu de l'extérieur.

Les accumulateurs fonctionnent sur le même principe que les piles mais ils sont réversibles : l'apport de travail électrique lors de la charge force la transformation chimique inverse à celle qui se produit spontanément lors de la décharge.

2.3.3.5 Caractéristiques d'une pile

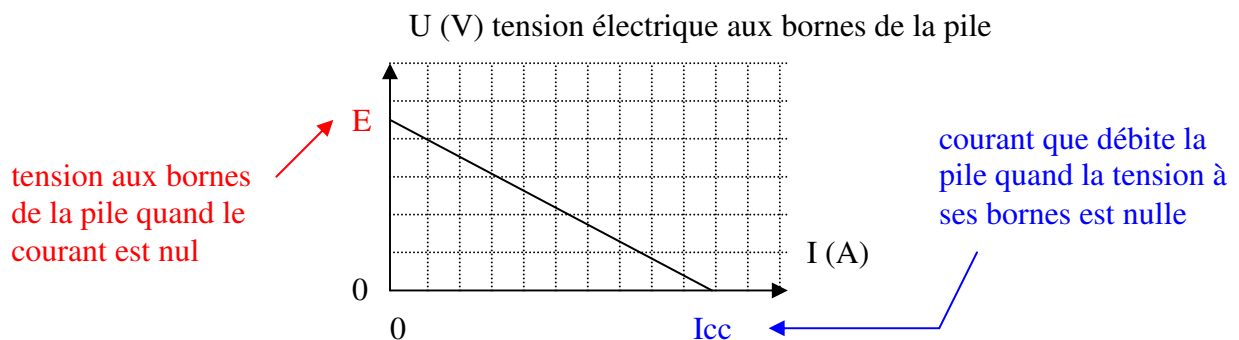
Une pile est caractérisée par sa technologie (alcaline, oxyde d'argent, ...) et ses propriétés physiques :

E : tension à vide (ou force électromotrice notée fém) ; en volt (V)

I_{cc} : intensité de court-circuit ; en ampère (A)

Q : capacité (ou quantité d'électricité disponible) ; en coulomb (C)

courbe caractéristique tension / intensité d'une pile



2.3.3.6 Quantité d'électricité totale disponible dans une pile

Une mole d'électrons porte la charge électrique $F = 96\,500\text{ C}$.

La pile cesse de fonctionner quand le réactif limitant est totalement consommé. C'est à dire quand la réaction a atteint son avancement maximal x_{max} .

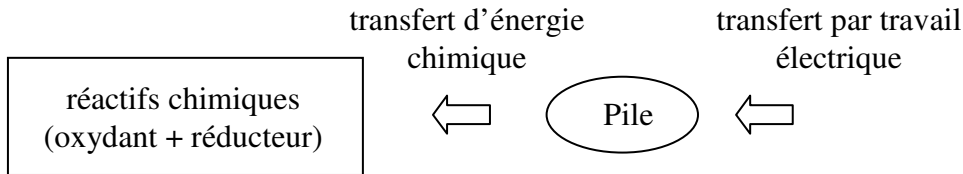


L'échange est de 2 électrons à chaque ion Cu^{2+} consommé :

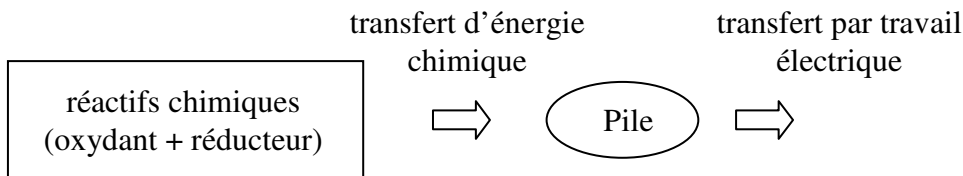
$$Q = 2 * x_{\max} * F$$

2.3.3.7 Les accumulateurs

Pour charger un accumulateur, il faut lui fournir de l'énergie sous forme électrique :



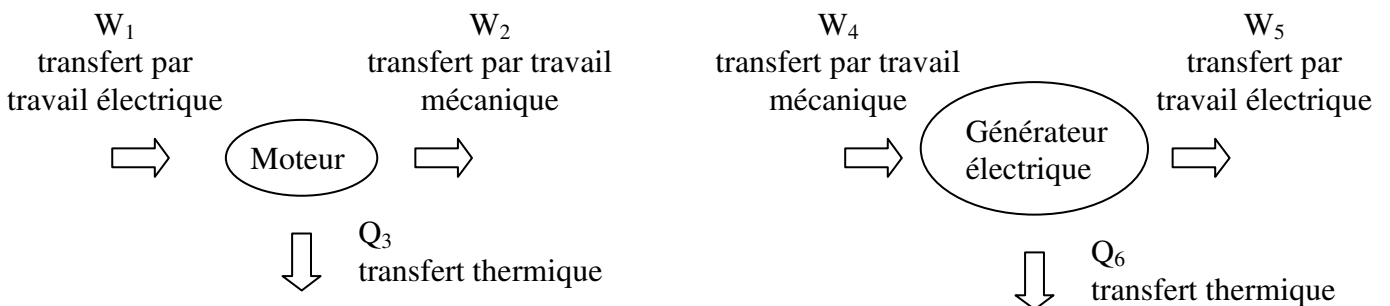
Lors de la décharge, c'est l'accumulateur qui fournit de l'énergie :



2.4 Les convertisseurs électromécaniques

Les convertisseurs électromécaniques usuels sont :

- le moteur électrique
- le générateur électrique



2.4.1 Rendement d'un convertisseur électromécanique

Le rendement « η » indique la part de l'énergie convertie jugée utile par l'utilisateur :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{reçue}}} = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}}$$

Exemple un moteur électrique convertit la puissance électrique P_{e1} qu'il reçoit sous forme de transfert thermique et de puissance mécanique P_{m2} :

$$\eta = \frac{P_{m2}}{P_{e1}}$$

2.4.2 Point de fonctionnement d'un moteur électrique

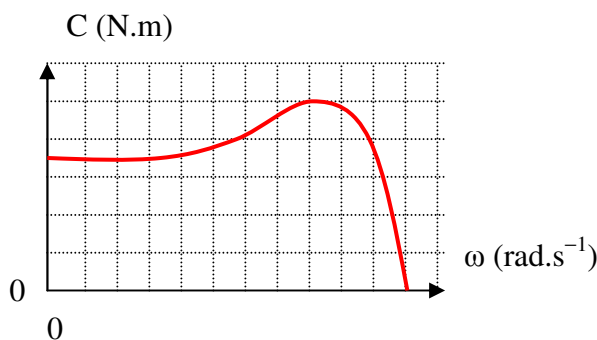
Le fonctionnement d'un moteur électrique est modélisé par sa caractéristique mécanique : $C = f(\omega)$.

C : couple fourni par le moteur ; en N.m

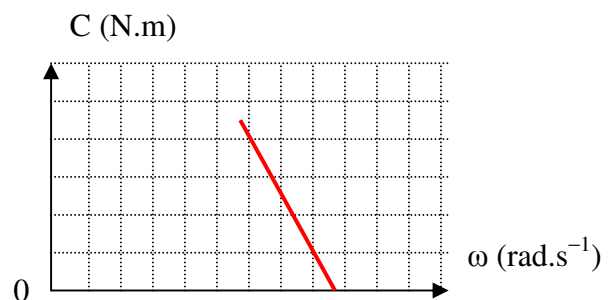
ω : vitesse de rotation du moteur ; en rad / s (rad.s^{-1})

C'est la caractéristique la plus importante du moteur puisqu'elle donne l'ensemble des points de fonctionnement possibles.

Exemples



moteur asynchrone



moteur à courant continu

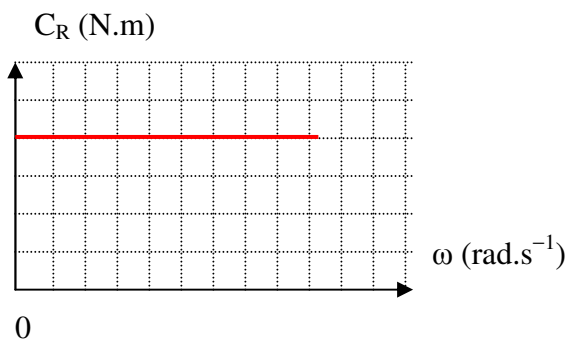
Une charge mécanique est modélisée également par sa caractéristique mécanique: $C_R = f(\omega)$.

Au point de fonctionnement, le couple résistant C_R est égal au couple moteur C .

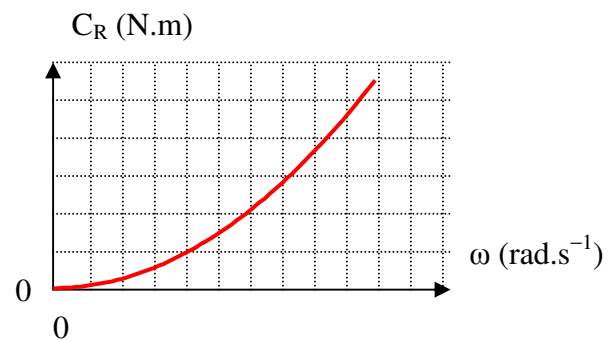
C_R : couple résistant ; en N.m

ω : vitesse de rotation de la charge ; en rad / s (rad.s^{-1})

Exemples

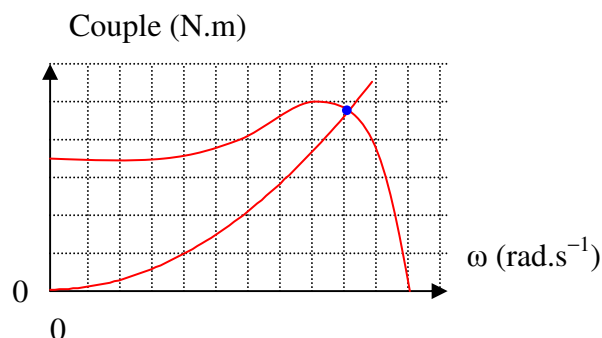


charge à couple constant



charge à couple proportionnel
au carré de la vitesse

Graphiquement, le point de fonctionnement correspond à l'intersection entre les courbes $C = f(\omega)$ et $C_R = f(\omega)$:



2.5 Longévité et sécurité

2.5.1.1 Les familles de matériaux

On distingue les matériaux :

métalliques : acier des carrosseries, aluminium des moteurs thermiques, lithium des batteries, ...

organiques : plastique des tableaux de bord, tissu des sièges, caoutchouc des pneus, ...

minéraux : verre des pare-brise, céramique des bougies d'allumage, ...

composites : qui sont des assemblages d'au moins deux matériaux qui ne peuvent pas se mélanger

2.5.1.2 Propriétés physico-chimiques des matériaux

Quelques propriétés physiques :

température de fusion : important si les matériaux sont soumis à des températures élevées

masse volumique : ceux à faible masse volumique sont utilisés dans l'aéronautique

conductivité thermique : qui transmet ou non la chaleur

conductivité électrique : qui transmet ou non l'électricité

Quelques propriétés chimiques :

oxydable : important si le matériaux est utilisé en environnement corrosif

combustible : à éviter si le matériaux doit résister aux flammes

bio-dégradable : important dans l'objectif d'un développement plus durable

2.5.1.3 Contraintes mécaniques et thermiques, corrosion

Les propriétés physico-chimiques des matériaux sont adaptées à leur utilisation (et donc aux contraintes qui lui sont liées) :

contraintes mécaniques : les forces appliquées à un matériaux peuvent le déformer ou le rompre

contraintes thermiques : quand sa température augmente, un matériaux se dilate (ce qui engendre des contraintes mécaniques)

vieillissement : les rayonnements solaires (particulièrement les UV) provoquent des réactions chimiques à la surface des matériaux

corrosion : c'est une réaction d'oxydoréduction qui transforme le métal en ions. Le phénomène est amplifié en milieu corrosif (milieu acide ou marin)

2.5.1.4 Moyens de prévention

Un matériau soumis à des contraintes mécanique ou thermique se fissure inévitablement.

La prévention est l'ensemble des mesures à prendre pour éviter que les fissures ne provoquent un accident.

L'approche pratique consiste à contrôler régulièrement le matériau pour détecter des fissures de taille critique. Le matériau repéré devra être réparé ou remplacé.

2.5.1.5 Moyens de protection

Une couche peut protéger contre le vieillissement ou la corrosion qui a lieu à la surface des matériaux :

peinture : la couche non poreuse empêche le contact entre le matériau oxydable et l'oxydant

- dépôt métallique : le métal déposé à la surface est plus résistant à la corrosion
- passivation : une couche déjà oxydée et non poreuse empêche la corrosion de s'étendre
- anode sacrificielle : un métal moins résistant à la corrosion est mis en contact avec le métal à protéger et s'oxyde à sa place

2.6 L'assistance au déplacement

2.6.1.1 Exemples de capteurs et de détecteurs utilisés dans le transport

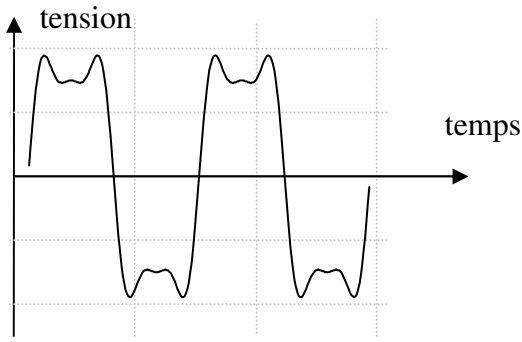
grandeur physique d'entrée		grandeur physique de sortie
vitesse d'un fluide	⇒ tube de Pitot	⇒ pression
vitesse d'un solide	⇒ cinémomètre	⇒ modification de fréquence d'une onde
vitesse de rotation	⇒ capteur de vitesse inductif	⇒ tension électrique

2.6.1.2 Analyse spectrale

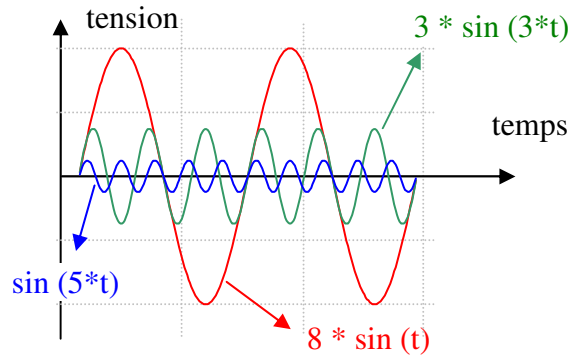
Il existe des signaux périodiques complexes.

Le mathématicien Joseph Fourier a montré que toute fonction périodique de fréquence « f » peut-être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales de fréquences f, 2f, 3f, ... (son spectre).

Exemple décomposition d'un signal complexe en une somme de fonctions sinusoïdales :



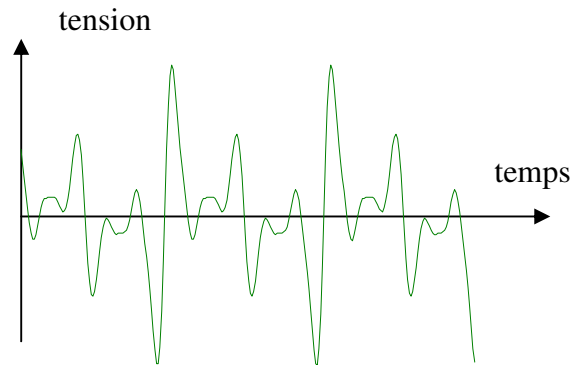
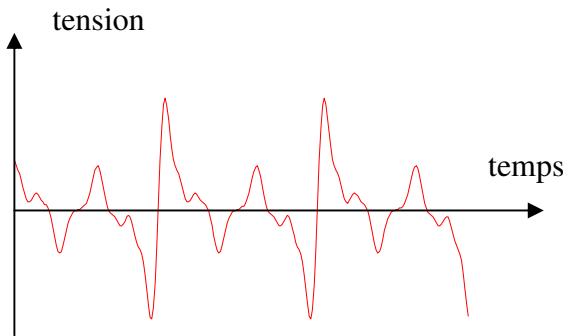
signal complexe



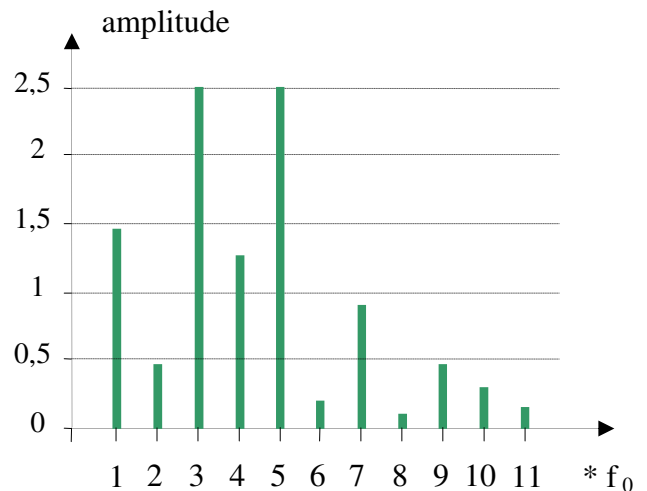
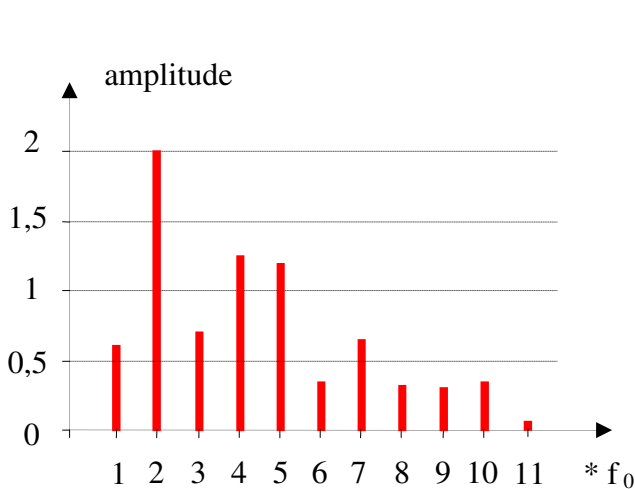
décomposition du signal complexe en fonctions sinusoïdales

On note « f_0 » la fréquence du signal complexe (on la nomme la fréquence fondamentale). Les fonctions sinusoïdales pour lesquelles la fréquence est un multiple de f_0 ($f_k = k * f_0$) sont nommées les harmoniques.

Exemple deux signaux différents mais de même fréquence



Exemple spectre des fréquences des signaux complexes ci-dessus obtenu par décomposition en somme de fonctions sinusoïdales (décomposition de Fourier)



chaque barre verticale représente l'amplitude du fondamental ou d'une harmonique.

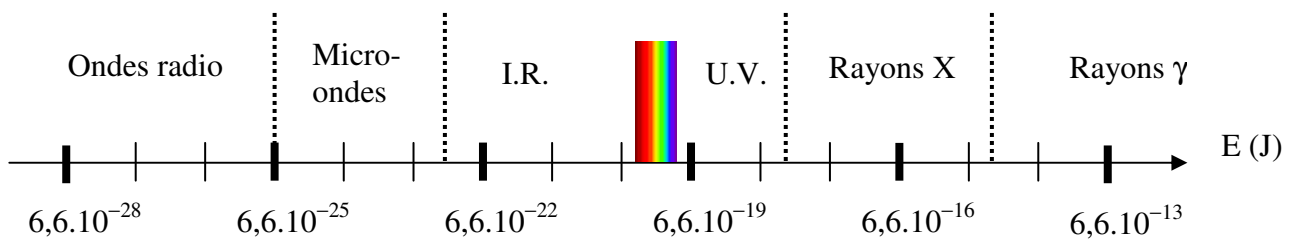
3 Santé

3.1 Quelques outils du diagnostic médical

L'imagerie médicale consiste le plus souvent à envoyer un rayonnement électromagnétique à l'intérieur du corps humain puis à le comparer avec le rayonnement qui en sort.

Les différences permettent de restituer une image

3.1.1 Energie des rayonnements électromagnétiques



Plus le rayonnement électromagnétique possède d'énergie, plus il est pénétrant dans le corps humain et plus il est dangereux.

3.1.2 Loi de Stéphan

Tous les corps absorbent et émettent simultanément de l'énergie sous la forme de rayonnement.

La loi de Stephan permet de connaître la puissance rayonnée par la surface d'un corps en fonction de sa température :

$$P = \sigma * S * T^4$$

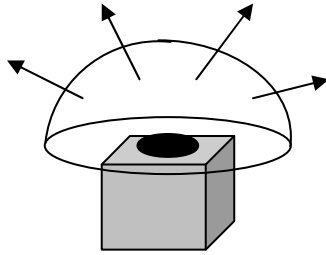
P : puissance rayonnée ; en W

σ : constante de Stéphan (prononcer sigma) ; $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

T : température absolue ; en kelvin de symbole K ($T = \theta^\circ\text{C} + 273$)

S : surface du corps qui rayonne ; en m^2

Exemple :



Le corps noir a une température $T = 2000 \text{ K}$

La surface qui rayonne $S = 10 \text{ cm}^2$

Puissance rayonnée $P = 912 \text{ W}$

3.1.3 Loi de Wien

Le rayonnement émis par la surface du corps noir contient une infinité de radiations de longueur d'onde différentes. C'est un rayonnement polychromatique.

La loi de Wien donne la longueur d'onde pour laquelle la puissance rayonnée est maximale :

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{K}{T}$$

K : constante de Wien ; $K = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K.m}$

T : température absolue ; en kelvin de symbole K ($T = \theta^{\circ}\text{C} + 273$)

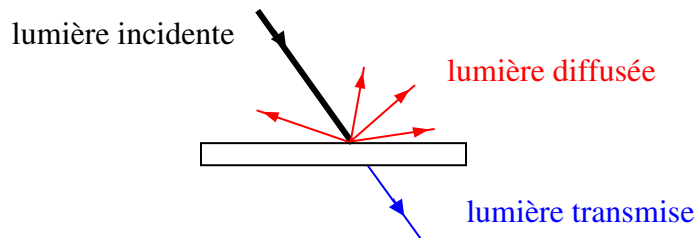
Exemples

$T = 730 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\lambda_m = 2,9 \text{ }\mu\text{m}$ le corps noir à $730 \text{ }^{\circ}\text{C}$ émet surtout dans l'infrarouge

$T = 6\,000 \text{ K}$ $\lambda_m = 480 \text{ nm}$ le soleil (assimilé à un corps noir) émet surtout dans le vert

3.1.4 Réflexion, absorption et transmission des ondes électromagnétiques

Un objet diffuse ou transmet le rayonnement électromagnétique qu'il n'absorbe pas.



L'énergie de l'onde électromagnétique absorbée est transformée en une autre forme d'énergie.

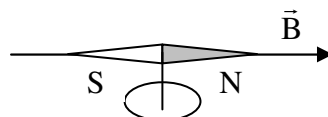
Chaque matériau, non transparent, possède des propriétés d'absorption qui lui sont propres.

3.1.5 Champ magnétique

Dans certaines circonstances, une aiguille aimantée s'oriente comme soumise à un couple. On dit alors que dans cette région il règne un champ magnétique \vec{B} .

En particulier, au voisinage de la Terre, on nomme « pôle nord » l'extrémité de l'aiguille qui indique toujours le nord géographique.

Par convention, le sens de \vec{B} est celui qu'indique le pôle nord de l'aiguille aimantée.



Le champ magnétique a les propriétés mathématiques d'un vecteur :

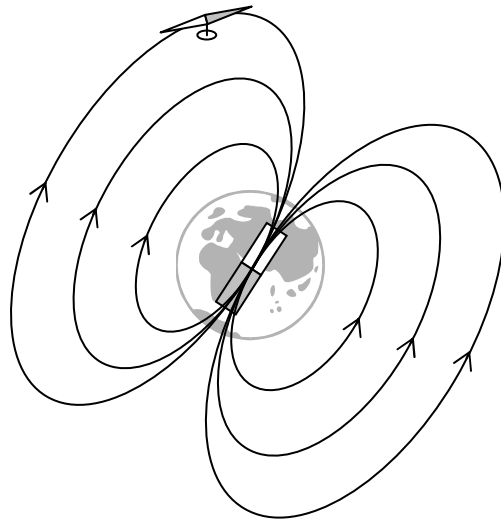
une direction : celle prise par l'aiguille aimantée

un sens : celui qu'indique le pôle nord de l'aiguille aimantée

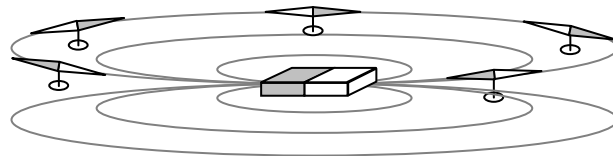
une valeur : (mesurée par une sonde spécifique : un teslamètre) ; en tesla (T)

3.1.5.1 Le champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre existe, en permanence et en tout point, autour de la Terre même si aucun aimant ne lui permet de se manifester.



3.1.5.2 Les aimants



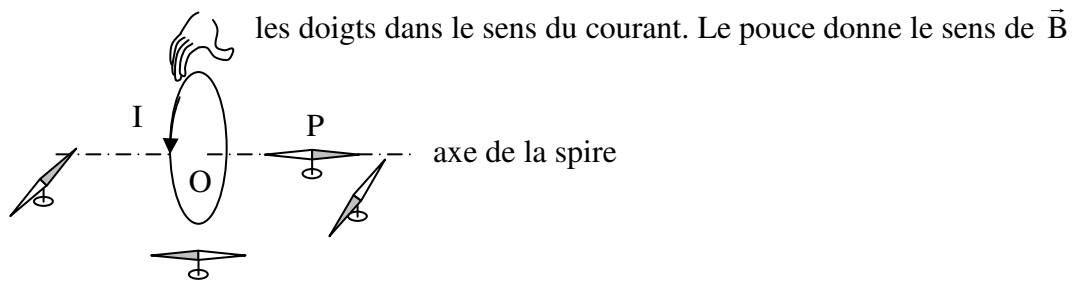
Le spectre magnétique de l'aimant est représenté ici par six lignes de champ.

Chaque ligne est tangente en tout point au vecteur champ magnétique (comme le montrent les aiguilles aimantées) et se referme sur elle-même.

L'intensité du champ magnétique diminue quand on s'en éloigne de l'aimant.

3.1.5.3 Les courants électriques

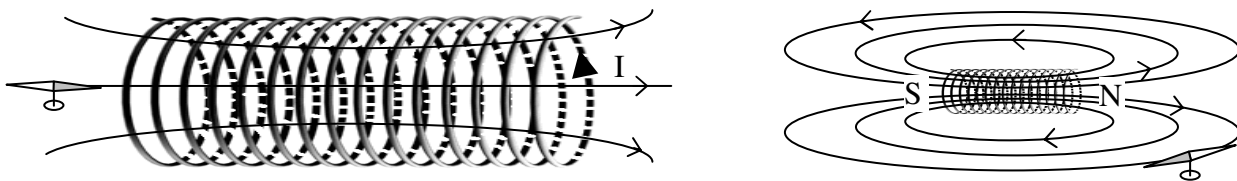
L'existence d'un champ magnétique implique celle d'aimants ou de courants électriques. Un cas pratique est important est celui de la spire, de centre O, parcouru par un courant I.



Le champ magnétique résultant au point P est porté par l'axe. Son sens est donné, en pratique, par la règle de la main droite.

3.1.5.4 Le solénoïde

Le solénoïde est une bobine très serrée de grande longueur. Il y a « n » spires par mètre, parcourues par courant d'intensité « I ».



La valeur du champ magnétique dans le solénoïde est donnée par :

$$B = k * I$$

B : valeur du champ magnétique ; en tesla (T)

I : intensité du courant électrique ; en ampère (A)

k : constante qui dépend de la géométrie du circuit ; en T / A ($T \cdot A^{-1}$)

3.1.5.5 Sources de champ magnétique intenses

Les électro-aimants sont constitués d'un solénoïde associé à un matériau ferromagnétique qui permet d'augmenter la valeur du champ magnétique.

Exemples

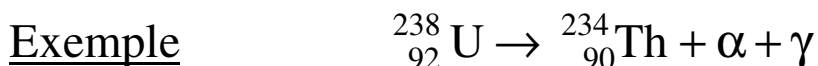
Valeur du champ magnétique mesuré :

à la surface de la Terre :	$4,7 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
à quelques mm de la surface d'un aimant permanent :	$0,1 \text{ T} < B < 1,0 \text{ T}$
à l'intérieur d'un électro-aimant :	$10 \text{ T} < B < 100 \text{ T}$

3.2 Prévention et soin

3.2.1 La radioactivité

Le noyau d'un élément radioactif est instable et se désintègre spontanément en donnant un noyau différent et en émettant des particules α ou β et souvent un rayonnement γ .



Les particules α sont des noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}^{2+}$

Les particules β sont des électrons (β^-) ou des positrons (β^+)

Le rayonnement γ est une onde électromagnétique de très courte longueur d'onde

3.2.2 Les isotopes

L'atome est constitué d'un noyau central et d'un nuage électronique. Le noyau est une zone de dimension très faible où se répartissent A nucléons : N neutrons et Z protons ($A = Z + N$).

Le noyau d'un atome correspondant à un élément chimique X est noté :



Les isotopes sont des espèces qui ont le même nombre de protons et un nombre de neutrons différents.

Exemple ${}_{92}^{238}\text{U}$ est le noyau d'un atome d'uranium qui possède 92 protons et 146 neutrons

3.2.3 L'activité

Un échantillon contient un seul type de noyaux radioactifs.

On note $N(t)$ le nombre de noyaux de cet échantillon à un instant t . $\Delta N(t)$ est la variation moyenne du nombre de noyaux entre des instants très proches t et $t + \Delta t$.

L'activité moyenne A d'un échantillon radioactif est le nombre moyen de désintégrations qu'il produit par seconde :

$$A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$$

A : activité ; en Becquerel (Bq). Un Becquerel est égal à une désintégration par seconde.

N : nombre de noyaux radioactifs ; sans unité

t : temps ; en s

Δ : symbole mathématique de différence (prononcer delta) ;
 $\Delta N = N(\text{final}) - N(\text{initial})$ et $\Delta t = t(\text{final}) - t(\text{initial})$

Exemples

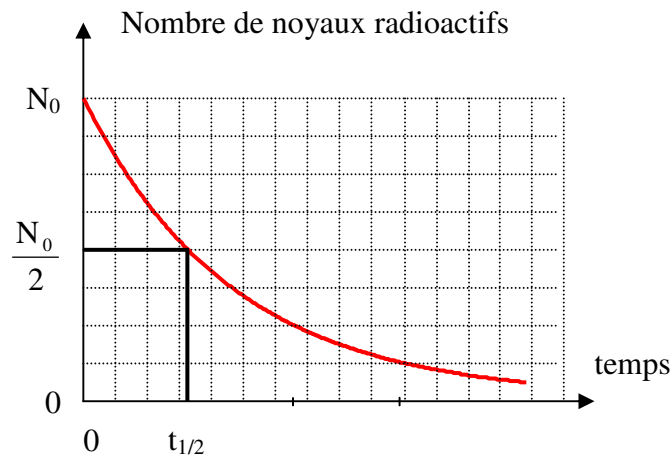
La radioactivité naturelle du corps humain est d'environ 100 000 Bq, dus essentiellement au carbone $^{14}_6\text{C}$ et au potassium $^{40}_{19}\text{K}$

La radioactivité naturelle des roches, qui libèrent principalement du radon, mesurée en France est de quelques dizaines à quelques centaines de Becquerel par m³.

3.2.4 Décroissance radioactive et demi- vie

Le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon diminue au cours du temps : c'est la décroissance radioactive.

On quantifie la décroissance radioactive par la demi-vie ($t_{1/2}$) qui est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon est réduit de moitié.



Exemples $t_{1/2} (^{235}_{92}\text{U}) = 704$ millions d'année
 $t_{1/2} (^{123}_{53}\text{I}) = 13$ heures

3.2.5 Protection contre les risques de la radioactivité

3.2.5.1 Les rayonnements ionisants

Un rayonnement de grande énergie (rayons X ou gamma) peut créer des ions dans la matière qu'il traverse.

Ces rayonnements ionisants sont souvent produits par la radioactivité.

3.2.5.2 Effets des rayonnements ionisants

Pour les organismes vivants, les rayonnements ionisants sont nocifs, et même mortels en cas de dose élevée.

L'unité de dose du système international est le gray (Gy) ; c'est une unité dérivée valant un joule par kilogramme : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg} (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$.