

Les notions de spécialité physique-chimie à maîtriser pour aborder sereinement l'année de terminale

Beaucoup de notions abordées en spécialité physique-chimie en classe de première sont utilisées et approfondies en terminale. Les notions sont donc revues en terminale, mais le programme est très chargé. Il est essentiel de maîtriser le mieux possible ces notions pour éviter les lacunes et pour comprendre les notions qui seront abordées l'an prochain. Vous trouverez ci-dessous la liste des notions de première.

Si des notions vous sont étrangères, vous trouverez des vidéos explicatives bien faites sur beaucoup d'entre elles réalisées par Paul Olivier : <https://www.youtube.com/@ProfPaulOlivier>

Vous trouverez aussi ci-joint des rappels de chimie et quelques fiches qui abordent ces notions.

Bon courage, pas d'inquiétude et bienvenue, après des vacances reposantes, en terminale spécialité physique-chimie.

I. Chimie

1. Constitution de la matière

a. Lien entre la masse et la quantité de matière

- Notion de mole n
- Masse molaire (atomique et d'une molécule) : M
- Lien entre masse m et quantité de matière n : $m = n \times M$

b. Lien entre volume d'un gaz et quantité de matière

- Volume molaire : V_M $V = n \times V_M$

c. Solutions

- Notion de concentration molaire c ou massique γ (parfois notée c_m)
- Lien entre volume de solution et quantité/masse de soluté : $n = c \times V_{\text{solution}}$ $m = \gamma \times V_{\text{solution}}$
- Protocole de dissolution (fabriquer une solution à partir d'un solide)
- Protocole de dilution (fabriquer une solution fille à partir d'une solution mère)

d. Utilisation de la loi de Beer-Lambert

- Lien entre absorbance et concentration : $A = k \times c = \varepsilon_\lambda \cdot \ell \cdot c$
- Lien entre la couleur d'une solution et son spectre d'absorption
Utilisation du cercle chromatique
- Utilisation d'une gamme d'étalonnage et de la droite d'étalonnage pour mesurer la concentration d'une solution.

e. Tableau d'avancement

- Savoir équilibrer une réaction chimique (équilibre des atomes présents et équilibre des charges avant la réaction (réactifs) et après la réaction (produits))
- Savoir poser le tableau d'avancement à partir de la réaction chimique pour suivre l'évolution des quantités de matière
- Notion d'avancement maximal (un des réactifs est totalement consommé) réaction totale
et avancement final (il reste dans la solution de chaque réactif et des produits) réaction non-totale
- Mélange stœchiométrique : les réactifs sont épuisés en même temps.

f. Réactions d'oxydo-réduction

- définition d'un oxydant (capte des électrons) , d'un réducteur (cède des électrons)
- couple oxydant/réducteur et demi-équation d'oxydo-réduction.
- équilibrage d'une réaction d'oxydo-réduction.

g. Titration d'une solution

- Titration avec suivi colorimétrique d'un volume $V_{\text{titré}}$ à partir d'une solution titrante de concentration c_{titrant} (équivalence repérée par le changement de couleur de la solution ou d'un réactif)
- Réaction support du titrage
- Calcul de la concentration à l'aide du volume à l'équivalence V_{eq} :
$$c_{\text{titré}} = c_{\text{titrant}} \times \frac{V_{\text{eq}}}{V_{\text{titré}}}$$

2. Modélisation des transformations**a. Lien entre polarisation et structure d'une entité**

- Schéma de Lewis
- Polarisation d'une liaison

b. Structure des entités organique

- Formule brute / formule développée / formule semi-développée
- Squelette carboné
- Groupes caractéristiques et familles (hydroxyle-alcool, carboxyle-acide carboxylique, carbonyle(aldéhyde ou cétone))
- Nommer une molécule simple

c. Spectroscopie IR

- Lier les pics d'absorption et les groupes caractéristiques (à partir d'un tableau fourni)
En particulier pour un alcool, une acide carboxylique et une double liaison C=O

d. Synthèse d'espèces chimiques

- Montage à reflux, filtration sous vide, distillation fractionnée
- Rendement d'un protocole :
$$\eta = \frac{n_{\text{final}}}{n_{\text{max}}}$$

II. Mouvement et interactions**1. Interactions fondamentales**

	Interaction gravitationnelle	Interaction électrostatique
force	$\vec{F}_{g\,A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \cdot \vec{u}_n$	$\vec{F}_{e\,A/B} = k \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{d^2} \cdot \vec{u}_n$
champ	autour d'une planète de masse m : $\vec{g} = G \cdot \frac{m}{d^2} \cdot \vec{u}_n$	autour d'une charge de valeur q : $\vec{E} = k \cdot \frac{q}{d^2} \cdot \vec{u}_n$
lien	$\vec{F}_g = m_2 \cdot \vec{g}$	$\vec{F}_e = q_2 \cdot \vec{E}$

2. Fluide au repos

- Interprétation microscopique de la pression et de la température
- Force pressante :
$$F = p \times S$$
- loi de Mariotte, à température constante :
$$p \times V = \text{cste}$$
- Loi fondamentale de la statique des fluides : entre deux points A et B dans un fluide à des altitudes z_A et z_B
$$P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$$

3. Mouvement d'un système

- Approximation de la 2^{ème} loi de Newton :
$$\sum \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$
- Cas de la chute libre :
$$\sum \vec{F} = \vec{P} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \cdot \vec{g} \quad \Rightarrow \quad \vec{g} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$
- Savoir tracer un vecteur vitesse et un vecteur variation de vitesse

III. Énergie, conversions et transferts

1. Électricité

- Définition de l'intensité, déplacement des charges (électrons) dans un conducteur : $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
- Loi d'Ohm : $U = R \cdot I$
- Relation entre l'énergie (J) et la puissance (W) : $E = P \times \Delta t$
- Puissance dissipée par effet Joule dans une résistance : $P_J = R \times I^2$
- Rendement d'un convertisseur : $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$

2. Mécanique

- Énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = m \cdot g \cdot h$
- Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Énergie mécanique : $E_m = E_{pp} + E_c$
- Lien entre la force et l'énergie échangée = le travail de la force : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$
- Conservation de l'énergie mécanique (sans frottement) : $E_{pp}(A) + E_c(A) = E_{pp}(B) + E_c(B)$
- Non conservation de l'énergie (avec frottements $\vec{f}$) : $\Delta E_m = W_{A \rightarrow B}(\vec{f})$

IV. Ondes et signaux

1. Ondes mécaniques

- Ondes mécaniques : propagation d'une perturbation dans un milieu matériel (son, vagues, tremblement de Terre...)
- célérité d'une onde périodique : $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$
- Onde sinusoïdale

2. Image par une lentille

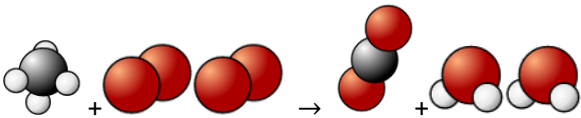
- Construction géométrique de l'image d'un objet par une lentille. (centre optique, foyer objet et foyer image, distance focale, vergence)
- Utilisation de la relation de conjugaison $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$ et du grandissement $\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB}$
- Image réelle, virtuelle, droite ou renversée

3. Interaction lumière-matière

- Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Domaines des ondes électromagnétiques ...UV < 400 nm < visible < 800 nm < IR...
- Énergie d'un photon : $E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ et lien avec la couleur
- Quantification des niveaux d'énergie des atomes : absorption et émission de photons.

Rappels élémentaires de chimie

I. Quantité de matière

Au laboratoire	Un chimiste						
une balance permet de prélever une quantité connue de matière.  La balance fournit la masse prélevée. La masse est notée <i>m</i> et donnée en g.	travaille sur des équations chimiques. Il a besoin de connaître le nombre de molécules présentes pour étudier la réaction chimique. $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g)$  Le chimiste compte en paquet de molécules. Un paquet est appelé une mole et noté mol. Le nombre de paquets appelé quantité de matière est noté <i>n</i> et donnée en mol.						
La masse et la quantité de matière sont liés par la masse molaire. La masse molaire est la masse d'une mole de molécules. La masse molaire est notée <i>M</i> et donnée en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">mol</td> <td style="padding: 0 10px;">g</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">$\rightarrow M$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">n</td> <td style="padding: 0 10px;">$\rightarrow m = \frac{n \times M}{1} = n \times M$</td> </tr> </table> $m \text{ (en g)} \quad \begin{array}{c} \xrightarrow{n = \frac{m}{M}} \\ \xleftarrow{m = n \times M} \end{array} \quad n \text{ (en mol)}$		mol	g	1	$\rightarrow M$	n	$\rightarrow m = \frac{n \times M}{1} = n \times M$
mol	g						
1	$\rightarrow M$						
n	$\rightarrow m = \frac{n \times M}{1} = n \times M$						

1. Nombre d'entités dans un paquet d'une mole

La mole est un paquet qui contient un nombre gigantesque de molécules car elles sont extrêmement petites. Par convention, une mole contient $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ entités. *(soit 60 000 milliards de milliards d'entités)*

Le **nombre total de molécules**, noté ***N***, est donc déduit de *n* (en mol) : **$N = n \times N_A$**
 N_A est appelé **nombre d'Avogadro** (son unité est mol^{-1})

La mole sert à compter des molécules, des atomes ou des ions. Dans la pratique il est très rare de calculer le nombre total de molécules. On préfère utiliser la mole. Mais comme le nombre de molécules est énorme, il est possible d'utiliser des sous multiples : 10^{-3} mol (mmol), 10^{-6} mol (μmol), ...

Comme le riz vendu au kg et pas au grain, mais dont on peut mesurer un demi-kg, un $10^{\text{ème}}$ de kg (100 g)...

2. Calcul de la masse molaire des espèces chimiques

a. Les atomes

La masse molaire de chaque type d'atome est donnée dans le tableau périodique.

Exemples : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

b. Les molécules

La formule brute d'une molécule indique le type et le nombre d'atomes qui la composent. Une mole de molécule contient donc une mole de chaque atome qui la compose.

Exemple : $M(\text{eau}) = M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \times 1,0 + 16,0 = 18,0 \text{ g}$

c. Les ions

Un ion est un atome ou une molécule qui a gagné ou perdu quelques électrons. Comme la masse de l'électron est extrêmement faible par rapport à celle des neutrons ou des protons, l'électron est négligeable dans le calcul de la masse. Le calcul se fait donc comme pour les molécules.

Exemple : $M(\text{NH}_3^+) = M(\text{N}) + 3 \times M(\text{H}) = 14,0 + 3 \times 1,0 = 17,0 \text{ g.mol}^{-1}$

II. Préparer une solution aqueuse : concentration

Une solution aqueuse est composée essentiellement d'eau (le **solvant**) et d'une ou plusieurs espèces chimiques dissoutes (le **soluté**).

La **concentration** permet de définir la quantité d'espèce dissoute contenue dans un litre de solution. Elle peut s'exprimer sous forme de :

concentration massique γ masse de soluté contenue dans un litre de solution. Elle est notée γ (parfois c_m) et donnée en g.L^{-1} .	concentration molaire c quantité de matière de soluté contenue dans un litre de solution. Elle est notée c et donnée en mol.L^{-1} .
Les concentrations massique et molaire sont liées par la masse molaire. $c = \frac{\gamma}{M}$ $\gamma = c \times M$ $\gamma \text{ (en g.L}^{-1}\text{)}$ $m_{\text{soluté}} = \gamma \times V_{\text{solution}}$ $c \text{ (en mol.L}^{-1}\text{)}$ $n_{\text{soluté}} = c \times V_{\text{solution}}$	

1. Dissolution : préparer une solution de concentration connue à partir de matière solide

Objectif : préparer un volume précis V de solution de concentration molaire c (en mol.L^{-1}) en espèce chimique. L'espèce chimique a pour masse molaire M .

Calcul de la masse à prélever :

La quantité de matière nécessaire pour un volume V de solution est de : $n = c \times V$

La masse à prélever est donc de : $m = n \times M = c \times V \times M$.

Matériel :

- Une *fiole jaugée* de volume V (instrument de mesure de volume très précis) et un *bouchon*
- Une *balance* avec une *capsule de pesée* (verre de montre) et une *spatule* pour prélever.
- Un *bécher* qui contient l'espèce solide à prélever.
- Une *pissette* d'eau distillée.
- Un *entonnoir*.

Protocole :

- Poser la capsule de pesée sur la balance et tarer.
- Prélever une masse m d'espèce à l'aide de la spatule et la déposer sur la capsule.
- Verser le contenu de la capsule dans la fiole jaugée de volume V à l'aide de l'entonnoir.
- Rincer la capsule et l'entonnoir en versant l'eau dans la fiole jaugée.
- Remplir la fiole jaugée jusqu'aux deux tiers.
- Boucher et remuer latéralement jusqu'à dissolution du solide.
- Verser de l'eau jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau du trait de jauge.
- Boucher et retourner la fiole plusieurs fois pour homogénéiser.

2. Dilution : préparer une solution de concentration connue à partir d'une solution mère

Objectif : préparer un volume de solution fille précis V_f de solution de concentration molaire c_f (en mol.L^{-1}) à partir d'une solution mère de concentration molaire connue c_m .

Calcul du volume de solution mère V_m à prélever :

Pour fabriquer un volume V_f de solution fille de concentration c_f ,

il faut une quantité de matière $n = c_f \times V_f$.

Il faut donc prélever une quantité de matière telle que : $n = c_m \times V_m$.

Soit, **méthode de calcul pour la dilution :**

$$c_m \times V_m = c_f \times V_f$$

Le volume de solution mère à prélever est donc

$$V_m = \frac{c_f \times V_f}{c_m}$$

Matériel : - Une *fiolle jaugée* de volume V_f et un *bouchon*

- Une *pipette jaugée* de volume V_m et une *propipette*.

- Un *bécher* qui contient la solution mère à prélever.

- Une *pissette* d'eau distillée.

Protocole :

- *Prélever un volume V_m de solution mère à l'aide de la pipette jaugée de volume V_m .*
- *Verser le contenu de la pipette dans la fiole jaugée de volume V_f .*
- *Remplir la fiole jaugée jusqu'aux deux tiers.*
- *Boucher et remuer latéralement pour mélanger.*
- *Verser de l'eau jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau du trait de jauge.*
- *Boucher et retourner la fiole plusieurs fois pour homogénéiser.*

a. Facteur de dilution

Le rapport $F = \frac{c_m}{c_f}$ est appelé **facteur de dilution**. Ainsi le volume à prélever vaut : $V_m = \frac{1}{F} \times V_f$

Exemple : pour préparer $V_f = 100 \text{ mL}$ d'une solution diluée 10 fois ($F = 10$),

$$\text{le volume à prélever est } V_m = \frac{V_f}{10} = 10 \text{ mL}$$

b. Concentration massique

Les calculs de dilution peuvent se faire de la même manière avec des concentrations massiques.

III. Titre massique

Les fabricants de produits chimiques utilisent souvent les masses pour mesurer les produits à mélanger.

Peser est une mesure de précision plus facile que la mesure des volumes.

Donc les industriels emploient souvent la notion de titre massique plutôt que la concentration.

Le titre massique est le rapport de la masse de soluté sur la masse totale du liquide : $t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$

Le titre est sans unité (rapport de deux masses)

1. Masse volumique et densité

La masse volumique de la solution vaut : $\rho_{\text{solution}} = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}}$

$$\Rightarrow m_{\text{solution}} = \rho_{\text{solution}} \times V_{\text{solution}}$$

La densité compare la masse volumique de la solution avec celle de l'eau : $d = \frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{eau}}}$ (sans unité)

$$\Rightarrow \rho_{\text{solution}} = d \times \rho_{\text{eau}}$$

Donc :

$$m_{\text{solution}} = d \times \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{solution}}$$

La masse volumique de l'eau distillée peut s'exprimer en différentes unités :

- dans le système international : $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- dans les unités du langage courant : $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$
- dans les unités courantes du laboratoire de chimie : $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

2. Concentration massique

D'après la définition de la concentration massique γ : $m_{\text{soluté}} = \gamma \times V_{\text{solution}}$

La concentration massique est parfois notée c_m plutôt que γ

3. Passer du titre massique à la concentration massique

$$t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} = \frac{\gamma \times V_{\text{solution}}}{d \times \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{solution}}} = \frac{\gamma}{d \times \rho_{\text{eau}}} \quad \text{donc} \quad \gamma = t \times d \times \rho_{\text{eau}}$$

- t et d étant sans unité, γ a les unités choisies pour ρ_{eau} , soit en général $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ g.L}^{-1}$

4. Passer du titre massique à la concentration molaire

$$\gamma = c \times M \Leftrightarrow c = \frac{\gamma}{M} \quad \text{donc} \quad c = \frac{t \times d \times \rho_{\text{eau}}}{M}$$

IV. Cas d'un gaz

Dans un gaz, si la pression n'est pas trop forte, les molécules sont assez éloignées les unes des autres et n'interagissent pas entre elles. Ce gaz est appelé gaz parfait.

1. Volume molaire

Dans ces conditions, quel que soit le gaz, à une température donnée, une mole de gaz occupe toujours le même volume appelé volume molaire et noté V_M : $V_M(0^\circ\text{C}) = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$ $V_M(20^\circ\text{C}) = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

Le volume molaire relie la quantité de matière de gaz n_{gaz} et son volume V_{gaz} :

$$V_{\text{gaz}} = n_{\text{gaz}} \times V_M \quad \text{avec} \quad V_{\text{gaz}} \text{ en L, } n_{\text{gaz}} \text{ en mol, } V_M \text{ en L.mol}^{-1}$$

2. Masse volumique

La masse volumique du gaz ρ_{gaz} relie la masse de gaz m_{gaz} et son volume V_{gaz} :

$$m_{\text{gaz}} = \rho_{\text{gaz}} \times V_{\text{gaz}} \quad \text{avec} \quad V_{\text{gaz}} \text{ en L, } m_{\text{gaz}} \text{ en g, } V_M \text{ en g.L}^{-1}$$

ou dans le SI : $V_{\text{gaz}} \text{ en m}^3, m_{\text{gaz}} \text{ en kg, } V_M \text{ en kg.m}^{-3}$

V. Équation chimique

En écrivant une réaction chimique, il faut toujours vérifier :

- **Équilibre des atomes** :
que tous les atomes présents dans les réactifs sont présents dans les produits.
- **Équilibre des charges** :
que la somme des charges électriques des réactifs est égale à la somme des charges électriques des produits.
- **La flèche** :
 - @ la flèche est unique $\rightarrow$ pour une **réaction totale**
Une réaction est totale si elle se déroule jusqu'à épuisement d'un ou des réactifs.
 - @ la flèche est double $\rightleftharpoons$ pour une **réaction partielle**
Une réaction est partielle si elle se stabilise avec tous les réactifs et les produits présents dans la solution finale. (en fait, à l'équilibre, la réaction se déroule au même rythme dans les deux sens)

Constitution et transformation de la matière

I. Chimie des solutions ; généralités :

1. Grandeurs utiles

Une solution peut être définie par différentes grandeurs mesurables directement ou indirectement

❖ Masse volumique et densité

- La **masse volumique** est la masse d'un volume donné (1m³ ou 1L) d'une espèce chimique

$$\rho = \frac{m}{V}$$

avec ρ masse volumique (en g.L⁻¹)
 m masse de l'espèce (en g)
 V volume de l'espèce (en L)

- La **densité** d'un liquide est le quotient de la masse volumique du liquide et de la masse volumique de l'eau

$$d = \frac{\rho_{\text{espèce}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

avec d densité par rapport à l'eau (sans unité)
 ρ_{eau} masse volumique de l'eau (en g.L⁻¹)
 $\rho_{\text{espèce}}$ masse volumique de l'espèce (en g.L⁻¹)

- ✓ **Attention à ne pas confondre** la masse volumique d'une espèce chimique pure, sous forme solide ou liquide qui exprime la masse d'un litre de ce liquide $\frac{m_{\text{espèce}}}{V_{\text{espèce}}}$, donc en g.L⁻¹ (grammes par litre de liquide).
 avec la concentration massique d'une solution qui exprime la quantité de matière dissoute dans un solvant, soit $\frac{m_{\text{dissoute}}}{V_{\text{solvant}}}$ dont l'unité est aussi le g.L⁻¹ (grammes par litre de solvant).
- ✓ La densité permet de **comparer la masse volumique** d'une espèce par rapport à une autre. En général l'espèce de référence est l'eau.
 Dans ce cas, si $d < 1 \Rightarrow$ l'espèce flotte dans l'eau, si $d > 1 \Rightarrow$ l'espèce coule dans l'eau.
- ✓ **L'unité de masse volumique** du système international (SI) est le kg.m⁻³, qui est équivalent au g.L⁻¹.
 Par exemple pour l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1\,000\text{ kg.m}^{-3} = 1\,000\text{ g.L}^{-1} = 1\text{ kg.L}^{-1}$

❖ Calculs de concentrations

- La **concentration massique** est la masse d'espèce chimique dissoute dans un volume de solvant (en général dans l'eau).

$$C_m = \frac{m}{V}$$

avec C_m concentration massique (en g.L⁻¹)
 m masse de l'espèce dissoute (en g)
 V volume de solvant (en L)

- La **concentration molaire** est la quantité de matière dissoute dans un volume de solvant (en général dans l'eau).

$$C = \frac{n}{V}$$

avec C concentration molaire (en mol.L⁻¹)
 n quantité de matière de l'espèce dissoute (en mol)
 V volume de solvant (en L)

- ✓ Comme $m = n \times M$, (avec M la masse molaire en g.mol⁻¹) alors $C_m = \frac{m}{V} = \frac{n \times M}{V} = M \times C$

Exemple d'application

L'alcool modifié utilisé pour désinfecter les plaies bénignes est une solution alcoolique qui contient de l'alcool en pourcentage volumique 70%, de l'eau, du camphre. Il est conditionné sous forme de flacons de 150mL.

1) Quel **volume d'éthanol** un flacon contient-il ?

→ Le volume d'éthanol contenu dans le flacon est égal à : $V = 0,70 \times 150 = 105\text{ mL}$

2) Quelle **masse d'éthanol** contient le flacon ?

→ La masse volumique de l'éthanol est égale à $\rho = \frac{m}{V}$
 donc la masse d'éthanol contenue dans le flacon est égale à $m = \rho \times V$.
 A.N : $m = 800 \times 0,105 = 84 \text{ g}$

Calculer la **concentration massique** en éthanol de la solution.

→ La concentration massique d'éthanol dans le flacon est $C_m = \frac{m}{V}$.

A.N : $C_m = \frac{84}{0,150} = 560 \text{ g.L}^{-1}$

Donnée : la masse volumique de l'éthanol est $\rho = 800 \text{ g.L}^{-1}$

2. Détermination de la concentration d'une espèce colorée en solution

- Quand une solution contient une espèce colorée, plus la concentration de l'espèce est grande, plus la coloration est intense. Cette propriété est utilisée dans la **spectrophotométrie d'absorption**. La mesure de l'absorbance d'une solution colorée à l'aide d'un spectrophotomètre permet de déduire la concentration de la solution.

❖ Loi de Beer-Lambert

- La **loi de Beer-Lambert** dit que l'absorbance d'une solution colorée est proportionnelle à sa concentration et à la largeur de solution traversée par la lumière. Pour simplifier, tous les spectrophotomètres utilisent des cuves de 1 cm de large. Dans ce cas, l'absorbance est directement proportionnelle à la concentration.

$$A_\lambda = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot c$$

avec

A_λ absorbance de la solution pour la longueur d'onde λ
(sans unité)

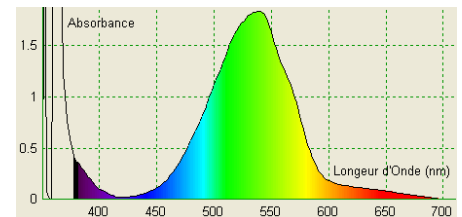
ε_λ coefficient d'absorption molaire de l'espèce chimique pour la longueur d'onde λ (en $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$)

l largeur de la cuve (en cm) (l vaut toujours 1 cm)

c concentration molaire de l'espèce (en mol.L^{-1})

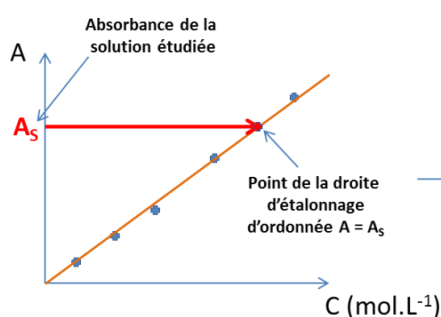
- Le **coefficient d'absorption molaire** ε_λ dépend de l'espèce chimique et de la longueur d'onde λ .

Il est déterminé à partir de la courbe d'absorbance de l'espèce chimique : on choisit la **longueur d'onde pour laquelle l'absorbance est maximale** pour avoir un maximum de précision. Sur la courbe ci-contre, 540 nm.

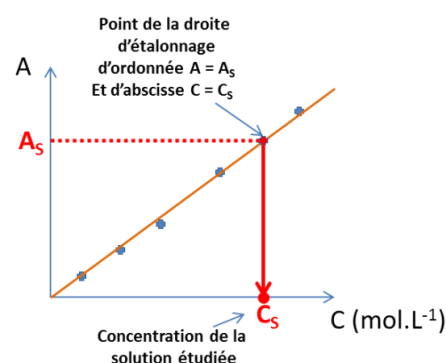


❖ Droite d'étalonnage

- Une **gamme d'étalonnage** est fabriquée par dilution d'une solution mère de concentration connue. Chaque solution fille a donc une concentration connue, calculée par : $C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}} = C_{\text{mère}} \times V_{\text{prélevé}}$
Attention : les concentrations de la gamme d'étalonnage doivent encadrer la concentration de la solution inconnue.
- Les solutions de la gamme d'étalonnage permettent de tracer la droite d'équation $A_\lambda = f(c)$. Cette droite est appelée **droite d'étalonnage**.
- La mesure de l'absorbance de la solution inconnue permet de déterminer la valeur de sa concentration par lecture graphique.



Étape 1



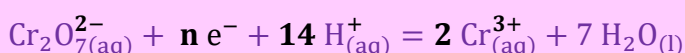
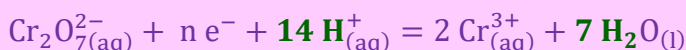
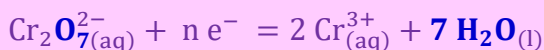
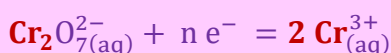
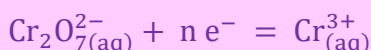
Étape 2

II. Chimie des solutions ; réactions d'oxydoréduction

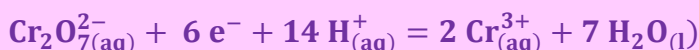
1. Ecriture des réactions d'oxydoréduction

- Une réaction d'oxydo-réduction met en jeu **deux couples redox** : $(Ox_1; Red_1)$ et $(Ox_2; Red_2)$.
Un **oxydant** est une espèce chimique susceptible de capter des électrons. Un **réducteur** est une espèce chimique susceptible de céder des électrons.
L'oxydant d'un des couples (Ox_1) réagit avec le réducteur de l'autre couple (Red_2) .
On dit que l'oxydant (Ox_1) est réduit, et que le réducteur (Red_2) est oxydé.
- La première étape consiste à écrire et équilibrer les deux **demi-équations électroniques** correspondant à chacun des couples avant de les additionner pour obtenir l'équation finale de la réaction d'oxydoréduction étudiée.
- Méthode pour **équilibrer une demi-équation redox**

Exemple : le couple redox $Cr_2O_7^{2-}/Cr_{(aq)}^{3+}$



$$-2 - n + 14 = +2 \times 3 \Rightarrow n = 6$$



Étapes (en milieu acide)

poser l'équation redox initiale

1) équilibrer les éléments autres que O et H

2) équilibrer les O en ajoutant de l'eau H_2O

3) équilibrer les H en ajoutant des ions H^+

4) équilibrer les charges en ajoutant des e^-

(en milieu basique ajouter de chaque côté autant de HO^- qu'il y a de H^+)

équation bilan

Addition des deux demi-équations redox

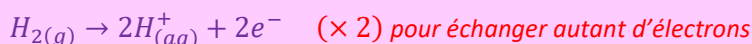
Les deux demi-réactions sont de la forme : $Ox_1 + n. e^- = Red_1$ ($\times m$)
 $Red_2 = Ox_2 + m. e^-$ ($\times n$)

multiplier par **m** et **n** permet d'équilibrer l'échange d'électrons
 $m. Ox_1 + n. Red_2 \rightarrow m. Red_1 + n. Ox_2$

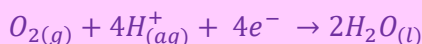
Exemple :

Dans une pile à combustible, le dihydrogène et le dioxygène réagissent ensemble pour former de l'eau et cette réaction dégage de l'énergie

½ équation (à l'anode)



½ équation (à la cathode)

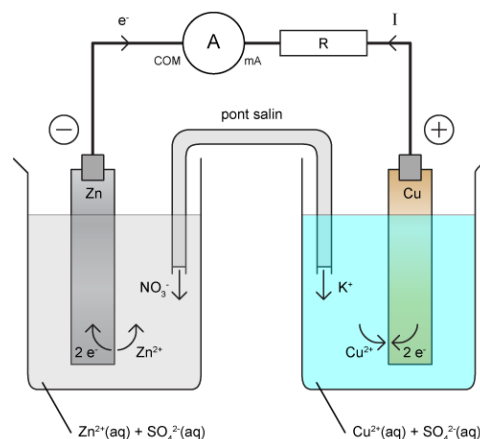


équation bilan



2. Le montage d'oxydoréduction

- Une pile** est le siège d'une réaction d'oxydoréduction qui va produire de l'énergie sous forme de courant électrique.
- Par exemple dans le cas d'une pile Daniell. (schéma ci-contre)
 - Le pont salin ferme le circuit pour que le courant circule. Dans le pont salin, les ions permettent la circulation des charges électriques.
 - La **borne négative** est appelée **anode**, elle produit des électrons et est toujours le siège d'une oxydation. (ici le zinc)
 - La **borne positive** est appelée **cathode**, elle reçoit les électrons et est toujours le siège d'une réduction. (ici le cuivre)



III. Chimie des solutions ; composés organiques en solution

1. Groupes fonctionnels caractéristiques

- En chimie organique, certains **groupes** d'atomes sont dits **caractéristiques**, c'est-à-dire qu'ils apportent certaines **propriétés chimiques** particulières aux molécules dans lesquelles ils sont présents.
- Certains de ces groupes caractéristiques sont répertoriés dans le tableau suivant

Nom	<i>Hydroxyle</i>	<i>Carbonyle</i> (2 cas possibles suivant la position dans la chaîne carbonée)	<i>Carboxyle</i>
Famille	Alcools	Aldéhydes ou cétones	Acides carboxyliques
Structure	—O—H	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—H} \end{array}$ En bout de chaîne ou $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—C—C—} \end{array}$ En milieu de chaîne	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—H} \end{array}$

- Règles pour **nommer les molécules**

Il faut d'abord identifier la chaîne la plus longue puis identifier les éventuelles sous-chaînes (alkyl).

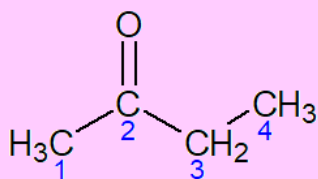
Le suffixe indique le groupe caractéristique contenu dans la molécule. Sa position éventuelle est repérée par un entier **n** correspondant au numéro du carbone sur lequel est fixé le groupe caractéristique.

Les carbones sont numérotés de façon à obtenir la valeur de **n** la plus petite possible.

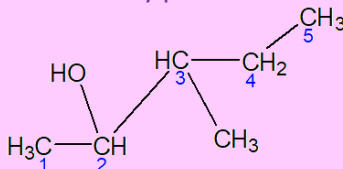
Famille	Alcool	Aldéhyde	Cétone	Acide carboxylique
Suffixe	nom - n - ol	nom - al	nom - n - one	acide nom - oïque
Exemple	propan-1-ol $\text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	propanal $\text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—CH=O}$	propan-2-one $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C—C—CH}_3 \end{array}$	acide propanoïque $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—C—OH} \end{array}$

Exemples :

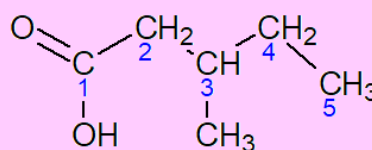
Butanone ou butan-2-one



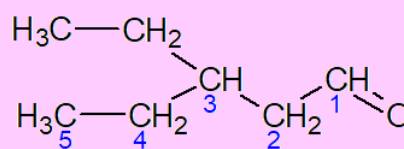
3-méthylpentan-2-ol



Acide 3-méthylpentanoïque



3-éthylpentanal



2. Détermination des groupes fonctionnels par spectroscopie Infrarouge (IR)

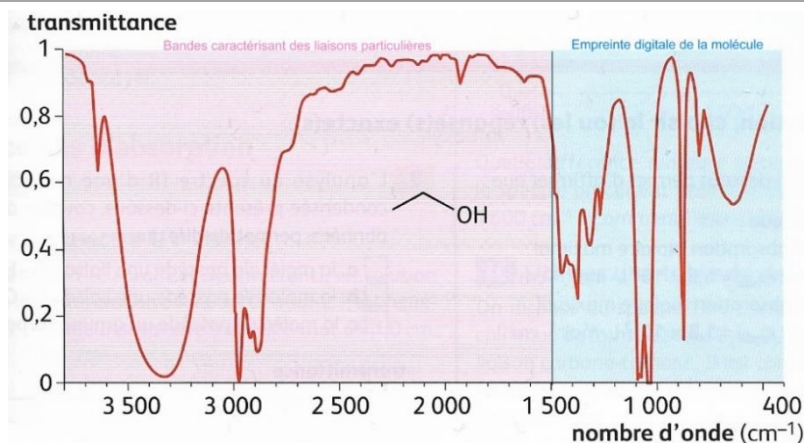
- La **spectroscopie infrarouge** (IR) consiste à faire traverser une solution par un rayonnement IR.

- Les molécules présentes dans la solution captent certains photons si leur énergie correspond à celle qui peut faire vibrer ses liaisons.
Le niveau d'énergie capté, donc la longueur d'onde, dépend du type de liaison donc des groupes caractéristiques contenus dans la molécule.

- Ces vibrations sont représentées sur un **spectre IR** représentant la **transmittance** en fonction du **nombre d'onde σ** , c'est-à-dire de l'inverse de la longueur d'onde.

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \text{ (conventionnellement } \sigma \text{ est exprimé en cm}^{-1}\text{)}$$

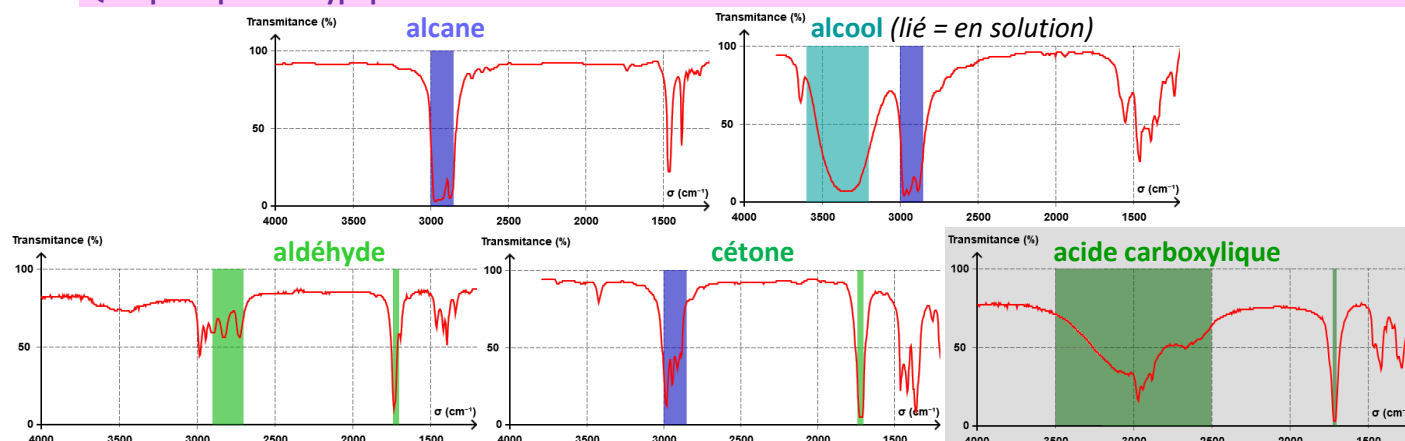
- Une transmittance de 1 (ou 100 %) signifie qu'il n'y a aucune absorption à cette longueur d'onde. Tout est transmis. La transmittance est d'autant plus proche de 0 que l'absorption à cette longueur d'onde est grande.
- La zone significative pour l'étude des groupes caractéristiques est comprise entre $\sigma = 1500 \text{ cm}^{-1}$ et $\sigma = 4000 \text{ cm}^{-1}$. Les pics d'absorption visibles sur le spectre correspondent à la présence des liaisons spécifiques des groupes caractéristiques. Leur identification se fait en fonction de trois caractéristiques
 - ✓ La **position** des bandes dans le spectre, donnée par la valeur de σ .
 - ✓ La **largeur** des bandes (large ou fine)
 - ✓ L'**intensité** de la vibration (faible, moyenne ou forte) correspondant à la valeur minimale de T (en ordonnée) pour la bande étudiée.



- Les pics d'absorption du spectre sont comparés à une table des nombres d'onde (toujours fournie) qui permettent d'identifier les groupes caractéristiques présents dans une molécule organique comme sur le document ci-contre.

Type de liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Largeur de la bande	Intensité de l'absorption	Remarques
O-H d'un groupe hydroxyle en phase gazeuse	3 590 – 3 650	fine	moyenne	
O-H d'un groupe hydroxyle en phase condensée	3 200 – 3 400	large	forte	se superpose à la précédente
C-H	2 900 – 3 100	variable (bandes multiples)	moyenne à forte	jusqu'à 2 700 cm ⁻¹ pour le C(=O)-H d'un aldéhyde
O-H du groupe carboxyle	2 500 – 3 200	large	moyenne à forte	se superpose aux C-H
C=O d'un ester	1 735 – 1 750	fine	forte	
C=O d'un groupe carbonyle	1 700 – 1 740	fine	forte	bande abaissée d'environ 20 cm ⁻¹ si la double liaison C=O est conjuguée à une autre double liaison
C=O d'un acide carboxylique	1 700 – 1 725	fine	forte	
C=O d'un amide	1 650 – 1 700	fine	forte	
C=C	1 620 – 1 690	fine	moyenne	bande abaissée d'environ 20 cm ⁻¹ si la double liaison C=C est conjuguée à une autre double liaison

Quelques spectres typiques



L'énergie : conversions et transferts

L'énergie : conversions et transferts	→ Associer l'intensité du courant électrique à un débit de charges. → Savoir calculer le travail d'une force → Savoir ce que sont des forces conservatives et non-conservatives et calculer les travaux de certaines de ces forces. → Connaître et savoir utiliser le théorème de l'énergie cinétique. → Connaître et savoir utiliser le théorème de l'énergie mécanique.	→ Relation entre intensité, charge totale et temps → Rappel de la définition du travail + exemple → Calcul du travail du poids et du travail d'une force de frottements → Rappel du théorème et exemple de calcul → Rappel du théorème et exemples de calcul dans le cas où E_m se conserve et dans le cas où elle ne se conserve pas.
--	---	---

I. Énergie électrique

1. Le courant électrique : un débit de charge

- **L'électricité** dans un fil électrique est un **déplacement d'électrons** (de charge $-e$ notée e^-) le long du fil électrique. Dans un métal, les électrons peuvent très facilement sauter d'un atome à un autre.
- Pour décrire ce phénomène on définit :
 - **la tension électrique (en volt V)** que l'on peut décrire comme la "force" avec laquelle les électrons se déplacent. L'électricité est mise en mouvement par un générateur. Selon les circuits il s'agit d'une pile, d'une alimentation, des prises électriques dans nos murs branchées à notre fournisseur de courant (en 220 V ~), etc.
 - **l'intensité électrique (en ampère A)** qui est la **quantité d'électrons qui passe dans le fil en une seconde**.
- L'unité de l'intensité électrique, l'ampère, pourrait donc être exprimée en coulombs par seconde.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

avec

I	l'intensité (en A)
Δq	charge passée dans une section du fil (en C)
Δt	durée de la mesure (en s)

Exemple

Quelle est la valeur de l'intensité dans un fil où circulent 37,4 mmol d'électrons en une heure ?
 Charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹

→ $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{n \times N_A \times e}{\Delta t}$

A.N.: $I = \frac{37,4 \cdot 10^{-3} \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{3600} = 1,0 \text{ A}$

2. Puissance et énergie dans un circuit électrique

- Un dipôle électrique traversé par un courant transforme l'énergie électrique en une autre forme d'énergie. En chaleur pour un dipôle ohmique comme un grille-pain, en énergie mécanique pour un moteur, en énergie chimique dans la charge d'une batterie, en lumière dans une ampoule, etc.
- La **puissance convertie par un dipôle électrique** est notée P et s'exprime en watts :

$$P = U \cdot I$$

avec

P	puissance (en watts W)
U	tension (en volts V)
I	intensité (en ampères A)

✓ La puissance correspond en fait à une énergie consommée par seconde. $1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$

- **L'énergie convertie par un dipôle électrique** fonctionnant pendant un temps Δt est donnée par :

$$E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t$$

E	énergie (en joules J)
P	puissance (en watts W)
U	tension (en volts V)
I	intensité (en ampères A)
Δt	durée de fonctionnement (en s)

- ✓ Le joule est une unité très petite. La mesure de l'énergie consommée dans une maison se fait plutôt en w.h, correspondant à une puissance d'un watt pendant une heure. $1 \text{ w.h} = 3\,600 \text{ J}$.

Exemple

Un téléviseur de puissance 150 W fonctionne 6 heures par jour dans une maison. Quelle énergie aura-t-il consommé au bout d'un an en J et en W.h ?

→ Valeur en joules : $E = P \times \Delta t = 150 \times 6 \times 3600 \times 365 = 1,18 \cdot 10^9 \text{ J} = 1,18 \text{ GJ}$

→ Valeur en W.h : $E = P \times \Delta t = 150 \times 6 \times 365 = 3,29 \cdot 10^5 \text{ W.h} = 329 \text{ kW.h}$

3. Effet joule : de la puissance électrique à la puissance thermique

- Un **dipôle ohmique** (ou résistance, ou résistor) convertit une partie de l'électricité qui le traverse **en chaleur par effet joule**.
- La relation qui relie tension et intensité du courant aux bornes d'un dipôle ohmique est : $U = R \times I$ (loi d'Ohm)
- La puissance transformée en chaleur est donc donnée par :

$$P = U \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2 \quad \text{ou} \quad P = U \cdot I = U \cdot \left(\frac{U}{R}\right) = \frac{U^2}{R}$$

P	puissance (en watts W)
U	tension (en volts V)
I	intensité (en ampères A)
R	résistance (en ohm Ω)

- Et l'énergie correspondante : $E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$

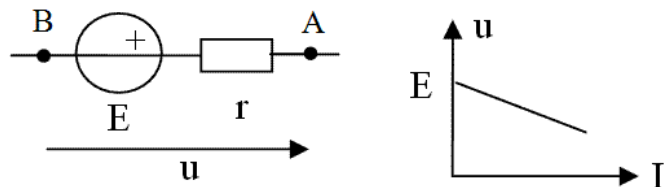
Exemple

Quelle est la valeur de la résistance d'un grille-pain de 800 W branché sur une prise de 220 V ? (On suppose que la tension est équivalente à une tension continue de 220 V)

$$\rightarrow P = \frac{U^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{800} = 60,5 \, \Omega$$

4. Bilan de puissance

- Dans un circuit électrique, la puissance fournie par le générateur est égale à la somme des puissances convertie par les différents dipôles : $P_{\text{générateur}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$
- La relation est vraie aussi avec les énergies pour une durée donnée : $E_{\text{générateur}} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$
- Un générateur réel est considéré comme un générateur idéal de tension E (sans perte) associé à un conducteur ohmique r qui dissipe une partie de l'énergie en chaleur. Plus l'intensité I qu'il doit fournir au circuit est grande, plus il dissipe de chaleur et plus la tension à ses bornes u chute.
(Ainsi, dans un smartphone, plus l'énergie consommée est importante et plus sa batterie chauffe)



5. Rendement d'un convertisseur

- Dans un dipôle électrique, la conversion de l'énergie électrique s'accompagne toujours de pertes, par effet joule, par frottement des moteurs... Une partie de l'énergie se transforme en chaleur et se perd dans l'environnement.
- On appelle rendement d'un convertisseur électrique le rapport : $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}}$

Exemple

Un panneau solaire de 10 m² sur un toit du sud de la France reçoit une puissance solaire de 380 W.m⁻². Son rendement est de 0,22. Quelle puissance électrique pourra-t-il fournir au réseau ?

$$\rightarrow \eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{fournie}}} \Rightarrow P_{\text{utile}} = \eta \times P_{\text{fournie}} = \eta \times P_{\text{solaire}} \times S = 0,22 \times 380 \times 10 = 836 \text{ W}$$

II. Énergie mécanique**1. Énergie potentielle, cinétique et mécanique : rappel**

- **L'énergie potentielle** correspond à l'énergie qu'un système peut stocker en étant susceptible de passer d'une altitude plus élevée à une altitude de référence. Elle est donnée par

$$E_p = m \cdot g \cdot z$$

avec

E_p	énergie potentielle (en J)
m	masse du système (en kg)
g	intensité de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$)
z	altitude par rapport à la référence (en m)

- **L'énergie cinétique** correspond à l'énergie qu'un système peut stocker du fait de sa vitesse. Elle est donnée par

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

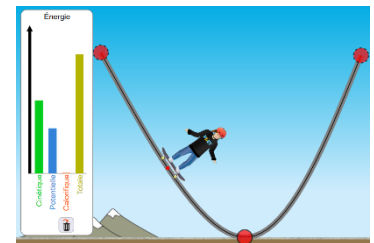
avec

E_c	énergie cinétique (en J)
m	masse du système (en kg)
v	vitesse du système (en m.s ⁻¹)

- **L'énergie mécanique** d'un système est la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique.

$$E_m = E_p + E_c$$

- En l'absence de frottement, l'énergie d'un système mécanique se conserve. L'énergie potentielle peut se transformer en énergie cinétique par la descente de l'objet, puis se retransformer en énergie potentielle en remontant. Par exemple dans le dessin ci-contre, sans frottement le skateur peut continuer indéfiniment.

**Exemple**

À quelle vitesse un objet qui tombe d'une fenêtre située à $h = 20 \text{ m}$ de haut arrive-t-il sur le sol ? Les frottements étant considérés comme négligeables.

→ Le sol est la hauteur de référence. $h_{\text{sol}} = 0 \text{ m}$ et à la fenêtre la vitesse est nulle.

À la fenêtre l'énergie mécanique vaut : $E_m(\text{fenêtre}) = E_p + E_c = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m v_0^2 = m \cdot g \cdot h$

→ Au sol l'énergie mécanique vaut : $E_m(\text{sol}) = E_p + E_c = m \cdot g \times h_{\text{sol}} + \frac{1}{2} m v_s^2 = \frac{1}{2} m v_s^2$

→ L'énergie mécanique se conserve : $E_m(\text{fenêtre}) = E_m(\text{sol}) \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v_s^2$

$$\text{donc } v_s = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 20} = 20 \text{ m.s}^{-1} = 71 \text{ km.h}^{-1}$$

Nous constatons que la vitesse est indépendante de la masse.

2. De la force à l'énergie produite : travail d'une force

- **Le travail d'une force exprime la quantité d'énergie que l'action d'une force transmet ou prélève d'un système.**
- Le travail d'une force a pour unité le joule, car il s'agit d'un échange d'énergie. Il est donné par la relation :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$

avec

$W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$	travail de la force $\vec{F}$ entre A et B
$\vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$	produit scalaire de $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$
F	intensité de $\vec{F}$ (en N)
AB	longueur du déplacement AB
α	angle entre $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$

- Si $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$ sont orthogonaux, $\alpha = 90^\circ$, $\cos(\alpha) = 0$. La force ne travaille pas.
- Si $0 < |\alpha| < 90^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) > 0$. La force contribue au mouvement. Le travail est dit moteur.

- Si $90 < |\alpha| < 180^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) < 0$. La force freine le mouvement. Le travail est dit résistant.

- Théorème de l'énergie cinétique**

La variation de l'énergie cinétique d'un système de masse m entre un point A et un point B est égale à la somme des travaux des forces $\vec{F}$ agissant sur le système : $\Delta E_c(A \rightarrow B) = E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\vec{F})$

- Conséquence du théorème :**

Calculer le travail des forces permet d'en déduire la variation d'énergie cinétique, donc de vitesse

Calculer la variation d'énergie cinétique permet d'en déduire la valeur du travail des forces.

Exemple : démarrage d'une voiture

Le moteur d'une voiture d'une tonne fournit une énergie de 400 kJ. La voiture était arrêtée et parcourt 100 m pendant ce temps. Quelle est la vitesse atteinte par la voiture ?

Quelle est la valeur de la force exercée par le moteur ? On suppose les frottements négligeables.

- **Vitesse de la voiture** : le théorème de l'énergie cinétique dit que le travail des forces correspond à la variation d'énergie cinétique. Or l'énergie cinétique au démarrage (à l'arrêt) est nulle.
Et le travail des forces correspond à l'énergie transmise à la voiture, car le poids et la réaction du sol sont perpendiculaires au mouvement, donc ne travaillent pas.

$$\text{Donc au bout de 100 m : } E_c(100\text{m}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{moteur}}) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \times \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{moteur}})}$$

$$\text{A.N. : } v = \sqrt{\frac{2}{10^3} \times 400 \cdot 10^3} = 28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 102 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

- **Valeur de la force du moteur** : en l'absence de frottement, l'énergie transmise à la voiture correspond au travail de la force du moteur. $\Delta E = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$ et $\alpha = 0$ donc $\cos(\alpha) = 1$ et $AB = 100 \text{ m}$.

$$\text{A.N. : } F = \frac{\Delta E}{AB} = \frac{400 \cdot 10^3}{100} = 4\,000 \text{ N}$$

3. Conservation de l'énergie mécanique : force conservative

- Une force est dite conservative si son travail ne dépend pas du chemin parcouru.**
- C'est le cas **du poids**. Le travail du poids ne dépend pas de chemin parcouru mais uniquement de la différence d'altitude entre les points de départ et d'arrivée.
(On montre que dans le cas du poids, $AB \cdot \cos(\alpha)$ correspond à la hauteur.) Donc :

$$W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

avec $W_{AB}(\vec{P})$ travail du poids $\vec{P}$ entre A et B
 m masse du système (en kg)
 g intensité de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)
 z_A altitude du point A (en m)
 z_B altitude du point B (en m)

- Ces forces sont dites conservatives car elles conservent l'énergie mécanique totale du système.

4. Perte d'énergie mécanique sous forme d'énergie thermique : forces non conservatives

- Les forces de frottement dépendent du chemin parcouru.**
Les frottements transforment l'énergie mécanique en chaleur. Plus le chemin parcouru est long, plus les frottements auront transformé d'énergie mécanique en énergie thermique.
- Les forces de frottement ne conservent pas l'énergie
ces forces sont dites non conservatives.

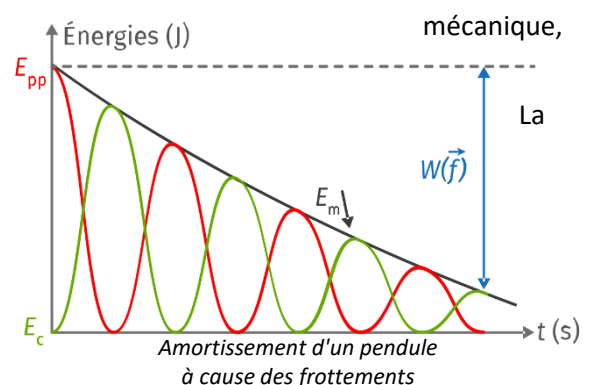
- Théorème de l'énergie mécanique**

variation de l'énergie mécanique entre A et B correspond à la somme du travail des forces non-conservatives :

$$\Delta E_m(A \rightarrow B) = E_m(B) - E_m(A) = \sum W_{AB}(\vec{F}_{nc})$$

- Conséquence :**

L'énergie mécanique se transforme progressivement en énergie thermique.



Mouvements et interactions

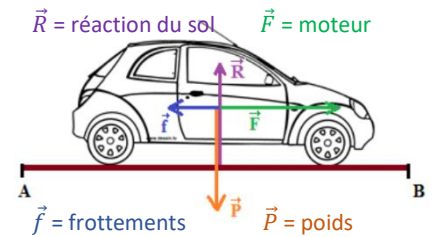
I. Modélisation d'une force par un vecteur

Une **force** exercée par un **actionneur** sur un **objet** est modélisée par un vecteur $\overrightarrow{F_{\text{act/obj}}}$ qui s'énonce « force exercée par l'actionneur sur l'objet ».

- La force peut s'exercer **à distance** (gravitationnelle ou électrostatique) ou **par contact** (sportif sur un ballon, moteur...).
- L'objet est généralement considéré comme ponctuel.

Une force est caractérisée par :

- son **point d'application** : le centre de l'objet
- sa **direction** : la droite sur laquelle elle est tracée
- son **sens** : indiqué par la flèche qui oriente le vecteur
- son **intensité** : l'équivalent mathématique de la norme du vecteur $\|\overrightarrow{F_{\text{act/obj}}}\|$, en physique elle s'écrit simplement $F_{\text{act/obj}}$ sans flèche, elle correspond au tracé de sa longueur (selon l'échelle), et elle s'exprime en newton (N),



II. Similitude des forces gravitationnelle et électrostatique

Étude de la force gravitationnelle entre 2 objets pesants	Étude de la force électrostatique entre 2 objets chargés
Soit un objet A de masse m_A et un objet B de masse m_B séparés par une distance d .	Soit un objet A de charge Q_A et un objet B de charge q_B séparés par une distance d .

Le **repère** à une seule dimension est défini par le vecteur unitaire $\vec{e}_r$ sur la droite AB, orientée de B vers A.

La force gravitationnelle est toujours attractive	Q_A et q_B de signe opposé	Q_A et q_B de même signe

La force que A exerce sur B et celle que B exerce sur A ont **même direction** (la droite AB) sont de **sens opposés**, et ont la **même intensité**.

Vectériellement : $\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$

En valeur leurs **intensités** sont égales : $F_{AB} = F_{BA}$

(donc sur le schéma, même direction et sens opposé)

(donc sur le schéma leurs longueurs sont égales)

Expression vectorielle de la force que A exerce sur B :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \vec{e}_r = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

Ici le signe – devant $\overrightarrow{F_{B/A}}$ signifie que cette force s'exerce, de A vers B, donc dans le sens de $\vec{e}_r$.

Expression de l'**intensité de la force** de A sur B :

Expression vectorielle de la force que A exerce sur B :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = \pm k \cdot \frac{Q_A \cdot q_B}{d^2} \vec{e}_r = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

Ici le signe $\pm$ signifie que la force s'exerce soit de A vers B ($-\vec{e}_r$), soit de B vers A ($\vec{e}_r$) selon les signes des charges.

Expression de l'**intensité de la force** de A sur B :

$$F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} = \mathbf{F}_{B/A}$$

- m_A et m_B , masses de A et B (**en kg**)
- d , distance AB (en m)
- G , **constante universelle de gravitation**,
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

$$F_{A/B} = k \cdot \frac{Q_A \cdot q_B}{d^2} = \mathbf{F}_{B/A}$$

- Q_A et q_B , charges de A et B (**en C, coulomb**)
- d , distance AB (en m)
- k , **constante de Coulomb**,
 $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

III. Similitude des champs gravitationnel et électrostatique

La **notion de champ** introduit une **nouvelle manière de concevoir les lois physiques** dans l'Univers.

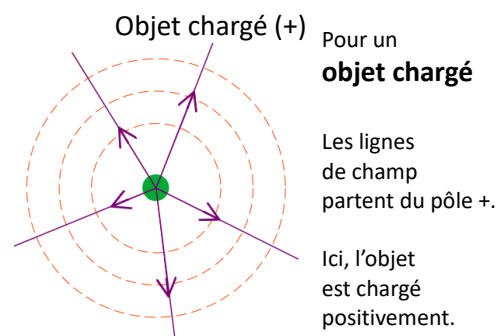
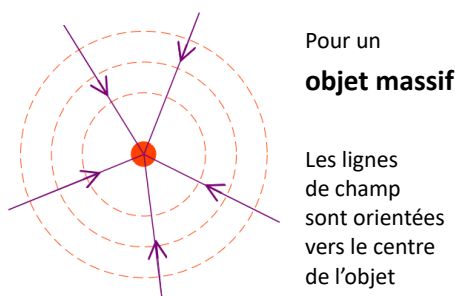
Elle généralise la notion de force à distance en admettant que ce n'est pas une force qui se propage mais plutôt qu'un objet situé dans l'Univers modifie son environnement.

La définition du champ permet de calculer la force qui s'exerce sur n'importe quel autre objet passant à proximité, en fonction de sa position dans le champ.

Étude du champ gravitationnel au voisinage d'un objet pesant	Étude du champ électrostatique au voisinage d'un objet chargé positivement
Soit un objet A de masse m_A , qui engendre un champ $\vec{g}$.	Soit un objet A de charge Q_A qui engendre un champ $\vec{E}$.
Le repère à une dimension est défini par le vecteur unitaire $\vec{e}_r$ en tout point B sur la droite AB orienté vers A.	Le repère à une dimension est défini par le vecteur unitaire $\vec{e}_r$ en tout point B sur la droite AB orienté vers A.
Le champ gravitationnel est défini par :	Le champ électrostatique est défini par :
$\vec{g} = G \cdot \frac{m_A}{d^2} \vec{e}_r$	$\vec{E} = k \cdot \frac{Q_A}{d^2} \vec{e}_r$
En tout point du champ, un objet B de masse m_B est soumis à une force	En tout point du champ, un objet B de charge q_B est soumis à une force
$\vec{F}_{A/B} = \vec{g} \cdot m_B$	$\vec{F}_{A/B} = \vec{E} \cdot q_B$

On peut alors définir et tracer :

- les **équipotentielles**, lieux de l'espace où le champ a la même intensité. (ici points à même distance de A)
- les **lignes de champ**, lignes tangentes en tout point au vecteur champ et orientées dans le sens des vecteurs.



Exemple : calcul du champ de gravitation terrestre à la surface de la Terre

Calculer la valeur du champ de pesanteur à la surface de la Terre. $m_{\text{Terre}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6400 \text{ km}$

→ la distance entre un objet situé à la surface de la Terre et le centre de la Terre est égale au rayon terrestre R_T . (en négligeant la déformation de la Terre et le relief). $\mathcal{G}_{\text{Terre}} = G \cdot \frac{m_{\text{Terre}}}{R_T^2}$

A.N. : $\mathcal{G}_{\text{Terre}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{(6400 \cdot 10^3)^2} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Nous retrouvons la valeur utilisée dans la formule $P = m \cdot g$,
en fait g est la valeur du champ gravitationnel à la surface de la Terre.

De la même manière, on pourrait calculer le champ gravitationnel à la surface des autres planètes.

On obtient $g_{\text{Lune}} \approx \frac{1}{6} \times g_{\text{Terre}}$; $g_{\text{Mars}} \approx \frac{1}{2,5} \times g_{\text{Terre}}$; etc.

Exemple : comparaison de la force de gravitation et de la force électrostatique pour un électron

Un électron se déplace dans le champ électrique créé par 2 plaques d'un condensateur. Comparer les forces de gravitation et électrostatique qui s'exercent sur lui.

$m_{\text{électron}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; intensité du champ $E = 15,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$

→ Force de pesanteur : $P = m \times g = 9,1 \cdot 10^{-31} \times 9,81 = 8,9 \cdot 10^{-30} \text{ N}$

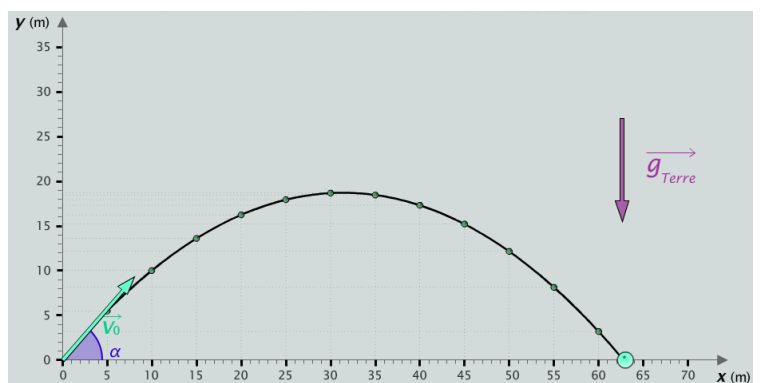
→ Force électrostatique : $F_{el} = e \times E = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 15,0 \cdot 10^3 = 2,4 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

→ Comparaison : $\frac{F_{el}}{P} = \frac{2,4 \cdot 10^{-15}}{8,9 \cdot 10^{-30}} \approx 10^{15}$

⇒ La force électrostatique est un million de milliard fois plus forte que le poids.

IV. Cas des champs uniformes**1. Champ gravitationnel uniforme**

- Le champ gravitationnel est orienté vers le centre de la Terre. Mais à proximité de la surface, et sur une hauteur modérée, on peut considérer que le champ est uniforme.
- Il est orienté verticalement, du haut vers le bas et sa valeur est constante. Sur un schéma, on modélise le vecteur champ gravitationnel par un vecteur qui peut se placer en tout point de l'espace. (figure ci contre)
- Dans ce champ, tout objet de masse m est soumis au champ gravitationnel.
Il subit donc une force appelée son poids de valeur constante donnée par $\vec{P} = m \times \vec{g}$
- Si on néglige la résistance de l'air, alors l'objet soumis à une seule force constante aura une trajectoire parabolique.



Trajectoire d'un projectile à la surface de la Terre

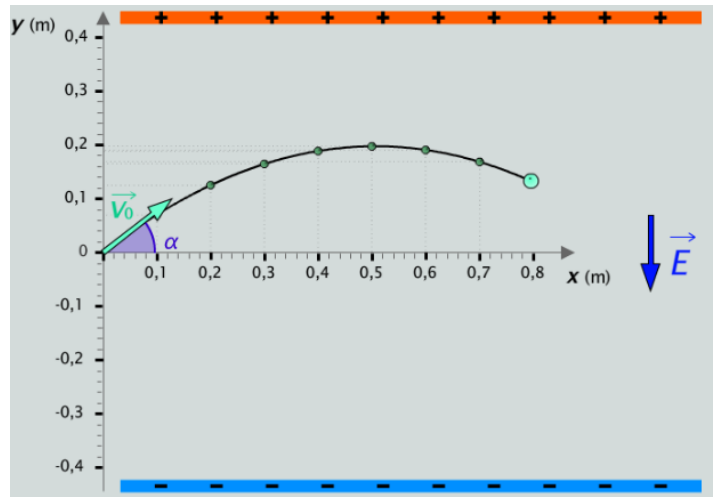
2. Champ électrostatique uniforme

- Si deux plaques métalliques parallèles sont éloignées d'une distance d et connectées à un générateur de tension U , le champ électrique qui se crée entre elles est un champ uniforme.
- Il est perpendiculaire aux plaques, orienté de la borne + vers la borne -, et a partout la même valeur :

$$E = \frac{U}{d} \text{ exprimé en volt par mètre } (V \cdot m^{-1})$$

- Dans ce champ, toute particule subit une force constante. La valeur de la force électrostatique est donnée par : $\vec{F}_{el} = q \times \vec{E}$ ou q est la charge de la particule. Si sa charge est positive, la force est dans le sens du champ, si sa charge est négative la force est dans le sens inverse du champ.

- Pour les particules, le champ de pesanteur est tout à fait négligeable par rapport au champ électrostatique. La particule n'est donc soumise qu'à une seule force constante et aura une trajectoire parabolique.



Trajectoire d'une particule chargée positivement entrant dans le champ d'un condensateur plan.

V. Étude de mouvement

1. Toute force modifie le vecteur vitesse

- Si un objet est soumis à une force alors sa vitesse est modifiée :
 - Force **dans le sens du mouvement** : la vitesse augmente, le mouvement **accélère** (ex : moteur)
 - Force **opposée au mouvement** : la vitesse diminue, le mouvement **ralentit** (décélère). (ex : frottement)
 - Force **perpendiculaire au mouvement** : la vitesse **change de direction**. (ex : satellite)
- Un objet qui n'est soumis à aucune force est dit **isolé**. Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent, il est dit **pseudo-isolé**. Dans les deux cas, la force résultante est nulle.

2. Principe d'inertie ou première loi de Newton

Des forces on déduit l'évolution de la vitesse :

- Si un objet n'est soumis à aucune force ou si les forces se compensent alors sa vitesse est rectiligne uniforme.**

Inversement, de la vitesse on déduit l'équilibre des forces :

- Si un objet a une vitesse rectiligne uniforme alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent.**

Exemple : le mouvement d'un parachutiste

Après avoir sauté d'un ballon, un parachutiste accélère (phase a) jusqu'à atteindre la vitesse de 50 m.s^{-1} et reste à cette vitesse (phase b) jusqu'à ce qu'il ouvre son parachute. Il décélère brutalement et se stabilise à nouveau à une vitesse de 4 m.s^{-1} (phase c). Expliquer le mouvement du parachutiste.

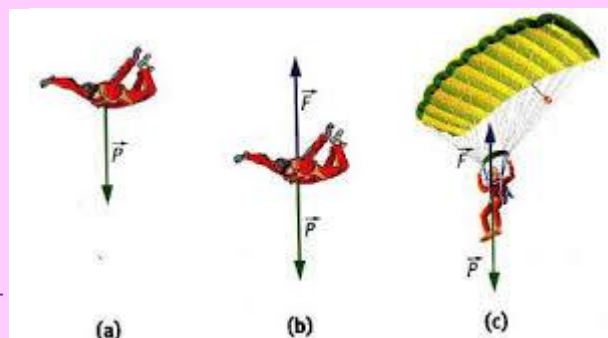
→ Juste après le saut, phase a.

Le parachutiste est soumis à son poids. Au début, les frottements de l'air sont faibles car sa vitesse n'est pas très élevée. Il accélère.

→ Phase b :

D'après le principe d'inertie, si sa vitesse devient constante, cela signifie que les forces se compensent. Donc les frottements de l'air $\vec{f}$ exercent une force égale et opposée au poids $\vec{P}$: $\vec{F} = -\vec{P}$.

$$\text{Donc } F = P = m \cdot g = 80 \times 9,81 = 785 \text{ N}$$



→ **Après l'ouverture du parachute :**

Les frottements sont devenus beaucoup plus grands que le poids, c'est pourquoi le parachutiste ralentit.

→ **Phase C :**

De nouveau la vitesse devient constante donc à nouveau $\vec{F} = -\vec{P}$. Mais comme les frottements sont beaucoup plus élevés, la vitesse est beaucoup plus faible.

3. Deuxième loi de Newton

- La variation du vecteur vitesse par rapport au temps
 - a même direction et même sens que la résultante des forces,
 - est proportionnelle à la masse du système :

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

avec

$\Sigma \vec{F}$	résultante des forces (en N)
m	masse du système (en kg)
$\Delta \vec{v}$	variation du vecteur vitesse (en m.s ⁻¹)
Δt	durée de la variation (en s)

- ✓ Plus la force est grande plus le changement de vitesse est important.
*La raquette d'un joueur de tennis transmet une force bien plus grande que s'il la renvoyait à la main.
 La balle de tennis se déplace donc très vite.*
- ✓ plus la masse du système est grande, plus la force nécessaire pour le mettre en mouvement est importante.
Il est plus facile de jouer avec une petite voiture que de pousser une vraie voiture en panne.

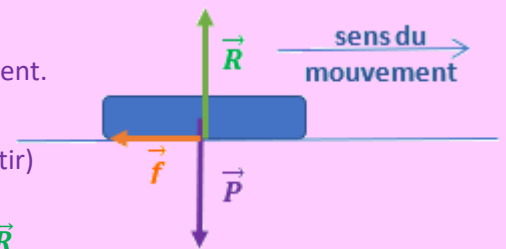
Exemple 1 : le curling

Un joueur de curling lance la pierre à une vitesse de 10 km.h⁻¹.

Elle s'arrête au bout de 10 s. Calculer la valeur de la force de frottement.

$m_{\text{pierre}} \approx 20 \text{ kg}$

- un palet qui glisse sur la glace est soumis à trois forces. (après le tir)
 - Son poids $\vec{P}$
 - La réaction du support $\vec{R}$, Ces 2 forces se compensent : $\vec{P} = -\vec{R}$
 - Les frottements $\vec{f}$ de la glace sur le palet qui ralentissent le mouvement.



- D'après la 2^{ème} loi de Newton : $\Sigma \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

La vitesse varie de 10 km.h⁻¹ = 2,8 m.s⁻¹ à 0 en 10s. La résultante des forces vaut $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = \vec{f}$
 La force de frottement est de même direction et de sens opposé au vecteur vitesse.

$$\text{Donc } f = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 20 \times \frac{2,8}{10} = 5,6 \text{ N}$$

Exemple 2 : la chute libre

On appelle chute libre le mouvement d'un objet dans un champ de pesanteur qui n'est soumis qu'à son poids, donc dans le cas où la résistance de l'air est négligeable. (faibles vitesses)

Dans ce cas, quelle est la valeur de $\frac{\Delta v}{\Delta t}$?

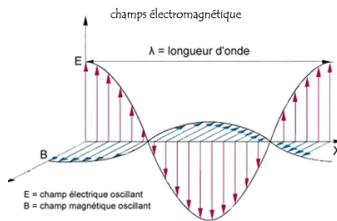
- Si un objet n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$, alors la résultante des forces vaut P.
 d'après la deuxième loi de Newton $\Sigma \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ et ici $\Sigma \vec{F} = \vec{P} \Rightarrow m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \cdot \vec{g}$

Nous en concluons que $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{g}$, autrement dit,

si la résistance de l'air est négligée, la vitesse de la chute d'un objet ne dépend pas de sa masse.

Ondes et signaux

I. Modèle ondulatoire de la lumière : la lumière considérée comme une onde



Une onde lumineuse peut être considérée comme une **onde périodique sinusoïdale**, c'est-à-dire que les variations des champs électrique et magnétique du milieu, permettant la propagation de la lumière, sont des variations sinusoïdales.

Cette onde présente une double périodicité, dans le temps et dans l'espace :

1. Périodicité temporelle : en un point fixe de l'espace

- La **périodicité temporelle** T ou **période** d'une onde progressive sinusoïdale correspond à **la plus petite durée** au bout de laquelle chaque point du milieu se retrouve dans son état vibratoire initial. Elle s'exprime en seconde (s).
- La **fréquence** f d'une onde progressive sinusoïdale correspond au nombre de périodes par unité de temps. Elle est notée f et s'exprime en Hertz (Hz).

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

avec T période (en s)
 f fréquence (en Hz)

La fréquence est imposée par la source de l'onde donc la période l'est aussi. Dans le cas de la lumière, la fréquence correspond à la couleur de la lumière.

2. Périodicité spatiale : à un moment précis du temps

- La **périodicité spatiale** λ ou **longueur d'onde** d'une onde progressive périodique correspond à **la plus petite distance** séparant 2 points du milieu présentant le même état vibratoire. Elle s'exprime en mètres (m).

3. La vitesse de propagation ou célérité de l'onde relie les deux périodicités.

- L'onde franchit la distance d'une longueur d'onde λ en une période T . D'après la formule de la vitesse $v = \frac{d}{dt}$:

$$c_{\text{onde}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f$$

avec c_{onde} célérité de l'onde (en m.s^{-1})
 λ longueur d'onde (en m)
 T période (en s)
 f fréquence (en Hz)

Exemple :

Calculer la période et la fréquence de la lumière émise par un LASER rouge de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$.

→ La célérité de l'onde relie la longueur d'onde et la période : $c_{\text{onde}} = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{c_{\text{onde}}}$

La célérité de la lumière dans le vide (et dans l'air) vaut $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

A.N : $T = \frac{650 \times 10^{-9}}{3,00 \times 10^8} = 2,17 \times 10^{-15} \text{ s}$

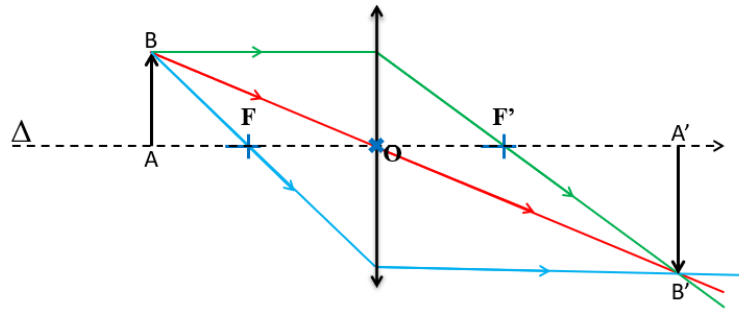
→ La fréquence se déduit de la période : $f = \frac{1}{T}$

A.N : $f = \frac{1}{2,17 \times 10^{-15}} = 4,61 \times 10^{14} \text{ Hz}$

II. Image d'un objet par une lentille mince convergente :

1. Schéma donnant l'image d'un objet par une lentille convergente :

- Un schéma suffisamment précis (sur papier millimétré) suffit pour permettre de mesurer les différentes distances. Un problème d'optique peut donc être résolu par une construction graphique ou par le calcul.



- Le rayon qui passe par le centre de la lentille O n'est pas dévié.
- Le rayon qui arrive parallèlement à l'axe optique passe par le foyer image F'
- Le rayon qui passe par le foyer objet F ressort parallèlement à l'axe optique

2. Vocabulaire et convention

- O, centre de la lentille est appelé **centre optique**.
- Δ, appelé **axe optique**, passe par le milieu de la lentille, orienté selon le sens de propagation de la lumière.
- $OF = OF'$ **distance focale**, exprimée en mètre (m) et caractéristique de la lentille.

La distance focale permet de définir la **vergence** C de la lentille : $C = \frac{1}{OF}$ en dioptries (δ). Plus la vergence est forte, plus la lentille est convergente.

- AB représente **l'objet** et A'B' **l'image** de AB par la lentille.
- La notation $\overline{OA}$ se lit **valeur algébrique** de la distance OA, elle est **orientée** : $\overline{OA} = -\overline{AO}$
Horizontalement l'axe optique Δ est orienté vers la droite (sens de propagation de la lumière)
et **verticalement** le schéma est orienté vers le haut.

Ainsi, dans le schéma ci-dessus : $\overline{OA'}$ et $\overline{OF'}$ dans le sens de propagation de la lumière sont positifs tandis que $\overline{OA}$ est négatif. Verticalement, $\overline{AB}$, vers le haut, est positif tandis que $\overline{A'B'}$ est négatif.

3. La relation de conjugaison

- La **relation de conjugaison** permet de calculer algébriquement les valeurs de $\overline{OA}$, $\overline{OA'}$ ou $\overline{OF'}$ (en fonction des informations disponibles).

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

avec $\overline{OA}, \overline{OA'}$ et $\overline{OF'}$ distances (en m)

- **Le grandissement** permet de calculer la taille de l'image.

L'application du théorème de Thalès montre que le rapport de la taille de l'image sur la taille de l'objet est égal au rapport de la distance de l'image sur la distance de l'objet par rapport à la lentille.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

avec $\overline{OA}, \overline{OA'}, \overline{AB}$, et $\overline{A'B'}$ distances (en m)
Ici aussi les valeurs sont algébriques, donc orientées.

- Si $\gamma < 0$, l'image est renversée. Si $\gamma > 0$, l'image est dans le même sens que l'objet.
- Si $|\gamma| > 1$, l'image est plus grande que l'objet. Si $|\gamma| < 1$, l'image est plus petite que l'objet.

Exemple

Calculer la position et la taille de l'image d'un objet de taille 1 cm situé à 1 m d'une lentille de distance focale 20 cm.

→ **Position de l'image :**

relation de conjugaison $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ $\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{\overline{OF'} \times \overline{OA}}{\overline{OF'} + \overline{OA}}$

A.N : $\overline{OA'} = \frac{0,20 \times (-1)}{0,20 - 1} = 0,25 \text{ m}$ (qui est bien positif)

L'image sera donc située à 25 cm de la lentille.

→ **Taille de l'image :**

$$\text{relation du grandissement : } \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{OA}}$$

$$\text{A.N : } \overline{A'B'} = \frac{0,25 \times 0,01}{-1} = -2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

La taille de l'image sera donc de 2,5 mm et négative car inversée et donc orientée vers le bas.

III. La couleur d'un objet

1. La perception des couleurs par l'œil humain

- L'œil humain perçoit les couleurs grâce aux cellules de sa rétine, appelés cônes. Il existe trois types de récepteurs qui perçoivent des longueurs d'ondes différentes : le rouge, le vert, le bleu.
- Le cerveau interprète la quantité perçue de rouge, de vert et de bleu pour reconstituer une couleur. Toutes les couleurs que nous voyons peuvent donc être définies par du rouge, du vert et du bleu mélangés dans les bonnes proportions. Si les quantités de chaque sont identiques, nous voyons du gris.
- Un daltonien est une personne qui n'a que deux types de cônes fonctionnels, elle ne voit donc pas toutes les couleurs.
- On peut donc raisonner en considérant que la lumière blanche est composée de rouge, de vert et de bleu.

2. Couleur d'un objet

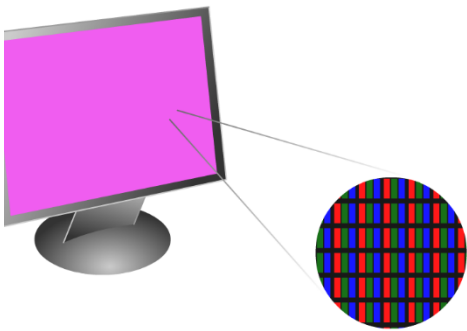
- Un objet éclairé par une source de lumière absorbe certaines longueurs d'onde et en diffuse d'autres.
- Sa couleur apparente est celle de la lumière qu'il n'absorbe pas, donc qu'il diffuse.

Exemple

Éclairée par de la lumière blanche, une tomate paraît rouge car elle absorbe toutes les longueurs d'onde sauf le rouge qu'elle diffuse.

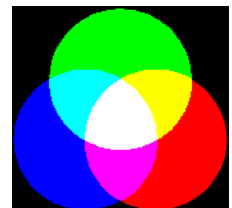
Éclairée par une lumière bleue ou verte, une tomate paraît noire car elle absorbe ces couleurs et ne diffuse plus rien.

3. Le fonctionnement des écrans : la synthèse additive



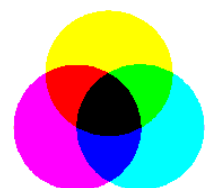
sous pixel s'ajoutent, on parle de synthèse additive. En synthèse additive, le rouge, le vert et le bleu sont appelées couleurs primaires.

- Les écrans ont été fabriqués de manière à s'adapter à l'œil. ils sont composés de petits points, les pixels, eux même composés de 3 sous-pixels. Un rouge, un vert, un bleu (RVB). Le pixel étant petit, l'œil ne voit que le mélange des 3 sous-pixels.
- Si les trois pixels sont éteints, le point est noir, s'ils sont tous pleinement allumés il paraît blanc. Le dosage de l'allumage de chaque sous-pixel permet de définir toutes les couleurs du visible.
- Comme les lumières diffusées par chaque



4. Le fonctionnement des imprimantes : la synthèse soustractive

- Dans le cas d'une impression ou de la peinture, il n'y a pas d'émission de lumière. C'est la lumière blanche ambiante qui éclaire la feuille. On utilise donc des pigments de couleur pour soustraire une partie de la lumière blanche.
- Plus il y a de cyan, plus le rouge est absorbé sur la feuille. Plus il y a de jaune, plus le bleu est absorbé et plus il y a de magenta, plus le vert est absorbé. Une couleur est donc restituée par synthèse soustractive, en soustrayant de la couleur à la lumière blanche.
- Donc en synthèse soustractive, les couleurs primaires sont le cyan, le magenta et le jaune. (CMJN) En fait, il faut aussi du noir, car les couleurs ne sont pas parfaites, leur mélange ne donne pas un vrai noir.



- Si deux couleurs mélangées donnent du blanc en synthèse additive ou du noir en synthèse soustractive, elles sont dites complémentaires l'une de l'autre.

Exemple :

→ Le bleu et le jaune sont deux couleurs complémentaires.

- Dans le cas d'une solution colorée, une partie de la lumière est absorbée, et une partie transmise. L'œil voit la lumière transmise, donc la lumière complémentaire de celle qui est absorbée. Exemple :

→ Une solution de permanganate de potassium apparaît de couleur magenta (mélange de rouge et de bleu), cela signifie qu'elle absorbe la couleur complémentaire du magenta, donc le vert.

IV. Modèle corpusculaire de la lumière :

1. Le photon

- Certaines expériences lumineuses ne peuvent pas s'expliquer en considérant que la lumière est une onde. (par exemple l'effet photo-électrique) Pour les expliquer on doit considérer la lumière comme composée de petits paquets d'énergie appelés **photons**.
- L'énergie d'un photon dépend uniquement de la fréquence de la radiation émise, c'est à dire de sa longueur d'onde. On peut passer de l'énergie du photon à sa longueur d'onde à l'aide de la relation de Planck :

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

avec

ΔE l'énergie du photon (en J)

ν fréquence de la radiation (en Hz)

λ longueur d'onde (en m)

c célérité, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

h constante de Planck, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Remarque : Le joule étant une unité trop grande pour les énergies concernant le photon, on utilise une autre unité d'énergie appelée l'électron-volt de symbole eV : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Exemple

Calculer, en Joules puis en eV, l'énergie d'un photon d'une radiation de longueur d'onde $\lambda = 800 \text{ nm}$.

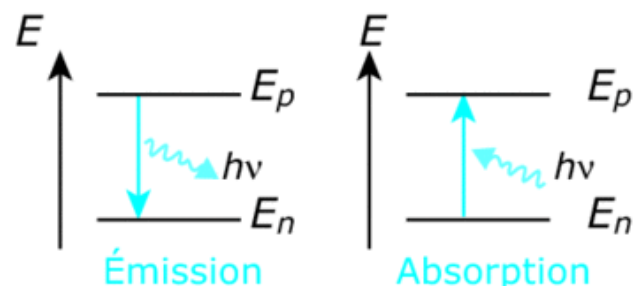
→ D'après la relation de Planck : $\Delta E = h \cdot \nu$ et $\nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \Delta E = h \times \frac{c}{\lambda}$

A.N : $\Delta E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{800 \cdot 10^{-9}} = 2,49 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

→ Conversion en eV : $\Delta E = \frac{2,49 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,55 \text{ eV}$

2. Interactions entre la lumière et la matière

- Les électrons d'un atome sont capables de capter l'énergie d'un photon, et donc d'absorber sa longueur d'onde. On dit alors que l'atome est **excité**, il a accumulé de l'énergie.
- Puis l'atome se désexcite et revient à son **niveau d'énergie fondamental** (minimal) en émettant un photon. Il émet alors de la lumière. C'est le phénomène utilisé pour obtenir les couleurs des feux d'artifice.
- Un électron de la **couche de valence** est au niveau fondamental. S'il capte l'énergie d'un photon, il saute vers une couche plus éloignée du noyau, donc de plus haute énergie.
- MAIS seuls certains niveaux (quantités) d'énergie bien précis sont possibles. On dit que l'énergie est **quantifiée**.
- Un électron ne peut absorber ou émettre un photon que si son énergie correspond exactement à l'écart d'énergie entre deux niveaux.
- Les niveaux d'énergie possibles sont caractéristiques de l'atome étudié.
- Un changement de niveau s'appelle une transition et est symbolisée par une flèche droite :



- Lors d'une transition d'un niveau supérieur à un niveau inférieur, l'atome cède de l'énergie en émettant un photon.
- Lors d'une transition d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, l'atome reçoit de l'énergie en absorbant un photon.

Exemple : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Pour passer d'un niveau d'énergie à un autre, l'atome doit absorber ou émettre un photon qui contient l'énergie correspondant exactement à la différence entre les deux niveaux concernés.

→ Pour passer du niveau 2 au niveau 3, l'atome devra absorber un photon d'énergie exactement égale à $\Delta E = |-1,51 - (-3,39)| = 1,88 \text{ eV}$

→ Pour passer du niveau 5 au niveau 3, l'atome devra émettre un photon d'énergie exactement égale à $\Delta E = |-1,51 - (-0,54)| = 0,97 \text{ eV}$

