



# La Biophy présente les Jeux Olym'tut

Lil'éon





# Programme de ces 2h

02

1er cours –  
L'eau

03

2ème cours –  
Concentrations des  
solutions

04

3ème cours –  
Physique de la matière

01

Introduction



05

Conclusion  
Questions  
QCM



# 1er cours – L'eau

1

*Etat liquide*

2

*Structure de l'eau*

3

*Propriétés physiques de  
l'eau (conséquences des  
liaisons hydrogène)*

4

*Conclusion*



# 1

## Etat liquide

Les molécules sont soumises à 2  
tendances opposées :

Tendance à la dispersion :

$$E_c \propto k_B T$$

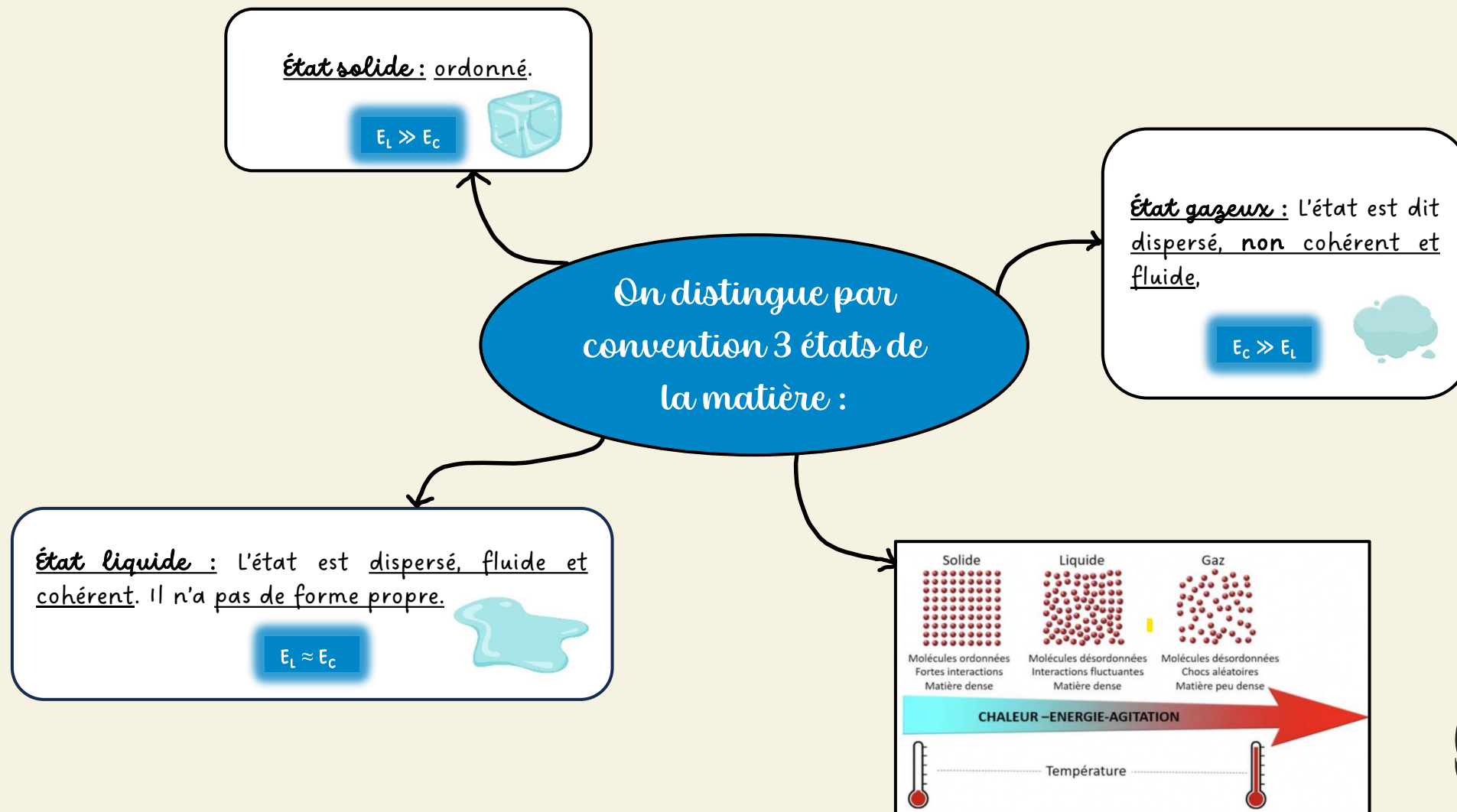
Tendance au rassemblement





# 1

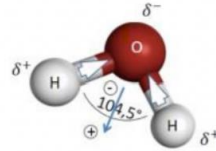
## Etat liquide





## Structure de l'eau

### La molécule d'eau



#### Dipôle :

- > Forte électronégativité de l'atome d'oxygène
- > Excédant d'électrons sur l'O et déficit sur les H

#### Constante diélectrique ( $\epsilon$ ):

- > Très élevée
- > A l'origine de la qualité de solvant
- >  $\epsilon = 80$

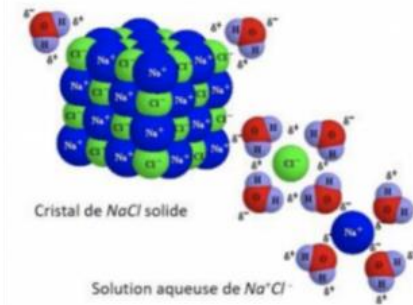




### L'Eau, solvant des corps ioniques

- > Excellent solvant des corps ioniques
- > Forces d'attraction entre ions réduites d'un facteur 80
- > Les molécules d'eau forment une sorte d'écran entre ions

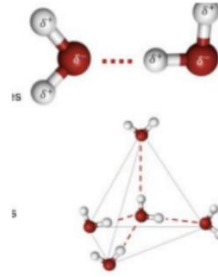
#### Solvatation des ions :





## Structure de l'eau

### Liaisons hydrogène



Responsables de l'agencement en une structure 3D tétraédrique. Chaque molécule d'eau pourra s'associer avec 4 molécules voisines. Edifice relativement stable avec des distances relativement fixes en fonction de la température.

Liaison électrostatique d'intensité intermédiaire par rapport aux autres types de liaison.  
20 fois > aux liaisons de Van der Waals  
20 fois < aux liaisons covalentes (interatomiques)

Formées par un atome d'hydrogène d'une molécule et un atome d'oxygène d'une AUTRE molécule. Dues à la **forte polarité** des molécules.










## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Rappel : Les différents états de l'eau :

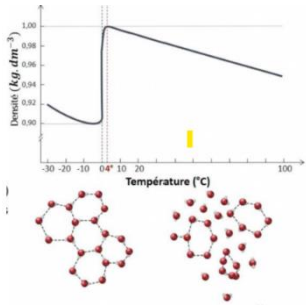
-  **État solide** : molécules d'eau sont unies, les liaisons hydrogènes expliquent la forte cohésion et la forme cristalline de l'eau.
-  **État liquide** : molécules liées par des liaisons hydrogène, peuvent se déplacer et former des liaisons hydrogènes.
-  **État gazeux** : l'agitation thermique prédomine, liaisons hydrogènes n'interviennent quasiment.





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Masse volumique de l'eau ( $m/V_q$ ) :



C'est une des conséquences directes des liaisons hydrogène +++

Pour la plupart des liquides :  $m/V_q \nearrow$  lorsque la température  $\searrow$  (et inversement), surtout quand elles se solidifient/se cristallisent.  
Pour l'eau : sa densité est maximale à 4°C puis va  $\searrow$  brutalement lorsque la température  $\searrow$ .

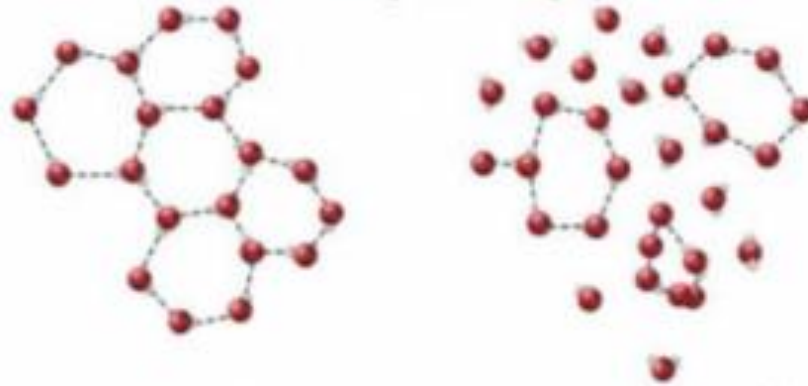
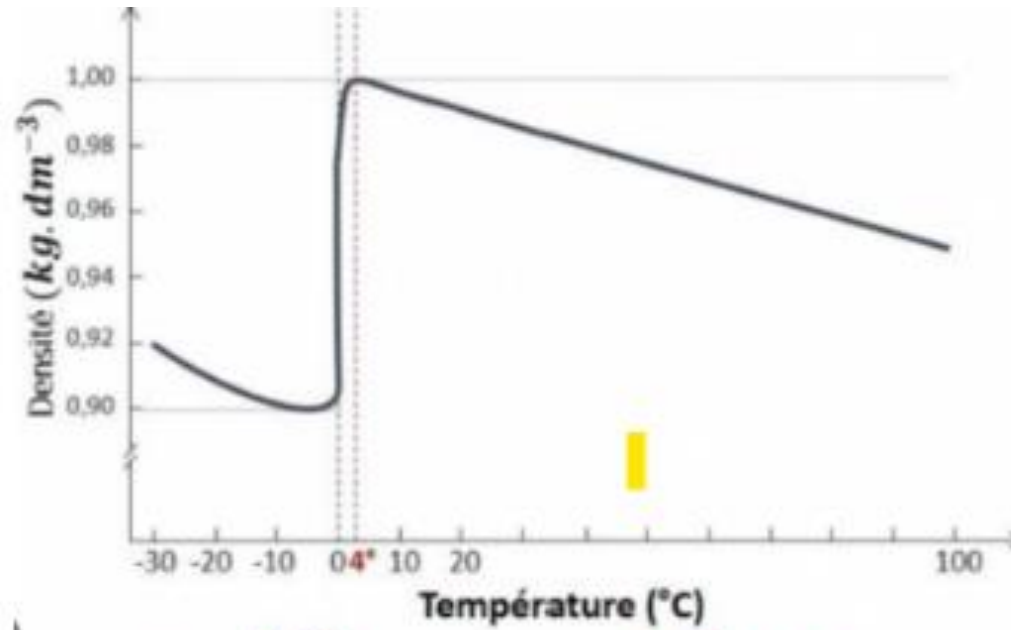
Ainsi, la densité de la glace est inférieure à celle de l'eau liquide +++ (le volume de la glace est supérieur au volume liquide)

Tout ça parce que le volume augmente lorsque la température diminue





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

C'est la 2ème  
conséquence directe des  
liaisons hydrogène ++

### Chaleur latente :

- Enthalpie de changement, d'état quantité d'énergie qu'il faut fournir (ou retirer) à un corps pour obtenir un changement d'état à température et pression constante
- S'exprime en  $J.kg^{-1}$
- Il existe plusieurs chaleurs latentes

## Propriétés calorifiques de l'eau partie 1

### Chaleur sensible de l'eau :

- $c_{eau} = 4,18 J.kg^{-1} . ^\circ C^{-1}$  (pour passer de 14,5 à 15,5  $^\circ C$ ).
- A la base de la définition de la calorie : quantité d'énergie à fournir pour élever la température d'1g d'eau de  $1^\circ C$ , soit 4,18 J.
- Valeur très élevée comparée à celle d'autres solvants. Il faut fournir beaucoup d'énergie à l'eau pour élever sa température.
- Conséquences des liaisons hydrogène +++.
  - Au niveau physiologique
  - Au niveau géographique

### Chaleur sensible :

- Quantité d'énergie qu'il faut fournir à un corps pour augmenter sa température SANS changement d'état.
- Donnée par la relation :  $Q = m.c.(T2 - T1)$  en Joules
- Caractérisée par la chaleur spécifique (= capacité massique = capacité thermique massique)





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Chaleur latente de vaporisation de l'eau :

-> La vaporisation de l'eau peut se faire par :

- **Évaporation** : phénomène de SURFACE, relativement LENT et dépend pressions partielles de vaporisation

- **Ébullition** : phénomène BRUTAL, VOLUMIQUE, RAPIDE et survient à 100°C.

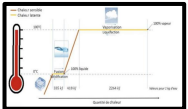
-> Egale à 2264 kJ.kg<sup>-1</sup>

-> Elle correspond à la quantité de chaleur que doit absorber un kilo d'eau à température constante pour passer de l'état liquide à l'état gazeux en restant à 100°C.

-> Très élevée par rapport à d'autres fluides => dû aux liaisons hydrogène

-> Conséquences au niveau physiologique :

- L'efficacité de la transpiration



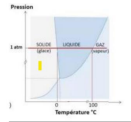
### Propriétés calorifiques de l'eau partie 2

### Changements d'états de l'eau

- A pression atmosphérique, même schéma d'évolution décrit précédemment. Mais pression à prendre en compte. Les liaisons hydrogènes sont plus ou moins présentes en fonction de la pression, disparaissent ou apparaissent brutalement selon les changements de pression.

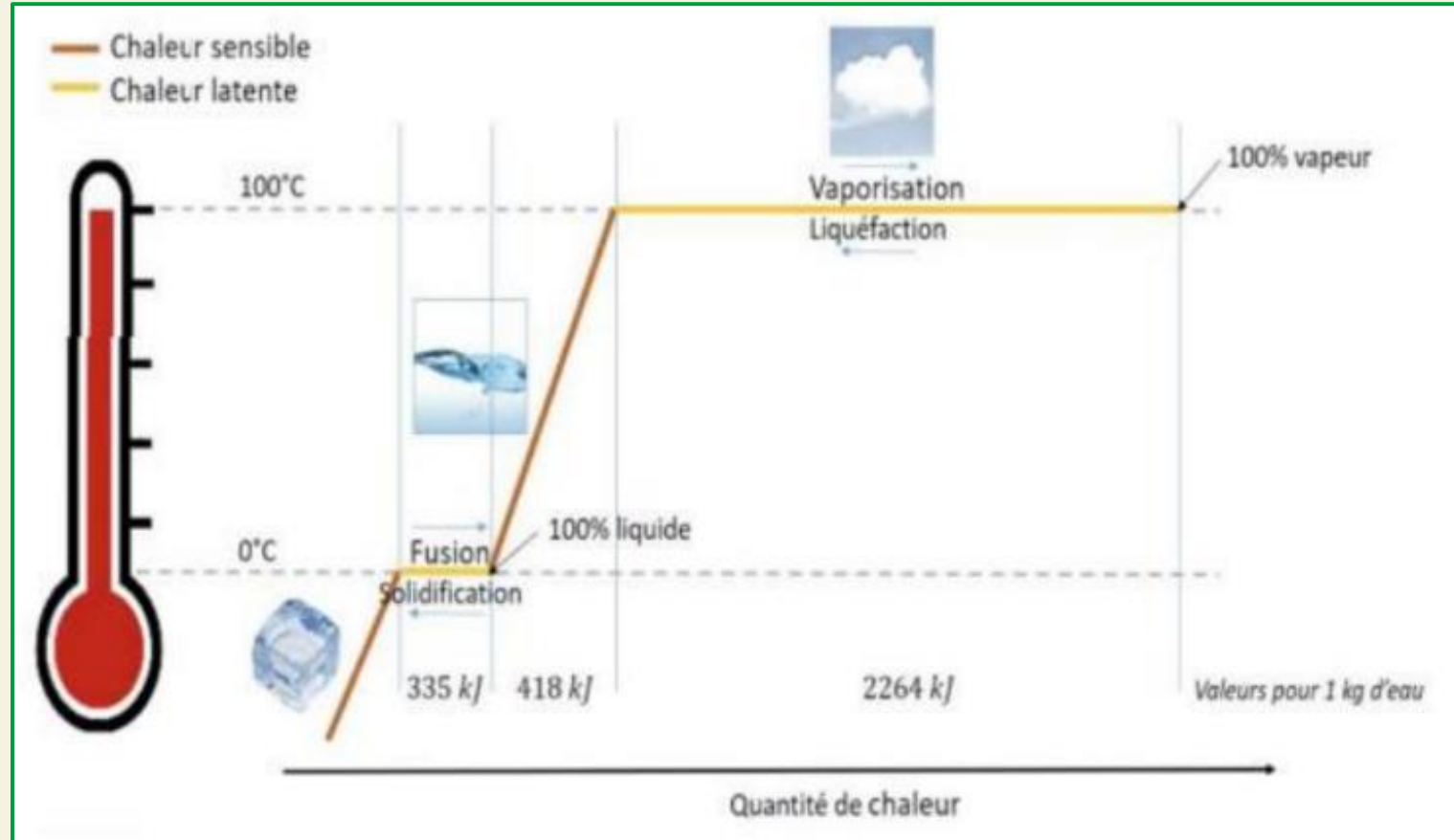
- A très basse pression, on peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux => SUBLIMATION, JAMAIS en physiologie.

- A une certaine pression et température => point triple : zone où les 3 états de l'eau coexistent et sont en équilibre.





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Chaleur latente de vaporisation de l'eau :

-> La vaporisation de l'eau peut se faire par :

- Évaporation : phénomène de SURFACE, relativement LENT et dépend pressions partielles de vaporisation

- Ébullition : phénomène BRUTAL, VOLUMIQUE, RAPIDE et survient à 100°C.

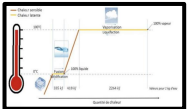
-> Egale à 2264 kJ.kg<sup>-1</sup>

-> Elle correspond à la quantité de chaleur que doit absorber un kilo d'eau à température constante pour passer de l'état liquide à l'état gazeux en restant à 100°C.

-> Très élevée par rapport à d'autres fluides => dû aux liaisons hydrogène

-> Conséquences au niveau physiologique :

- L'efficacité de la transpiration



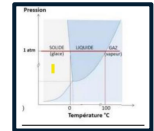
### Propriétés calorifiques de l'eau partie 2

### Changements d'états de l'eau

- A pression atmosphérique, même schéma d'évolution décrit précédemment. Mais pression à prendre en compte. Les liaisons hydrogènes sont plus ou moins présentes en fonction de la pression, disparaissent ou apparaissent brutalement selon les changements de pression.

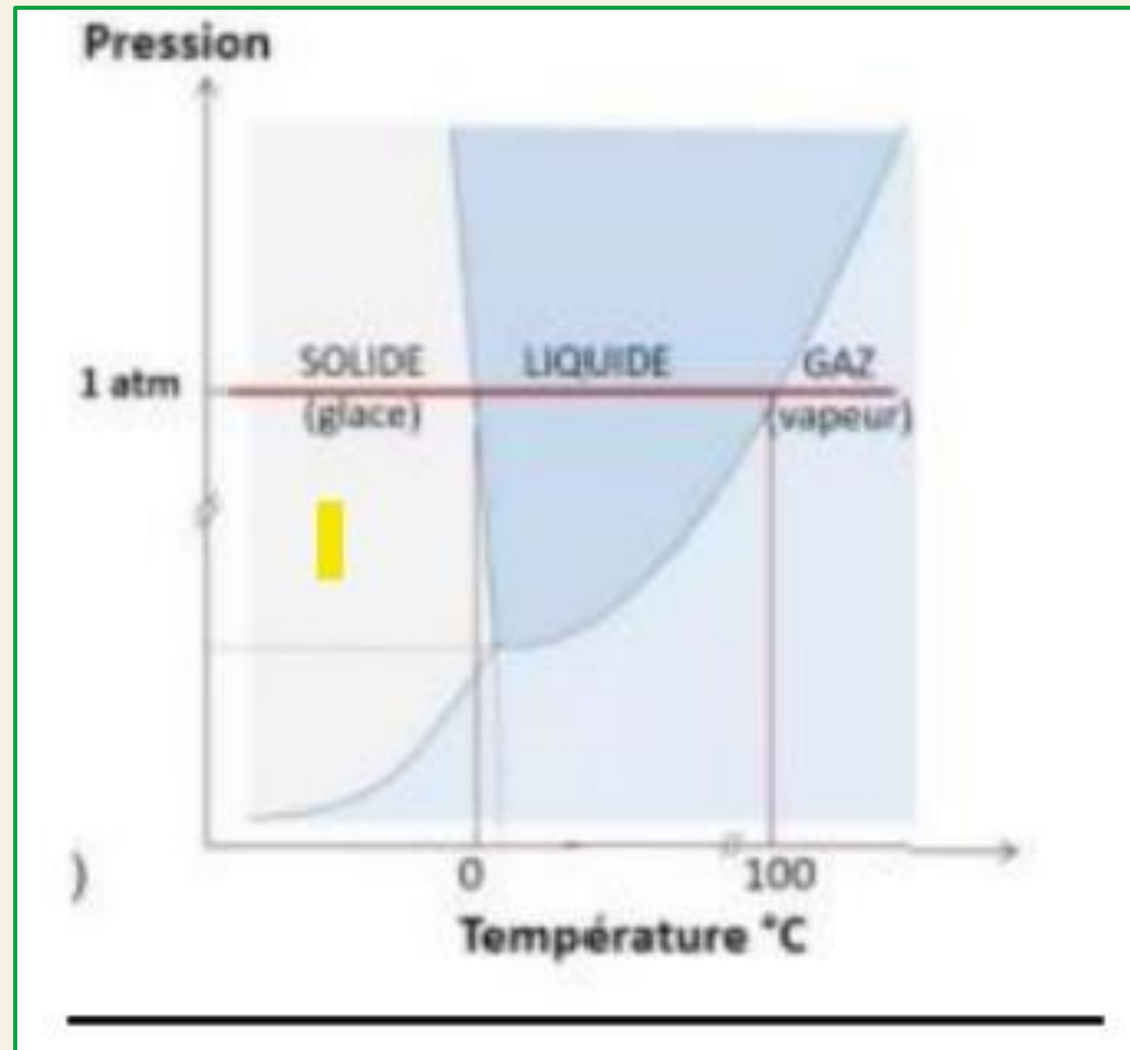
- A très basse pression, on peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux => **SUBLIMATION**, JAMAIS en physiologie.

- A une certaine pression et température => point triple : zone où les 3 états de l'eau coexistent et sont en équilibre.





## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)







## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Chaleur latente de vaporisation de l'eau :

-> La vaporisation de l'eau peut se faire par :

- Évaporation : phénomène de SURFACE, relativement LENT et dépend pressions partielles de vaporisation

- Ébullition : phénomène BRUTAL, VOLUMIQUE, RAPIDE et survient à 100°C.

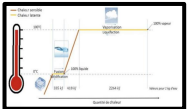
-> Egale à 2264 kJ.kg<sup>-1</sup>

-> Elle correspond à la quantité de chaleur que doit absorber un kilo d'eau à température constante pour passer de l'état liquide à l'état gazeux en restant à 100°C.

-> Très élevée par rapport à d'autres fluides => dû aux liaisons hydrogène

-> Conséquences au niveau physiologique :

- L'efficacité de la transpiration



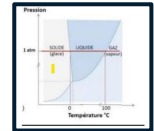
### Propriétés calorifiques de l'eau partie 2

### Changements d'états de l'eau

- A pression atmosphérique, même schéma d'évolution décrit précédemment. Mais pression à prendre en compte. Les liaisons hydrogènes sont plus ou moins présentes en fonction de la pression, disparaissent ou apparaissent brutalement selon les changements de pression.

- A très basse pression, on peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux => SUBLIMATION, JAMAIS en physiologie.

- A une certaine pression et température => point triple : zone où les 3 états de l'eau coexistent et sont en équilibre.

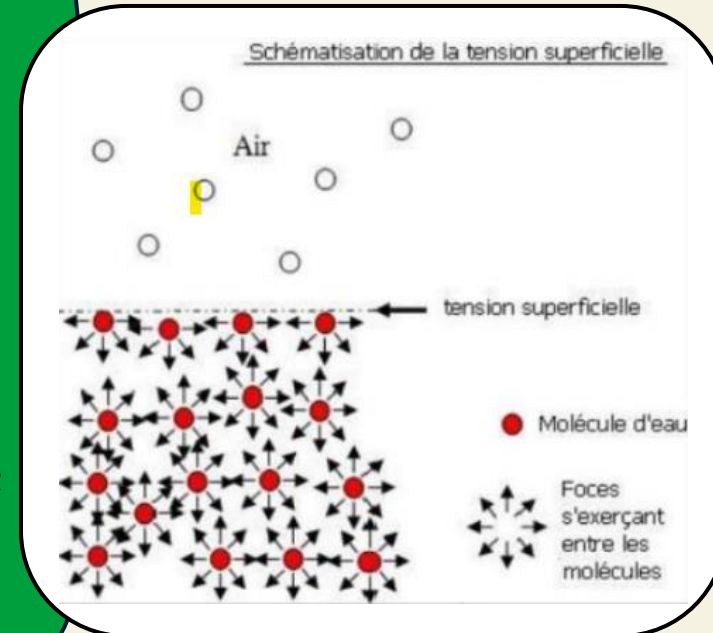




## Propriétés physiques de l'eau (conséquences des liaisons hydrogène)

### Tension superficielle :

- Phénomène lié aux énergies de liaisons entre molécules d'eau spécifiquement à l'interface entre l'eau et l'air :
  - Les Molécules internes :  
résultante globalement nulle
  - Les Molécules de surface :  
résultante non nulle et va créer une force de cohésion particulière
- Application physiologique





## Conclusion

L'eau possède des **propriétés exceptionnelles** c'est un dipôle avec une **constante diélectrique très élevée** (au cas où vous ne l'aurez pas compris) faisant de lui un **excellent solvant des corps ioniques**.

Les molécules d'eau sont reliées entre elles par des **liaisons hydrogène** relativement fortes. L'intensité de ces liaisons hydrogène sont à l'origine d'une multitude de conséquences et propriétés qui vont être propres à l'eau :

- L'évolution de la densité de l'eau en fonction de la température
  - La chaleur latente et spécifique de l'eau très particulières
    - La tension superficielle, très élevée, contrecarrée par le surfactant au niveau des poumons.

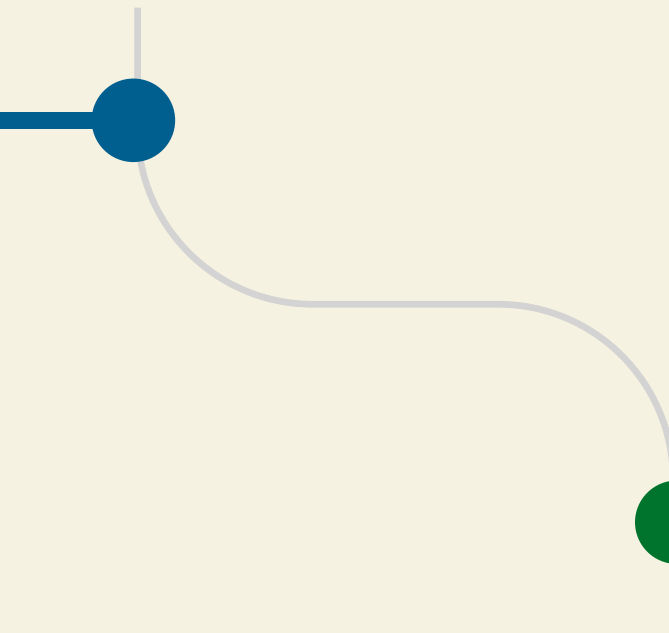




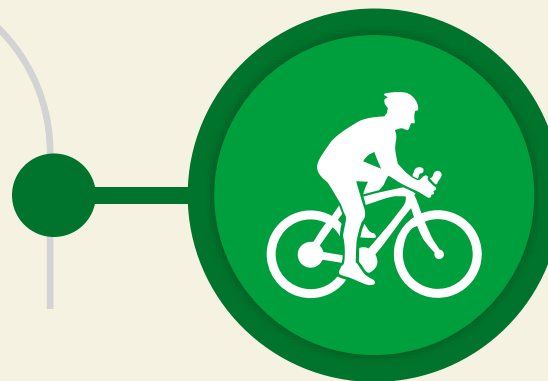
# 2ème cours – Concentrations des solutions



*Les solutions*



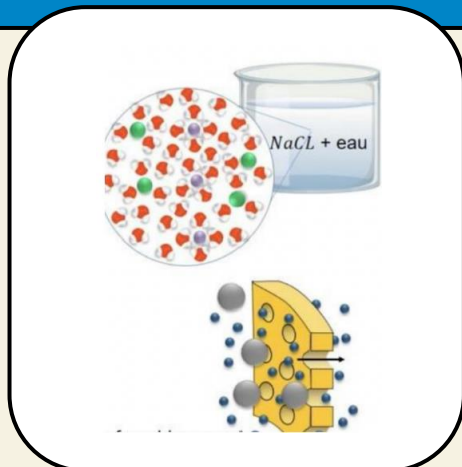
*Les concentrations*





## Les solutions

### Solution :



Une solution : mélange liquide où il y a au moins deux espèces différentes. Il y en a une qui prédomine sur les autres, c'est le solvant, les autres sont le(s) soluté(s).

Une solution : mélange homogène même jusqu' au niveau moléculaire. Les composants sont des petites molécules ou des ions. Ces solutions :

- ne sédimentent pas
- peuvent dialyser

En biologie, le solvant majoritaire habituel est l'eau.

L'eau est le solvant et le NaCl est le soluté.

Il en va différemment pour les suspensions.

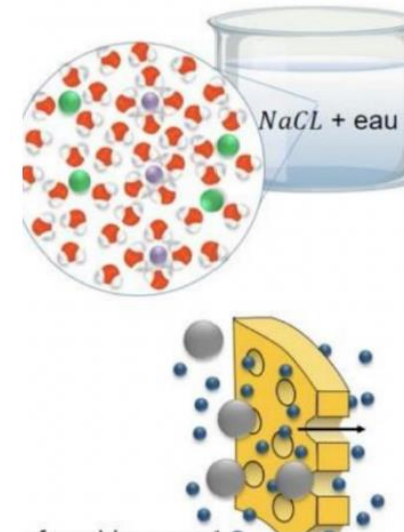




### Une suspension :

ce n'est pas au sens strict une solution  
puisque c'est un **mélange de grosses  
molécules voire de cellules**. Les solutés :

- peuvent **sédimenter**
- **ne peuvent pas dialyser** (à la différence  
des solutions) : franchissement d'une  
membrane synthétique avec des pores  
relativement petits (trous) pour que les  
petites molécules la traversent (dialyse)  
alors que les grosses ne pourront pas (ne  
dialyse pas).





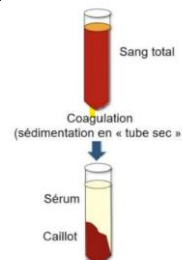
## Les solutions

Le sang total est une suspension, il contient des grosses molécules, des cellules et des sels minéraux.

Si on laisse le sang sédimenter dans un tube sec, on laisse coaguler spontanément. Au bout d'un certain temps, formation d'un caillot formé et au-dessus un liquide qui est une solution vraie.

Il s'agit du sérum, solution aqueuse de micromolécules. Donc ici la solution est le sérum et le sang total est la suspension.

## Exemple du sang



Si on avait laissé sédimenter le sang total avec un anticoagulant on aurait au fond la formation d'un culot, une solution de cellules, et au-dessus le plasma.

Plasma = sérum + facteurs coagulation + fibrinogène (grosses molécules).  
Donc le plasma, n'est pas véritablement une solution, c'est une suspension.





## Les concentrations

### Pourquoi connaître la concentration ?

On a besoin de connaître la disponibilité des solutés vis-à-vis des réactions chimiques qui peuvent se produire dans cette solution.

Dans une solution réelle, cette disponibilité dépend :

Du nombre de moles de solutés

Des énergies de liaisons entre les molécules  
(interactions relativement complexes)

→ Difficile à modéliser

En pratique on se place dans une solution dite idéale, qui est suffisamment diluée pour qu'on puisse neutraliser la plupart des interactions entre les molécules et que seules persistent les interactions des molécules de solvant entre elles, et non pas celles du soluté.

Dans ces conditions la disponibilité du soluté est pleinement exprimée par sa **concentration**. Si on parle de concentration, ça veut dire qu'on se rapporte à une solution idéale de manière souvent implicite.



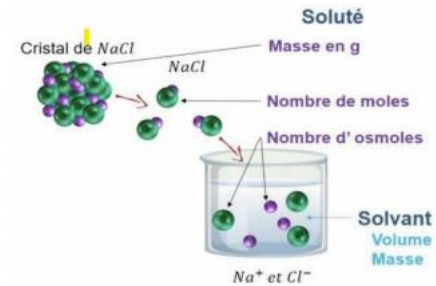




## Les concentrations

### Comment exprimer la concentration d'une solution ?

Exemple : On veut fabriquer une solution aqueuse de NaCl. On prend un cristal de NaCl. Une fois en solution, il va y avoir des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ .



Pour exprimer la quantité de soluté on a donc 3 possibilités, on peut exprimer :

Le nombre d'osmoles dissoutes

Le nombre de moles

La masse de sel qu'on va mettre dans cette solution

Concernant le solvant (ici l'eau), on peut mesurer :

Soit son volume

Soit sa masse

L'expression des concentrations va être la combinaison de l'expression du soluté (en masse, en nombre de moles ou en osmoles) par rapport au solvant (en volume ou en masse).





## Les concentrations

### Concentrations pondérales

On exprime la masse du soluté :

#### 1. Par rapport au volume du solvant

Concentration volumique  $c$  :

$$c = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} \text{ g.L}^{-1}$$

#### 2. Par rapport à la masse de la solution

Concentration massique (=titre) :

$$\tau = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{eau}} + m_{\text{soluté}}} \%$$





## Les concentrations

### Concentrations molaires

On ne compte plus la masse mais le nombre de moles qui constitue le solvant, donc ce sont les concentrations molaires, on les exprime :

#### 1. Par rapport à un volume de solution

Concentration volumique (molarité) :  $C^M$

$$C^M = \frac{n}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

#### 2. Par rapport à la masse de la solution

Concentration massique (molalité) :  $C^m$

$$C^m = \frac{n}{m_{\text{eau}}} \text{ mol.kg}^{-1}$$





## Les concentrations

### Concentrations osmolaires

*Il s'agit de savoir combien on a d'osmoles dans la solution.*

#### 1. Par rapport à un volume

Concentration volumique (osmolarité):  $C^o$

$$C^o = \frac{n_{osm}}{V} = iC^M \text{ osmol.L}^{-1}$$

#### 2. Par rapport à la masse de la solution

Concentration massique (osmolalité):  $C^o$

$$C^o = \frac{n_{osm}}{m_{eau}} = iC^m \text{ osmol.kg}^{-1}$$

Facteur de Van't Hoff :

$$i = 1 + \alpha(\nu - 1)$$





## Les concentrations

### Tableau récapitulatif des concentrations +++

Soluté	Solvant			
	Concentrations volumiques		Concentrations massiques	
Masse	Concentration pondérale	$c = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} \text{ g.L}^{-1}$	Titre	$\tau = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{eau}} + m_{\text{soluté}}} \%$
Moles	Molarité	$C^M = \frac{n}{V} \text{ mol.L}^{-1}$	Molalité	$C^m = \frac{n}{m_{\text{eau}}} \text{ mol.kg}^{-1}$
Osmoles	Osmolarité	$C^o = \frac{n_{\text{osm}}}{V} \text{ osmol.L}^{-1}$	Osmolalité	$C^o = \frac{n_{\text{osm}}}{m_{\text{eau}}} \text{ osmol.kg}^{-1}$





# 3ème cours – Physique de la matière



*Notion de masse et d'énergie*



*Particules et ondes*



*Éléments sur la structure  
électronique de l'atome*



# 1

## Notion de masse et d'énergie

### La masse en mécanique classique

Mesure de la quantité de matière d'un corps, en kg ou en g mais pas adaptés à la physique

-> Il faut trouver une unité de masse cohérente avec la nomenclature des noyaux:



A : nombre de masse (nombre de nucléons)

Z : numéro atomique (nombre de protons)



## Notion de masse et d'énergie

### Masse (molaire) atomique

C'est la masse d'une mole d'atome (en g) +++

C'est la masse de N atomes avec  $N = 6,02 \times 10^{23}$  (le nombre d'Avogadro)

(Le nombre de masse A est l'entier le plus proche de la masse atomique)

La masse molaire nous donne des chiffres manipulables mais elle concerne un nombre élevé d'atomes.

Masse	Hydrogène ${}^1_1\text{H}$	Carbone ${}^{12}_6\text{C}$	Oxygène ${}^{16}_8\text{O}$
D'un atome en g	$0,167 \cdot 10^{-23}$	$2 \cdot 10^{-23}$	$2,657 \cdot 10^{-23}$
D'une mole d'atomes en g masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16





## Notion de masse et d'énergie

### L'unité de masse atomique $u$

Hors SI mais adaptée à l'échelle des atomes, on l'utilise en physique

Une unité de masse atomique correspond à 1/12ème de la masse d'un atome de carbone 12

$$1u = \frac{12g}{N} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{N} = \frac{1}{6,02 \times 10^{-23}} = 0,166 \times 10^{-23}$$

$$m_u = m_g \times N$$

Masse	Hydrogène $^1_1\text{H}$	Carbone $^{12}_6\text{C}$	Oxygène $^{16}_8\text{O}$
D'un atome en g	$0,167 \cdot 10^{-23}$	$2 \cdot 10^{-23}$	$2,657 \cdot 10^{-23}$
D'une mole d'atomes en g masse atomique	1,007	12	15,994
D'un atome en unité de masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16



## Notion de masse et d'énergie

### Relation masse/énergie

#### En mécanique classique

La masse est définie comme la résistance aux accélérations (utilisée pour calculer la force nécessaire pour qu'un corps acquiert une accélération).

#### En mécanique quantique

Einstein décrit une masse au repos comme une énergie :

$$E_0 = m_0 c^2$$

(avec  $c$  la vitesse de la lumière)

#### Équivalence masse/énergie pour 1u

$$\begin{aligned} 1u &= \frac{m_{\text{électron}} \cdot c^2}{1\text{eV en Joule}} = \frac{0,166 \times 10^{-26} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2}{1,602 \cdot 10^{-19}} \\ &= 931,5 \text{ MeV}/c^2 \end{aligned}$$



# 1

## Notion de masse et d'énergie

### Défaut de masse

Tout groupe cohérent de particules a un défaut de masse qui est lié à l'énergie de liaison de ses particules entre elles.

#### Au niveau du noyau (et de ses nucléons), en MeV

La masse du noyau constituée est inférieure à la somme de la masse de ses nucléons ++

$$M(A, Z) < \sum m_i \quad \Delta M(a, Z) = \sum m_i - M(A, Z)$$

$$(\Delta M = \{(M \text{ protons} \times \text{nombre de proton}) + (M \text{ neutron} \times \text{nb neutron})\} - M \text{ noyau constitué})$$

Équivalence en énergie :  $E = \Delta M c^2$  donc  $E_L = 931,5 \times \Delta M$  en MeV

#### Au niveau des molécules (et de leurs atomes), en eV

La masse d'une molécule donnée est inférieure à la somme des masses des atomes qui la composent. Ce défaut de masse correspond à l'énergie de liaison des molécules.

#### Au niveau de l'atome, en keV

La masse de l'atome constitué ( $\mathcal{M}(A, Z)$ ) est inférieure à la masse de la somme de ses constituants (=neutrons, électrons et protons)

$$\mathcal{M}(A, Z) < M(A, Z) + Z m_e$$

$$\Delta \mathcal{M}(A, Z) = M(A, Z) + Z m_e - \mathcal{M}(A, Z) = E_{le}$$



# 1

## Notion de masse et d'énergie

### Conclusion Exemple du carbone 12

Différentes manières de mesurer sa masse :

- La masse atomique : 12g
- La masse d'un atome : 12u

Nombre de nucléons :  $A = 12$

Avec l'équivalence masse/énergie :  $E_0 = m_0 c^2$ , on trouve l'énergie de liaison :

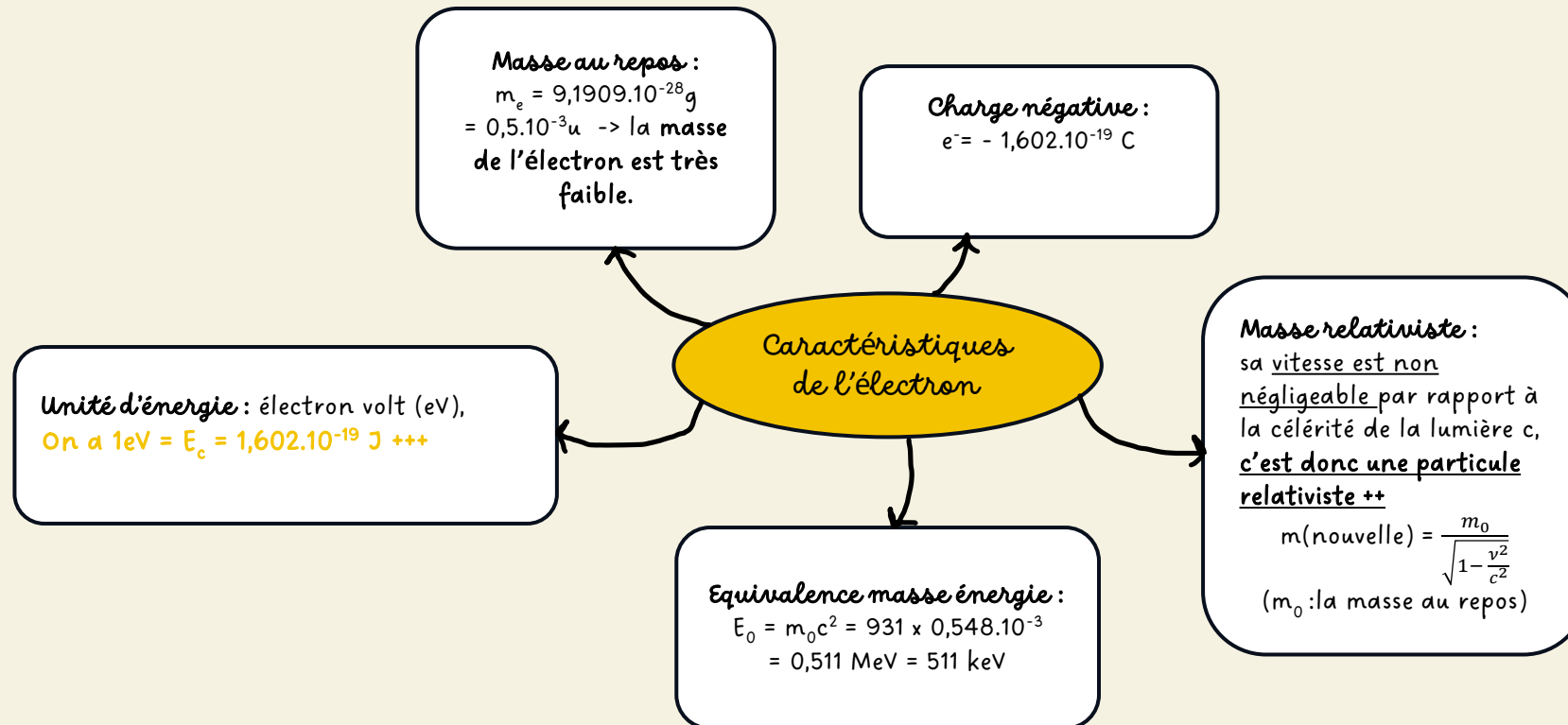
- L'énergie de liaison des électrons (on parle du défaut de masse au niveau atomique)  $E = 0,277 \text{ keV}/c^2$
- L'énergie de liaison au niveau des nucléons (on parle du défaut de masse au niveau du noyau)  $E = 92 \text{ MeV}/c^2$



## Particules matérielles

### L'électron

= électron négatif ou négaton. C'est la particule qui constitue le rayonnement cathodique d'un tube à rayon X et qui est émise lors des transformations radioactives  $\beta^-$ .





## Particules et ondes

### Le proton et le neutron

	Proton	Neutron
Masse au repos	$m_p = 1,007 \text{ u}$	$m_n = 1,009 \text{ u}$
Vitesse	Non relativiste	Non relativiste
Charge	$E^+ = 1,602 \cdot 10^{-19}$	Nulle
Stabilité	Stable	Instable hors du noyau : se décompose immédiatement ++

### L'atome d'hydrogène

Son noyau est composé d'un seul proton ( $m_p = 1,007 \text{ u}$ ) et on a  $m_e = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ u}$   
Donc la masse de l'atome d'hydrogène vaut :  $m_H = 1 \times m_p + 1 \times m_e = 1,0075 \text{ u}$

### Particules matérielles

Particules	Propriétés	Masse de repos	Charge
Positron $\beta^+$	Antiparticule de l'électron	$m = 0,5 \cdot 10^{-3}$	$+ 1,602 \cdot 10^{-19}$
Neutrino $\nu$ et antineutrino $\bar{\nu}$	Explique les radioactivités $\beta^+$ et $\beta^-$	Quasi nulle	Nulle
Particules $\alpha$	4 nucléons : $2p + 2n$ Noyau de l'hélium : ${}^4_2\text{He}$ Notée : $\alpha$ , $\alpha^+$ , ${}^4_2\text{He}$ , $\text{He}^{++}$	$m = 4,0015 \text{ u} < 2m_p + 2m_n$	$+ 3,204 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 2 \times e^+$



## Ondes électromagnétiques

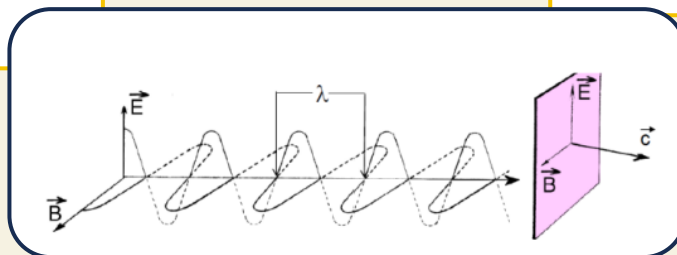
### Représentation ondulatoire de la matière

C'est une perturbation du champ électromagnétique qui se propage dans le vide à la vitesse de la lumière :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$   
C'est la propagation simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui vibrent en phase, et qui sont perpendiculaires l'un par rapport à l'autre et par rapport à la direction de propagation.

On caractérise les ondes électromagnétiques par :

Leur **longueur d'onde**,  $\lambda$ , qui est la plus petite distance séparant deux points de même excitation.

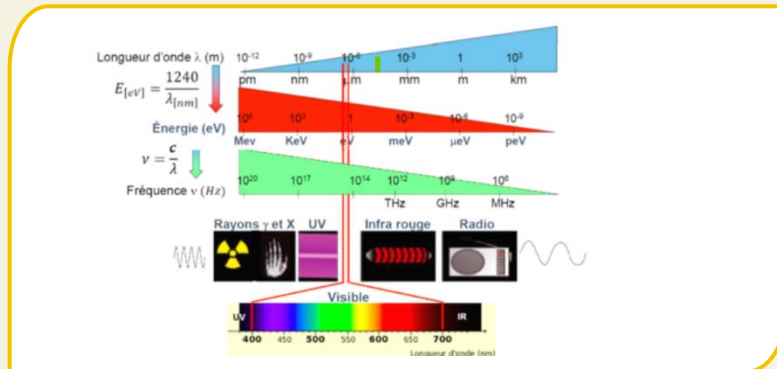
Leur **fréquence**,  $\nu$ , que l'on exprime avec la formule :  
 $\nu = \frac{c}{\lambda}$  en Hz++





# Particules et ondes

## Spectre des ondes électromagnétiques



## Représentation quantique

Une onde EM ne cède ou n'acquiert de l'énergie que par des quantités discontinues, qui sont des multiples de  $E = h\nu$  (avec  $h$  la constante de Planck  $6,62 \cdot 10^{-34}$ )

On a donc  $E = h\nu = hc/\lambda$  en J (première manière de calculer les « paquets » d'énergie = **quantum de Planck**) On peut aussi utiliser la relation de Duane et Hunt :

$$E = \frac{1240}{\lambda}$$

Attention !  $E$  et  $\lambda$  doivent être dans les bonnes unités :  $E$  en eV et  $\lambda$  en nm.





## Dualité onde/particule

### Selon Einstein

Les OEM peuvent être considérées comme ayant une nature corpusculaire : les photons.

→ On peut considérer les ondes comme des corpuscules appelés photons. Ils ont une masse théorique, qui est dynamique.

$$E = mc^2 = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow m = \frac{h}{\lambda c}$$

### Selon Broglie

On peut associer à chaque particule une représentation ondulatoire.

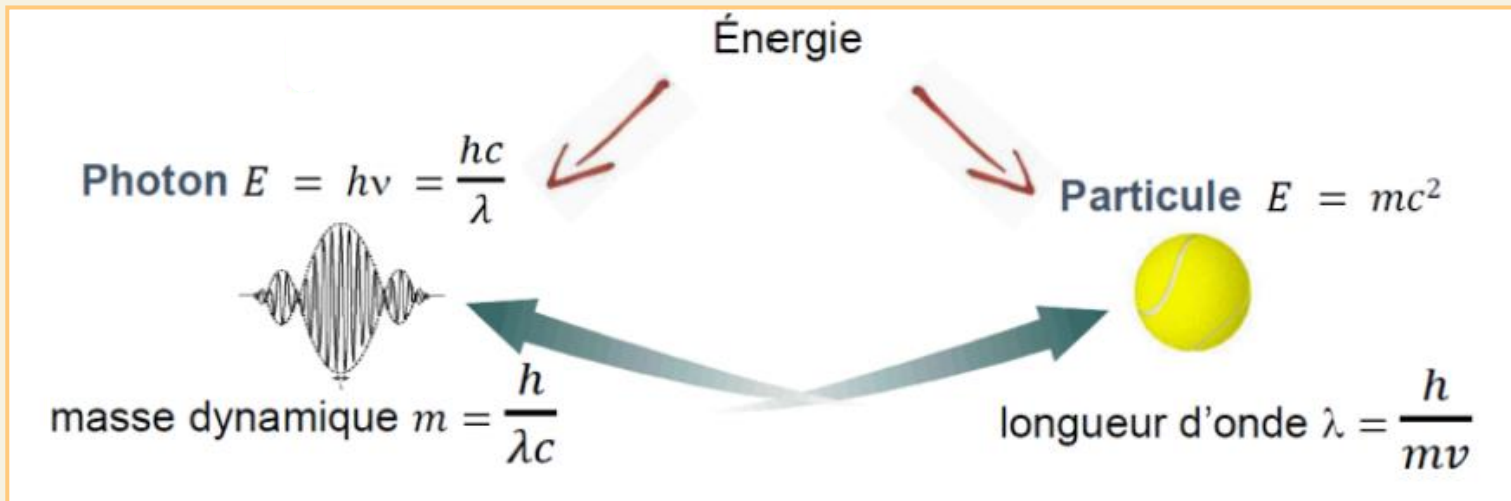
$m = \frac{h}{\lambda v}$  avec  $v$  la vitesse de la particule.

La relation d'Einstein vaut pour toutes les particules dont l'électron.

Ainsi, pour toute particule de masse  $m$  et de vitesse  $v$  on peut associer une longueur d'onde  $\lambda$



## Conclusion





## Éléments sur la structure électronique de l'atome

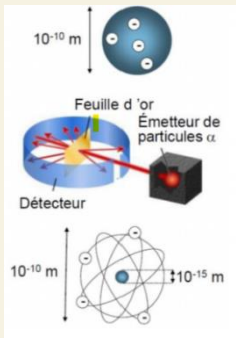
### Modèle de Rutherford

1911

Expérience de Rutherford  
En a conclu que la matière est  
pleine de vide

Décrit le modèle planétaire:

- La masse est concentrée au niveau du noyau (+)
- Les électrons (-), refoulés à la périphérie



### Modèle de Bohr

1913

Conséquence directe de la dualité  
onde-particule

Pense que seules certaines orbites  
sont possibles pour les électrons

La circonférence de l'orbite doit  
pouvoir loger un nombre fini de  $\lambda$

$$\ell = 2\pi r = n\lambda$$

Le rayon des orbites est quantifié:

$$r = n \frac{\lambda}{2\pi}$$



## Éléments sur la structure électronique de l'atome

### Modèle de Bohr: énergie des électrons

Pour l'atome H et l'orbite  $n$  on a l'énergie de l'électron qui vaut:

$$W_n = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{ eV}$$

Energie de liaison  $E_L$  de l'électron: c'est l'énergie qu'il faut apporter pour arracher cet électron à l'édifice atomique et l'emporter loin de l'influence du noyau

$$E_L = |W|$$

$W$  et  $E_L$  sont quantifiées de manière discontinue, car elles dépendent de  $n$ .

$n$	1	2	3	4
$r$ ( $10^{-10}\text{m}$ )	0,5	2	4,5	8
Orbite	K	L	M	N
$W_n$ (eV)	-13,6	-3,4	-1,5	-0,8

$$W_K/4$$

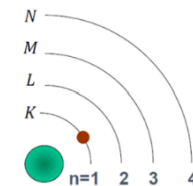
$$W_K/9$$

$$W_K/16$$

Dans le modèle de Bohr on note les orbites K, L, M... Pour l'atome d'H: A l'état fondamental, l'électron occupe la couche K (car correspond à la  $W_n$  minimale)

Il peut passer sur une orbite supérieure par absorption d'un quantum d'énergie

Exemple: si on apporte  $\Delta E = 10,2 \text{ eV}$  on va avoir un passage de l'électron de la couche K à la couche L





## Éléments sur la structure électronique de l'atome

### Généralisation du modèle de Bohr

Mais dans un atome, on a plusieurs électrons qui vont se gêner entre eux, et subir l'effet du nuage électronique: c'est l'effet écran  $\sigma$

$$W_n = - 13,6 \frac{(Z-\sigma)^2}{n^2} \text{ eV}$$

$$W_n = - 13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV}$$

Exemple : la couche M du tungstène ( $Z = 74$ )

→ La valeur théorique :  $W_n = - 13,6 \frac{(74)^2}{3^2} = 8275 \text{ eV}$

→ La valeur réelle :  $W_n = - 13,6 \frac{(74-30,8)^2}{3^2} = -28220 \text{ eV}$



## Éléments sur la structure électronique de l'atome

### Remplissage des couches électroniques selon le modèle de Bohr

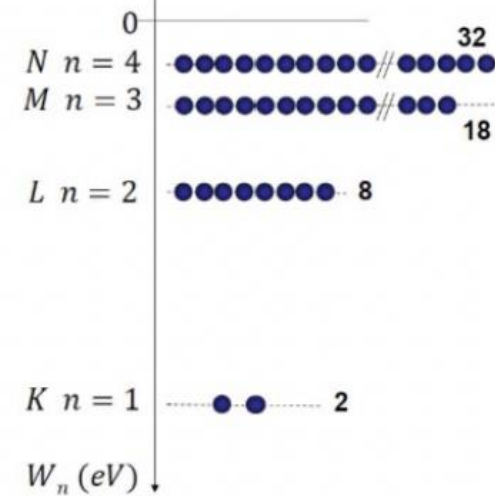
On a au maximum  $2n^2$  électrons par couche:

→ Pour la couche K, on a au maximum 2  
électrons

→ Pour la couche L ( $n=2$ ) on a au maximum 8  
électrons

→ Pour la couche M ( $n=3$ ) on a au maximum 18  
électrons

→ Pour la couche N ( $n=4$ ) on a au maximum 32  
électrons





## Éléments sur la structure électronique de l'atome

### Conclusion

Tous les atomes sont construits avec le même modèle de remplissage des couches électroniques (modèle de Bohr):  $2n^2$  électrons par couche;  
Les énergies des électrons dépendent des couches sur lesquelles ils sont positionnés et du  $Z$  de l'atome

	Hydrogène $Z = 1$	Calcium $Z = 20$	Tungstène $Z = 74$
$w_k$ (eV)	-13,6	-4000	-69500
$w_{ext}$ (eV)	-13,6	-25,4	-5,7

Les électrons de la couche K sont **plus fortement liés**, et ceux de la couche externe sont ceux les moins fortement liés (s plus important) Quand les couches les plus basses sont complètes, l'atome est dans son état fondamental



Et maintenant place  
aux QCM !



Y en a certains que j'ai repris  
de ma merveilleuse vieille et  
chef Tut' Eléa





QCM 1 : A propos des différents états de l'eau, veuillez indiquer la (les) propositions exactes:

- A) L'état liquide est un état fluide et non cohérent
- B) Pour l'état solide, l'énergie cinétique est très supérieure à l'énergie de liaison
- C) Le passage d'un état gazeux à un état liquide s'appelle la liquéfaction
- D) Le passage d'un état solide à un état liquide s'appelle la liquéfaction
- E) Les propositions A, B, C, et D sont incorrectes.





## Correction : C

- A) Faux : L'état liquide est fluide et cohérent
- B) Faux : C'est l'inverse
- C) Vrai
- D) Faux : De solide à liquide c'est la fusion !
- E) Faux





QCM 2 : A propos de l'eau, veuillez indiquer la (les) propositions exactes:

- A) La chaleur sensible correspond à la quantité d'énergie qu'il faut fournir à un corps pour obtenir un changement d'état
- B) La densité de l'eau est maximale à 4°C
- C) A très haute pression on peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux
- D) Les liaisons hydrogènes sont formées par un atome d'hydrogène d'une molécule et un atome d'oxygène de la même molécule
- E) Les propositions A, B, C, et D sont incorrectes.





## Correction : B

- A) Faux : ça c'est la chaleur latente, la chaleur sensible permet une augmentation de température SANS changement d'état
- B) Vrai
- C) Faux : C'est à très BASSE pression
- D) Faux : Les atomes d'O et d'H proviennent de 2 molécules différentes
- E) Faux





QCM 3 : A propos des solutions, veuillez indiquer la (les)  
propositions exactes:

- A) Une solution ne sédimente pas et ne peut pas dialyser non plus
- B) Contrairement aux solutions, les suspensions peuvent sédimenter
- C) Le sang total est une suspension
- D) En biologie, le soluté majoritaire est l'eau
- E) Les propositions A, B, C, et D sont incorrectes.





*Correction : BC*

- A) Faux : Les solutions PEUVENT dialyser
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Faux : L'eau est le SOLVANT majoritaire
- E) Faux





QCM 4 : Quelle est la molalité d'une solution aqueuse contenant 9g de NaCl dans 1L de solution aqueuse ? On donne les masses molaires du Na =  $24 \text{ g.mol}^{-1}$  et du Cl =  $36 \text{ g.mol}^{-1}$

Je vous donne aussi deux formules à vous de choisir la bonne, l'une permet de calculer la molarité et l'autre permet de calculer la molalité :

$$C^m = \frac{n}{m_{\text{eau}}} ; C^M = \frac{n}{V}$$

- A)  $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$     B)  $0,15 \text{ mol.kg}^{-1}$     C)  $6,67 \text{ mol.L}^{-1}$     D)  $6,67 \text{ mol.kg}^{-1}$     E)  $60 \text{ mol.L}^{-1}$





## Correction : B

A) Faux B) Vrai C) Faux D) Faux E) Faux

$$M_{\text{Na}} = 24 \text{ g.mol}^{-1} \text{ et } M_{\text{Cl}} = 36 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow M_{\text{NaCl}} = 60 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n = 9/60 = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow C^M = 0,15 \text{ mol.kg}^{-1}$$







QCM 5 : A propos du Neptunium ( $\text{Np}$ ,  $Z = 93$ ,  $A = 237$ ), indiquez la (les) proposition(s) exacte(s):

- A) Il a 93 protons
- B) La masse d'une mole d'atomes de Neptunium est de 237 u
- C) La masse d'un atome de Neptunium est de 237 u
- D) Il a 144 nucléons
- E) Les propositions A, B, C et D sont incorrectes





*Correction : AC*

- A) Vrai
- B) Faux : La masse d'une mole d'atomes est en g
- C) Vrai
- D) Faux : Il a 144 neutrons et 237 nucléons
- E) Faux





QCM 6 : A propos de l'électron, indiquez la (les) proposition(s) exacte(s):

- A) C'est une particule relativiste
- B) Sa vitesse est non négligeable par rapport à la célérité de la lumière  $c$
- C) Sa masse est très faible
- D) Son unité d'énergie est l'électron volt (eV)
- E) Les propositions A, B, C et D sont incorrectes





*Correction : ABCD*

- A) Vrai
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Vrai
- E) Faux





QCM 7 : A propos de la structure électronique de l'atome, indiquez la (les) proposition(s) exacte(s):

- A) Sur la couche K on a au maximum 8 électrons
- B) L'effet écran concerne tous les atomes ayant plusieurs électrons
- C) Un atome est dans son état fondamental quand ses couches les plus basses sont remplies
- D) Un atome est dans son état excité quand ses couches les plus basses sont remplies
- E) Les propositions A, B, C et D sont incorrectes





*Correction : BC*

- A) Faux : 2 électrons
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Faux : cf. item C
- E) Faux





THE END