

Propriétés de la matière

Buts:

- Classifier la matière
- Connaître des méthodes de séparation
- Classifier les changements d'état et les chaleurs transférées
- Décrire la structure de l'atome (protons, neutrons, électrons) et savoir écrire le symbole atomique d'un élément (nombre de masse, numéro atomique)
- Composition chimique du corps humain (éléments de base, macroéléments, éléments traces)
- Connaître et savoir utiliser les termes suivants: masse atomique, mole, nombre d'Avogadro, masse molaire
- Effectuer des calculs de concentrations (solution et gaz)

1

L'hierarchie de la matière

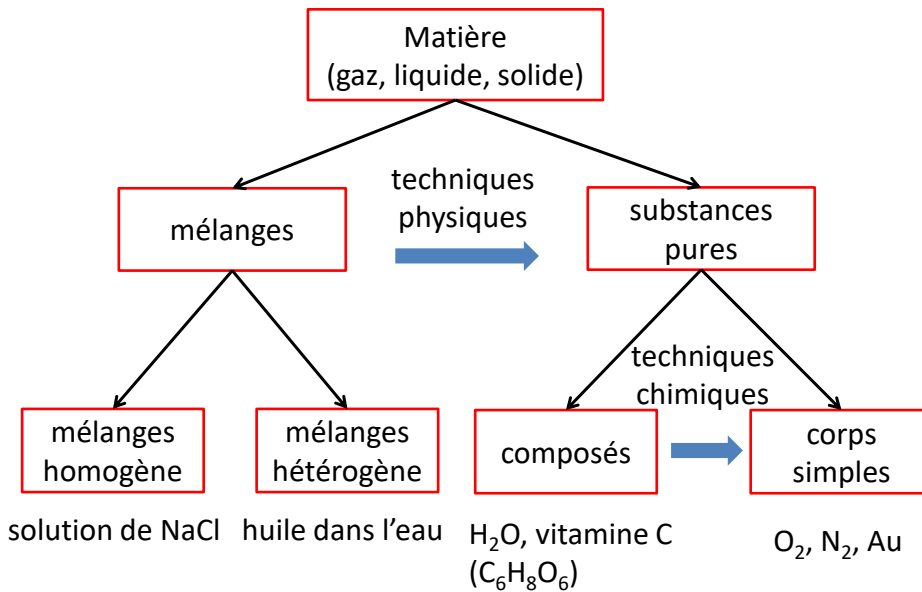
2

Place de la chimie dans les niveaux d'organisation de la matière

Organismes	Matière vivante
Cellules	
Macromolécules	Matière inanimée
Molécules et cristaux	
Atomes	
Noyau	
Nucléons	
Quarks	

3

Hiérarchie de la matière



4

Hiérarchie de la matière

Un **mélange**: séparable par des méthodes physiques (distillation, chromatographie etc.)

Une **substance pure** (composés ou corps simple) possède toujours la même composition chimique, quelle que soit son origine (loi des proportions définies). Une substance pure résiste à toutes séparations physiques.

Un **une substance pure** (composé moléculaire, composé ionique) est constitué d'éléments dans une proportion unique et invariable. Si la substance pure résiste à toute séparation chimique, il s'agit d'un **corps simple** ou d'un élément. Si le composé chimique peut être séparé chimiquement en constituants plus simples ou éléments, il s'agit d'un **corps composé**.

5

Les mélanges

Mélanges: Ils sont constitués de substances en toutes proportions possibles.

Mélanges homogènes: la composition est identique en tout point (air, urine, vin, eau du robinet, solution d'un sel...)

Mélanges hétérogènes: la composition varie d'un point à l'autre (sauce salade, sang...)

Composition de l'air (un mélange homogène)		
azote	N ₂	78,1% (volumique)
oxygène	O ₂	20.9%
argon	Ar	0.9%
dioxyde de carbone	CO ₂	0.04% (augmente!)
vapeur d'eau	H ₂ O	variable

6

La composition de l'air

Des dizaines de réfugiés morts dans un camion

Entre 20 et 50 migrants ont été retrouvés sans vie jeudi dans un poids lourd en stationnement sur une autoroute dans un Etat de l'est de l'Autriche, frontalier de la Hongrie.

20 Minutes – 27.8.2015

Air expiré: 16% O₂, 4% CO₂



7

Méthodes de séparation des mélanges

Méthode	Propriété physique utilisée	Marche à suivre
centrifugation	densité	Faire tourner le mélange liquide-solide à grande vitesse dans une centrifugeuse
filtration	solubilité, taille	Verser le mélange sur un filtre
recristallisation	solubilité	Cristallisation lente du solide à partir de la solution concentrée
distillation	volatilité	Évaporer le composé le plus volatil d'un mélange liquide par ébullition
chromatographie	capacité à adhérer à des surfaces	Faire passer un mélange liquide ou gazeux sur un papier ou à travers d'une colonne

8

Prix Nobel en Médecine 2015



Die drei Nobelpreisträger (v.l.n.r.): William C. Campbell, Youyou Tu und Satoshi Ōmura. (Bild: Brian Snyder/Reuters; Reuters; Shizuo Kambayashi/AP)

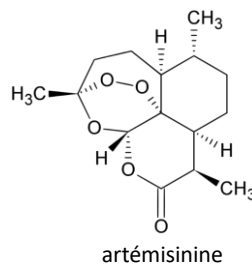
9

La chercheuse chinoise **Youyou Tu** a été récompensée pour sa découverte majeure en matière de lutte contre le paludisme. La 12^e femme à avoir reçu le prix Nobel de médecine a en effet mis au jour l'efficacité d'un **extrait** de la plante *Artemisia annua* : l'artémisinine.

« Utilisée en combinaison avec d'autres traitements, l'artémisinine réduit la mortalité de plus de 20% au total et de plus de 30% chez les enfants », souligne le comité du *prix Nobel*.



Artemisia annua

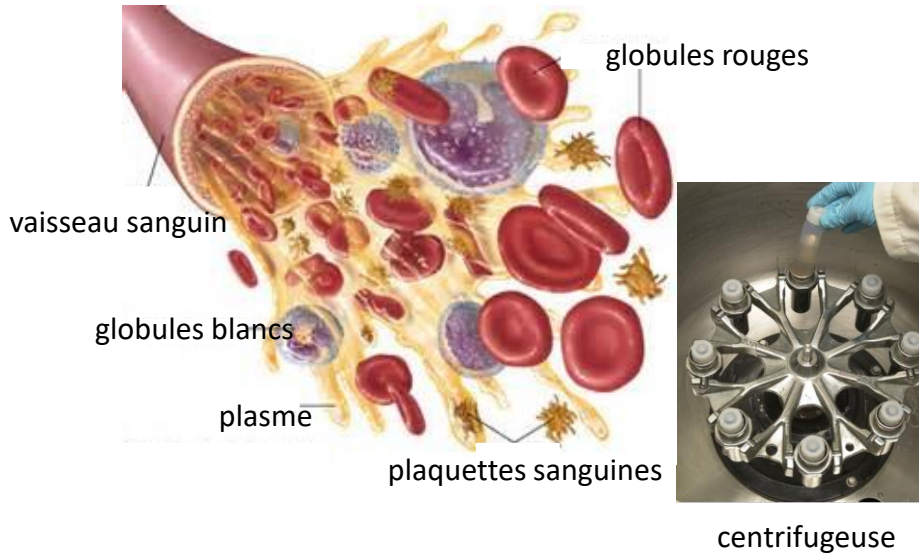


Extraction d'un composé est basée sur l'équilibre de répartition du composé entre deux (ou plusieurs) phases



10

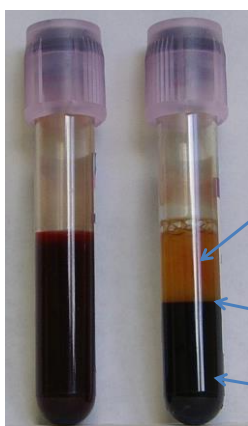
Le sang – un mélange hétérogène



Adapted from encyclopedia britannica

11

Le sang – un mélange hétérogène



avant après
centrifugation

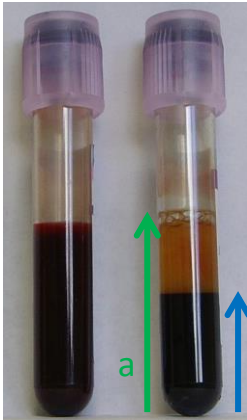
plasma (54%)
globules blancs (1%)
plaquettes sanguines (1%)
globules rouges (44%)

Composition du plasma
eau, sels (91%)
protéines (7%)
ADN (ng/ml, aussi tumeur)
métabolites
virus, bactéries etc.

Métabolites
glucose (5 mM)
cholestérol (5 mM)
mélanine (5mM)
urée (4 mM)
ATP (3 mM)
hormones

12

Le sang – un mélange hétérogène



L'**hématocrite**: pourcentage (volume) des composants cellulaires

$$\text{hématocrite} = b/a$$

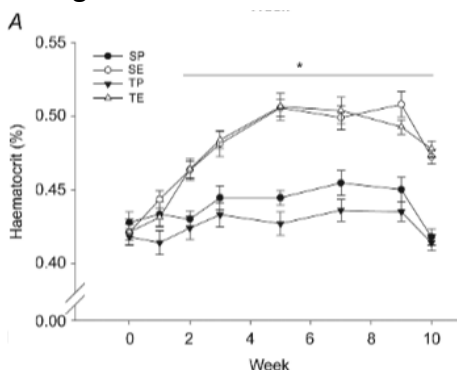
- Valeurs typiques: hommes 47%, femmes 42%
- Globules rouges -> absorption d'oxygène dans le sang -> endurance
- Dopage (EPO)
- Viscosité du sang

EPO (érythropoïétine): hormone, facteur de croissance essentiellement produit par le rein; stimule la synthèse des globules rouges

13

EPO – Erythropoïétine

- hormone de nature glycoprotéique (protéine portant un glucide)
- cytokine: substances solubles de signalisation cellulaire
- entraîne une augmentation du nombre de globules rouges dans le sang
- risque d'hypertension artérielle et d'une augmentation de la viscosité sanguine

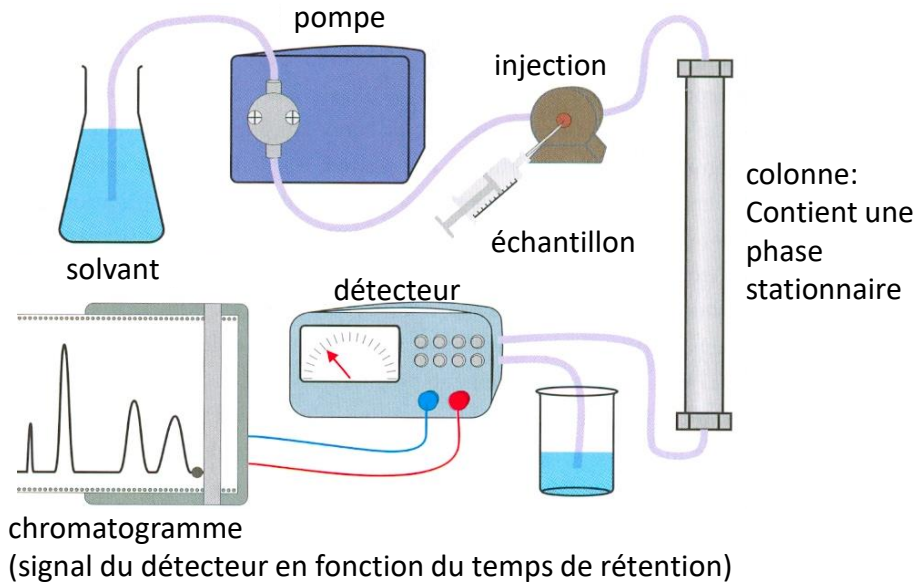


SE, sedentary-erythropoiesis-stimulating agent (ESA); SP, sedentary-placebo; TE, training-ESA; and TP, training-placebo.

Larsen et al., Exp Physiol 99.10 (2014) pp 1409–1420

14

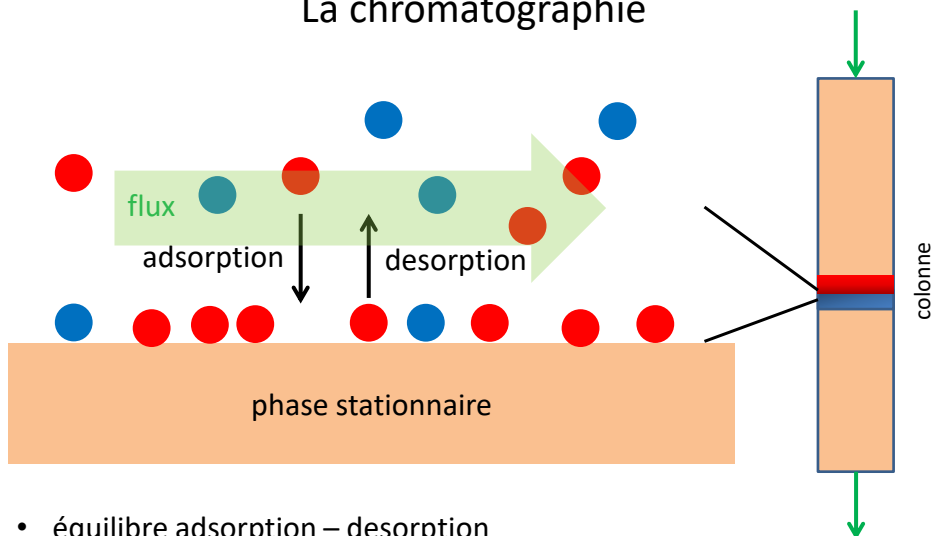
La chromatographie



Schmuck, Chemie für Mediziner, Pearson

15

La chromatographie

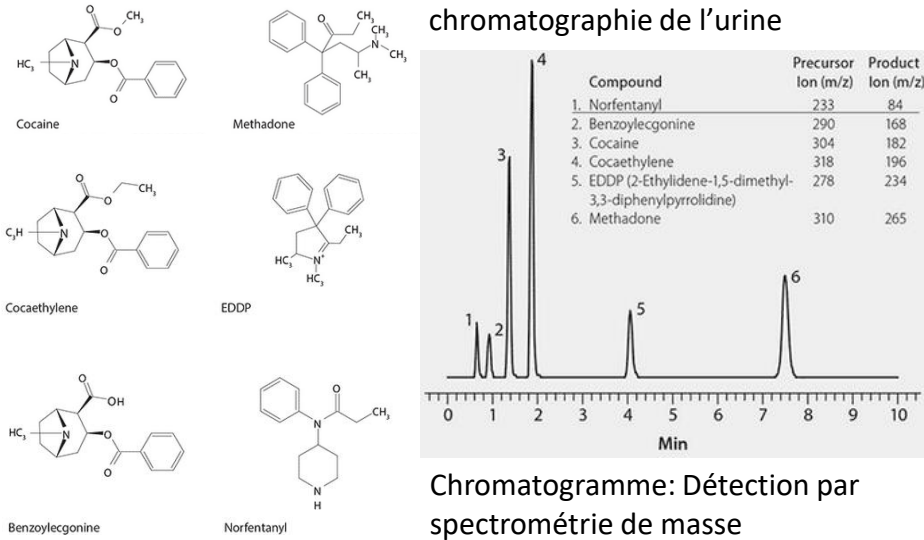


- équilibre adsorption – desorption
- selon l'interaction avec la phase stationnaire un composé passe plus de temps adsorbé sur la phase stationnaire

16

La chromatographie

Abus de drogues – analyse par chromatographie de l'urine



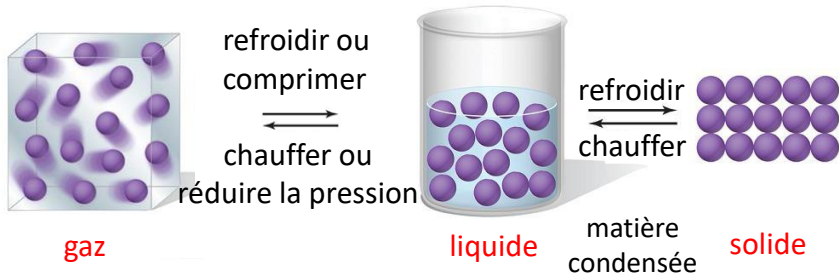
<http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/analytical/bioanalytical/spme-screening-drugs-urine.html>

17

Etats de la matière et changement d'état

18

États de la matière

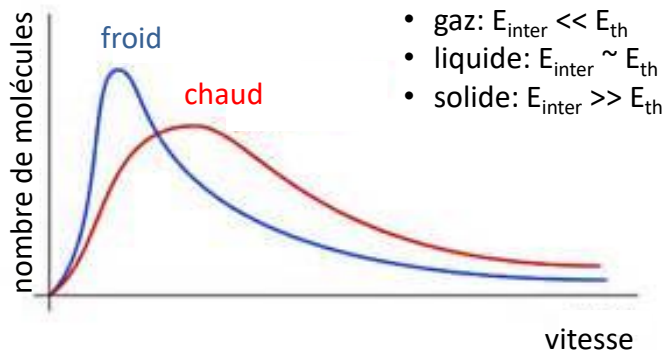


- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • densité faible • compressible • pas de contact • diffusion rapide • prend la forme du récipient | <ul style="list-style-type: none"> • dense • peu compressible • contact entre molécules • diffusion lente • prend la forme du récipient | <ul style="list-style-type: none"> • dense • peu compressible • contact entre molécules • diffusion très lente |
|---|--|--|

19

États de la matière

L'état dépend de **l'énergie** (thermique, E_{th}) des molécules / atomes (température) et de **l'attraction** entre les molécules (-> **interactions intermoléculaires**).



- énergie moyenne des molécules augmente avec la température
- distribution d'énergies

20

Changement d'état

Etat initial	Transformation	Etat final
Solide	Fusion	Liquide
Solide	Sublimation	Vapeur
Liquide	Congélation, Solidification	Solide
Liquide	Vaporisation	Vapeur
Vapeur	Condensation	Liquide, Solide

Autres formes de la matière:

- cristaux liquides, micelles (matière molle, entre solide et liquide)
- fluides supercritiques

21

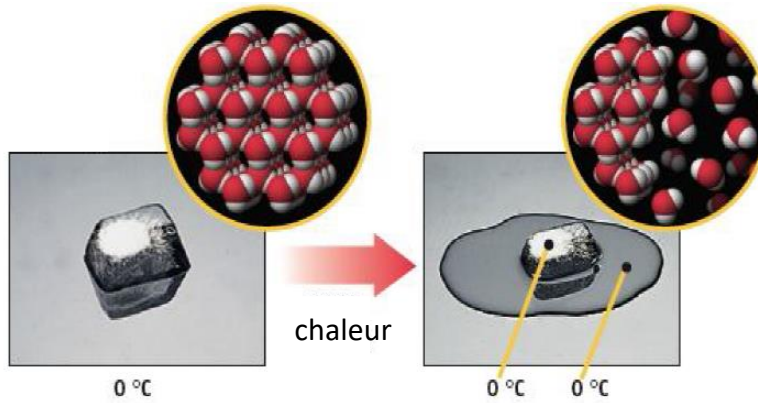
Températures de fusion et d'ébullition de quelques composés

Type de liaison	Substance	Point de fusion (K)	Point d'ébullition (K)
Liaisons chimiques			
Liaison covalente	Diamant (C)	3800	4300
Liaison ionique	Fluorure de lithium (LiF)	1560	2742
Liaisons intermoléculaires			
Force de London	Azote (N ₂)	63	77
Liaison hydrogène	Eau (H ₂ O)	273	373

- Points de fusion et d'ébullition sont des **propriétés physiques**
- Propriétés chimiques: transformation d'une substance en d'autres substances (p.ex. combustion du méthane)
- Température absolue en K (0 °C = 273.15 K)

22

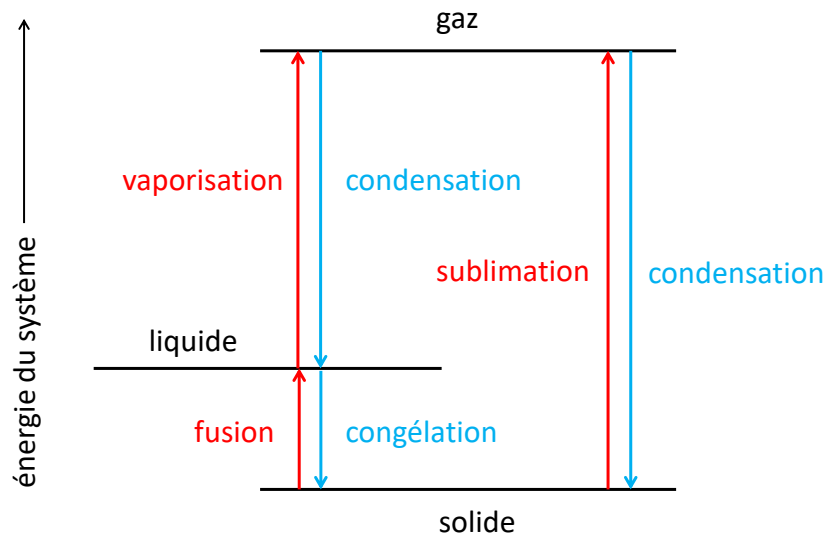
Changement d'état



glace (+ chaleur) -> eau
 eau (+ chaleur) -> vapeur d'eau

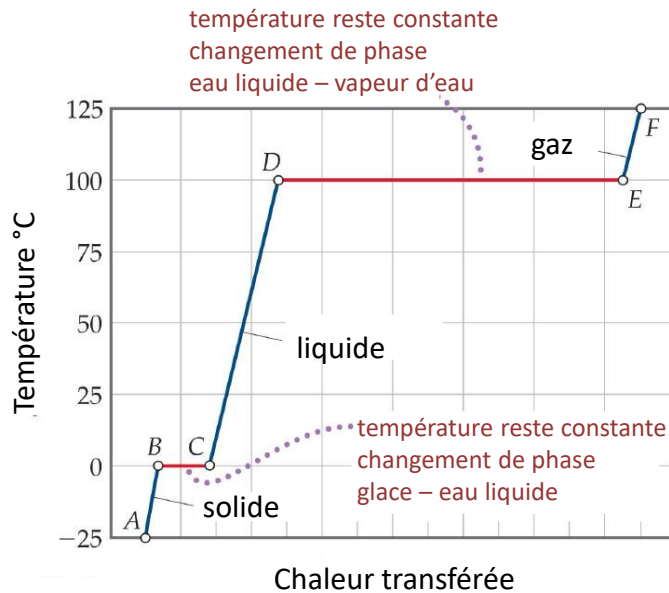
23

Changement d'état



24

Changement d'état: eau



25

Exemple

Combien d'énergie (sous forme de chaleur) est-ce qu'il faut fournir pour transformer 500 g de glace de -50 °C en vapeur d'eau de 200 °C ?

Capacité calorifique massique:

- glace: 2.09 J/g/K (chaleur nécessaire pour chauffer 1 g de glace par 1 K)
- eau liquide: 4.184 J/g/K (chaleur nécessaire pour chauffer 1 g d'eau liquide par 1 K); $4.184\text{ J} = 1\text{ cal}$
- vapeur d'eau: 1.84 J/g/K (chaleur nécessaire pour chauffer 1 g de vapeur d'eau par 1 K)

Chaleurs latentes

- Enthalpie de fusion: 334 J/g
- Enthalpie de vaporisation: 2258 J/g

26

Capacité calorifique

Capacité calorifique (cours de physique)

$$q = C\Delta T = mc\Delta T$$

q: chaleur transférée (J)

C: capacité calorifique (J/K)

m: masse (g)

c: capacité calorifique massique (chaleur spécifique, J/g/K)

- capacité de la matière de stocker l'énergie dans des mouvements de ses atomes ou molécules (translations, rotations, vibrations)
- eau liquide a une grande capacité calorifique massique
- il faut beaucoup d'énergie (sous forme de chaleur) pour augmenter la température de l'eau liquide

27

Exemple

Combien d'énergie (sous forme de chaleur) est-ce qu'il faut fournir pour transformer 500 g de glace de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vapeur d'eau de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$?

$$q_1 \text{ (chauffer glace } -50 \text{ à } 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 2.09 \text{ J/g/K} \times 500 \text{ g} \times 50 \text{ K} = 52250 \text{ J}$$

$$q_2 \text{ (fusion à } 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 334 \text{ J/g} \times 500 \text{ g} = 167000 \text{ J}$$

$$q_3 \text{ (chauffer eau liquide } -0 \text{ à } 100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 209200 \text{ J}$$

$$q_4 \text{ (vaporisation à } 100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1129000 \text{ J (!)}$$

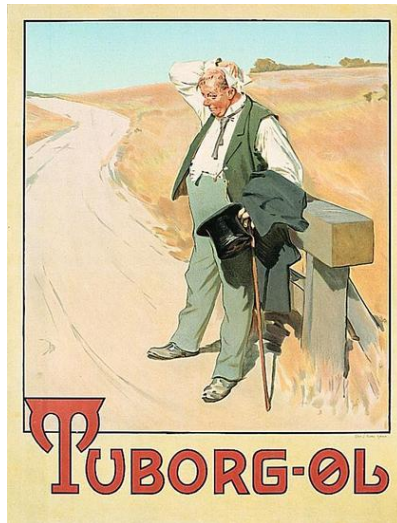
$$q_5 \text{ (chauffer vapeur d'eau } 100 \text{ à } 200\text{ }^{\circ}\text{C}) = 92000 \text{ J}$$

$$\text{Total } 1649450 \text{ J} = 1649.5 \text{ kJ}$$

Conclusions:

- Contribution la plus importante: la vaporisation
- Casser des liaisons intermoléculaires (ponts hydrogènes)
- **Transpirer** est une méthode géniale pour enlever la chaleur du corps

28



L'homme assoiffé
Erik Henningsen (1855–1930)
Publicité (bière)

„Tuborg-Den-Tørstige-Mand1“ von Erik Henningsen - <http://gulegardiner.dk/wp-content/uploads/Tuborg-Den-T%C3%B8rstige-Mand1.jpg>.

29

Spray réfrigérant - anesthésie locale



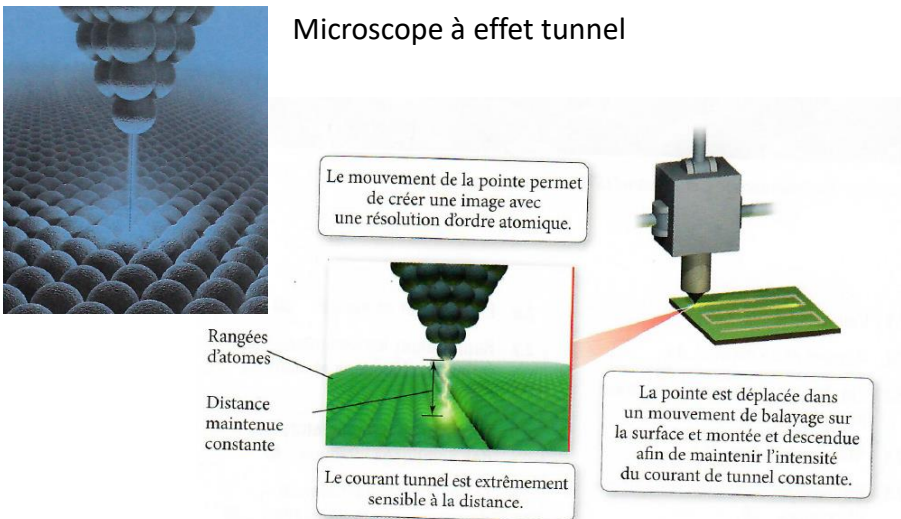
- Mélange de substances volatiles (propane, butane, pentane) sous pression
- L'expansion et la vaporisation rapide est accompagné d'un transfert de chaleur (de l'environnement vers le spray)
- L'environnement doit fournir l'énergie nécessaire pour casser les liaisons (intermoléculaires) entre les molécules du spray
- Abaissement rapide de la température

30

Atomes (protons, neutrons, électrons), éléments

31

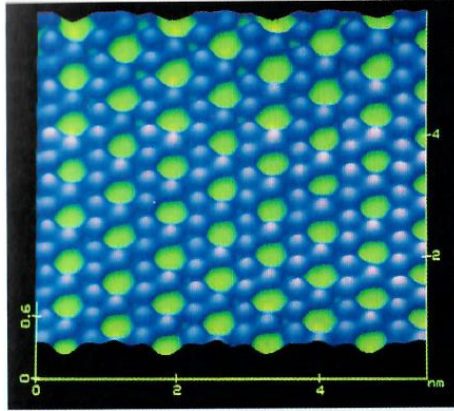
Voir les atomes



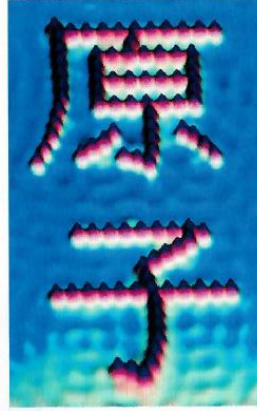
Principles of Chemistry, 2016, Pearson Education, Inc.

32

Voir les atomes



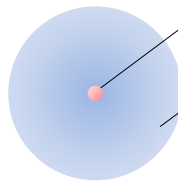
Une image d'atomes d'iode (en vert) sur une surface de platine (en bleu)



Les caractères Kanji japonais pour le mot «atome» écrit avec des atomes

33

Atomes et particules élémentaires



Modèle d'un atome: Un atome est constitué d'un noyau et un nuage électronique

Noyau: protons + neutrons
souvent nombre de neutrons \geq nombre de protons
 $d \approx 10^{-15}$ m (forces nucléaires, cours de physique)

Nuage d'électrons
détermine les propriétés chimiques
 $d \approx 10^{-10}$ m = 0.1 nm = 1 Angstrom

Un atome est neutre, donc le nombre d'électrons correspond au nombre de protons (Z)

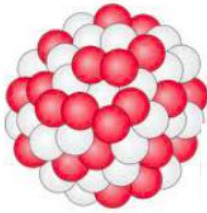
nom	charge ^a	masse absolue	masse en u ^b
proton	+1	1.66×10^{-24} g	1.0073
neutron	0	1.66×10^{-24} g	1.0087
électron	-1	9.10×10^{-28} g	0.0005

^a charge élémentaire $e = 1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb

^b u = unité de masse atomique

34

Le noyau atomique



Nucléons:
protons, neutrons

Composition du noyau atomique de
l'élément Z (isotope a) :

Z protons p^+
numéro atomique
N (= A - Z) neutrons (n) } A nucléons
(A: nombre de
masse)

Cohésion assurée par des *forces*
nucléaires (attractives, indépendantes de
la charge, de faible portée)

35

Nucléides

Un type d'atome se voit caractérisé par le nombre de protons Z et le nombre de neutrons N. On appelle **nucléide** l'ensemble des atomes définis par un couple de ces valeurs. En pratique, on se réfère à un nucléide par son **symbole chimique X**, par son **numéro atomique Z** et par son **nombre de masse A** = Z + N:

Nombre de masse \longrightarrow A
Numéro atomique \longrightarrow Z X \longleftarrow Symbole chimique

-Les nucléides ayant le même Z constituent un **élément**. Les éléments se distinguent par leurs propriétés chimiques.

-Des **isotopes** d'un élément se diffèrent par le nombre de neutrons et donc par leur masse. Les propriétés chimiques des isotopes sont similaires.

Exemples: ${}_{6}^{12}\text{C}$ ${}_{1}^{1}\text{H}$ ${}_{1}^{2}\text{H} = \text{D}$ ${}_{1}^{3}\text{H} = \text{T}$
Deutérium Tritium

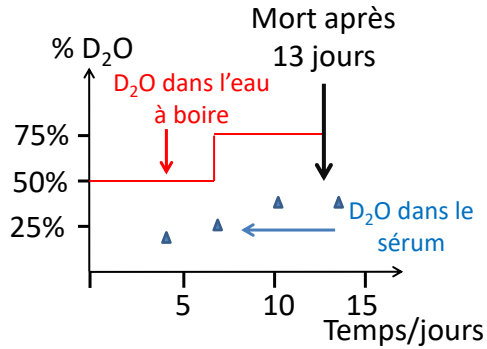
36

Effet de deutérium

D₂O (au lieu de H₂O)



Chimiquement D₂O et H₂O sont similaire, mais beaucoup de réactions se déroulent à une vitesse diminuée dans D₂O (plus lourd).



J.J. Katz et. al. Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA, 1961

37

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.kf-split.hr/periodni/en/>

GROUP I																		GROUP II																		GROUP III										GROUP IV										GROUP V										GROUP VI										GROUP VII										GROUP VIII										GROUP IX										GROUP X										GROUP XI										GROUP XII										GROUP XIII										GROUP XIV										GROUP XV										GROUP XVI										GROUP XVII										GROUP XVIII									
1																		2																		3										4										5										6										7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18									
H																		He																		Li										Be										B										C										N										O										F										Ne																																																																																									
2																		3																		4										5										6										7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																			
Li																		Be																		B										C										N										O										F										Ne																																																																																																													
3																		4																		5										6										7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																													
Na																		Mg																		Al										Si										P										S										Cl										Ar																																																																																																													
4																		5																		6										7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																																							
K																		Ca																		Sc										Ti										V										Cr										Mn										Fe										Co										Ni										Cu										Zn										Ga										Ge										As										Se										Br										Kr									
5																		6																		7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																																																	
Rb																		Sr																		Y										Zr										Nb										Mo										Tc										Ru										Rh										Pd										Ag										Cd										In										Sn										Sb										Te										I										Xe									
6																		7																		8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																																																											
Cs																		Ba																		La-Lu										Hf										Ta										W										Re										Os										Ir										Pt										Au										Hg										Tl										Pb										Bi										Po										At										Rn									
7																		8																		9										10										11										12										13										14										15										16										17										18																																																																					
Fr																		Ra																		Ac-Lr										Rf										Db										Sg										Bh										Hs										Mt										Uu										Uub										Uuq										Uuq																																																											

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements from the table nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.
However, three such elements (Fr, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Editor: Ashly Vaishun (aiv@netline.com)

38

Composition chimique du corps humain

39

Composition chimique du corps humain

Elément chimique	Pourcentage en poids	Où trouver ces éléments dans le corps humain?
Oxygène	65	fluides et tissus (carbohydrates, protéines, graisses, ADN, ARN, eau corporelle, os)
Carbone	18	partout (carbohydrates, protéines, graisses, ADN)
Hydrogène	10	fluides et tissus (carbohydrates, protéines, graisses, ADN, ARN, eau corporelle, os)
Azote	3	fluides et tissus (protéines, graisses, ADN, ARN)
Calcium	1.5	partout (os en particulier)
Phosphore	1	urine, protéines, graisses, ADN, ARN, os
Potassium	0.4	eau corporelle
Soufre	0.3	protéines
Sodium	0.2	fluides et tissus (eau corporelle en particulier)
Chlore	0.2	eau corporelle
Magnésium	0.1	partout (enzyme permettant synthèse ADN)
Iode	0.1	enzymes aidant la synthèse d' hormones
Fer	0.1	enzymes permettant transport oxygène du sang

40

Éléments importants pour les organismes vivants

Tableau périodique des éléments

1A 1																		8A 18
1 H	2A 2																	2 He
3 Li	4 Be																	10 Ne
11 Na	12 Mg	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10			1B 11	2B 12	13 Al	6 C	7 N	8 O	9 F	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	

Les éléments de base: H, C, N, O (96% de la masse, 2/3 du corps humain: H₂O!)

Les macroéléments: (> 50 mg/kg): Na, K, Mg, Ca, Cl, P (phosphate), S (sulfate); régulation de l'équilibre en eau, fonction des muscles, nerfs, et cellules osseuses

Les éléments traces (< 50 mg/kg): Si, Se, F, I, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn; protéines (Se, Fe), enzymes (Fe, Cu, Mo: enzymes de la chaîne de respiration), Vitamines (Co: vitamine B₁₂), hormones (I: l'hormone thyroïde)

41

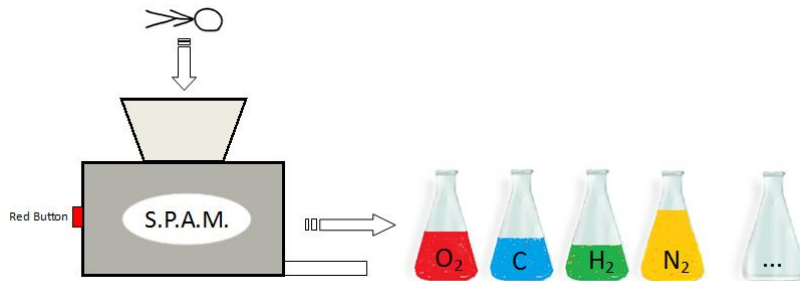
Les éléments traces

Element	Daily Requirement ^a	Function
Fluorine	1.5–4.0 mg ^b	Found in bones and teeth; important in prevention of dental caries
Iodine	0.15 mg	Required for normal thyroid function; found in thyroid hormones
Selenium	0.070 µg for men 0.055 µg for women	Required for the prevention of white muscle and liver disease in some animals and Keshan disease in humans; part of the enzyme glutathione peroxidase
Silicon	Unknown ^c	Required for bone growth and connective tissue development in animals
Arsenic	Unknown ^c	Required for adequate growth and reproduction in animals
Boron	Unknown ^c	Enhances parathormone action and the metabolism of Ca ²⁺ , P, and Mg ²⁺
Iron	10 mg for men 15 mg for women	Found in hemoglobin and many enzymes; important in prevention of anemia
Copper	1.5–3.0 mg ^b	Part of enzymes essential for the formation of hemoglobin, blood vessels, bones, tendons, and the myelin sheath
Zinc	15 mg for men 12 mg for women	Essential for many enzymes, normal liver function, and DNA synthesis
Cobalt	Unknown ^c	Part of vitamin B ₁₂ molecule
Manganese	2.0–5.0 mg ^b	Essential for several enzymes, bone and cartilage growth, and brain and thyroid function
Chromium	0.05–0.2 mg ^b	Lowers blood sugar level by increasing the effectiveness of insulin
Molybdenum	0.075–0.25 mg ^b	Required for the function of several enzymes
Nickel	Unknown ^c	Aids iron absorption, needed for optimal growth and reproduction in animals

^aRecommended daily allowances set by the Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences National Research Council, in 1989.

42

Composition chimique du corps humain



S.P.A.M.: Superb Person Atomizing Machine

Quel est le valeur (en dollar) d'un victime de 80 kg?
 160 \$ (potassium 104 \$, sodium 28.5 \$, oxygène 10 \$)

43

Masse atomique, mole, masse molaire

44

L'unité de masse atomique

Les masses des atomes sont extrêmement faibles, entre 10^{-24} et 10^{-22} g.
(10^{-23} g = 0.0000000000000000000001 g)

Un système d'unités donnant des valeurs plus facile à manipuler a donc été introduit : l'**unité de masse atomique (u.m.a., u)**, ou **Dalton (Da)**.

Définition: **Un Dalton est le 1/12^{ème} de la masse d'un atome de ^{12}C .**

La masse d'un atome de ^{12}C est $1.9926 \cdot 10^{-23}$ g. **1 Da = 1 u.m.a. = $1.6605 \cdot 10^{-24}$ g.**

On peut ainsi exprimer la masse de n'importe quel isotope sur une échelle relative en utilisant ce facteur de conversion

45

La masse atomique

La masse d'un atome est très petite. Par exemple la masse d'un atome d'hydrogène avec un proton dans le noyau est de 1.66×10^{-24} g. La masse d'un atome de sodium avec 11 protons et 12 neutrons est approximativement 23 fois la masse d'un atome d'hydrogène.

Par définition: masse $^{12}_6\text{C} \equiv 12.000$ u (unité de masse atomique)

$^1_1\text{H} \approx 1$ u

$^{23}_{11}\text{Na} \approx 23$ u

On peut calculer la **masse atomique** de n'importe quel atome
Exemples: N, O etc.

46

L'unité de masse atomique

Parfois il existe plusieurs isotopes naturelles constituant un élément. La masse atomique moyenne est obtenue par la somme des masses de chaque isotope pondérées par leurs abondances relatives.

Exemple: le chlore est constitué de 75.5% ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ et 24.5% ${}^{37}_{17}\text{Cl}$

Masse atomique du chlore: $0.755 \times 35 + 0.245 \times 37 = 35.5$ Dalton

Carbone:	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{14}_6\text{C}$
	stable	stable	radioactif
	99%	1%	traces

47

La mole

Même une petite quantité de matière contient un nombre ENORME d'atomes. (Estimez le nombre d'atomes que vous contenez!)

A nouveau, on a introduit une quantité plus facile à manipuler pour exprimer un grand nombre d'atomes ou de particules : **la mole**.

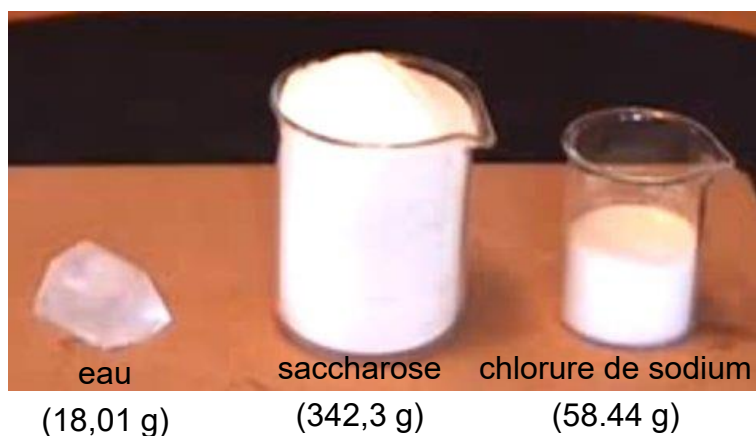
Une mole est une quantité de matière contenant autant d'entités (particules, molécules, atomes, ions etc.) qu'il y a d'atomes dans 12 g de l'isotope ${}^{12}\text{C}$, soit $6.022 \cdot 10^{23}$ atomes ($12/12/1.6605 \cdot 10^{-24}$). On l'abrège mol. Ce nombre est appelé **nombre d'Avogadro, N_A** .

Exemples:

- 16 g d'oxygène (O) contiennent $6.022 \cdot 10^{23}$ atomes
- 8 g d'oxygène (O) contiennent $3.011 \cdot 10^{23}$ atomes

48

La mole



Une mole de grains de sable de diamètre 0.5 mm recouvre la France d'une couche de 100 m d'épaisseur.

<https://www.youtube.com/watch?v=xiVweBpjXJo>

49

La masse molaire

La masse d'une mole d'une substance est appelée sa **masse molaire** MM (g/mol)

Exemples:

- la masse molaire du cuivre (Cu, élément) est 63.546 g/mol
- la masse molaire de l'eau (H₂O, composé) est 18 g/mol. 18 g d'eau contiennent $6.022 \cdot 10^{23}$ molécules d'eau, soit $6.022 \cdot 10^{23}$ atomes O et $1.2044 \cdot 10^{24}$ atomes H.

Pour calculer la masse molaire d'un composé, on additionne les masses molaires des atomes qui le constituent, multipliées par les indices correspondants le cas échéant.

Phénylalanine C₉H₁₁NO₂

Masse molaire (phénylalanine) = $9 \cdot 12 + 11 \cdot 1 + 14 + 2 \cdot 16 = 165$ g/mol

Masse moléculaire (phénylalanine) = 165 u

50

La masse molaire

Masse de l'échantillon = quantité en moles · masse par mole :

$$m = n \cdot MM \text{ et } n = m/MM$$

Quel est la masse de 0.3 mole d'eau?

$$m = 0.3 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 5.4 \text{ g}$$

Nombre d'atomes (ou de molécules) = quantité en moles · N_A

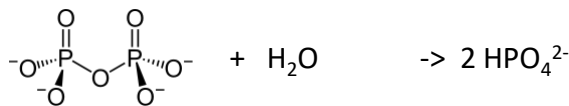
$$N = n \cdot N_A$$

Quel est le nombre de molécules dans un échantillon de 0.3 mol?

$$N = 0.3 \text{ moles} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \text{ molécules/mole} = 1.8066 \cdot 10^{23} \text{ molécules}$$

51

Lien entre le monde microscopique et macroscopique



microscopique

en molécules: 1 molécule + 1 molécule -> 2 molécules

en masse: 174 Da + 18 Da -> 2 x 96 Da

macroscopique

1 mole + 1 mole -> 2 moles

en molécules : $6.02 \cdot 10^{23}$ + $6.02 \cdot 10^{23}$ -> $2 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}$

en masse : 174 g + 18 g -> 2 x 96 g

Il y a une correspondance directe entre la stoechiométrie microscopique et macroscopique!

52

Concentration et composition d'un mélange

53

Concentration et composition d'un mélange

Elle prend un bain de Javel pour soigner son eczéma

Le corps d'une mère de famille a été brûlé à 98% à cause, selon elle, des conseils désastreux d'un spécialiste qui voulait l'aider à soigner sa maladie de la peau.



20 Minutes – 27. 8. 2015

- L'eau de Javel a des propriétés oxydantes dues à l'ion hypochlorite ClO^-
- $\text{ClO}^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$

Selon une étude (*Pediatrics* April 27, 2009) un bain dans l'eau de Javel aide contre eczéma....

Problème de concentration!

- Solution diluée (étude): 0.005%
- Produit commercial: 6%

54

Concentration et composition d'un mélange

Dans la vie pratique la composition d'un mélange est souvent exprimée en % (fractions de poids ou de volume)

Fraction de poids: g de composé par g du mélange

Fraction de volume: ml de composé par ml de mélange

Exemple: un taux d'alcool dans le sang de 0.8 ‰ signifie 0.8 ml dans 100 ml (=1l) de sang

En chimie on exprime la concentration en trois unités principales qui sont basées sur les moles:

La **fraction molaire** (solide, liquide, gaz)

La **molarité** (solide, liquide, gaz)

La **pression partielle** (gaz)

55

La fraction molaire

Mélange de A, B et C; la **fraction molaire** de A:

$$x_A = \frac{\text{molesA}}{\text{molesA} + \text{molesB} + \text{molesC}}$$

La somme des fractions molaires de tous les composés du mélange est toujours égale à 1:

$$\sum x_i = 1.0$$

Remarque: la fraction molaire est une fraction et n'a pas d'unité.

56

La fraction molaire

Une solution de fructose (MM=180 g/mol) de concentration pondérale 60g/l a pour masse volumique : $\rho = 1,042 \text{ kg/l}$. Quelle est la fraction molaire du fructose ?

57

La molarité

Molarité: nombre de moles d'un composé par unité de volume (litre) (souvent utilisé pour les solutions)

$$\text{molarité} = \frac{\text{moles}}{\text{volume}} \quad \text{unité: } M = \frac{\text{mole}}{\text{l}} \quad \text{souvent on utilise «concentration» } c$$

Quel est la concentration en mole/l (molarité) d'une solution aqueuse qui contient 3.2 g de NaCl dans 0.5 l?

1. masse molaire de NaCl: $22.99 \text{ g/mol} + 35.45 \text{ g/mol} = 58.44 \text{ g/mol}$

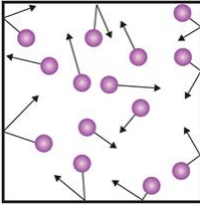
2. nombre de moles $n_{\text{NaCl}} = \frac{3.2 \text{ g}}{58.44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0.055 \text{ mol}$

3. concentration $c = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{0.055 \text{ mole}}{0.5 \text{ l}} = 0.11 \frac{\text{mole}}{\text{l}}$

58

La loi du gaz parfait

À cause des collisions des molécules/atomes avec les parois un gaz produit une pression donnée par la loi du gaz parfait:



$$PV = nRT \quad (\text{Voir cours de Physique})$$

T = température absolue (K)

V = volume (m³)

n = nombre de moles (mole)

P = pression (Pa: Pascal, 1 bar = 1·10⁵ Pa,
1 atm = 760 torr = 760 mmHg = 1.014·10⁵ Pa)

R = constante des gaz parfaits = 8.314 J/K/mole

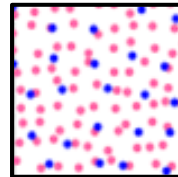
- Selon la lois du gaz parfait la pression ne dépend pas de la nature du gaz (mélanges!), seulement de sa quantité (nombre de moles)
- à une température fixe la pression est proportionnelle à la concentration $P=(n/V)RT$
- Le volume occupé par une mole de gaz (parfait) à 1 atm et 273 K vaut 22.4 l

59

La pression partielle

- La pression totale exercée par un mélange de plusieurs gaz est égale à la somme des pressions partielles (loi de Dalton)

$$P_{tot} = P_A + P_B + P_C + \dots = \sum P_i$$



- la concentration de chaque gaz est proportionnelle à sa pression partielle

$$P_A = \left(\frac{n_A}{V_{tot}} \right) RT \quad P_A = \frac{n_A RT}{V_{tot}}$$

- La pression partielle d'un gaz est lié à sa fraction molaire:

$$P_A = x_A P_{tot}$$

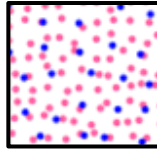
Pour un mélange A+B

$$\frac{P_A}{P_{tot}} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

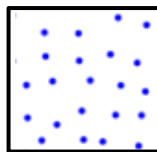
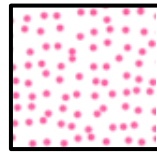
60

La pression partielle

Exemple: 1g d'un mélange contenant 0.76 g N₂ et 0. 24 g O₂ est introduit dans une bouteille de 1l à 20 °C. Pressions partielles de N₂ et O₂?

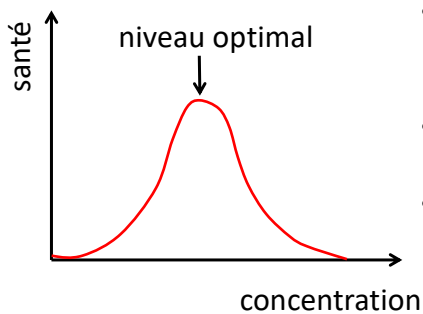


$$P_A + P_B = P_{tot}$$


 P_A

 P_B

61

La concentration en physiologie



- Les organismes sont sensible à la concentration des substances et non pas à leur quantité absolue
- Dose à administrer dépend du poids (enfant – adulte)!
- Relation entre la concentration des produits essentielles et la santé

La concentration optimal peut être très bas (par exemple quelques hormones nano mole/l)

62

Les dilutions

63

Les dilutions

- Diluer une solution consiste à ajouter du solvant à une solution donnée pour atteindre la concentration voulue
- Le volume change, la concentration change, mais **le nombre de molécules de soluté reste constant**

Exemple : nous voulons préparer 1 ml d'une solution 2 μM ($\mu\text{mol/l}$) d'un composé à partir d'une solution stock 1 mM (mmol/l) dans l'eau. Quel volume de solution devons-nous prélever et quel volume de solvant ajouter?

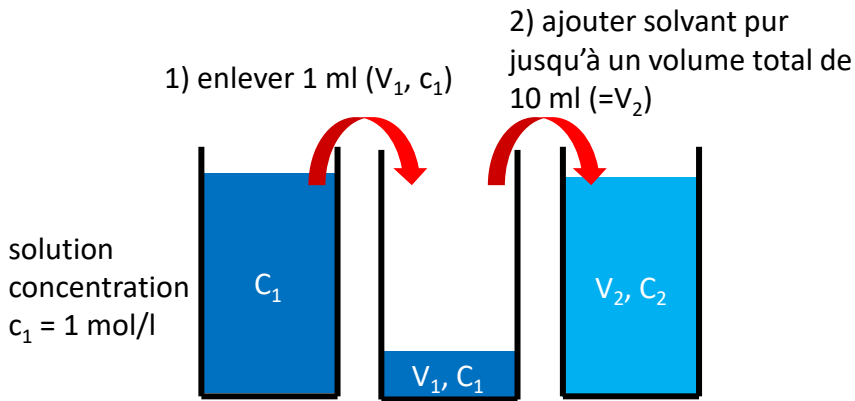
On veut $n(\text{final}) = Vc = 1 \cdot 10^{-3} \text{ l} \times 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol} = 2 \text{ nmol}$.

Or $V = n/c = 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol} / 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ l} = 2 \mu\text{l}$.

Il faut donc prélever 2 μl et ajouter 998 μl d'eau.

64

Les dilutions



concentration de la solution diluée?

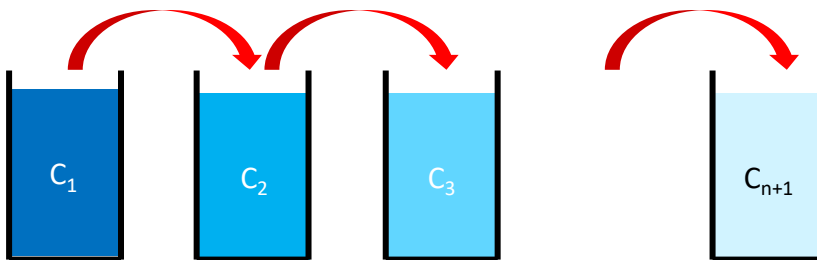
$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \text{ (nombre de moles constantes)}$$

$$c_2 = \frac{c_1 V_1}{V_2} = \frac{1 \cdot 1}{10} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Dilution par facteur 10.

65

Les dilutions



Répéter l'opération n-fois: $c_{n+1} = c_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n$

$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$: 1/facteur de dilution

(V_1 : volume enlevé, V_2 : volume total de chaque solution)

66

Les dilutions

Exemple: Homéopathie

D: facteur de dilution 10

C: facteur de dilution 100

D6: on a dilué 6 fois par un facteur 10 donc $1:10^6$

Exemple:

teinture mère 1mol/l

D24 (=C12): combien de molécules y a-t-il dans 1 l?

$$c = 1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \left(\frac{1}{10} \right)^{24} = 1 \cdot 10^{-24} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Combien de molécules?

$$\begin{aligned} 1 \cdot 10^{-24} \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot N_A &= 1 \cdot 10^{-24} \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \frac{\text{molécules}}{\text{mole}} \\ &= 0.6022 \frac{\text{molécules}}{\text{l}} \end{aligned}$$

D60?