

P4 : STRUCTURE DE L'UNIVERS

Plan du chapitre

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

- Structures de grande taille
- Structures de petite taille

Le noyau

- Constituants du noyau
- Notation symbolique d'un noyau

Interactions fondamentales

Cohésion des solides ioniques

- Interaction électrostatique
- Solides ioniques

Cohésion des solides moléculaires

- Électronégativité
- Forces de Van der Waals et liaison hydrogène
- Température de fusion des solides moléculaires

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

🔦 *Connaitre les ordres de grandeur des dimensions des différentes structures des édifices organisés.*

■ Structures de grande taille

Structure	Taille
Système solaire	environ 100.000 UA
Galaxie	environ 100.000 années-lumière
Amas de galaxies	5 à 30 millions d'années-lumière
Univers visible	14 milliards d'année-lumière

Une unité astronomique (UA) est la distance Terre - Soleil ($150 \cdot 10^6$ km)

Une année-lumière est la distance parcourue dans le vide pendant un an ($9,46 \cdot 10^{13}$ km).

Exercice 1 Échelle de grandeur dans l'Univers

■ Structures de petite taille

Structure	Taille
Noyau	10^{-15} m
Atome	10^{-10} m
Molécule	Quelques atomes à quelques centaines d'atomes
Virus	10^{-8} à 10^{-7} m
Cellule	10^{-5} à 10^{-4} m

Rappel : ordre de grandeur

L'ordre de grandeur d'une grandeur est la puissance de 10 la plus proche de cette valeur.

Exercice 2 Échelle de grandeur de l'atome

Exercice 3 La mole

Le noyau

🔦 *Utiliser la représentation symbolique ${}^A_Z X$; définir l'isotopie et reconnaître des isotopes.*

■ Constituants du noyau

Un noyau est composé de protons et de neutrons.

L'ordre de grandeur de sa taille est de 10^{-15} m. Le noyau est donc environ 100.000 fois plus petit que l'atome lui-même.

Remarque : les protons et les neutrons ne sont pas des particules élémentaires. Ils sont constitués de quarks (prévus en 1964 et indirectement observés en 1968). Mais ces quarks n'existent à l'état isolé.

■ Notation symbolique d'un noyau

Un noyau peut être décrit en utilisant une notation symbolique



Z : numéro atomique = nombre de protons

A : nombre de nucléons (nombre de protons + nombre de neutrons)

X : symbole chimique de l'élément

Exemples de notation symbolique

${}^{12}_6 C$: cet atome est un atome de carbone (C). Il contient 12 nucléons, dont 6 protons (et, par déduction $12 - 6 = 6$ neutrons).

Isotopes

Définition : 2 atomes qui ont le même nombre de protons (donc même élément) mais un nombre de neutrons différent sont des **isotopes**.

Exemple : ${}^{12}_6 C$ et ${}^{14}_6 C$. Le carbone 12 a $12 - 6 = 6$ neutrons et le carbone 14 a $14 - 6 = 8$ neutrons

Ils ont les mêmes propriétés chimiques, mais des masses différentes.

Interactions fondamentales

Toutes les structures de l'Univers sont régies par des interactions fondamentales :

- L'interaction gravitationnelle
- L'interaction électromagnétique
- L'interaction nucléaire forte et l'interaction nucléaire faible.

L'interaction gravitationnelle

Elle est toujours attractive. Elle agit entre deux particules ayant une masse. Sa portée est infinie mais sa valeur diminue quand la distance augmente.

Elle explique la cohésion des structures de l'Univers (planète, système solaire, galaxie, etc).

Deux masses ponctuelles m_A et m_B distance de d exercent sur elles une force attractive due à l'interaction gravitationnelle dont la valeur est :

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

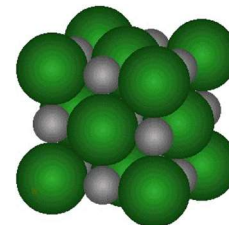
G : constante de gravitation universelle qui vaut $6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I



L'interaction électromagnétique

Elle peut être attractive ou répulsive. Elle agit entre deux objets ayant une charge électrique. Sa portée est infinie mais sa valeur diminue quand la distance augmente.

Elle explique notamment la cohésion des atomes et de la matière solide.



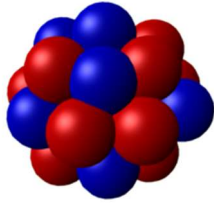
Représentation d'un cristal de chlorure de sodium

Exercice 4 Stabilité du noyau

Les interactions nucléaires forte et faible

L'**interaction forte** assure la cohésion du noyau atomique. Elle agit entre les nucléons. Sa portée est très faible (de l'ordre du diamètre d'un noyau atomique). Sans elle, les protons qui constituent le noyau se repousseraient très fortement à cause de l'interaction électrostatique.

L'**interaction faible** est responsable de certains types de radioactivité. Sa portée est extrêmement faible (de l'ordre du diamètre d'un nucléon).



Le noyau atomique

Cohésion des solides ioniques

- Interpréter la cohésion des solides ioniques et moléculaires.
- Réaliser et interpréter des expériences simples d'électrisation.

■ Interaction électrostatique

Deux charges ponctuelles q_A et q_B distance de d exercent sur elles une force attractive (si elles sont une charge de signe opposé) ou répulsive (si elles ont une charge de même signe) due à l'interaction électromagnétique dont la valeur est :

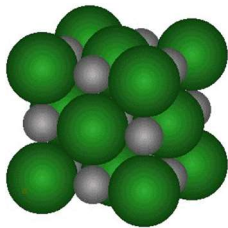
$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{k \cdot q_A \cdot q_B}{d^2}$$

k : constante qui vaut $9,0 \cdot 10^9$ S.I

Exercice 5 Interaction électrostatique

■ Solides ioniques

Un solide ionique est un cristal constitué d'ions. Ces ions s'associent de manière à ce que le solide soit électriquement neutre.



Représentation d'un cristal de chlorure de sodium

La cohésion d'un solide ionique est assurée par les forces électrostatiques s'exerçant entre les ions.

C'est forces sont importantes, d'où la température d'ébullition relativement élevée pour ces solides.

■ Quelques températures de fusion de solides ioniques

Chlorure de sodium NaCl : 801 °C

Fluorure de magnésium MgF₂ : 1263 °C

Oxyde de magnésium (talc) MgO : 2800 °C

Exercice 6 Cohésion du chlorure de sodium

Cohésion des solides moléculaires

■ Électronégativité

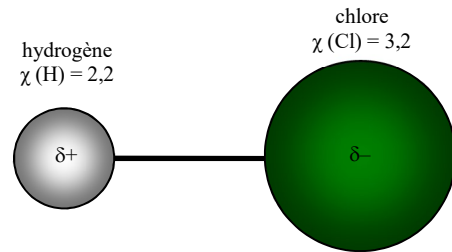
L'électronégativité χ traduit l'aptitude d'un atome à attirer vers lui les électrons d'une liaison covalente qu'il forme avec un autre atome.

Les éléments les plus électronégatifs sont l'oxygène, le fluor et le chlore.

Le carbone et l'hydrogène sont tous les deux moyennement électronégatifs.

Une liaison covalente entre deux atomes d'électronégativité différente est polarisée.

Exercice 7 Cohésion des solides moléculaires



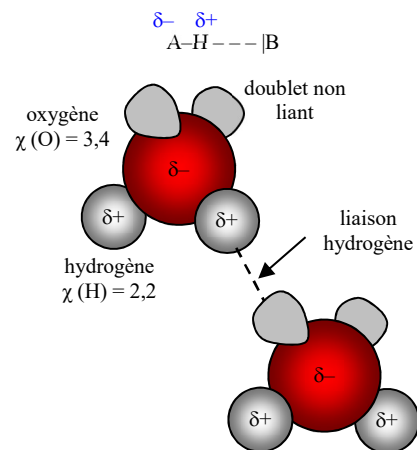
Dans la molécule de chlorure d'hydrogène, la liaison entre le chlore et l'hydrogène est **polarisée**. Les électrons qui participent à cette liaison ne sont **pas partagés de manière égale** entre l'atome de H et l'atome de Cl. Comme l'hydrogène possède un léger déficit d'électrons, il se retrouve avec une petite charge δ^+ . L'atome de chlore se retrouve lui avec une petite charge δ^- .

■ Forces de Van der Waals et liaison hydrogène

Les **forces de Van der Waals** sont des interactions électrostatiques attractives entre molécules.

Elles peuvent être dues à une polarité préexistente des molécules, ou à une polarité induite par la proximité d'autres molécules.

Les **liaisons hydrogène** sont des forces électrostatiques entre un hydrogène polarisé et un atome d'une autre molécule, très électronégatif et porteur de doublets non liant (azote, oxygène ou fluor).



Liaison hydrogène entre deux molécules d'eau

La cohésion d'un solide moléculaire (et celle d'un liquide) est due à ces deux types d'interaction : forces de Van der Waals et liaisons hydrogène.

■ Température de fusion des solides moléculaires

Plus ces liaisons sont importantes, plus la température de fusion du solide est élevée.

■ **Exemples** : des liaisons hydrogène peuvent s'établir entre molécules d'éthanol CH₃-CH₂-O-H. La température de fusion de l'éthanol est de -117 °C.

Ce genre de liaison n'est par contre pas possible dans son isomère le méthoxyméthane CH₃-O-CH₃. Sa température de fusion est de -142 °C.