

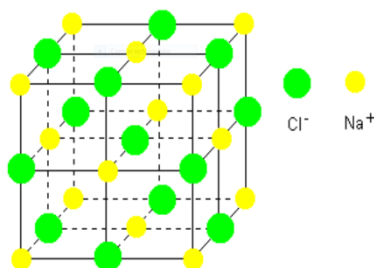


THEME 3 : LA MATIERE ET SES TRANSFORMATIONS.

TITRE DE LA LEÇON : LE CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

I-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une journée porte ouverte sur le thème « chimie et santé » dans un lycée, un élève de la classe de seconde C découvre dans un stand la maquette ci-dessous : Le responsable du stand lui apprend que cette maquette représente le motif du chlorure de sodium communément appelé « sel de cuisine ». Consommé de manière abusive, il provoque des maladies cardiovasculaires et rénales. En plus, cette structure lui confère des propriétés particulières. Dans le souci de s'informer davantage avec ses camarades de classe sur ce produit de première nécessité, ils demandent à leur professeur de Physique-Chimie de les aider à décrire la structure du chlorure de sodium et d'expliquer ses propriétés.



II- CONTENU DE LA LEÇON

1. ETAT NATUREL DU CHLORURE DE SODIUM

Le chlorure de sodium communément appelé sel de cuisine est très répandu dans la nature sous deux formes :

- Solide ; c'est le sel gemme.
- En solution dans l'eau de mer.

Le chlorure de sodium est formé de petits cubes translucides appelés cristaux. C'est un composé ionique.

2. STRUCTURE DU CHLORURE DE SODIUM

2.1. Le réseau cristallin

Le cristal de chlorure de sodium est formé d'un empilement régulier et alterné d'ions Na^+ et Cl^- suivant les trois directions et formant le réseau cristallin. Ces ions sont assimilables à des sphères.

Il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- dans le réseau cristallin de chlorure de sodium. Le cristal est donc électriquement neutre. Cette neutralité électrique est traduite par la formule statistique NaCl .

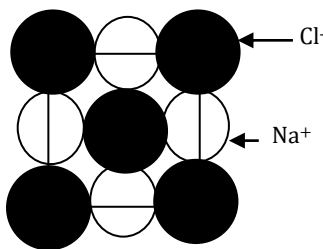
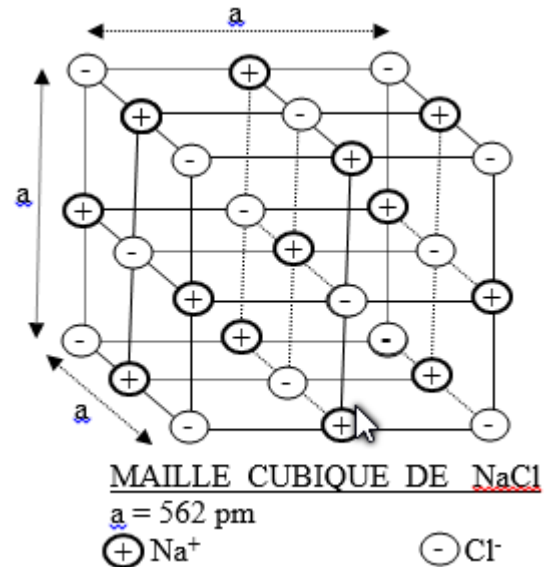
2.2. La maille du cristal

La maille est la plus petite entité du cristal.

Pour le chlorure de sodium, elle est constituée d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- formant un cube :

- Les ions Na^+ occupent les milieux des arêtes et le centre du cube.
- Les ions Cl^- occupent les sommets et les centres des faces.

Dans la maille réelle, chaque ion Na^+ est tangent à 6 ions Cl^- . De même chaque ion Cl^- est tangent à 6 ions Na^+ . Par conséquent, deux ions identiques ne sont jamais en contact.



maille du cristal vue de face

2.3. Cohésion du cristal

Il s'exerce, entre les ions Na^+ et les ions Cl^- , des forces d'attraction électrostatiques. C'est ce qui confère au cristal de chlorure de sodium cohésion et stabilité.

Activité d'application 1

1. Cite les constituants du cristal de chlorure de sodium.
2. Explique la neutralité du chlorure de sodium.
3. Explique la cohésion et la stabilité du cristal de chlorure de sodium.

Corrigé

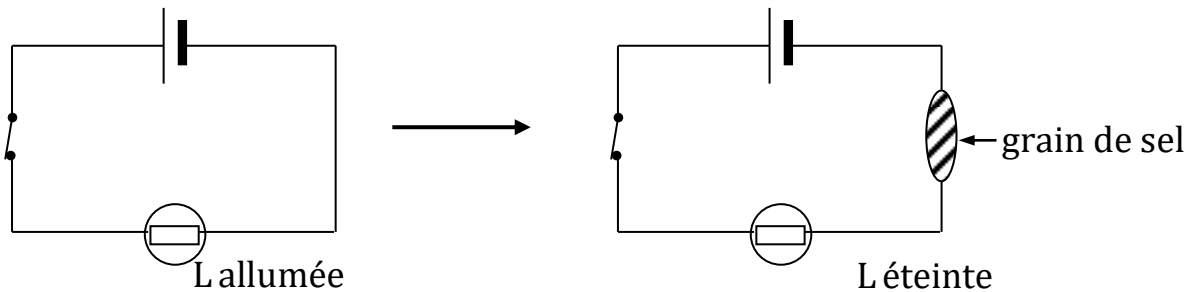
1. Le cristal de chlorure de sodium est constitué d'ions Na^+ et d'ions Cl^- .
2. Dans le cristal de chlorure de sodium, il y a autant d'ions Na^+ que d'ion Cl^- ; d'où la neutralité du cristal.

3. Il existe des forces d'interaction attractives entre les ions Na^+ et les ions Cl^- ; ce qui confère au cristal de chlorure de sodium sa cohésion et sa stabilité.

3. PROPRIETES PHYSIQUES DU CHLORURE DE SODIUM

3.1. Caractère isolant du chlorure de sodium

3.1.1. Expérience et observations



3.1.2. Conclusion

Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique car les ions Na^+ et les ions Cl^- constituant le chlorure de sodium ne peuvent pas se déplacer dans le cristal.

3.2. Solubilité du chlorure de sodium

Le cristal chlorure de sodium se dissout facilement dans l'eau. Les solutions aqueuses obtenues sont conductrices du courant électrique. En effet la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau libère des ions Na^+ et Cl^- qui peuvent se déplacer dans la solution et permettre le passage du courant électrique.

3.3. Stabilité thermique du chlorure de sodium

La température de fusion du chlorure de sodium est élevée ($T_f = 801^\circ\text{C}$) à cause de la cohésion et de la stabilité du cristal due aux forces électrostatiques attractives entre les ions. Il faut donc fournir une grande énergie pour le disloquer.

Activité d'application 2

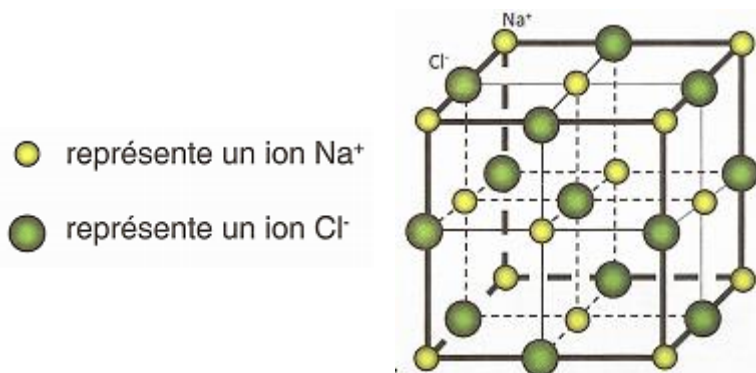
Cite deux propriétés physiques du cristal de chlorure de sodium.

Corrigé

- Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique.
- Le cristal de chlorure de sodium est thermiquement stable.

SITUATION D'ÉVALUATION

Lors d'une conférence organisée par le club santé de ton établissement portant sur les maladies dues à notre alimentation, il a été dit que la consommation abusive du sel de cuisine (chlorure de sodium) constitue un danger. Au sortir de cette conférence, des élèves en classe de 2^{nde} C veulent en savoir davantage sur le chlorure de sodium. Il te sollicite pour les éclairer.



- Détermine le nombre de mailles auxquelles appartiennent :
 - un ion sodium occupant un sommet d'une maille
 - un ion sodium occupant le centre d'une face d'une maille
 - un ion chlorure occupant le milieu d'un arrêt d'une maille
 - un ion chlorure occupant le centre d'une maille.
- Détermine le nombre d'ions Na^+ et d'ions Cl^- appartenant en propre à une maille cubique.
- Déduis-en la formule statistique du chlorure de sodium.

Corrigé

- 1.1. un ion Na^+ au sommet d'un cube appartient à 8 cubes.
 - 1.2. un ion Na^+ au centre d'une face appartient à 2 cubes.
 - 1.3. un ion Cl^- au milieu d'une arête appartient à 4 cubes.
 - 1.4. un ion Cl^- au centre d'un cube appartient à ce cube
2.

 - Chacun des 8 ions Na^+ placés aux 8 sommets du cube appartient pour $1/8$ à ce cube.
 - Chacun des 6 ions Na^+ placés aux centres des 6 faces du cube appartient pour $1/2$ à ce cube.

Un cube contient donc en propre: $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ ions Na^+ .

 - Chacun des 12 ions Cl^- placés aux milieux des 12 arêtes du cube appartient pour $1/4$ à ce cube.
 - L'ion Cl^- placé au centre du cube n'appartient qu'à ce cube.

Un cube contient donc en propre : $12 \times 1/4 + 1 = 4$ ions Cl^- .
- Il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- dans le réseau cristallin. Cette égalité est traduite par la formule statistique NaCl .

III. EXERCICES

EXERCICE 1

Le chlorure de sodium solide possède des propriétés physiques.

1- Sa température de fusion est :

- a) 901 °C ;
- b) 810 °C ;
- c) 801 °C.

2- Sa grande cohésion est due essentiellement :

- a) aux interactions entre les ions sodium ;
- b) aux interactions entre les ions chlorures et les ions sodium ;
- c) aux interactions entre les ions chlorure.

Relève le numéro de chaque proposition et fais suivre de la lettre correspondant à la bonne réponse.

Corrigé

- 1.c
- 2.b

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous par les mots ou groupes de mots suivants : **conducteur – stable – élevée – grande cohésion**.

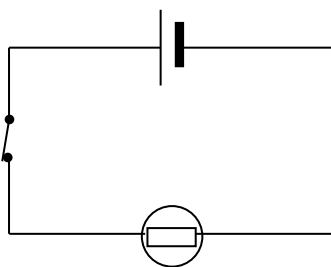
Le chlorure de sodium solide est constitué d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- . Les forces électrostatiques attractives existantes entre ces ions assurent une..... du cristal. La température de fusion du chlorure de sodium est très..... C'est un cristal très..... Le chlorure de sodium dissout dans l'eau est..... du courant électrique.

Corrigé

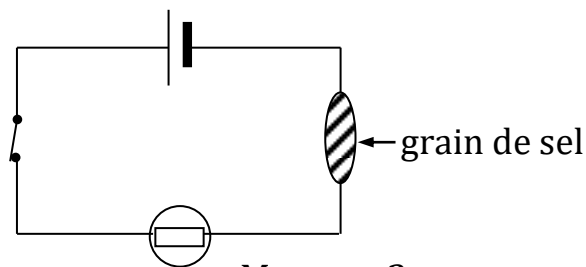
Le chlorure de sodium solide est constitué d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- . Les forces électrostatiques attractives existantes entre ces ions assurent une **grande cohésion** du cristal. La température de fusion du chlorure de sodium est très **élevée**. C'est un cristal très **stable**. Le chlorure de sodium dissout dans l'eau est **conducteur** du courant électrique.

EXERCICE 3

On réalise une expérience schématisée ci-dessous :



Montage 1



Montage 2

1. Précise l'état de la lampe dans chaque cas.
2. Explique l'observation dans le montage 2.

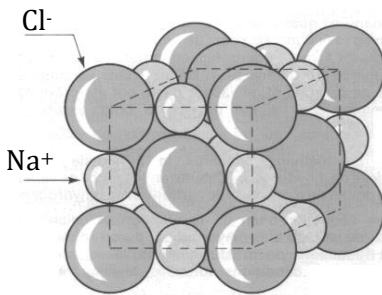
Corrigé

1. Dans le montage 1, la lampe est allumée ; tandis que dans le montage 2, la lampe est éteinte.
2. La lampe ne s'allume pas parce que le chlorure de sodium solide est un isolant électrique. Il contient certes des ions Na^+ et Cl^- , mais ces ions ne peuvent pas se déplacer à cause des forces électrostatiques attractives entre eux.

EXERCICE 4

Lors de la préparation d'un devoir, ton camarade découvre la figure ci-dessous représentant une maille élémentaire de chlorure de sodium.

Il te sollicite pour exploiter cette figure.



Données : rayon de l'ion sodium : $r_{\text{Na}^+} = 100 \text{ pm}$; rayon de l'ion chlorure $r_{\text{Cl}^-} = 180 \text{ pm}$.

Masses molaires atomiques : $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$

Nombre d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

1. Calcule la longueur de l'arête du cube élémentaire.
2. Calcule le volume du cube.
3. On précise que la maille élémentaire comporte en propre 4 ions Na^+ et 4 ions Cl^- .
 - 3.1. Détermine la masse de chlorure de sodium contenue dans une maille élémentaire.
 - 3.2. Calcule la masse volumique du chlorure de sodium.

Corrigé

1.

$$a = 2x(r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-})$$

$$a = 2x(100 + 180)$$

$$a = 560 \text{ pm} = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

2.

$$V = a^3$$

$$V = 560^3$$

$$V = 175616000 \text{ pm}^3 = 1,76 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$$

3

3.1.

$$m = 4x \frac{M(\text{Na})}{N} + 4x \frac{M(\text{Cl})}{N}$$

$$m = 4x \frac{23}{6,02 \cdot 10^{23}} + 4x \frac{35,5}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,887 \cdot 10^{-22} \text{ g} = 3,887 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

3.2.

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

$$\rho = \frac{3,887 \cdot 10^{-25}}{1,76 \cdot 10^{-28}} = 2,21 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 2,21 \text{ kg/dm}^3$$

EXERCICE 5

Le professeur de Physique-Chimie vous soumet à un test qui consiste à déterminer la structure du cristal d'oxyde de magnésium.

Le magnésium et l'oxygène ont respectivement pour numéro atomique $Z = 12$ et $Z = 8$.

Tu es désigné pour proposer tes solutions.

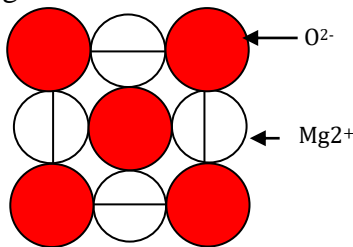
1. Ecris la formule électronique du magnésium et celle de l'oxygène.
2. Précise le type d'ions que donne chaque élément.
3. Dans le cristal d'oxyde de magnésium, les ions oxygène et magnésium se disposent selon un assemblage compact, identique à celui du chlorure de sodium.
 - 3.1. Ecris la formule statistique de l'oxyde de magnésium.
 - 3.2. Fais un schéma d'une face de la maille élémentaire.

Corrigé

1. Mg : $K^2L^8M^2$
O : K^2L^6
2. Ion Mg^{2+} et ion O^{2-}
- 3.

3.1. MgO

3.2.



IV. DOCUMENTATION

Le **chlorure de sodium** est un composé chimique ionique de formule NaCl. On l'appelle plus communément *sel de table* ou *sel de cuisine*, ou tout simplement **sel** dans le langage courant. Cette roche évaporite a l'aspect d'une matière cristalline, sèche et solide, de densité 2,2, de dureté Mohs 2 et surtout friable, très soluble dans l'eau, avec un goût âcre et une saveur salée caractéristique. Cet exhausteur de goût, plus ou moins raffiné, est utilisé depuis des temps immémoriaux pour l'assaisonnement, la préservation et la conservation des aliments.

Il s'agit du principal sel neutre dissous dans l'eau de mer ; il s'obtient :

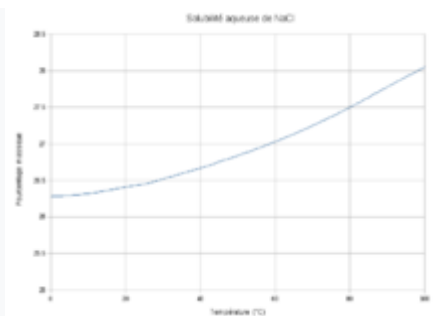
- dans des salins ou marais salants par évaporation de saumures dans plusieurs bassins communiquant avec une réserve remplie par l'eau de mer. C'est pourquoi, produit par cette saliculture traditionnelle ou industrielle, il s'appelle aussi **sel marin** ;
- dans des mines ou salines, par extraction de la roche évaporite saline nommée **sel gemme** ou **halite**. Ce sel extrait impur ou non purifié peut également être utilisé pour le salage des routes, pour favoriser le déneigement ou empêcher ou traiter le verglas ;
- plus rarement en le synthétisant, par exemple lors d'une réaction à haute température entre du dichlore (Cl_2) et du sodium métallique (Na).

Le chlorure de sodium, matière première de base, est utilisé dans l'industrie chimique pour produire du carbonate de sodium, de l'hydroxyde de sodium, du chlore et de l'hydrogène.

Propriétés physiques et chimiques

L'analyse chimique pondérale donne en masse 39,34 % de sodium Na et 60,66 % de chlore Cl₂. Le sel contient aussi parfois des inclusions d'iode I₂ et de brome Br₂, à l'état d'impuretés.

Cet halogénure simple est le sel le plus soluble, à 15 °C, de la série des chlorures alcalins. Il forme très peu d'associations avec les composés biologiques des sols ou des végétaux (par exemple sous forme de complexes retenus), d'où son lessivage facile et son accumulation inévitable dans les cuvettes endoréiques ou les mers.



Courbe de solubilité aqueuse.

Sa solubilité dans l'eau varie assez peu avec la température. Pour 100 g d'eau pure (donc agressive), elle croît de 35,7 g à 0 °C jusqu'à 39,8 g à 100 °C, en passant par 35,8 g à 10 °C, 36 g à 20 °C, 36,3 g à 30 °C, 36,6 g à 40 °C, 37 g à 50 °C, 37,3 g à 60 °C, 37,8 g à 70 °C, 38,4 g à 80 °C et 39 g à 90 °C (ces valeurs représentent dix fois les concentrations en sel dans les océans qui sont d'environ 35 g/L).

Entre solutions salines et eau pure est observée une pression osmotique. C'est un sel neutre. Les cellules vivantes contiennent une solution saline, sous forme d'eau légèrement salée et aux caractéristiques régulées et constantes.

Le sel compressé en masse de sel-gemme ou une couche de halite possède des caractéristiques mécaniques typiques des principales roches salines ou évaporites, en particulier la plasticité. Ainsi à 120 °C, la roche saline compressée sous 300 kg se file lentement. Il est facile de comprendre le facteur d'instabilité dans une structure géologique qui offre des degrés même infimes de liberté et des possibilités de mouvement. Parfois, du fait de la faible densité relative de la roche saline et des forts effets de compressions latérales, le fluage s'effectue vers la surface. D'où la variété des phénomènes tectoniques mettant en cause des formations salines, sous forme de dômes de sel, de plis, de diapirs, de décollements, de chevauchements, voire de charriage. La tectonique salifère qui se nomme *halocinèse* constitue un champ spécifique d'études géomorphologiques.

Importance biologique

Dans notre organisme, les ions [sodium](#) Na⁺ jouent un rôle important dans la transmission du flux nerveux. Le sel contribue aussi au maintien d'un milieu [osmotique](#) favorable pour les [cellules](#) et évite la [déshydratation](#).

Risques cardiovasculaires associés à une surconsommation sodée

À [trop forte dose](#), le sel, par son contenu en sodium, contribue à augmenter la [tension](#) artérielle. Un apport de 2 g de sodium, soit 5 g de sel par jour¹⁰, serait suffisant, mais la consommation est en général très supérieure à ce minimum (9 à 10 g par jour en moyenne en 2001 en France) sans pour autant que la population se doute de l'importance de sa consommation¹¹.

L'[Agence française de sécurité sanitaire des aliments](#) (Afssa) a recommandé en janvier 2002 de réduire de 20 % en cinq ans l'apport en sel dans l'alimentation, pour atteindre 7 à 8 g par jour et par habitant, contre 9 à 10 g par jour en moyenne¹², voire beaucoup plus : 15 % de la population française consomment plus de 15 g de sel par jour (sel de table et sel déjà contenu dans les aliments)¹³. La part la plus importante des apports sodés dans les pays développés se trouve dans les aliments préparés, ce qui rend indispensable la collaboration de l'industrie alimentaire pour essayer d'en réduire la teneur en sel¹⁴.

Au début des années 2000, en France, l'excès de sel serait responsable, selon les travaux du P^r Pierre Meneton, chercheur à l'Inserm, de 25 000 décès par an et de 75 000 accidents cardiovasculaires, par hypertension. Ce constat et sa connexion avec les pratiques de l'industrie agroalimentaire lui ont valu un procès en diffamation de la part du Comité des salines de France, où il fut relaxé.

Études interventionnelles

La plupart des études démontrant une relation inverse entre la quantité de sel ingéré et la fréquence des maladies cardiovasculaires sont de type observationnel : seule est notée la consommation en chlorure de sodium des sujets étudiés sans essayer de modifier le comportement alimentaire de ces derniers.

Les études interventionnelles sont plus rares mais tendent à démontrer le bénéfice à réduire l'apport sodé : en Finlande, les professionnels sont passés avec succès à un sel de substitution allégé en sodium et enrichi en potassium (chlorure de potassium) ; le rapport sodium/potassium alimentaire est en effet important. Selon les travaux de chercheurs finlandais de l'université d'Helsinki et de Kuopio publiés dans la revue scientifique *Progress in Cardiovascular Diseases*, une réduction de 30 à 35 % des apports en sel dans leur pays, au cours des trente dernières années, a largement contribué à la chute de plus de 75 % de la mortalité cardiovasculaire chez les personnes de moins de 65 ans. Parallèlement l'espérance de vie des Finlandais a augmenté de six à sept ans. Ces impressionnants bénéfices sont principalement dus à une baisse de plus de 1 point de la pression artérielle moyenne de la population. De même, une réduction de près de 30 % des maladies cardiovasculaires a été observée dans une autre étude, et ce, de manière indépendante de la réduction des chiffres tensionnels.

Source : Wikipédia