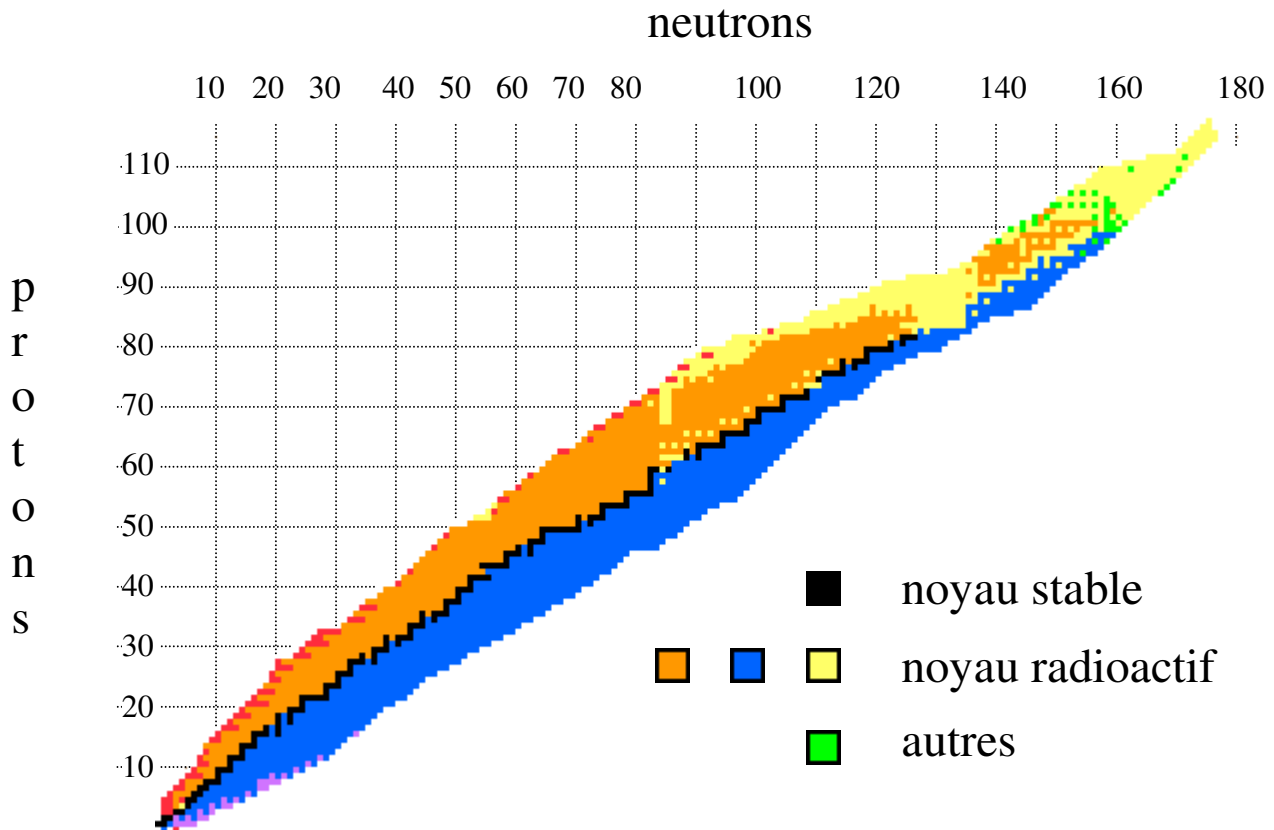


1 Une longue histoire de la matière

1.1 L'origine des noyaux d'atome

Le diagramme (N, Z) recense tous les noyaux possibles.



On voit qu'il n'existe qu'une centaine d'éléments chimiques (nombre de protons) et environ 300 noyaux stables (en noir). Les autres sont radioactifs.

Ces noyaux ont pour origine des réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir d'hydrogène.

La composition de l'Univers

L'Univers est constitué principalement d'hydrogène et d'hélium qui ont été produits peu de temps après la naissance de l'Univers.

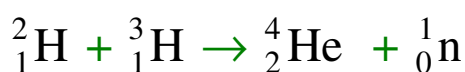
La composition de la Terre

La Terre est constituée principalement de fer, d'oxygène, de silicium et de magnésium qui ont été produits par des réactions nucléaires au sein d'étoiles anciennes qui ont précédé le Soleil.

Réactions nucléaires au sein des étoiles

Au centre d'une étoile la température est très haute. Les collisions entre noyaux sont très nombreuses. Deux noyaux qui se heurtent peuvent fusionner pour donner naissance à un nouveau noyau.

Exemple équation de fusion nucléaire



Reconnaître une réaction nucléaire

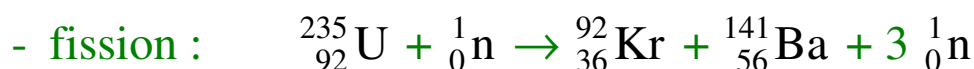
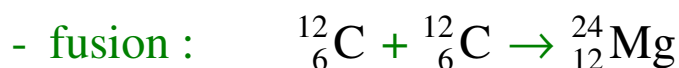
D'autres réactions nucléaires que la fusion existent. On doit pouvoir les distinguer.

Lors d'une réaction de **fission**, un neutron (${}^1_0\text{n}$) heurte un noyau lourd qui se casse en deux noyaux fils en émettant des neutrons

Lors d'une réaction de **fusion**, deux noyaux légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

Ces réactions s'accompagnent d'un dégagement de chaleur très important.

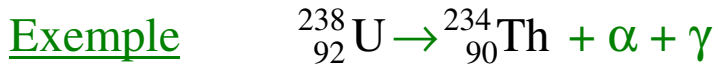
Exemples équations de réactions nucléaires



La fission d'un gramme d'uranium dégage une énergie équivalente à la combustion d'une tonne de charbon.

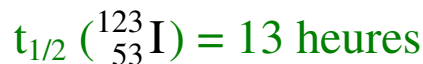
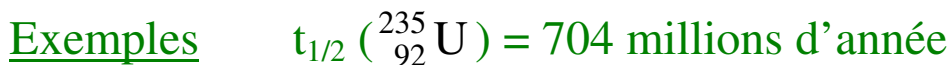
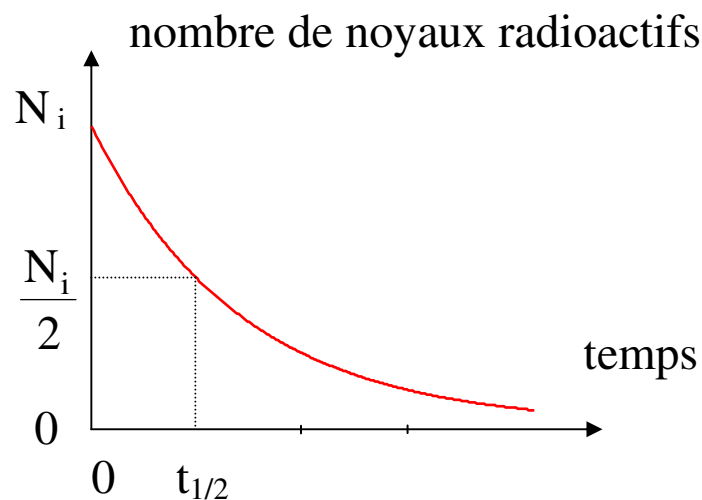
1.2 Les noyaux radioactifs

Le noyau radioactif est instable et se désintègre spontanément en donnant un noyau différent et en émettant des particules α ou β et souvent un rayonnement γ .



Le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon diminue au cours du temps : c'est la décroissance radioactive.

On quantifie la décroissance radioactive par la demi-vie ($t_{1/2}$) qui est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon est réduit de moitié.



1.3 Les cristaux

Un cristal est un solide formé de particules (atomes, molécules ou ions) assemblés régulièrement (opposé : solide amorphe).

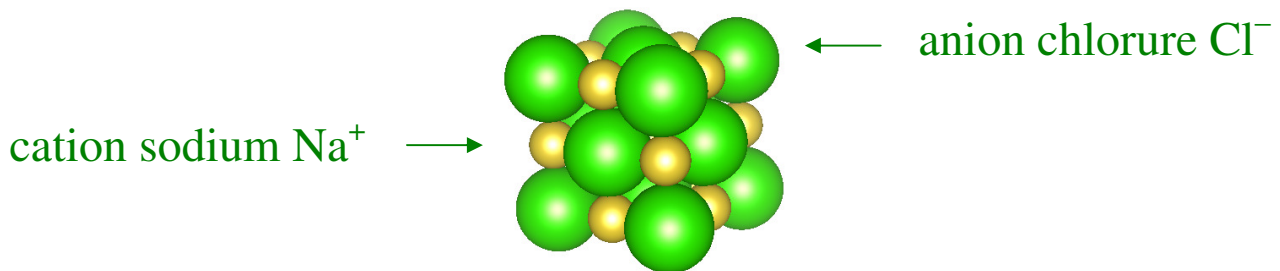
Exemples

la neige, le sel, le sucre, les métaux, le diamant ...

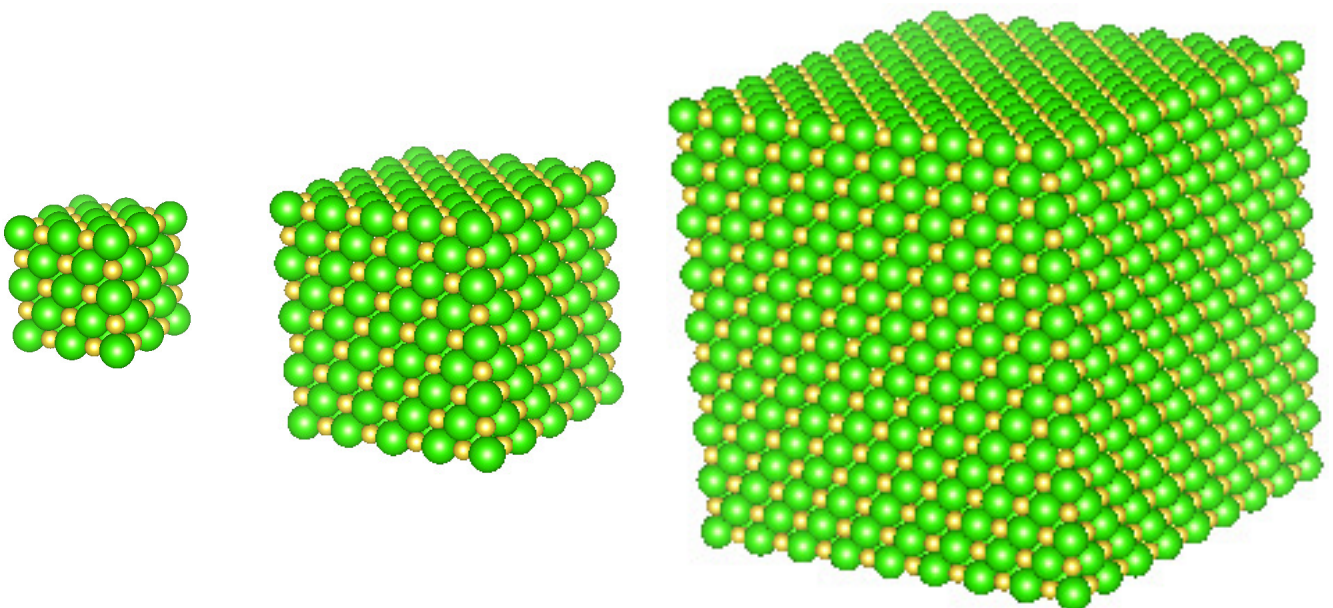
1.3.1 Le chlorure de sodium

Le solide ionique (une forme de cristal) est constitué d'anions (-) et de cations (+) ordonnés dans l'espace. Chaque ion est entouré d'ions de signes opposés. Le solide ionique est électriquement neutre.

Exemple



L'empilement régulier d'ions peut être très grand jusqu'à devenir visible à l'œil nu.



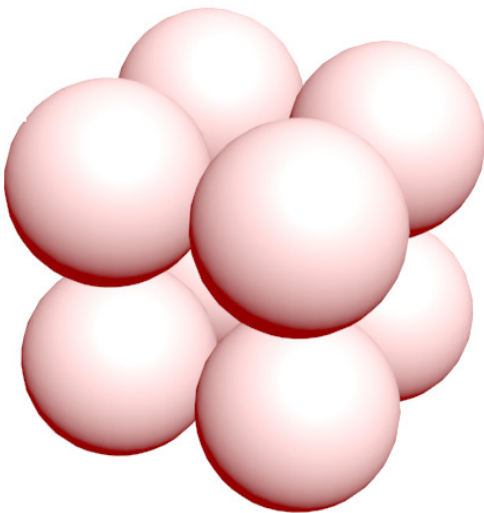


cristaux de NaCl
ils sont présents
dans les roches,
ou issu de
l'évaporation de
l'eau de mer

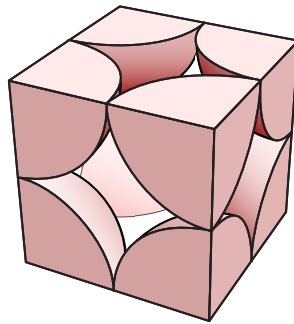
1.3.2 La maille cristalline

Une structure cristalline est définie par une maille répétée périodiquement.

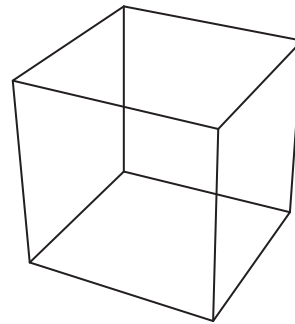
La maille cubique simple



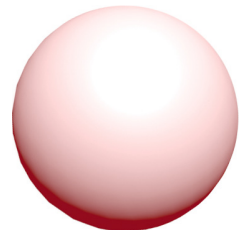
empilement



maille

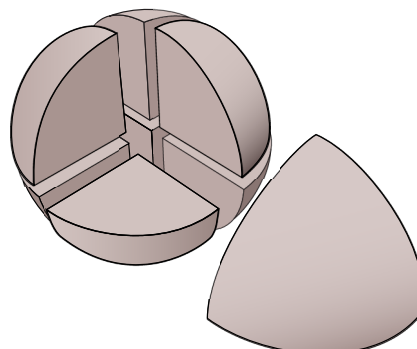


réseau

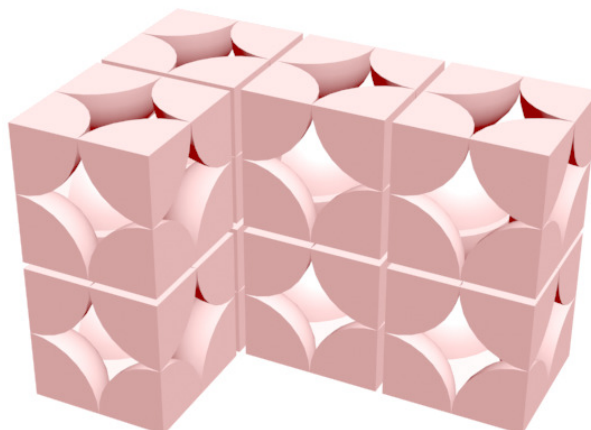


motif

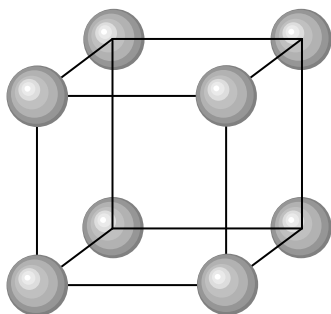
un motif coupé en huit
morceaux égaux



Un motif situé à un sommet est partagé entre 8 mailles, il compte donc pour $1/8^{\text{ème}}$ dans la maille. On a donc huit huitièmes de motif à chaque sommet, soit un motif au total dans la maille.



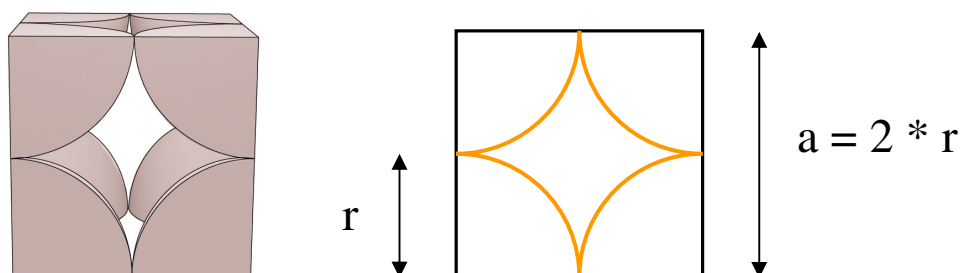
En utilisant la perspective cavalière (la taille d'un objet ne diminue pas lorsqu'il s'éloigne) et des motifs plus petits, on perd en réalisme mais cela permet de dessiner plus simplement la maille cubique :



La **compacité** « c » d'une maille est définie par :

$$c = \frac{\text{volume des particules présentes dans la maille}}{\text{volume de la maille}}$$

On peut calculer la compacité de la maille cubique simple :



a : longueur de l'arête du cube (ou paramètre de maille) ; en m
r : rayon de la particule supposée sphérique ; en m

$$c = \frac{\frac{4}{3} * \pi * r^3}{a^3} = \frac{\frac{4}{3} * \pi * r^3}{(2 * r)^3} = \pi / 6 = 0,52$$

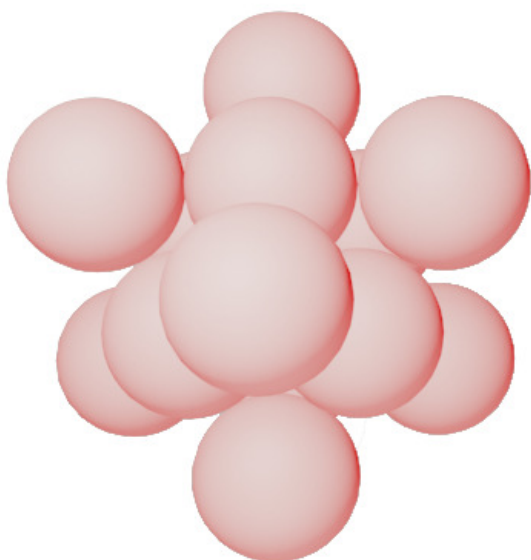
La **masse volumique** « ρ » de la maille est définie par :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{masse de la maille}}{\text{volume de la maille}}$$

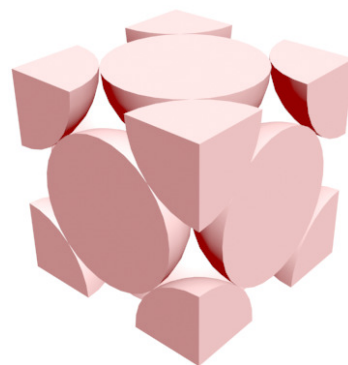
m : masse de la maille = masse d'une particule * nb de particules dans la maille ; en kg

V : volume de la maille ; en m³

La maille cubique à faces centrées



empilement

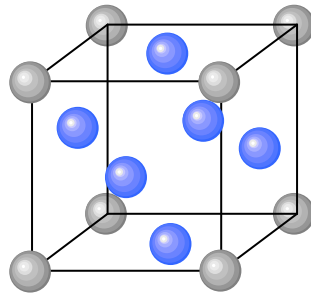


maille

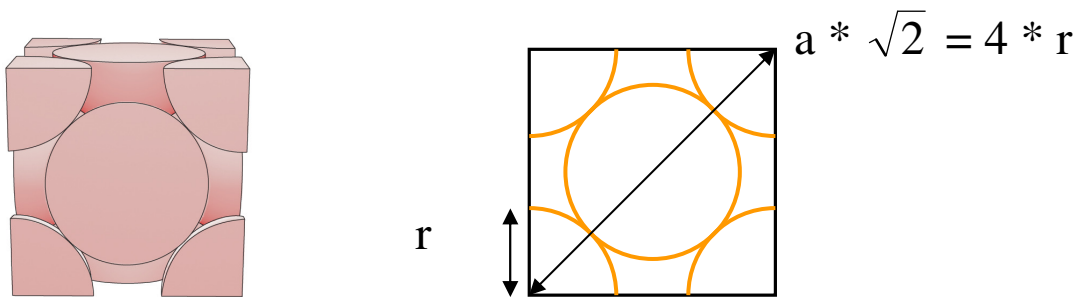
Un motif situé au milieu d'une face est partagé entre deux mailles, il compte donc pour 1/2 dans la maille.

On a donc huit huitièmes de motif à chaque sommet, plus six moitiés de motif au centre de chaque face, soit quatre motifs.

Perspective cavalière de la maille cubique faces centrées :



Compacité de la maille cubique faces centrées :



$$c = 4 * \frac{\frac{4}{3} * \pi * r^3}{a^3} = 4 * \frac{\frac{4}{3} * \pi * r^3}{\left(\frac{4 * r}{\sqrt{2}}\right)^3} = \frac{\pi * \sqrt{2}}{6} = 0,74$$

Exemple calcul de la masse volumique du fer γ (cubique faces centrées)

Paramètre de maille : $a = 0,356 \text{ nm}$

Volume d'une maille : $V = a^3 = 4,51.10^{-29} \text{ m}^3$

Masse molaire du fer :	$M(\text{Fe}) = 55,85 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante d'Avogadro :	$N = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Masse d'un atome de fer :	$m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) / N = 9,27 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
Masse d'une maille :	$m = 4 (\text{motifs}) * m(\text{Fe}) = 3,71 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
Masse volumique :	$\rho = m / V = 8,22 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$