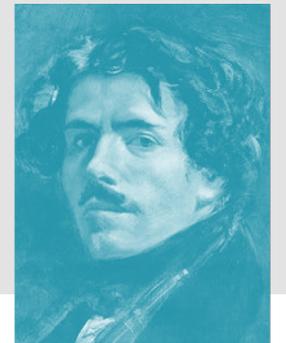
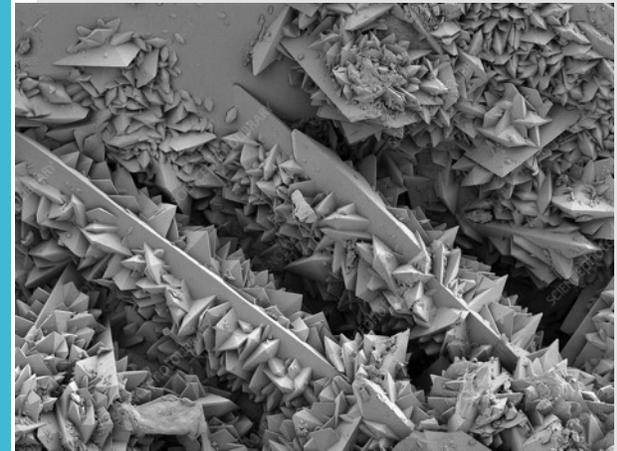
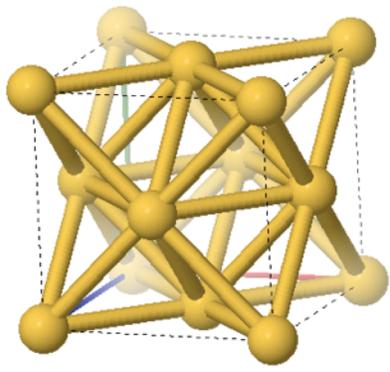


TP 1 + TD1: Cristaux, maille cristalline, compacité

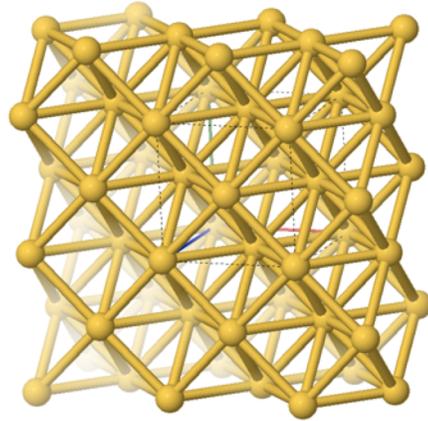
Logiciel MinUSc, maille cristalline du NaCl, atome, compacité,
masse volumique, perspective cavalière





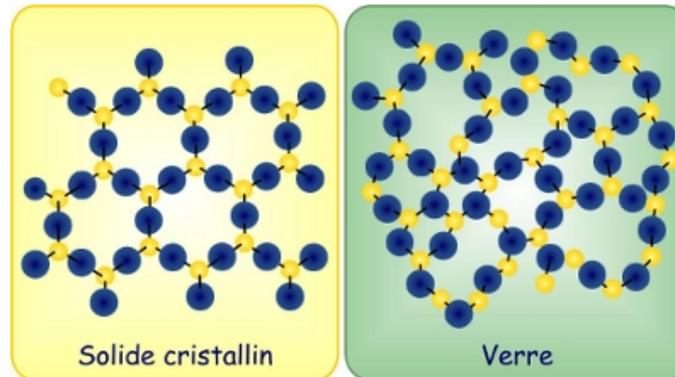
Ex: maille cubique à face centrée (maille élémentaire de l'or)

- **Maille**: unité de répétition par translation (a , b , c sur Minusc). En se répétant indéfiniment par translation dans les trois dimensions de l'espace, elle définit le réseau cristallin.



Ex: cristal d'or

- **Cristal solide** dont les atomes sont **arrangés de manière régulière** selon une maille.
- **Solide cristallin**: répétition dans les 3 dimensions de l'espace d'une maille cristalline.



- **Solide amorphe**: état liquide figé désordonné (ex: verre)

<https://www.sirtin.fr/2009/11/11/le-verre-solide-ou-liquide/>

Vocabulaire à maîtriser

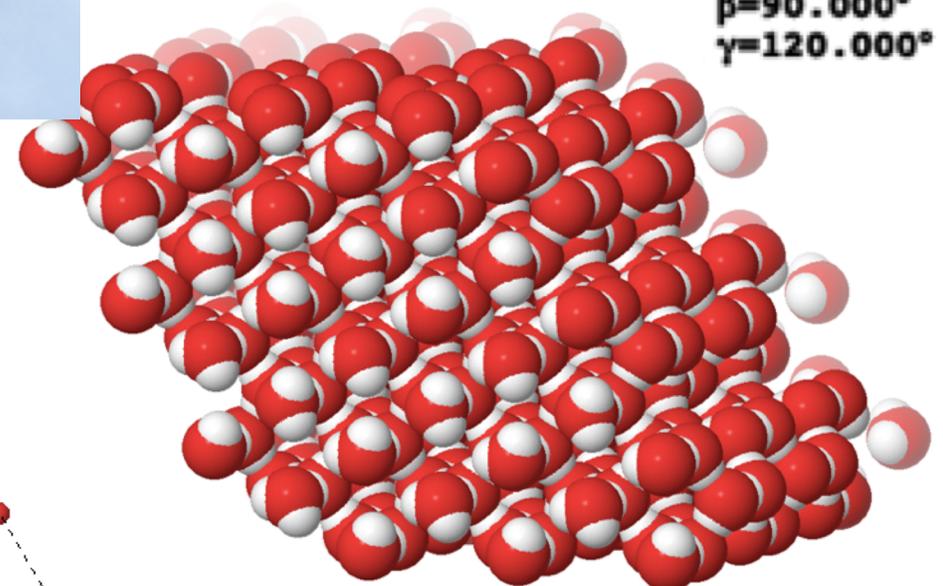
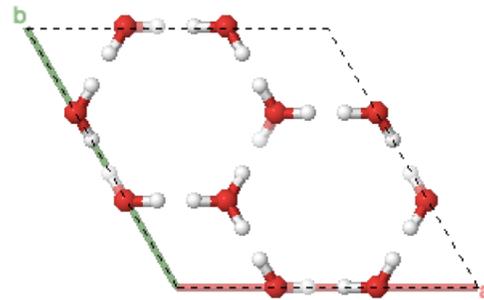


<https://pixabay.com/fr/photos/vosges-neige-montagne-hiver-bleu-3853072/>

De l'infiniment
grand, à
l'infiniment
petit



<https://pixabay.com/fr/photos/flocon-de-neige-neige-cristal-1245748/>



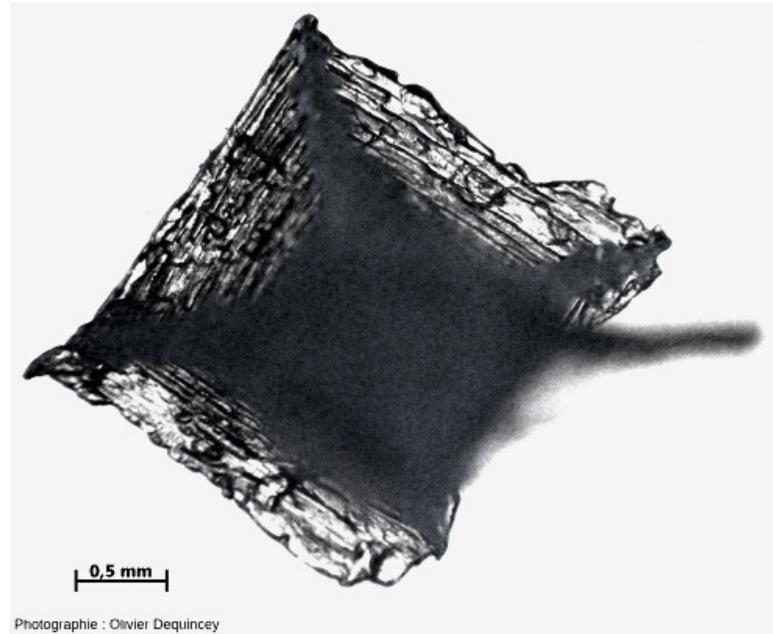
$a=7.820\text{\AA}$
 $b=7.820\text{\AA}$
 $c=7.360\text{\AA}$
 $\alpha=90.000^\circ$
 $\beta=90.000^\circ$
 $\gamma=120.000^\circ$

D'après logiciel MinUSc



Un marais salant de l'île de Ré

De l'infiniment grand, à l'infiniment petit

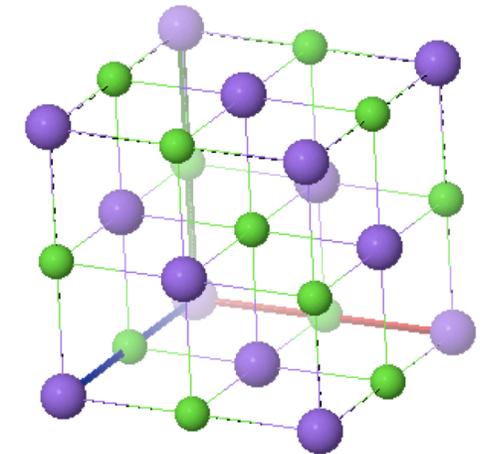


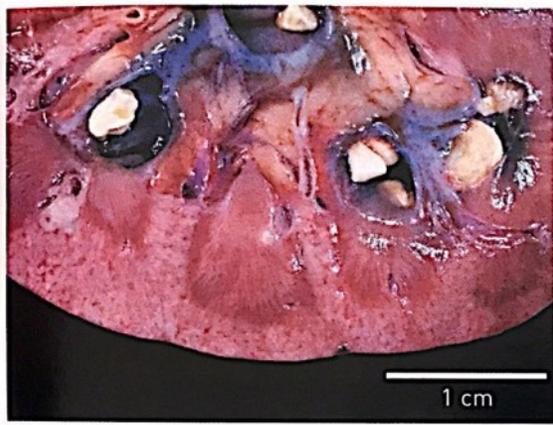
Photographie : Olivier Dequincey

Cristal de fleur de sel (halite) de l'île de Ré vu au microscope optique

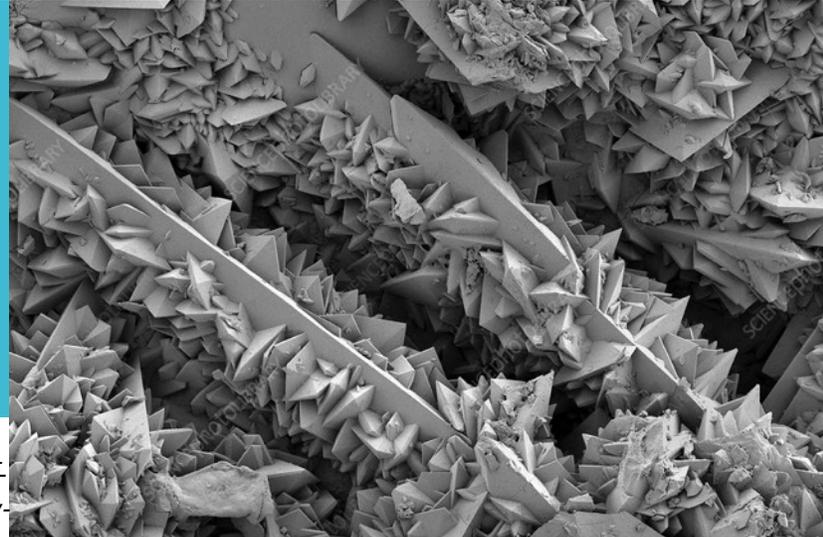
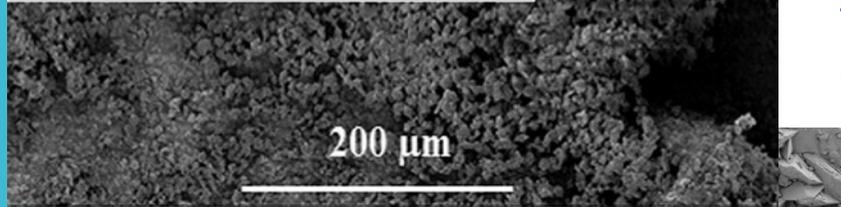
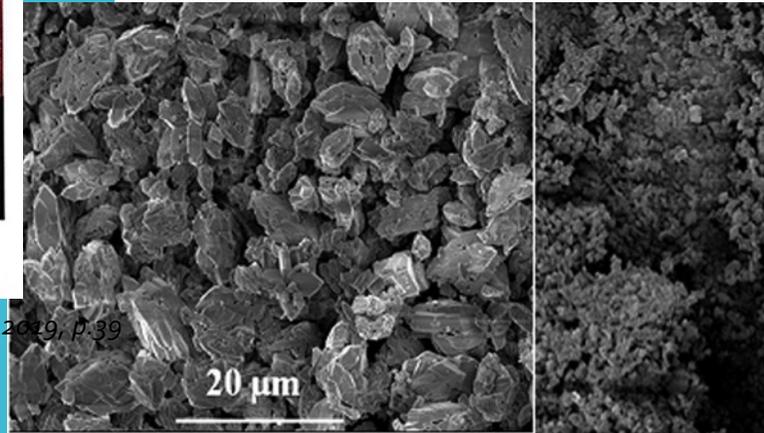
<https://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/lmg493-2015-04-27.xml>

Le chlorure de sodium (NaCl) solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin.





b Coupe transversale d'un rein présentant des calculs dans les cavités rénales.

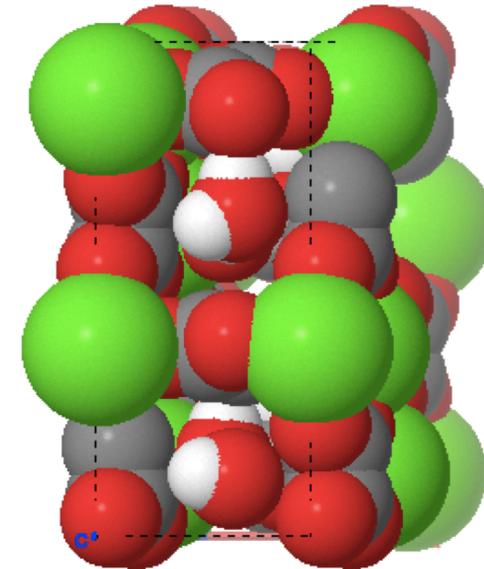


Credit

THOMAS DEERINCK, NCMIR / SCIENCE PHOTO LIBRARY

Caption

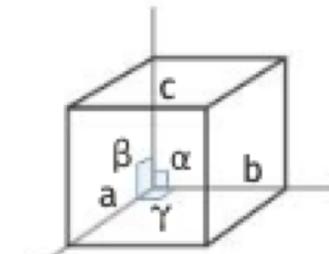
Kidney stone surface, scanning electron micrograph (SEM). Kidney stones are usually formed by the precipitation of the mineral salt calcium oxalate from the urine. The resulting hard, round stones (calculi) may cause severe pain, especially as they pass down the urinary tract. Large kidney stones may need to be surgically removed or broken down using ultrasound therapy. Magnification: x250 when printed at 10 centimetres across.



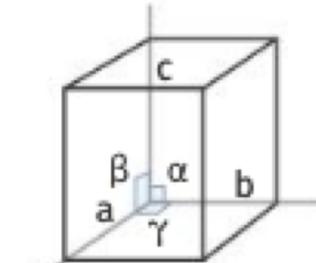
D'après logiciel MinUSc

Et dans la
matière
vivante

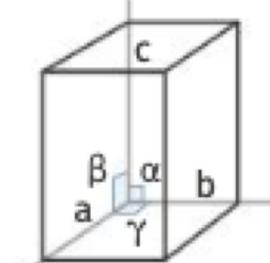
Les 7 mailles cristallines



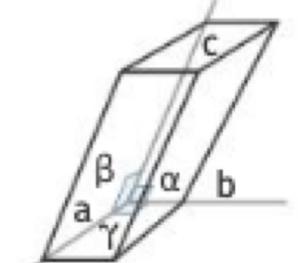
cubique
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



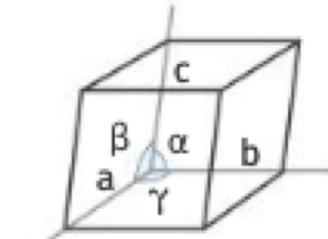
quadratique
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



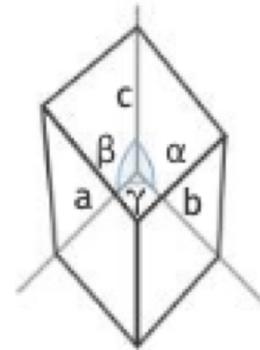
orthorhombique
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



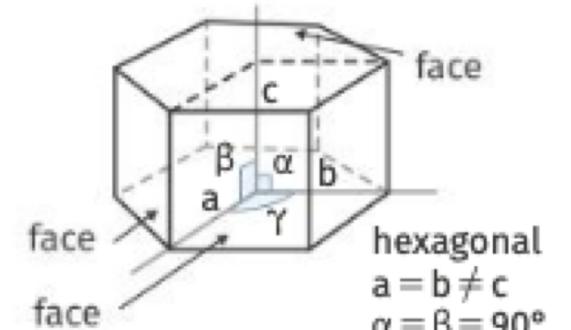
monoclinique
 $a \neq b \neq c$
 $\beta = \gamma = 90^\circ \neq \alpha$



triclinique
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

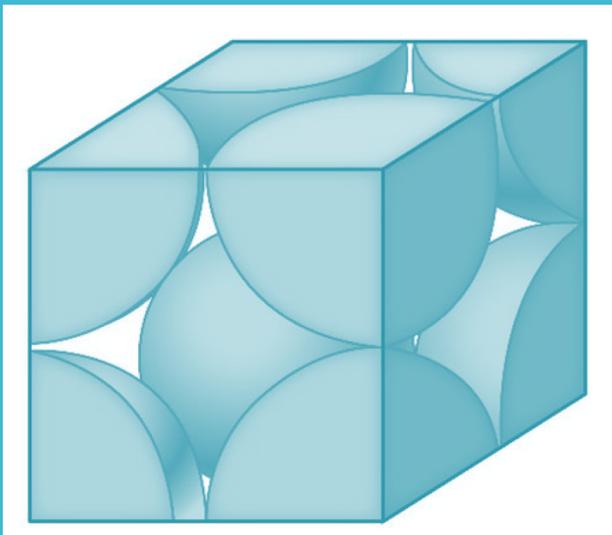


rhomboédrique
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$

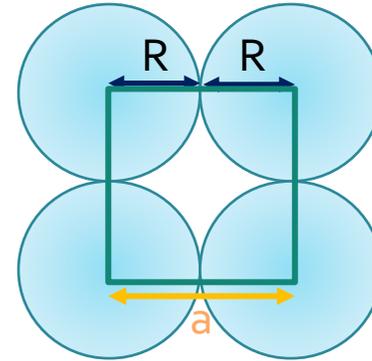


hexagonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ$
 $\gamma = 120^\circ$



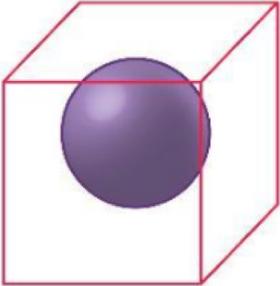
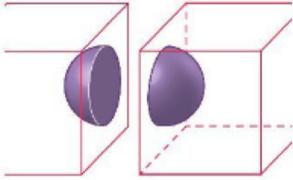
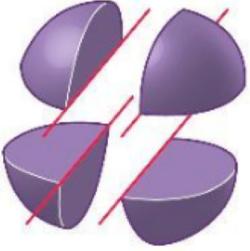
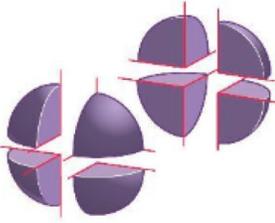


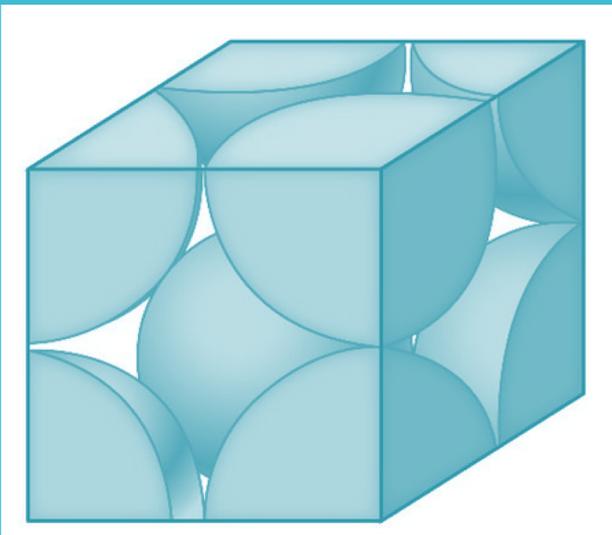
La maille cubique



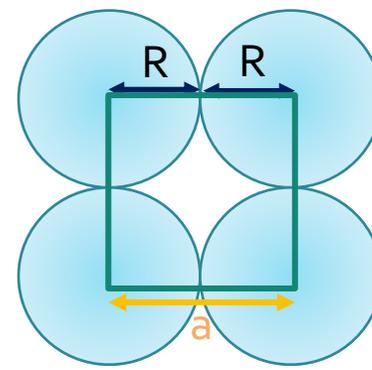
- Maille cristalline la plus simple.
- Dans cette structure les **atomes sont situés aux 8 sommets** d'un cube.
- Dans le modèle de la maille cristalline, les atomes sont modélisés par des sphères de rayon R , les unes au contact des autres. On parle **d'atomes tangents**.
- **Comptage des atomes par maille**: chaque atome au sommet du cube, ne compte que pour $1/8$ (car partagé entre 8 mailles adjacentes).

Contribution d'un atome à la maille en fonction de sa position

Tableau de contribution d'un atome à la maille en fonction de sa position		
Place d'un atome dans la maille	Nombre de mailles qui se partagent l'atome	Contribution de l'atome à la maille
Centre	 © Haessig Thomas	1
Face	 © Haessig Thomas	$\frac{1}{2}$
Arête	 © Haessig Thomas	$\frac{1}{4}$
Sommet	 © Haessig Thomas	$\frac{1}{8}$



La maille
cubique simple:
nombre
d'atomes,
compacité

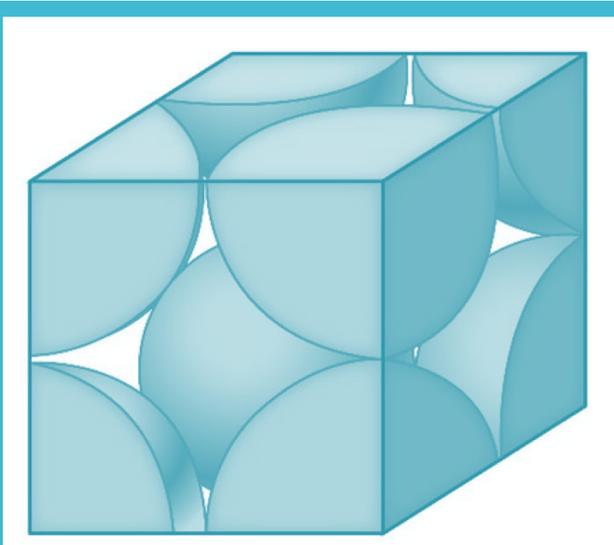


- **Dénombrement :**

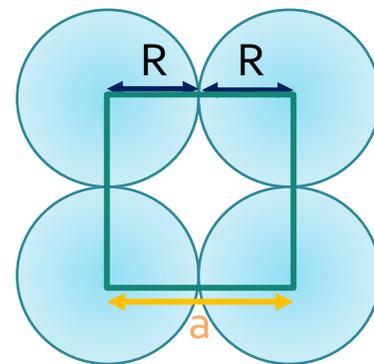
- ❖ Chaque atome à l'intérieur de la maille compte pour 1
- ❖ Chaque atome sur la face du cube compte pour $\frac{1}{2}$
- ❖ Chaque atome situé sur une arête compte pour $\frac{1}{4}$
- ❖ Chaque atome situé au sommet compte pour $\frac{1}{8}$

Conclusion: dans une maille cubique simple, on dénombre $8 \times (\frac{1}{8}) = 1$ atome par maille

- **La compacité** : correspond à la proportion d'espace occupé par les atomes dans le cube.
- $c = \frac{\text{volume occupé par tous atomes}}{\text{volume du cube}}$



La maille cubique simple: calcul de la compacité



- **La compacité** : correspond à la proportion d'espace occupé par les atomes dans le cube.

• $c = \text{volume}_{\text{occupé par tous atomes}} / \text{volume}_{\text{du cube}}$

$$\text{Compacité} = (1 * (4/3)\pi R^3) / a^3$$

$$\text{Or } a = 2R$$

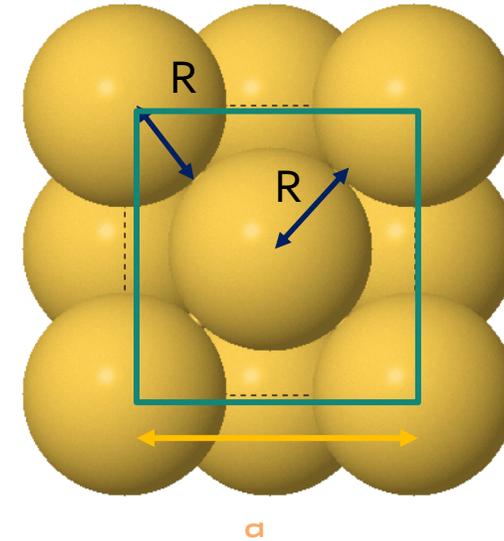
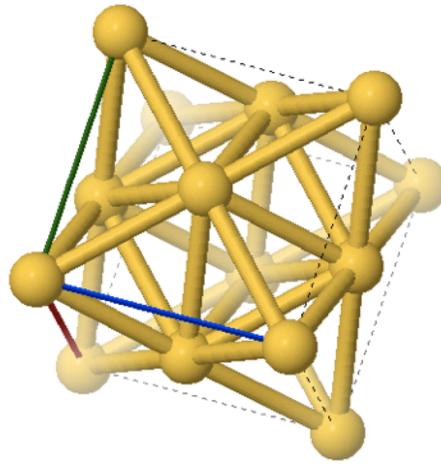
$$\text{D'où compacité} = (1 * (4/3)\pi R^3) / (2R)^3$$

$$\text{D'où compacité} = ((4/3)\pi) / 2^3$$

$$\text{D'où compacité} = (\pi) / (3 * 2)$$

$$\text{D'où compacité} = 0,52$$

La maille cubique à faces centrées: nombre d'atomes, compacité



- $N = 8 \times (1/8) + 6 \times (1/2)$

$N = 4$ atomes / maille

- $\text{Compacité} = (4 \times (4/3) \times \pi R^3) / a^3$

Or $(4R)^2 = 2a^2$ soit $4R = a\sqrt{2}$

D'où $a = 4R/\sqrt{2}$

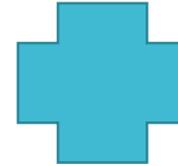
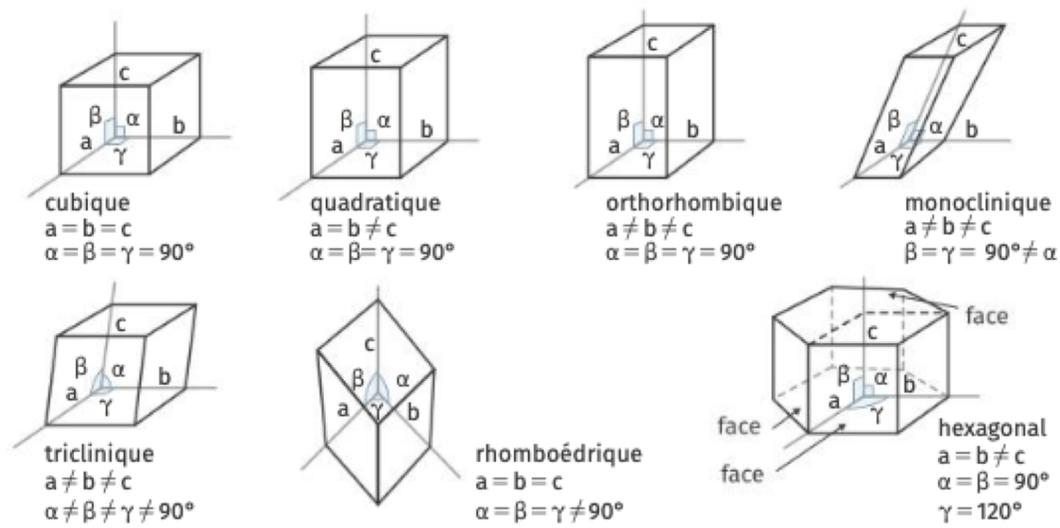
$\text{Compacité} = (4 \times (4/3) \times \pi R^3) / (4R/\sqrt{2})^3$

$\text{Compacité} = (4 \times (4/3) \times \pi) / (4/\sqrt{2})^3$

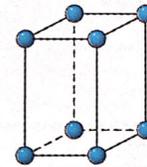
$\text{Compacité} = \pi\sqrt{2}/6$

Compacité = 0,74

Bilan sur le cristal=
forme de la maille +
position des atomes dans la maille



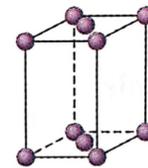
La position et la nature des entités qui le constituent



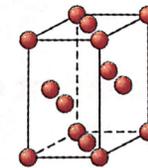
Primitif ou simple (P)



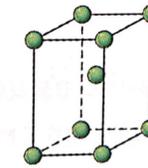
= nœuds du réseau sur lesquels sont centrés les motifs du réseau



Bases centrées (C)



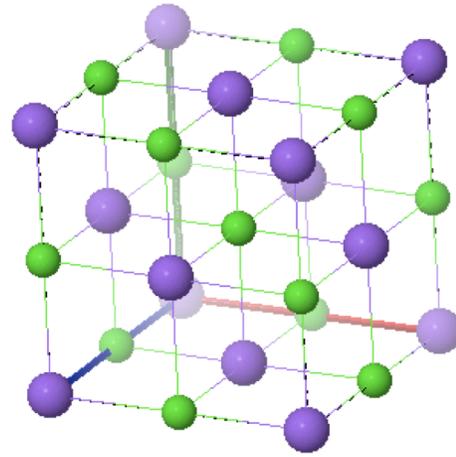
Faces centrées (F)



Centré (I)



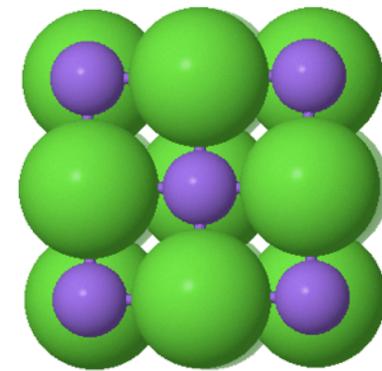
Cristal de sel
(NaCl), maille
cubique simple,
atomes non
tangents



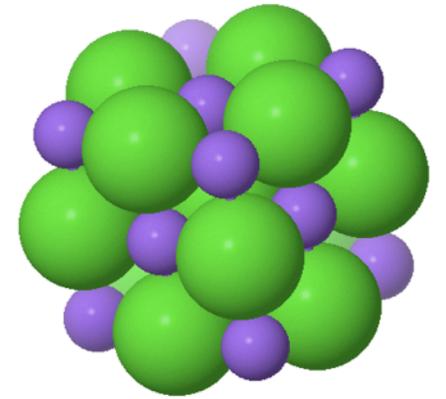
$a=5.640\text{\AA}$
 $b=5.640\text{\AA}$
 $c=5.640\text{\AA}$
 $\alpha=90.000^\circ$
 $\beta=90.000^\circ$
 $\gamma=90.000^\circ$

Atome	I	F	A	S	Total Masse	%	
Na⁺	0	6	0	8	4	91.96	39
Cl⁻	1	0	12	0	4	141.8	61

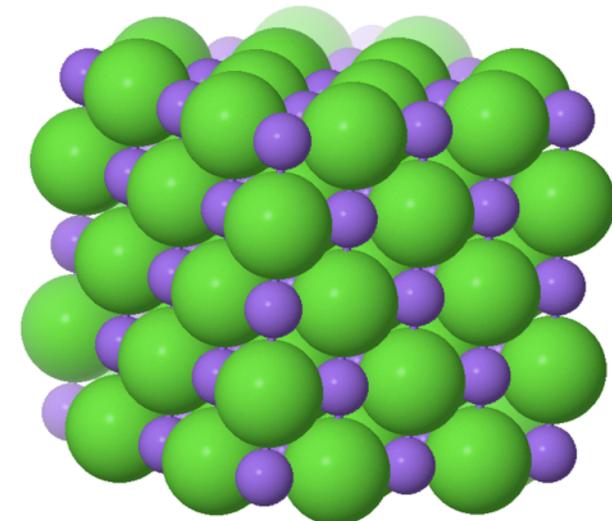
Masse volumique calculée : 2.164 g/cm^3
 Compacité calculée : 63.9 % (volume)
 Pourcentage d'hydratation : 0 % (masse)

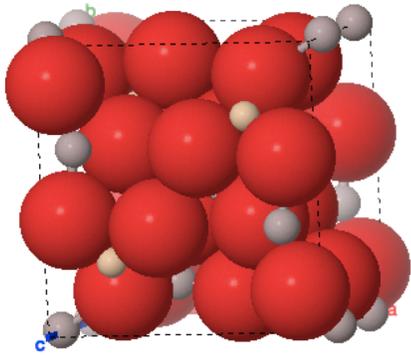


Maille simple



Maille double





Affichage en sphère, la dimension de chaque atome correspond à son rayon ionique

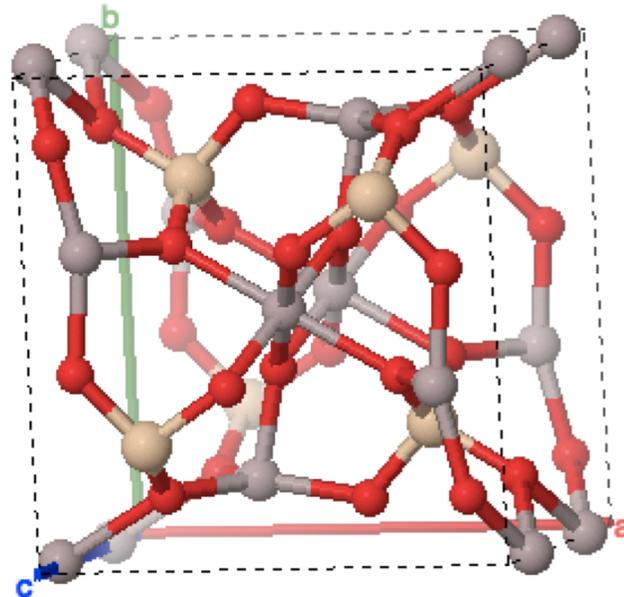
Andalousite



$a=7.798\text{\AA}$
 $b=7.903\text{\AA}$
 $c=5.557\text{\AA}$
 $\alpha=90.000^\circ$
 $\beta=90.000^\circ$
 $\gamma=90.000^\circ$



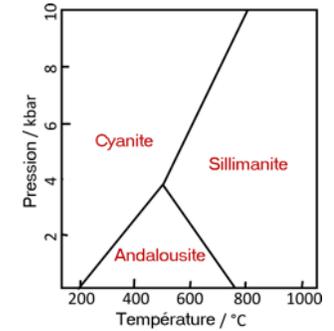
Maille orthorhombique



Affichage en petites sphères, la dimension de chaque atome correspond à 20 % de son rayon de Van der Waals

Atome	I	F	A	S	Total	Masse	%
Al ³⁺	4	4	8	0	8	215.84	33
O ²⁻	14	12	0	0	20	320	49
Si ⁴⁺	2	4	0	0	4	112.36	17

Masse volumique calculée : 3.143 g/cm³
 Compacité calculée : 63.2 % (volume)
 Pourcentage d'hydratation : 0 % (masse)

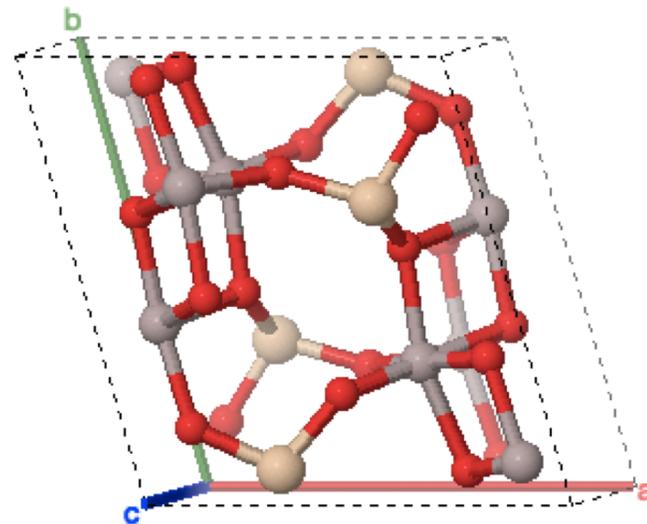


Disthène



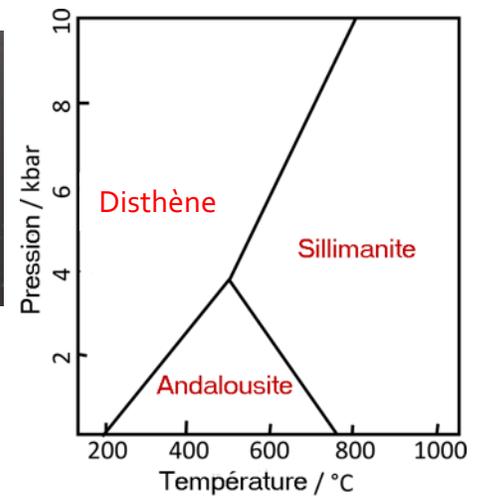
$a=7.126\text{\AA}$
 $b=7.852\text{\AA}$
 $c=5.572\text{\AA}$
 $\alpha=89.990^\circ$
 $\beta=101.110^\circ$
 $\gamma=106.030^\circ$

Maille triclinique



Atome	I	F	A	S	Total	Masse	%
Al^{3+}	8	0	0	0	8	215.84	33
Si^{4+}	4	0	0	0	4	112.36	17
O^{2-}	20	0	0	0	20	320	49

Masse volumique calculée : 3.66 g/cm^3
Compacité calculée : 73.6 % (volume)
Pourcentage d'hydratation : 0 % (masse)

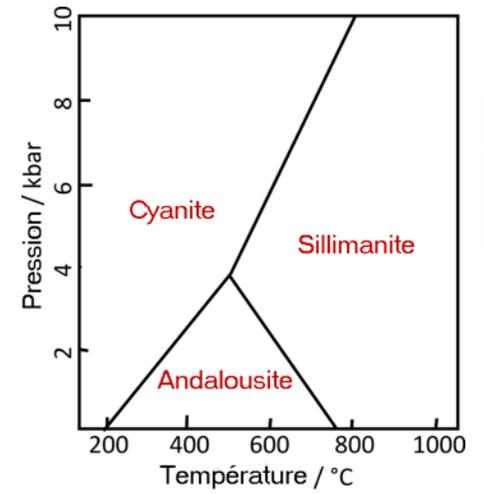
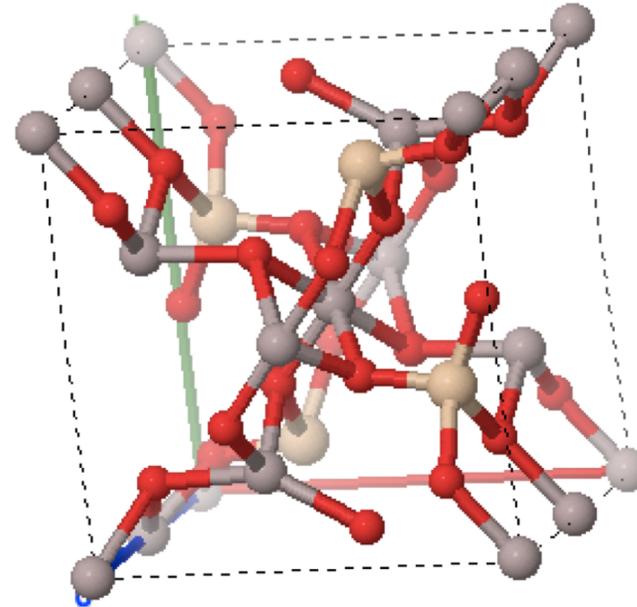


Sillimanite



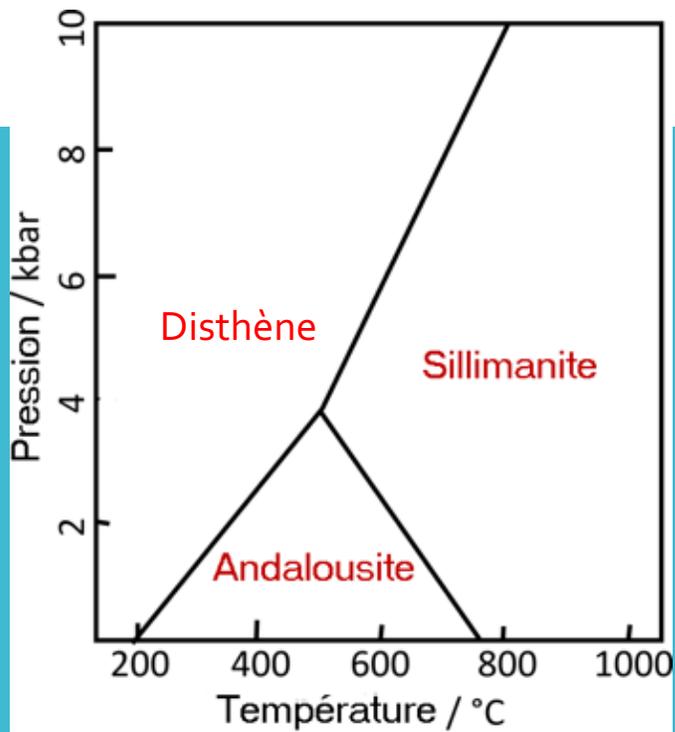
$a=7.430\text{\AA}$
 $b=7.580\text{\AA}$
 $c=5.740\text{\AA}$
 $\alpha=90.000^\circ$
 $\beta=90.000^\circ$
 $\gamma=90.000^\circ$

Maille
orthorhombique



Atome	I	F	A	S	Total	Masse	%
Al^{3+}	5	2	4	8	8	215.84	33
O^{2-}	16	8	0	0	20	320	49
Si^{4+}	4	0	0	0	4	112.36	17

Masse volumique calculée : 3.33 g/cm^3
Compacité calculée : 66.95 % (volume)
Pourcentage d'hydratation : 0 % (masse)



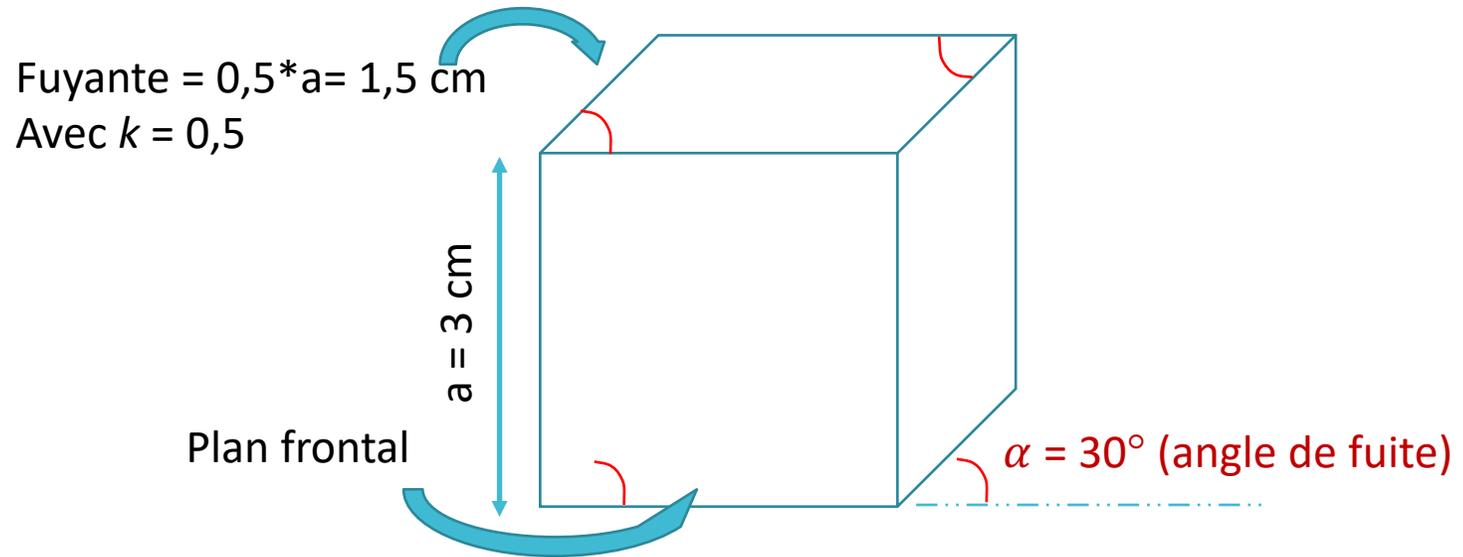
Comparaison des 3 silicates d'alumine

	Masse volumique en g/cm ³	Compacité en %
Andalousite	3,143	63,2
Disthène	3,66	73,6
Sillimanite	3,33	66,95



Le **disthène** est le silicate d'alumine présentant **la plus grande compacité**. Il est stable à des **pressions plus fortes (2 à 4 kbar pour des T°C < 700°C)** que les deux autres silicates d'alumine. Cette pression s'exerçant sur les atomes, les rapproche, la maille cristalline s'en trouve plus compacte. Cette forte compacité va de pair avec une **masse volumique supérieure** aux deux autres silicates d'alumine. En effet, la formule minéralogique restant la même, la masse reste la même, mais la compacité variant, le volume varie. Il est plus petit pour le disthène, d'où une masse volumique plus importante.

La perspective cavalière

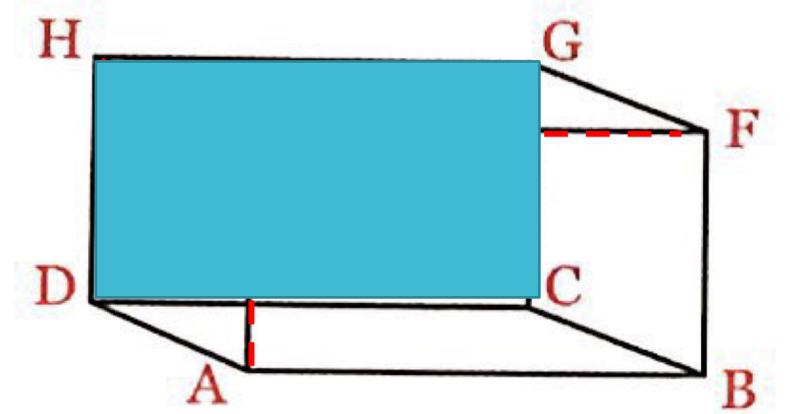
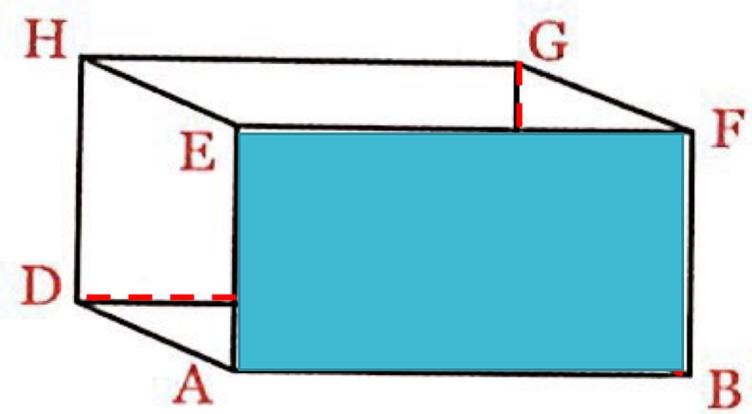
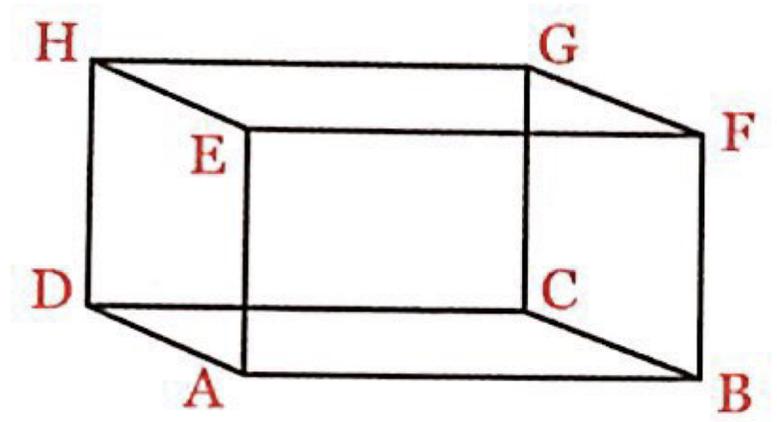


- Dans une représentation d'un solide en perspective cavalière, **le parallélisme, l'alignement et les milieux sont conservés.**
- Les **fuyantes**, c'est-à-dire les droites perpendiculaires au plan frontal, sont parallèles entre elles et forment **un angle α** avec toute droite horizontale, du plan frontal. Cet angle est appelé **angle de fuite**
- Toute longueur sur une fuyante est multipliée par un **coefficient k** , appelé **coefficient de perspective**. Ce coefficient est compris entre 0 et 1.

Exercices sur la perspective cavalière

1 Des éléments cachés.

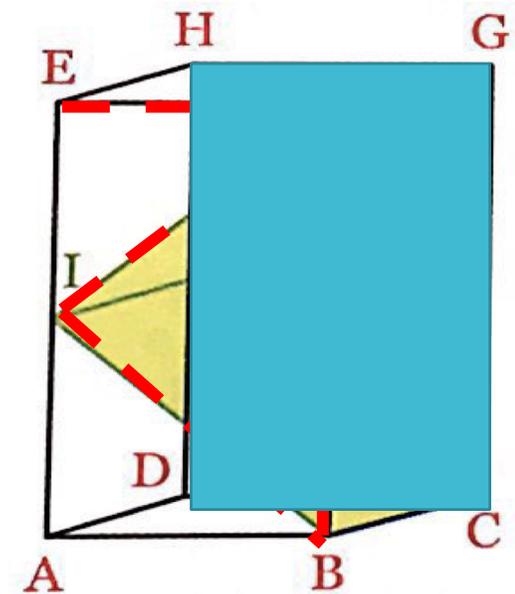
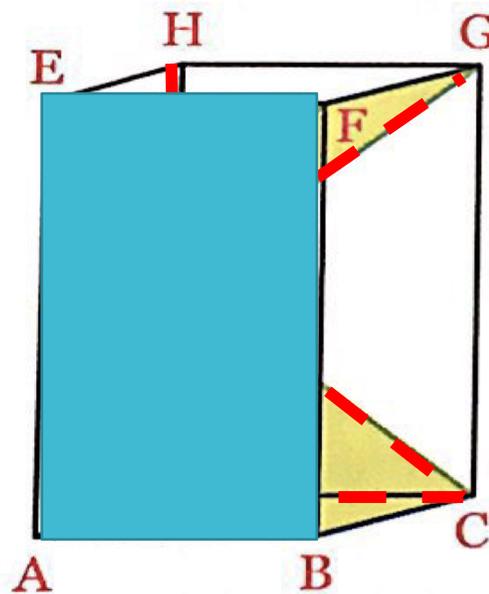
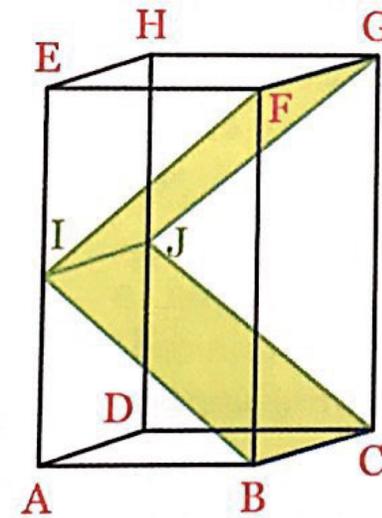
Reproduisez la figure ci-contre (mesures libres) en traçant en pointillé les éléments cachés.



Tout dépend du choix du plan frontal...

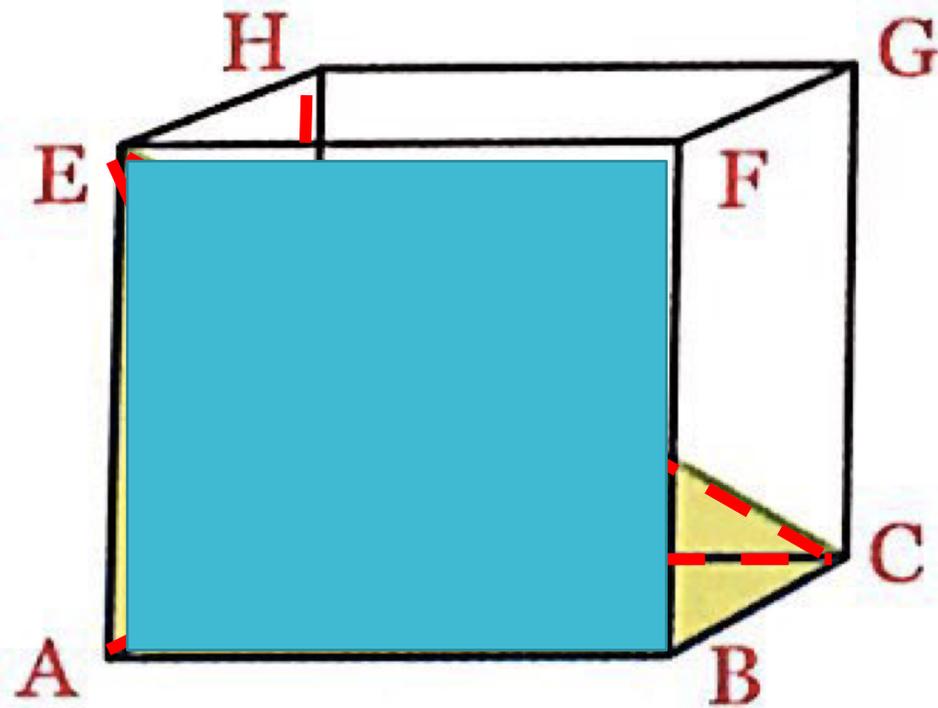
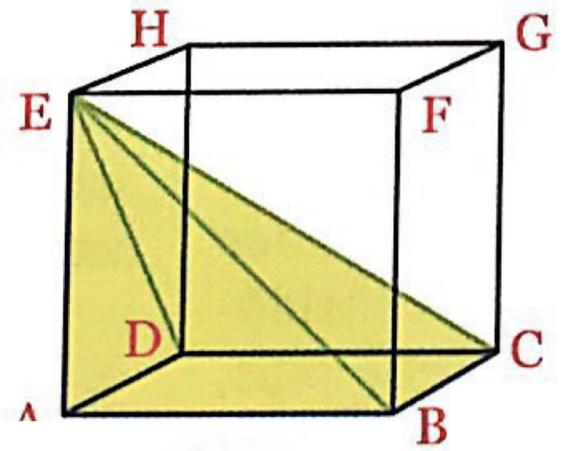
2 Des éléments cachés.

Même exercice. I et J sont les milieux des arêtes $[AE]$ et $[DH]$.



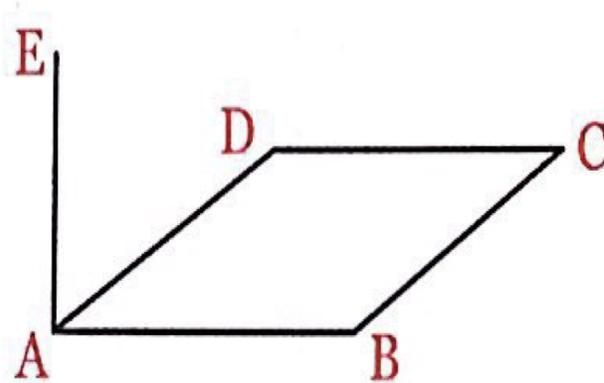
3 Des éléments cachés.

Même exercice ; ABCDEFGH est un cube de 5 cm d'arête.



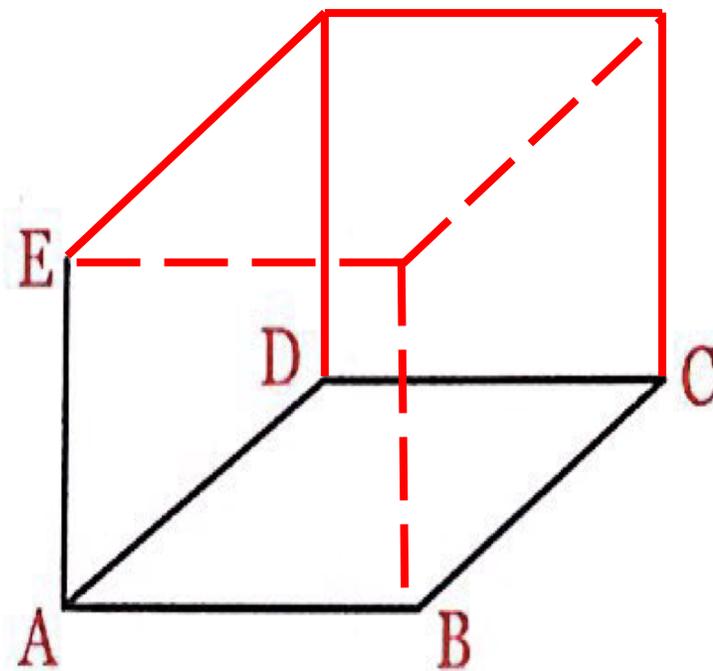
4 Une figure incomplète.

Complétez le pavé droit ci-contre en traçant en pointillé les éléments cachés.



4 Une figure incomplète.

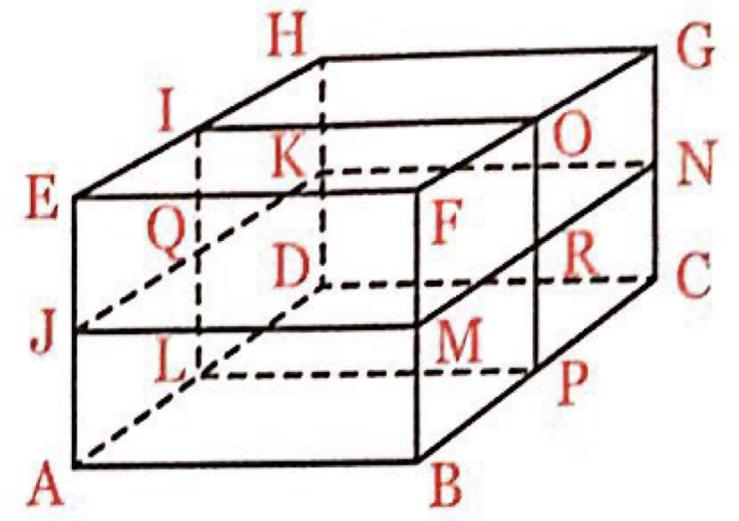
Complétez le pavé droit ci-contre en traçant en pointillé les éléments cachés.



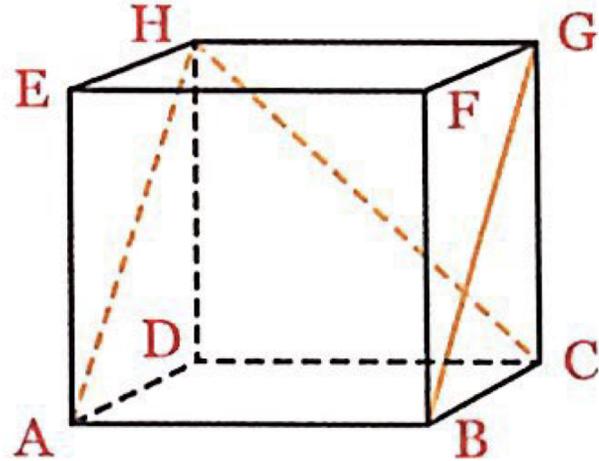
5 Question d'alignement.

Indiquez si les points suivants sont alignés.

- ✓ • B, P et C.
- ✓ • J, Q et K.
- K, F et N.
- ✓ • O, R et P.
- L, D et G.
- I, K et P.
- ✗ • E, K et F.



6 Question de parallélismes.



Répondez par vrai ou faux.

- ✓ • (AH) et (BG) sont parallèles.
- (BG) et (CH) sont sécantes.
- ✗ • (AG) et (CH) sont sécantes.
- ✗ • (BG) et (CD) sont sécantes.
- ✗ • (EG) et (BD) sont parallèles.