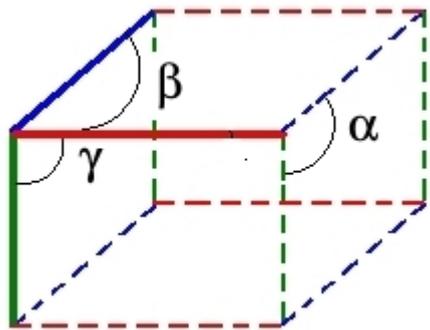
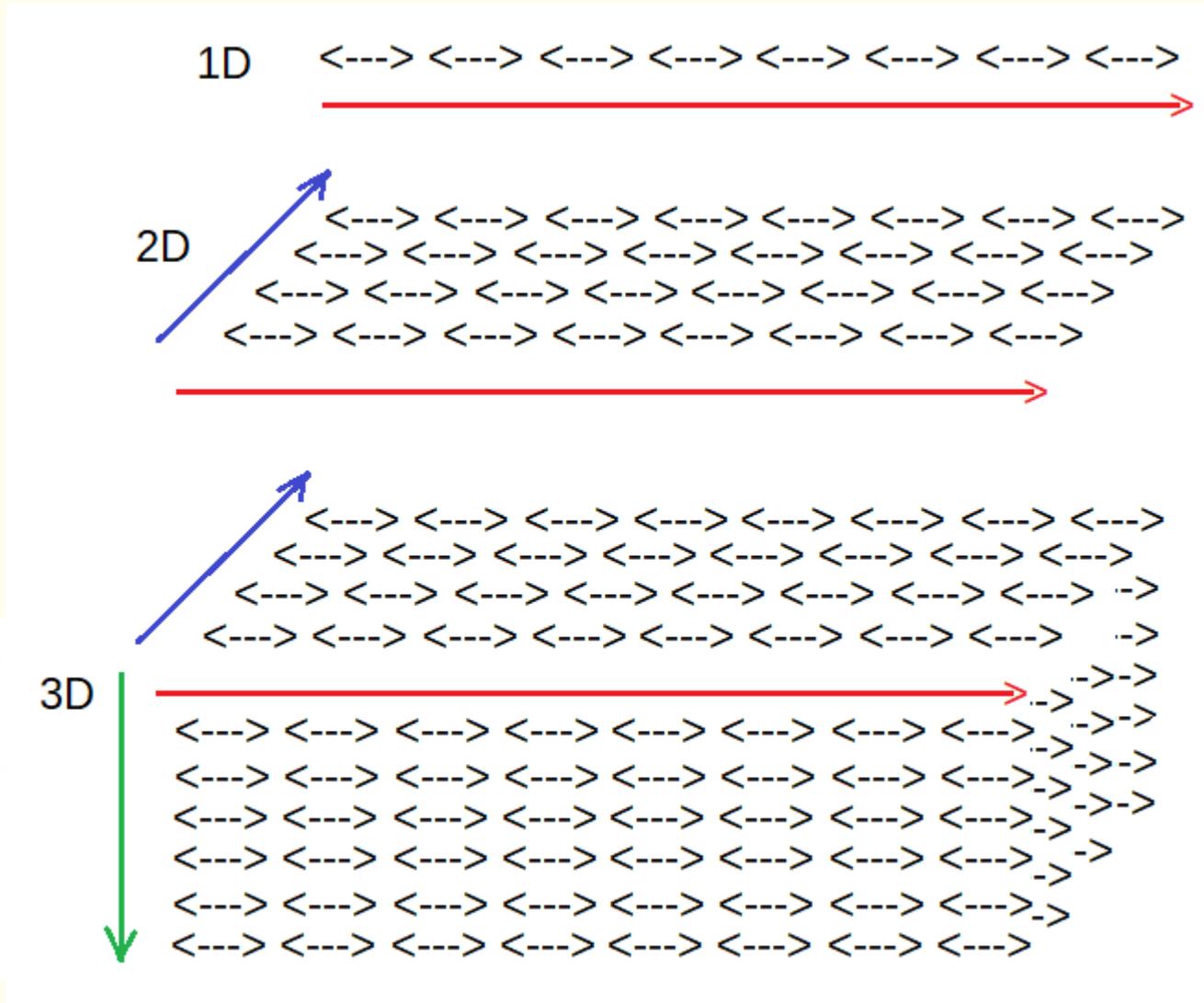


# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Une structure cristalline est une structure dont les constituants (atomes, molécules, ions) sont arrangés de manière **périodique**.



# T1 Une longue histoire de la matière

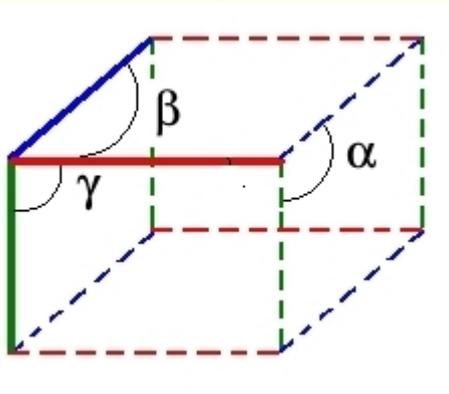
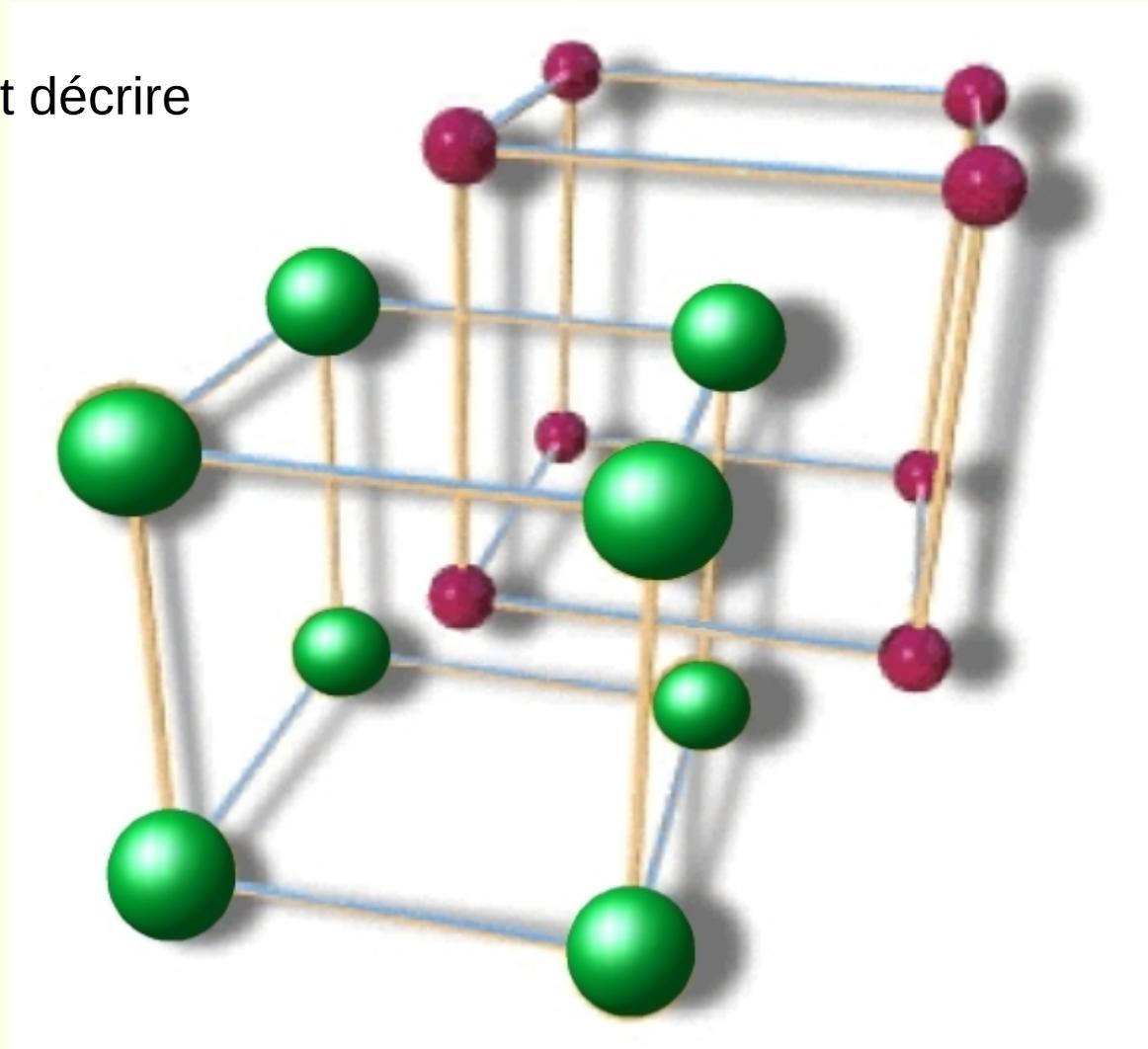
## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Une structure cristalline est une structure dont les constituants (atomes, molécules, ions) sont arrangés de manière **périodique**.

Ex: le chlorure de Césium

2 mailles cubiques peuvent décrire l'arrangement.

- centrée sur le Chlorure
- centrée sur le Césium

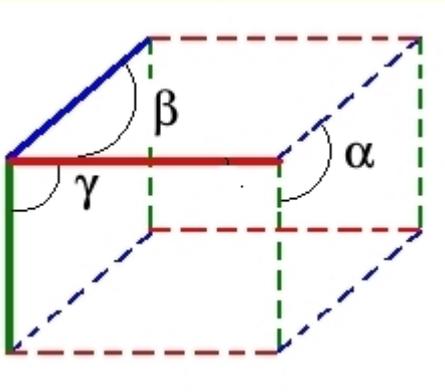
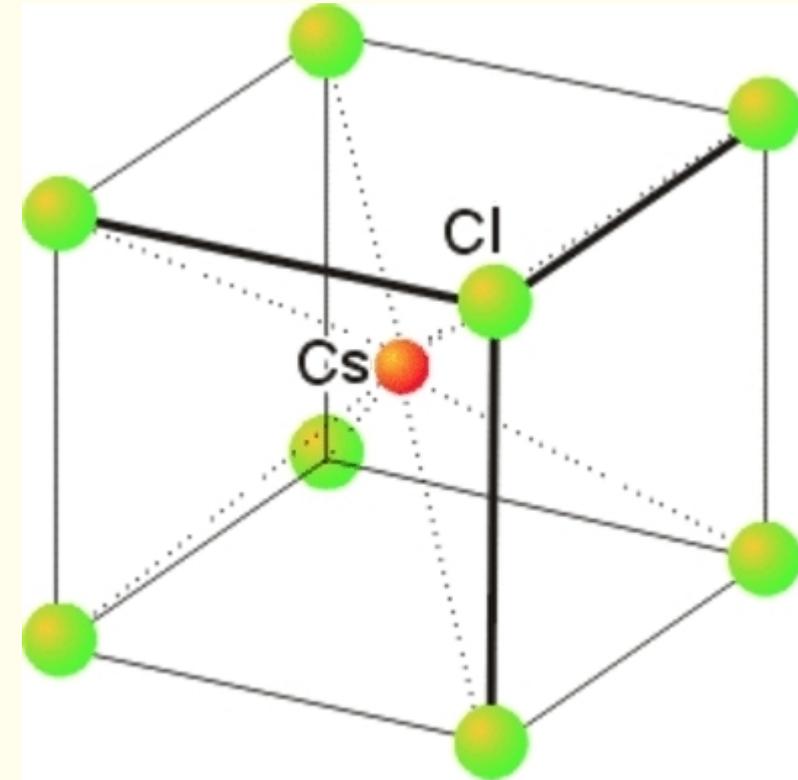
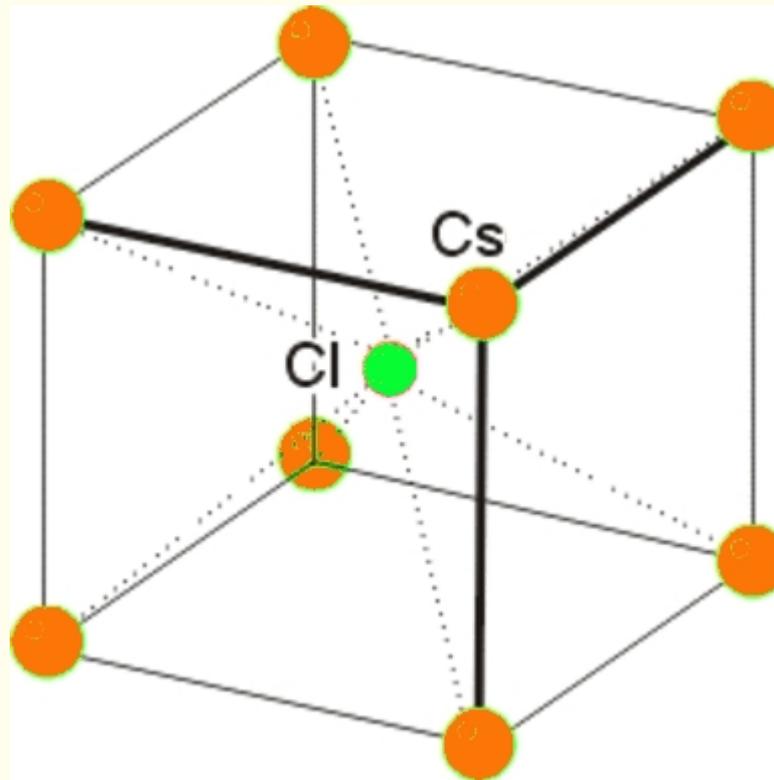


# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Une structure cristalline est une structure dont les constituants (atomes, molécules, ions) sont arrangés de manière **périodique**.

Ex: le chlorure de Césium



# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Le cristal entier s'obtient par translation d'un arrangement élémentaire:  
la maille cristalline

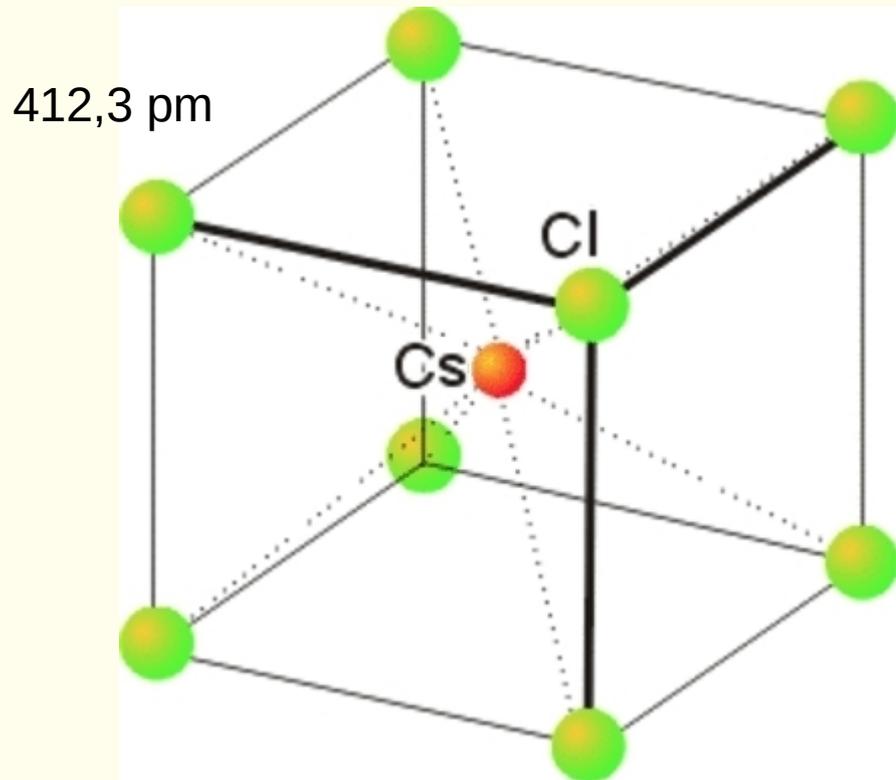
$\Leftrightarrow$

La maille cristalline est le plus petit arrangement d'éléments qui permet, par translation d'obtenir la totalité du cristal.

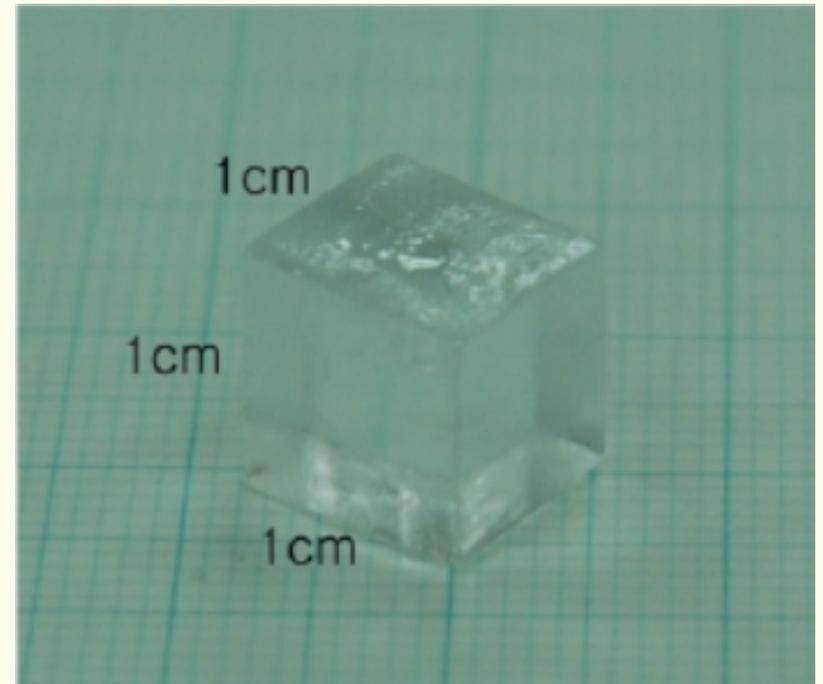
La maille cristalline est électriquement neutre

Cs +1

Cl  $8 \times 1/8 \times -1 = -1$



Maille cristalline cubique du chlorure de césium



Cristal de chlorure de césium (réf)

# T1 Une longue histoire de la matière

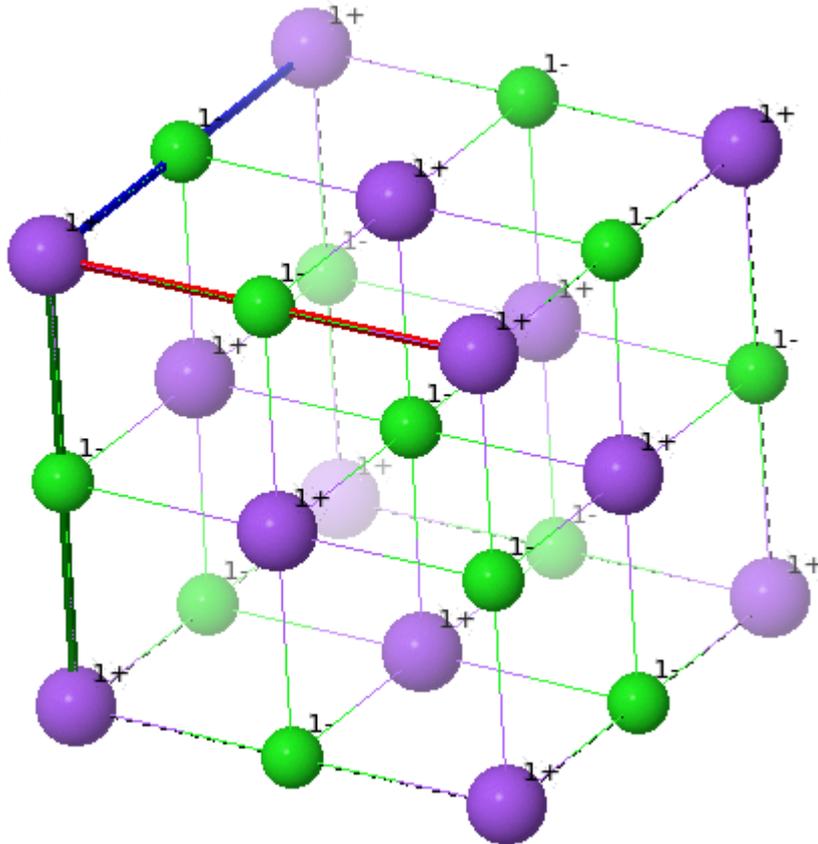
## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Le cristal entier s'obtient par translation d'un arrangement élémentaire: la maille cristalline

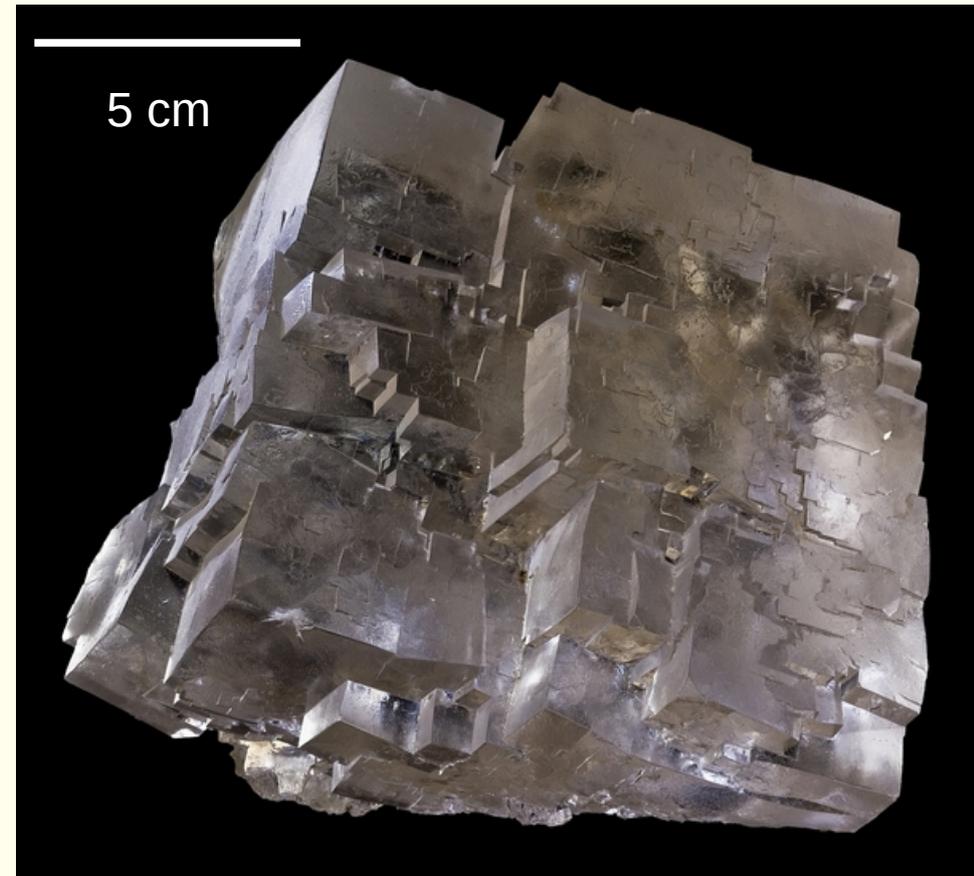
$\Leftrightarrow$

La maille cristalline est le plus petit arrangement d'éléments qui permet, par translation d'obtenir la totalité du cristal.

Halite NaCl  
a = 564 pm  
b = 564 pm  
c = 564 pm



Maille cristalline du chlorure de sodium



Cristaux de chlorure de sodium

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

L'état cristallin (minéraux et roches, squelettes, etc.) a de nombreuses applications techniques car

**Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques**

- la masse volumique
- la dureté
- le comportement vis à vis de la lumière polarisée

**Un composé de formule chimique définie peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes.**

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

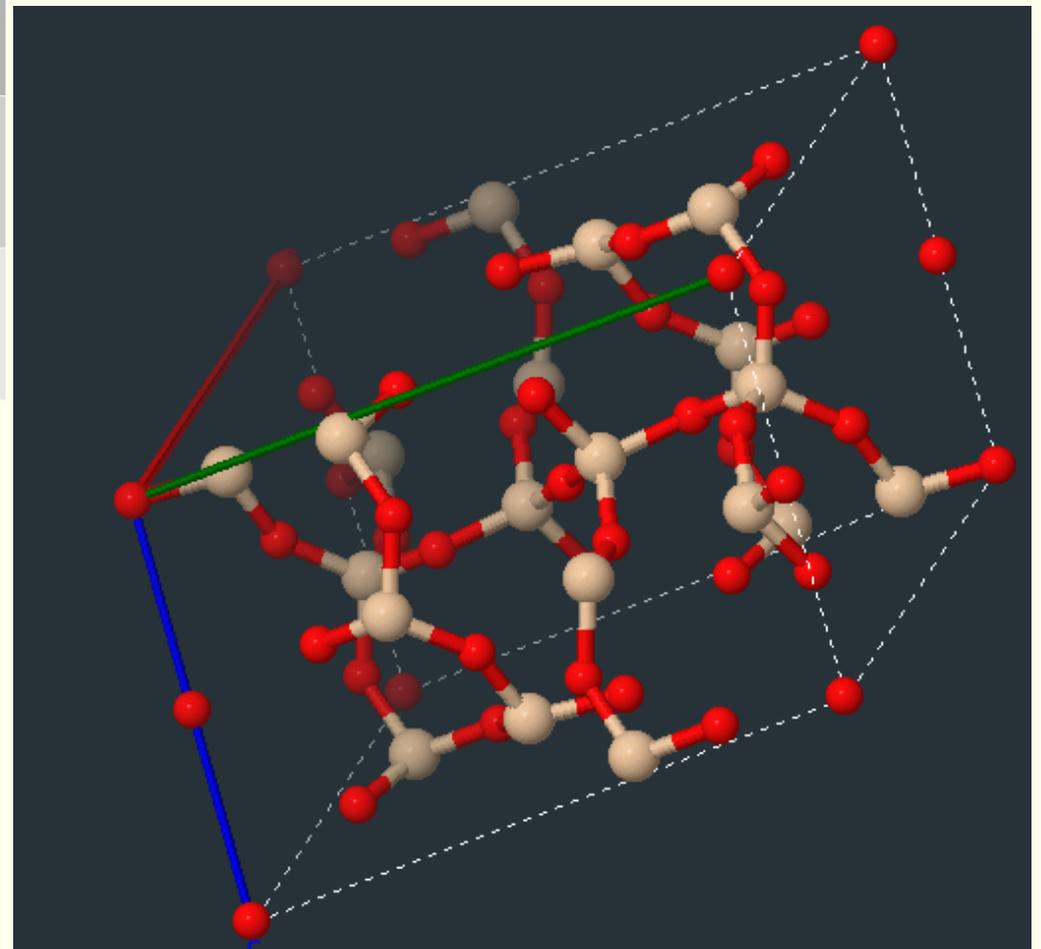
**Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques**

### - la masse volumique

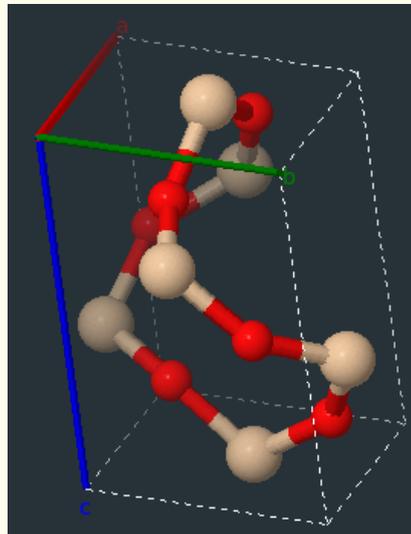
Quartz alpha et Coésite. Même composition chimique  $\text{SiO}_2$

Cristal	Masse volumique $\text{g.cm}^{-3}$	Compacité %
Quartz alpha	2	57
Coésite	3	65

Coésite = minéral de très haute pression



Quartz alpha  
= minéral de  
basse pression  
( $P_{\text{atm}}$ )



# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

**Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques**

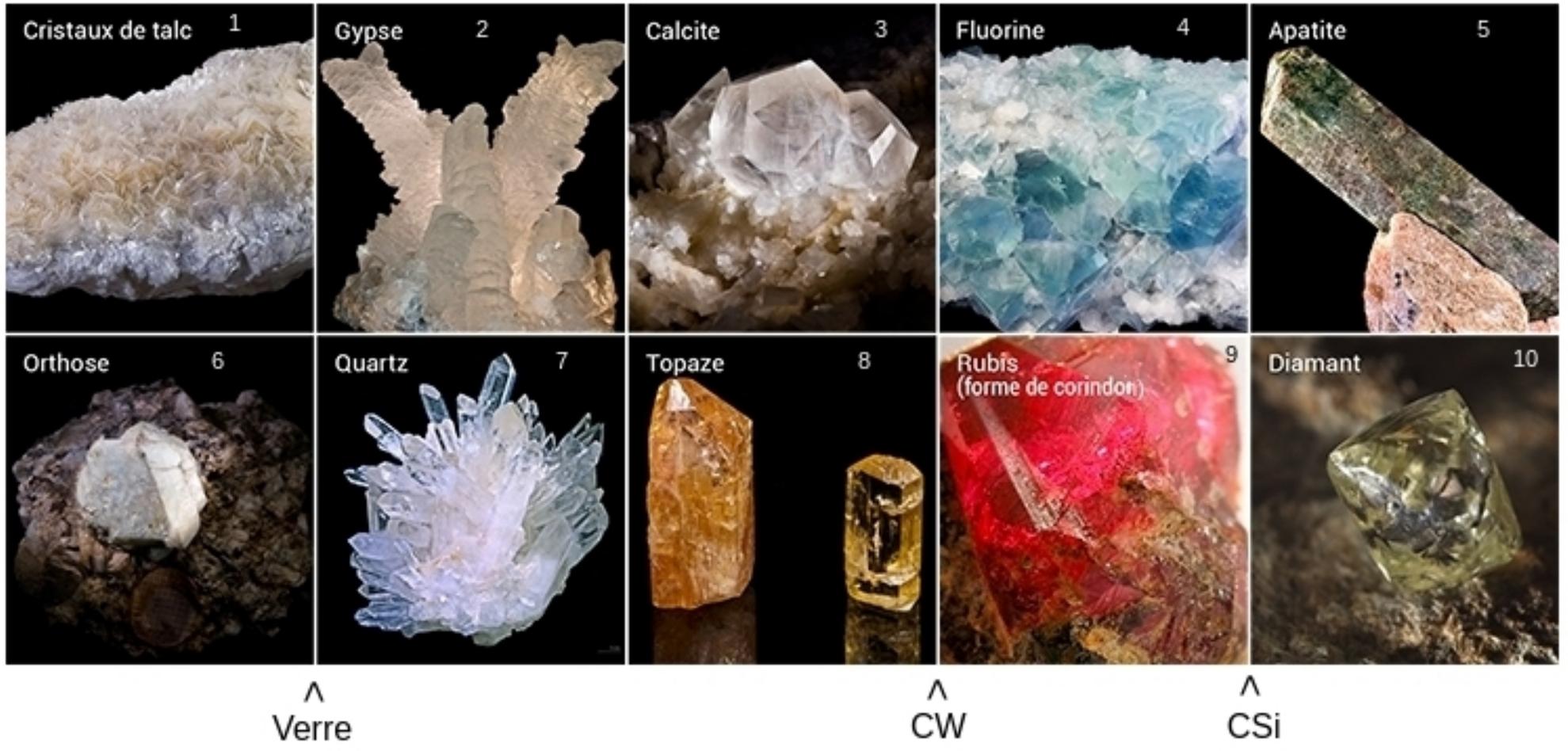
- la dureté

Échelle de Mohs (1812)

Ongle  
v

Cuivre  
v

Fer  
v



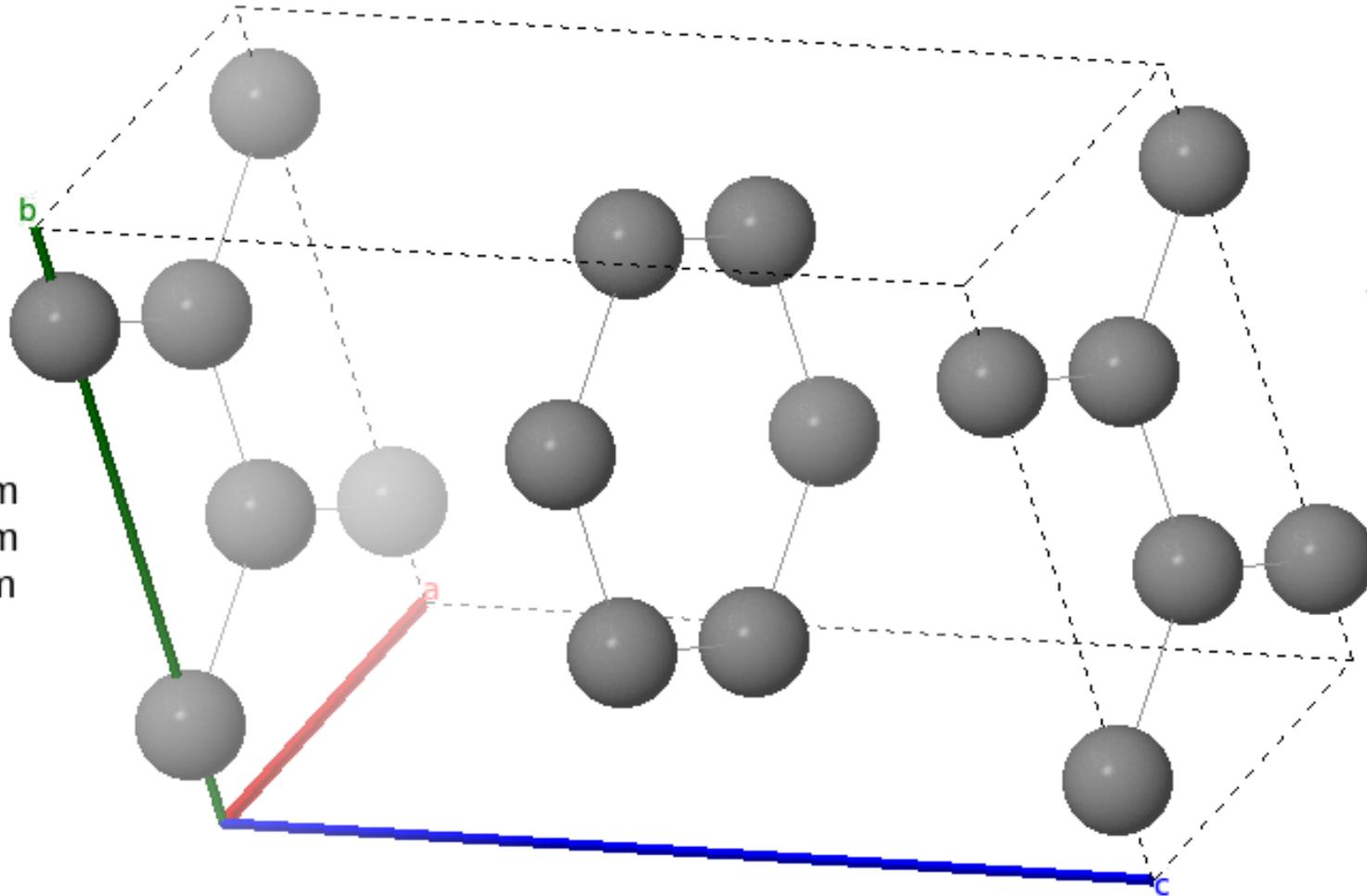
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

**Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques**

- la dureté

Graphite



Dureté Mohs = 1,5

Masse volumique =  $2,2 \text{ g.cm}^{-3}$

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

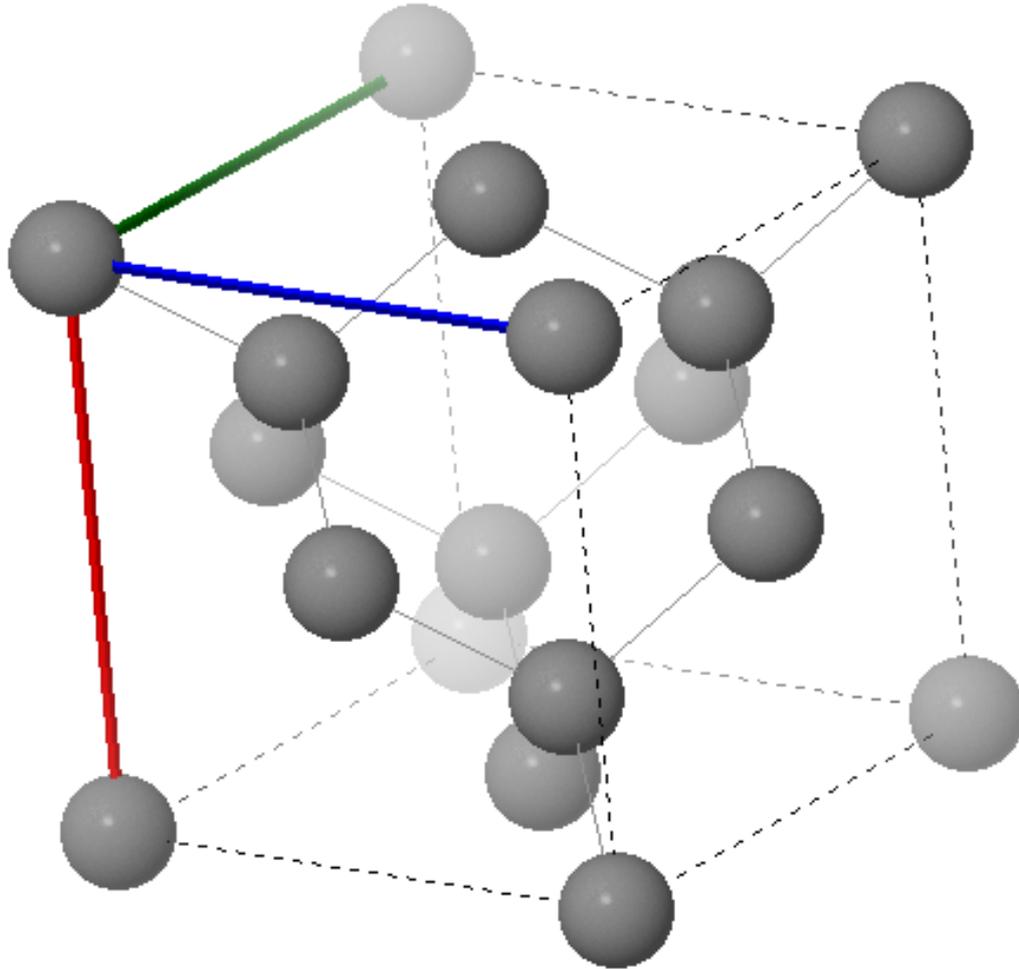
**Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques**

- la dureté

Diamant

$a = 356,7 \text{ pm}$   
 $b = 356,7 \text{ pm}$   
 $c = 356,7 \text{ pm}$

$\alpha = 90^\circ$   
 $\beta = 90^\circ$   
 $\gamma = 90^\circ$



Dureté Mohs = 10

Masse volumique =  $3,5 \text{ g.cm}^{-3}$



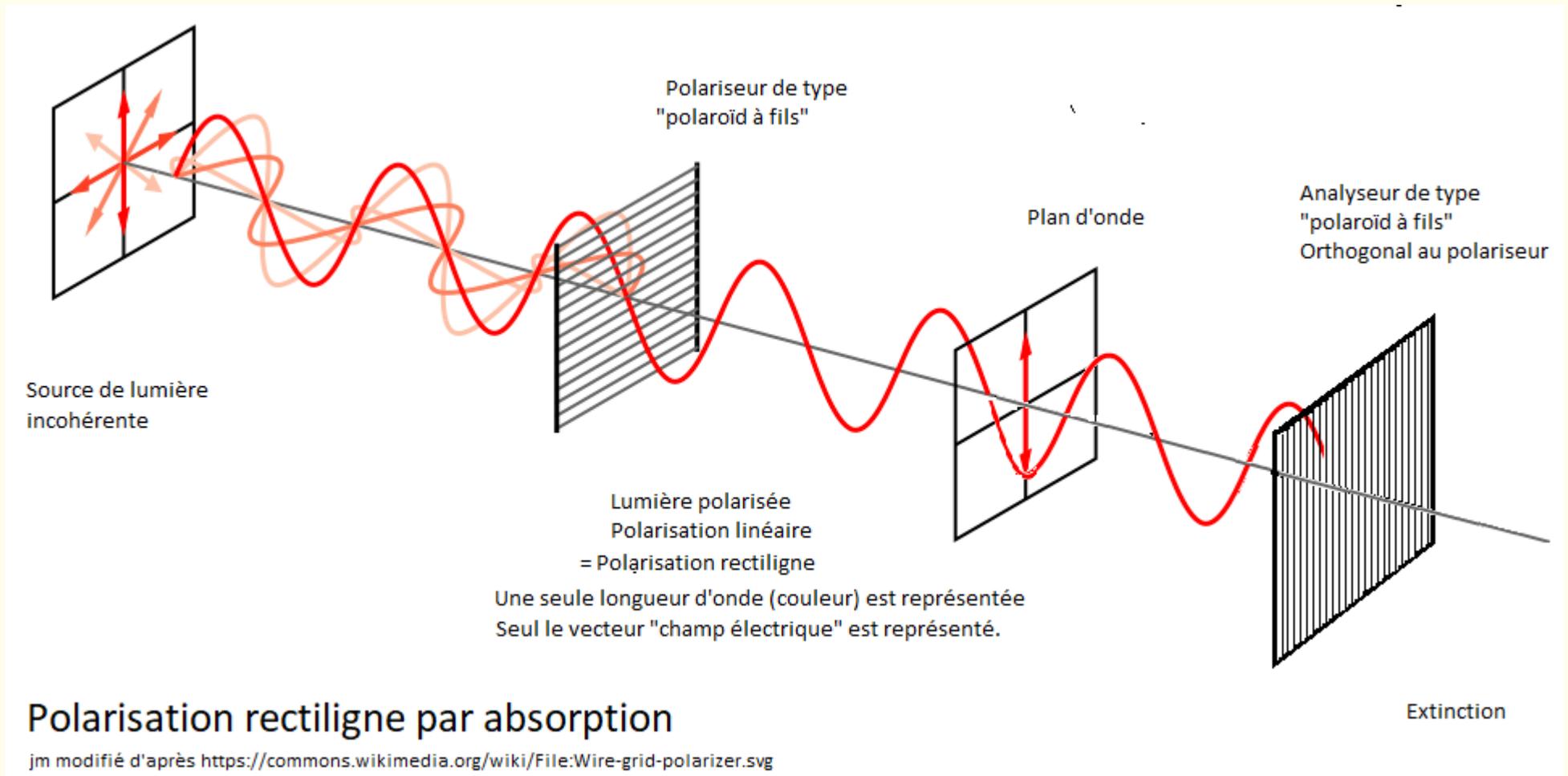
Foret diamanté

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

### Structure microscopique du cristal => propriétés macroscopiques

#### - le comportement vis à vis de la lumière polarisée



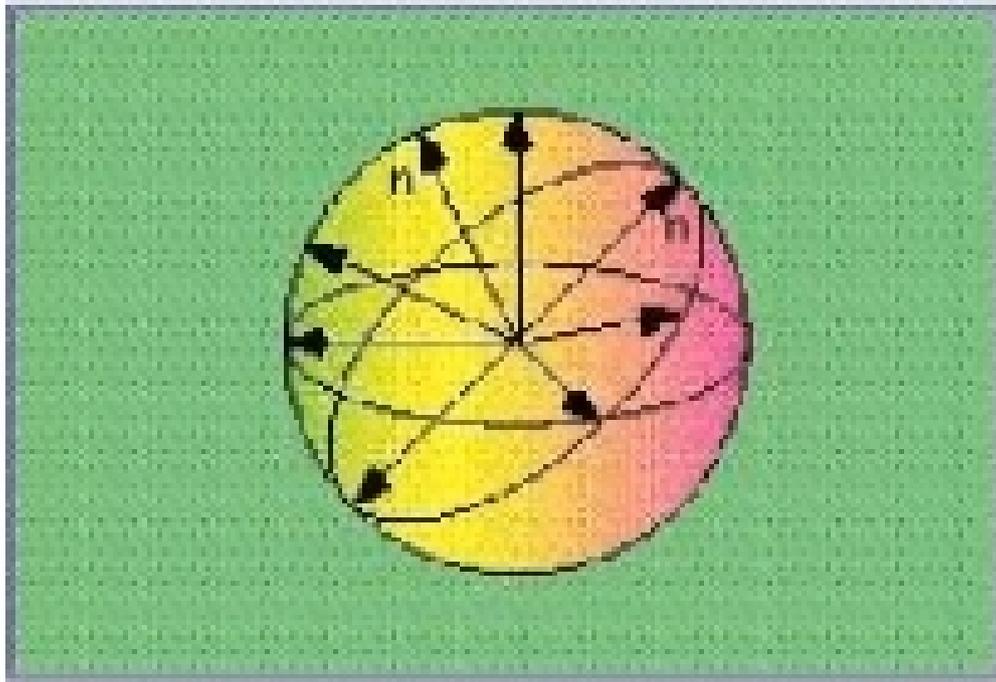
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

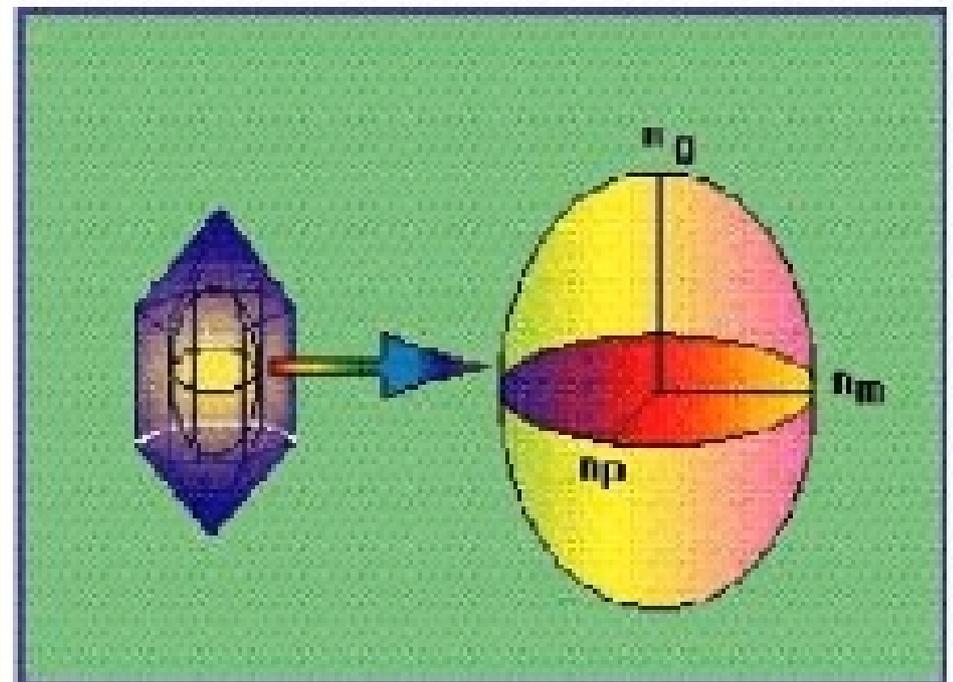
La lumière polarisée – une technique d'étude des cristaux

Dans les milieux matériels la lumière a une vitesse  $C_m$  inférieure à sa vitesse  $C$  de propagation dans le vide. L'indice de réfraction caractérise ce milieu  $n = C / C_m$

De plus dans beaucoup de cristaux la lumière a **une propagation anisotrope**.



Propagation isotrope



Propagation anisotrope

Dans chacune des directions la lumière est polarisée différemment.

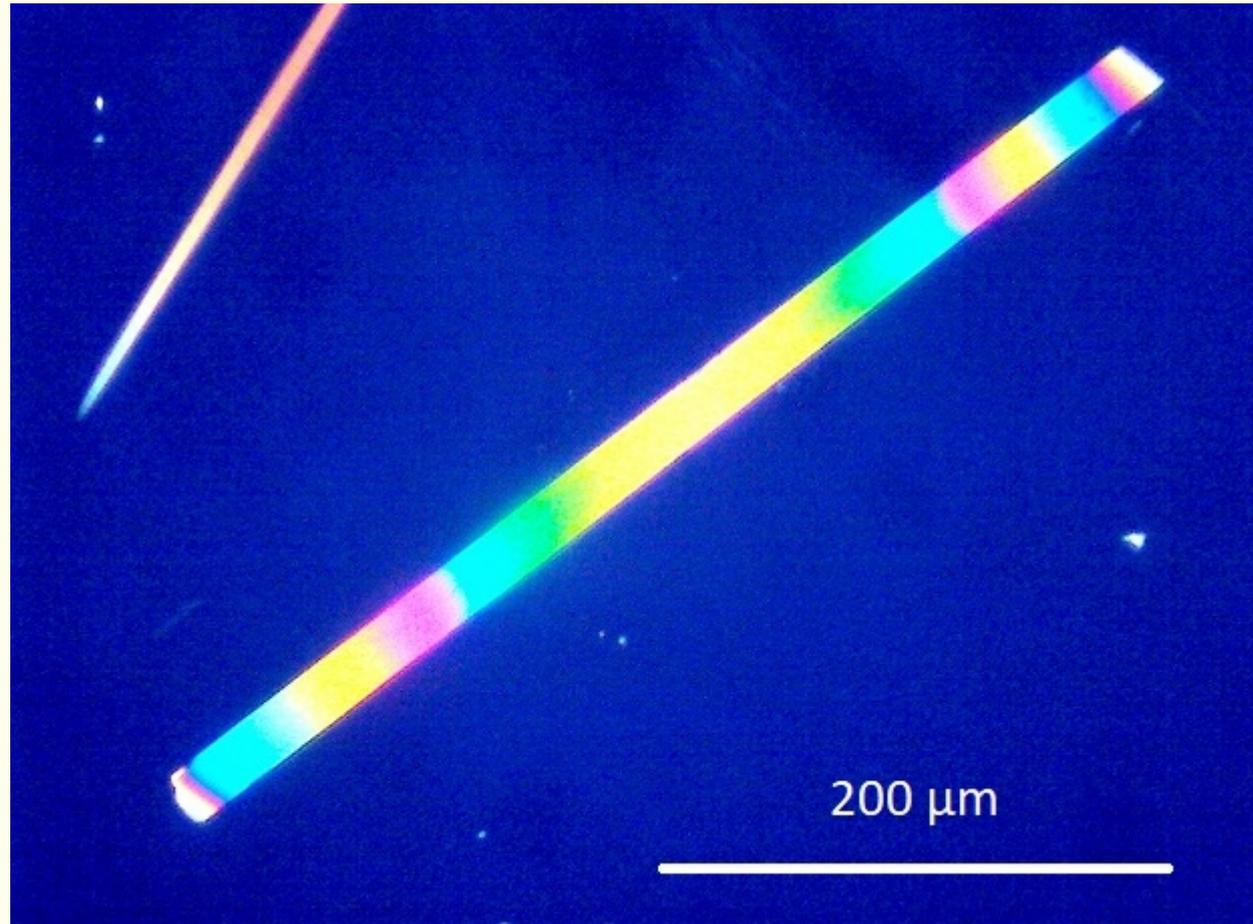
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

La lumière polarisée – une technique d'étude des cristaux

De plus dans beaucoup de cristaux la lumière a **une propagation anisotrope**.

Ce phénomène peut être décrit comme **une rotation du plan de polarisation** de la lumière incidente. Ce phénomène **dépend de la longueur d'onde (couleur)**.



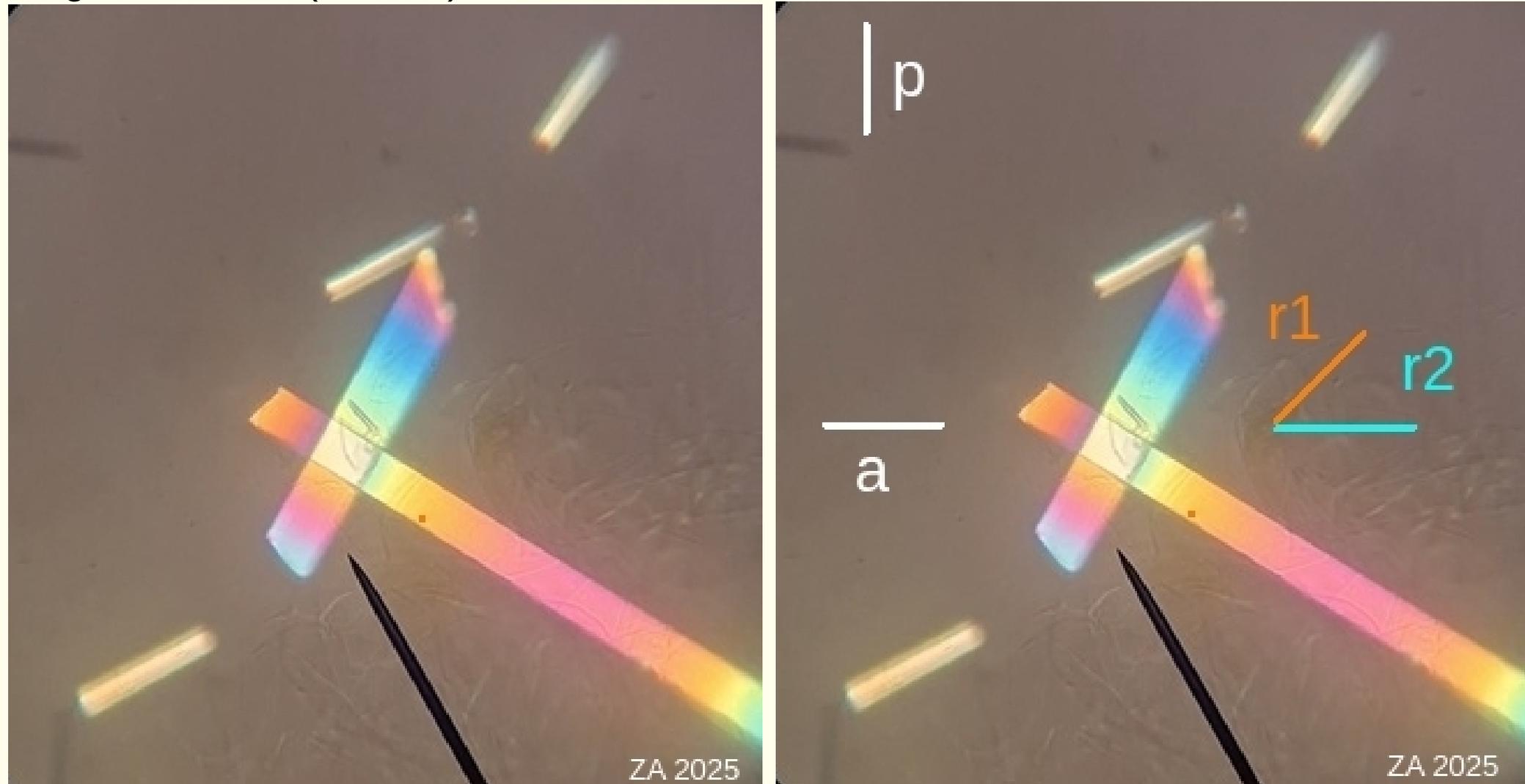
Cristaux d'oxalate de calcium en LPA

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

La lumière polarisée – une technique d'étude des cristaux

Une **rotation du plan de polarisation** de la lumière incidente qui dépend de la longueur d'onde (couleur).



Raphides croisés en LPA – interprétation

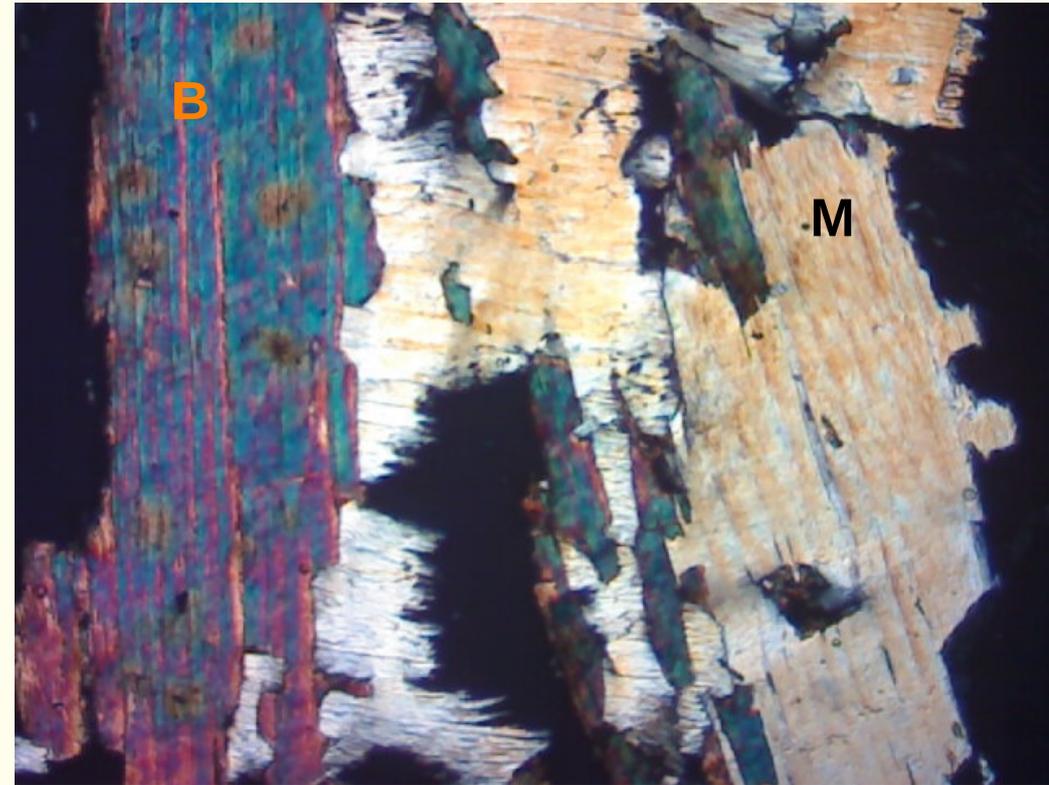
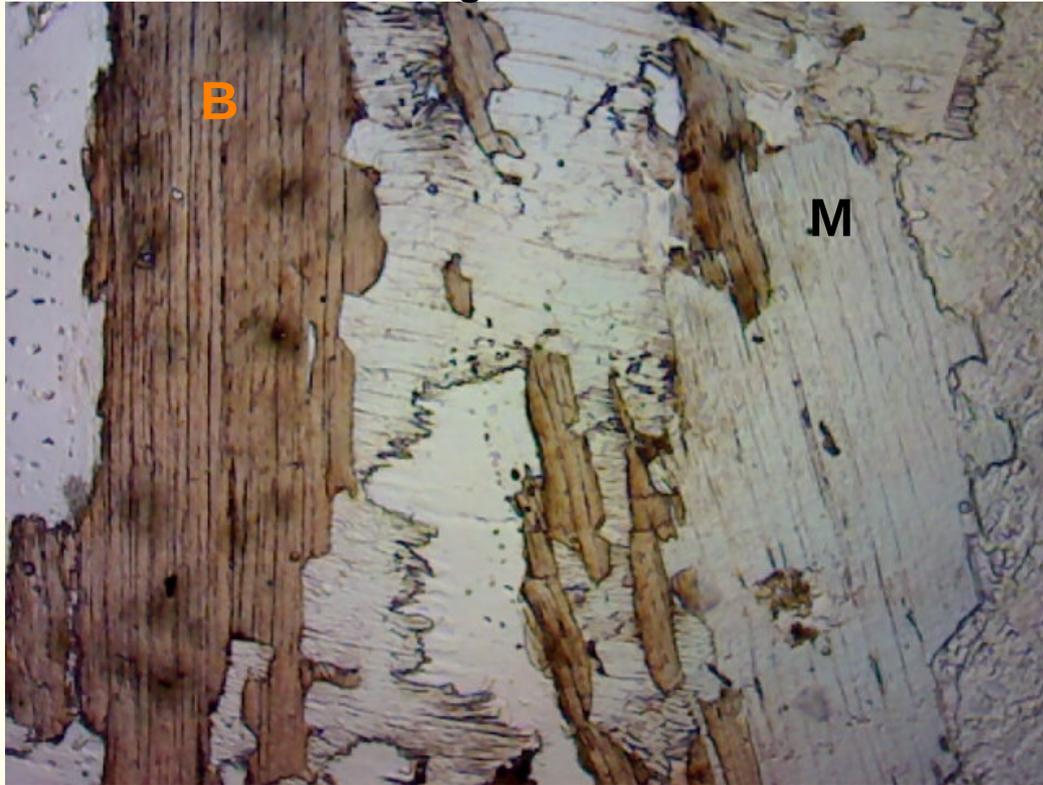
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

La lumière polarisée – une technique d'étude des cristaux

2 micas dans un granite LPNA

LPA



Biotite = mica noir =  $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2(AlSi_3O_{10})$

Muscovite = mica blanc =  $KAl_2(OH,F)_2(AlSi_3O_{10})$

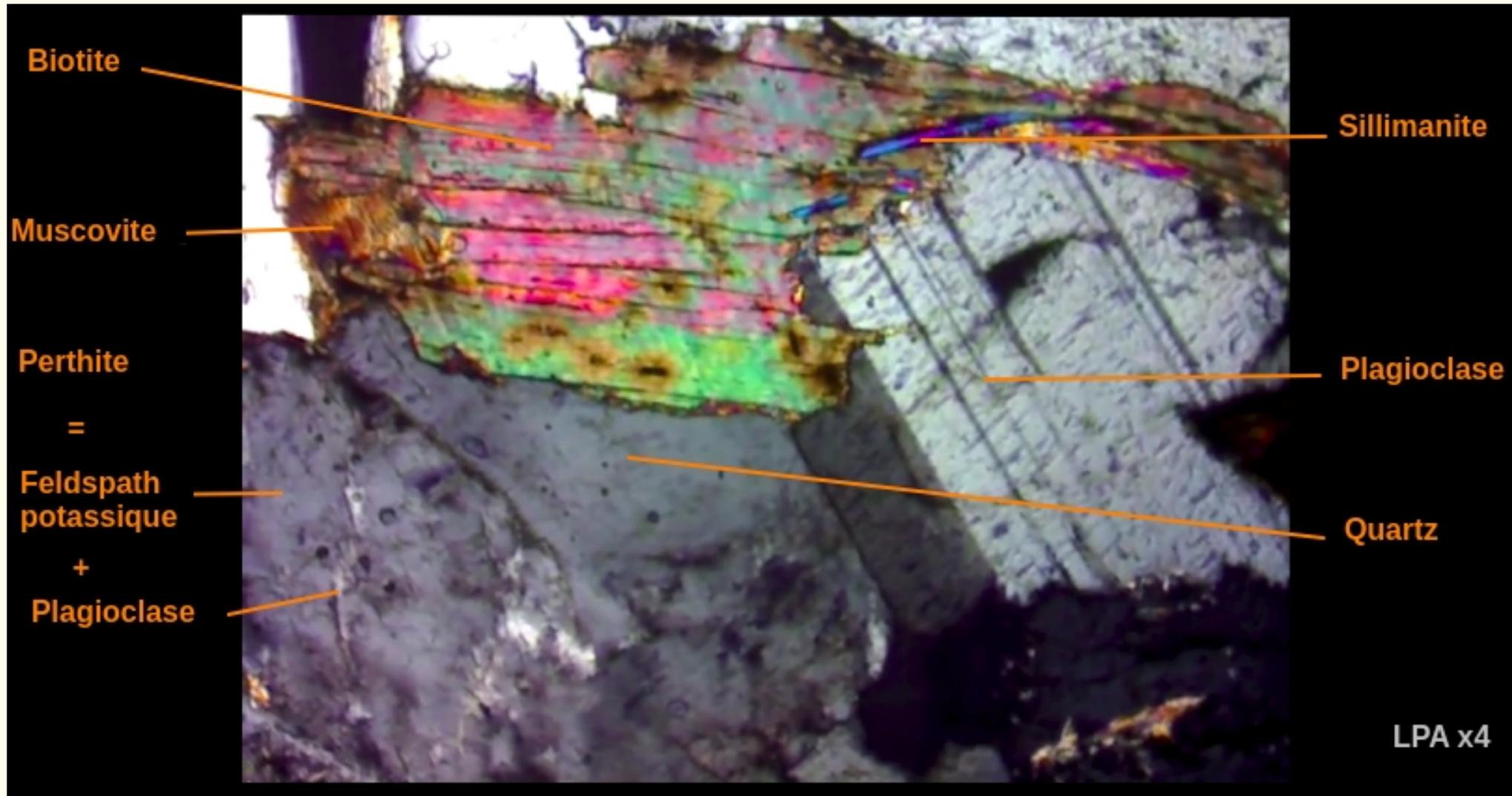
**L'interaction lumière polarisée / matière**

- et**
- dépend de la maille cristalline
  - de la composition chimique
- => permet l'identification des minéraux**

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

La lumière polarisée – une technique d'étude des cristaux



Minéraux cristallisés dans un granite à 2 micas

Reconnaissance des minéraux informe sur les conditions de formation de la roche

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation Cristalline.

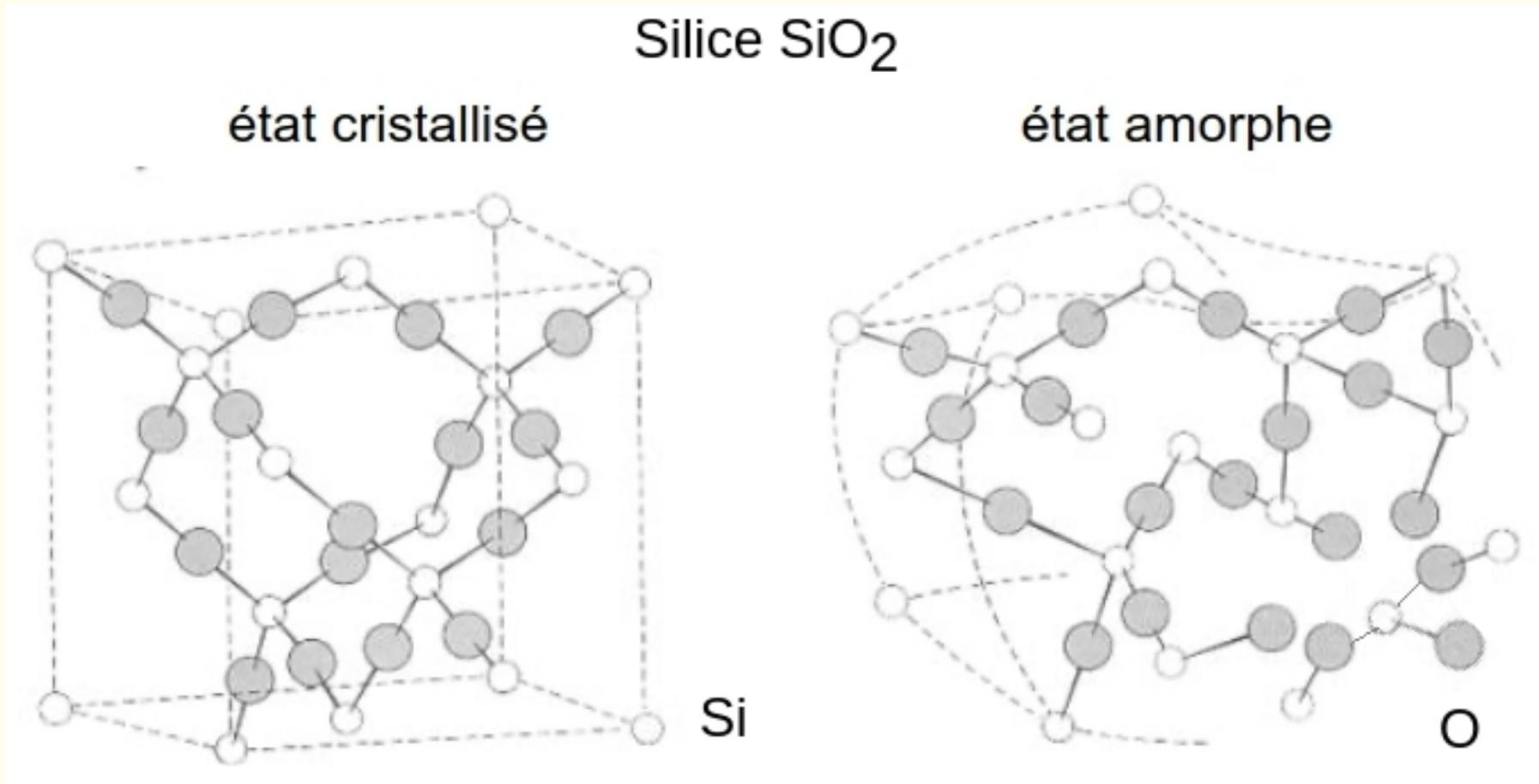
Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux.

	Exemple(s)	Echelle indicative
Roche	Granite Gneiss	> 20 cm
Cristaux	Quartz Felspath(s) Mica(s)	µm au décimètre
Minéral = composition chimique et maille	Quartz = SiO <sub>2</sub> et Maille hexagonale	-
Maille	hexagonale	100 <sup>aine</sup> de pm

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Dans le cas des **solides amorphes**, l'empilement d'entités se fait **sans ordre** géométrique. La lumière a une **propagation isotrope**. C'est le cas du verre ( $\text{SiO}_2$ ).



Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave. En effet partir de minéraux fondus, **la cristallisation dépend de la vitesse de refroidissement**.

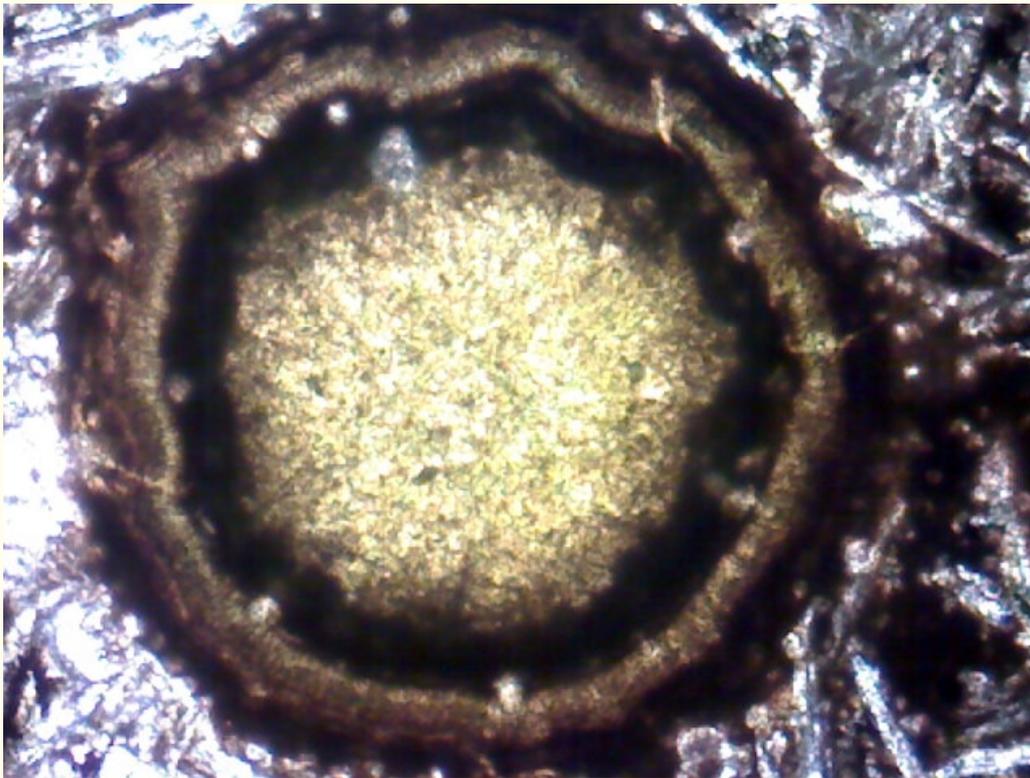
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

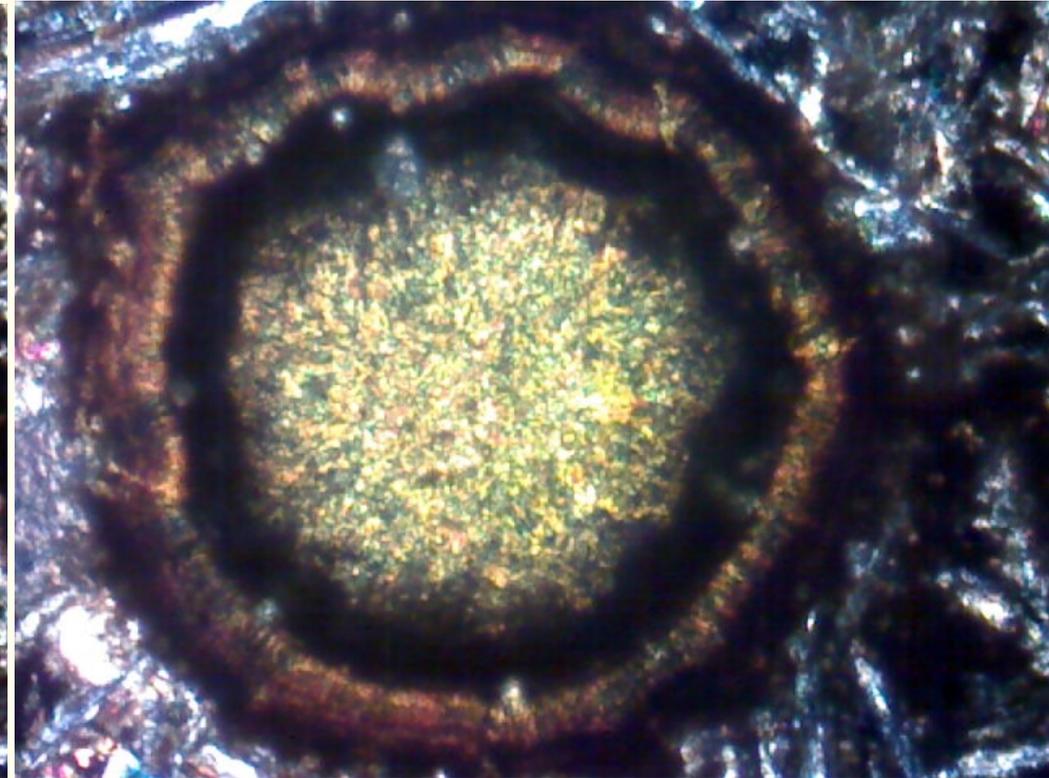
Si la lumière a une propagation isotrope, cas du verre ( $\text{SiO}_2$ )

=>

noir en LPA quelque soit l'orientation.



LPNA, x10



LPA, x10

### Microvarioles dans un basalte

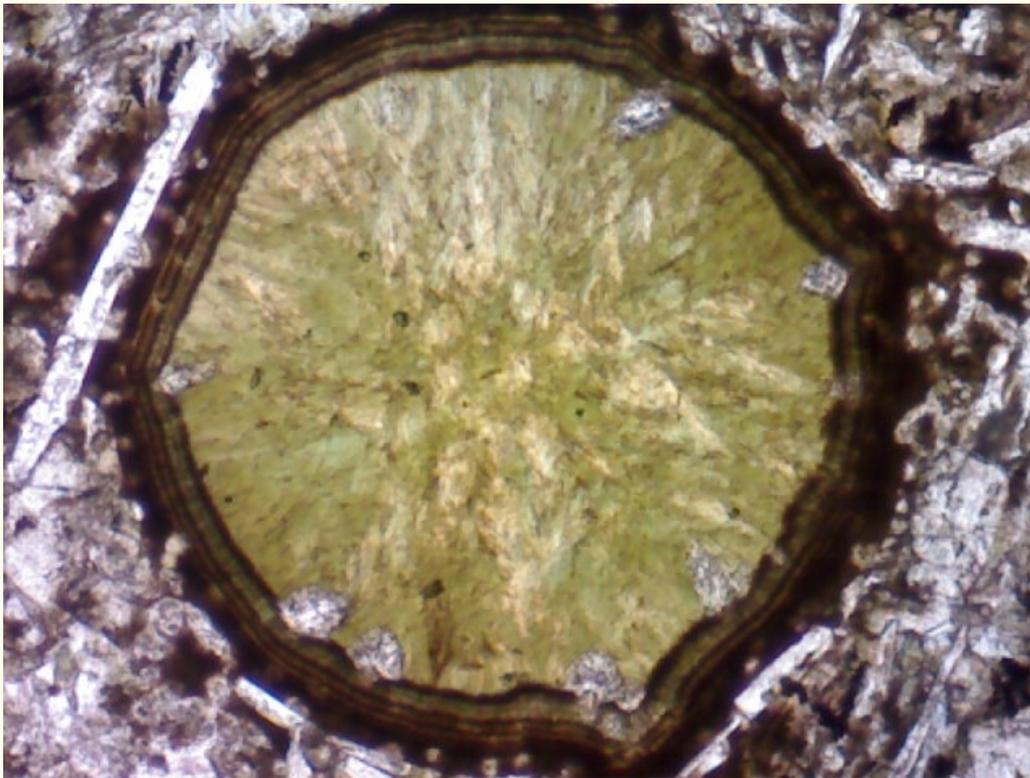
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

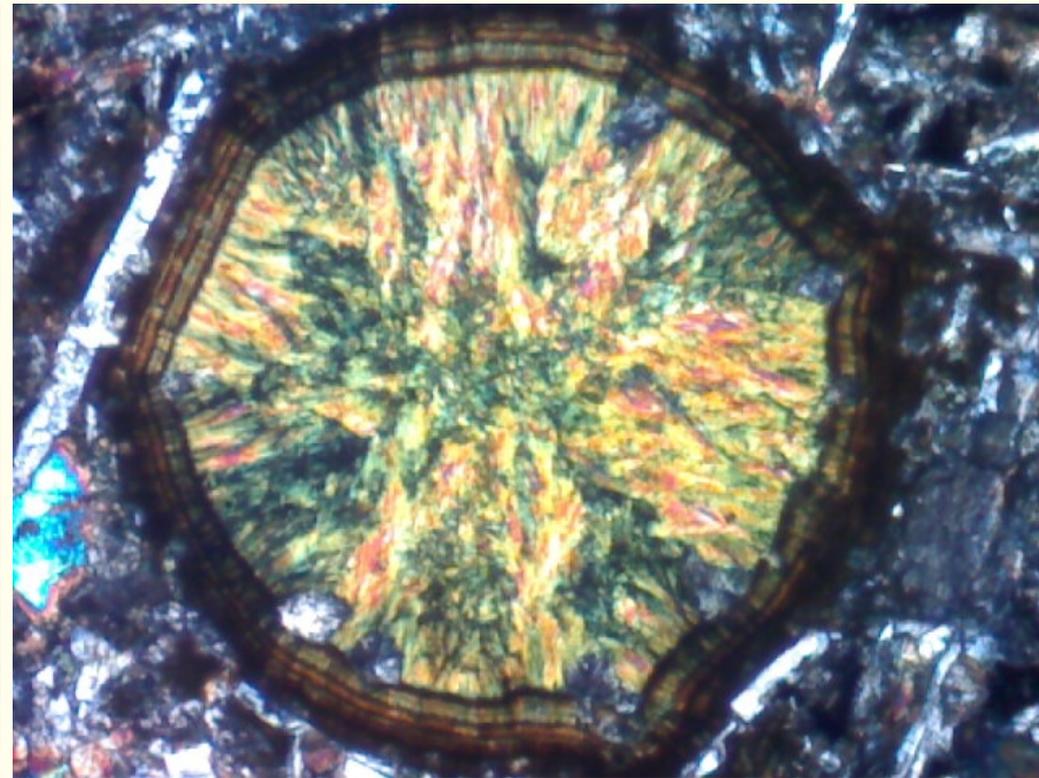
Surface d'échange thermique → aire de la sphère =  $4 \cdot \pi \cdot R^2$

Quantité de chaleur → masse de matière fondue → volume de la sphère =  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$

Roches (minéraux) consolidés sont réfractaires → transmission de chaleur par conduction lente



LPNA, x10



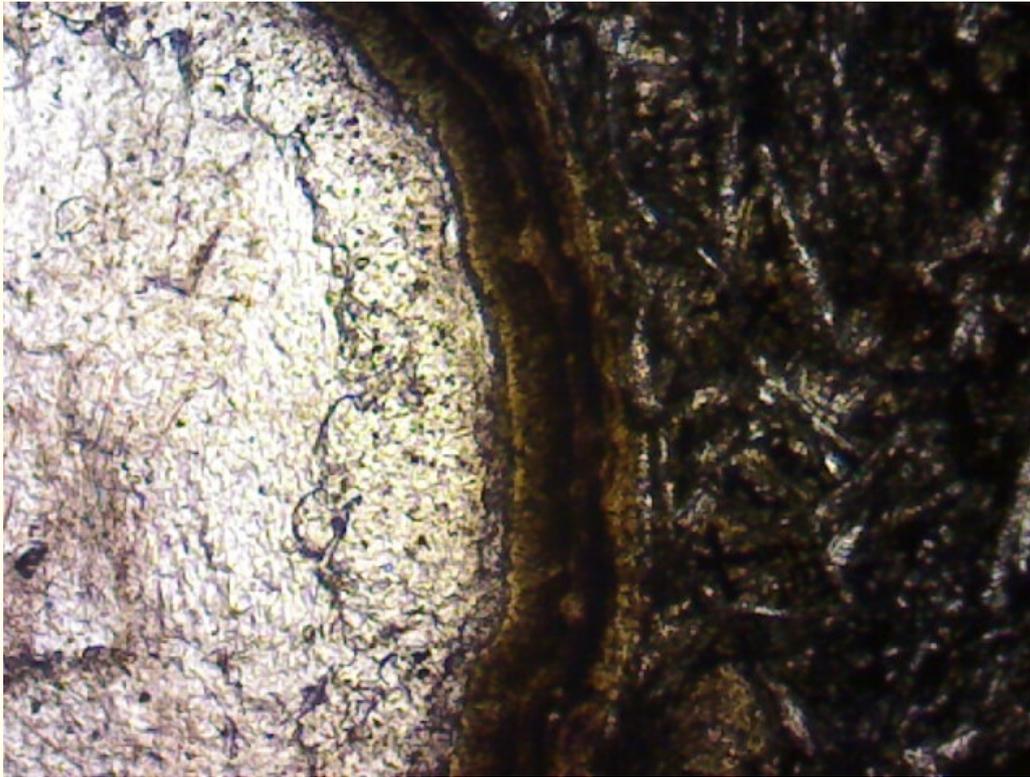
LPA, x10

### Microvarioles dans un basalte

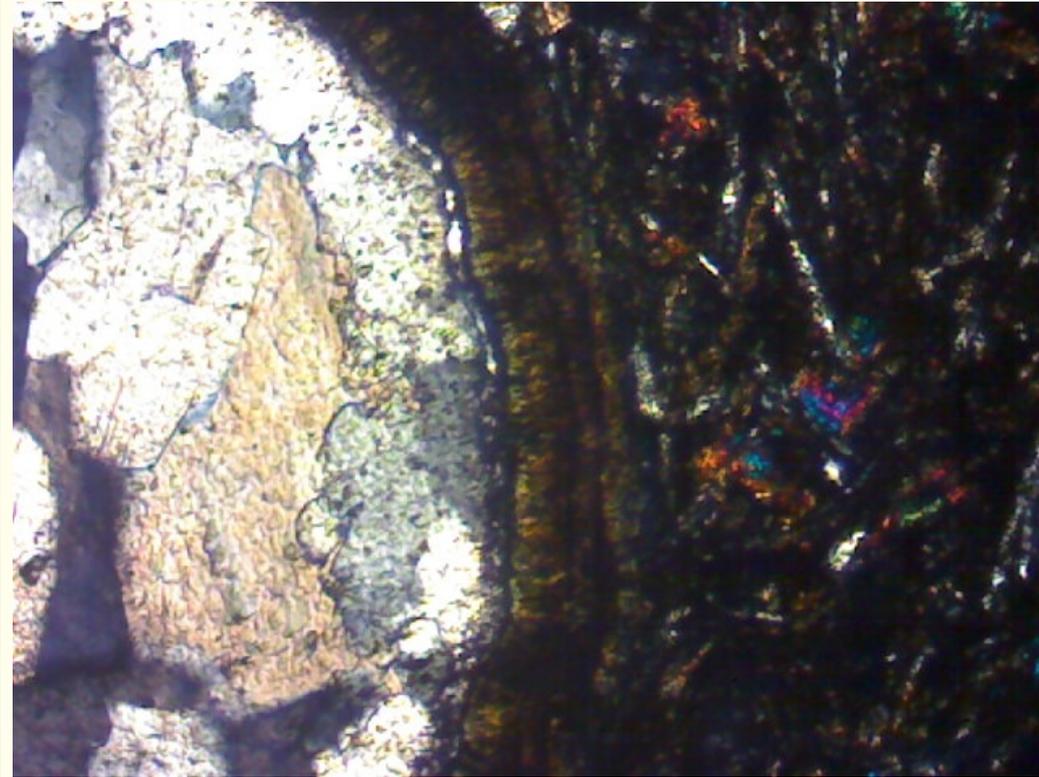
# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

À partir de minéraux fondus,  
**la cristallisation dépend de la vitesse de refroidissement.**



LPNA, x10



LPA, x10

### Microvarioles dans un basalte

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

À partir de minéraux fondus,  
**la cristallisation dépend de la vitesse de refroidissement.**

Basalte et Gabbro; une même composition chimique mais une texture différente



Basalte



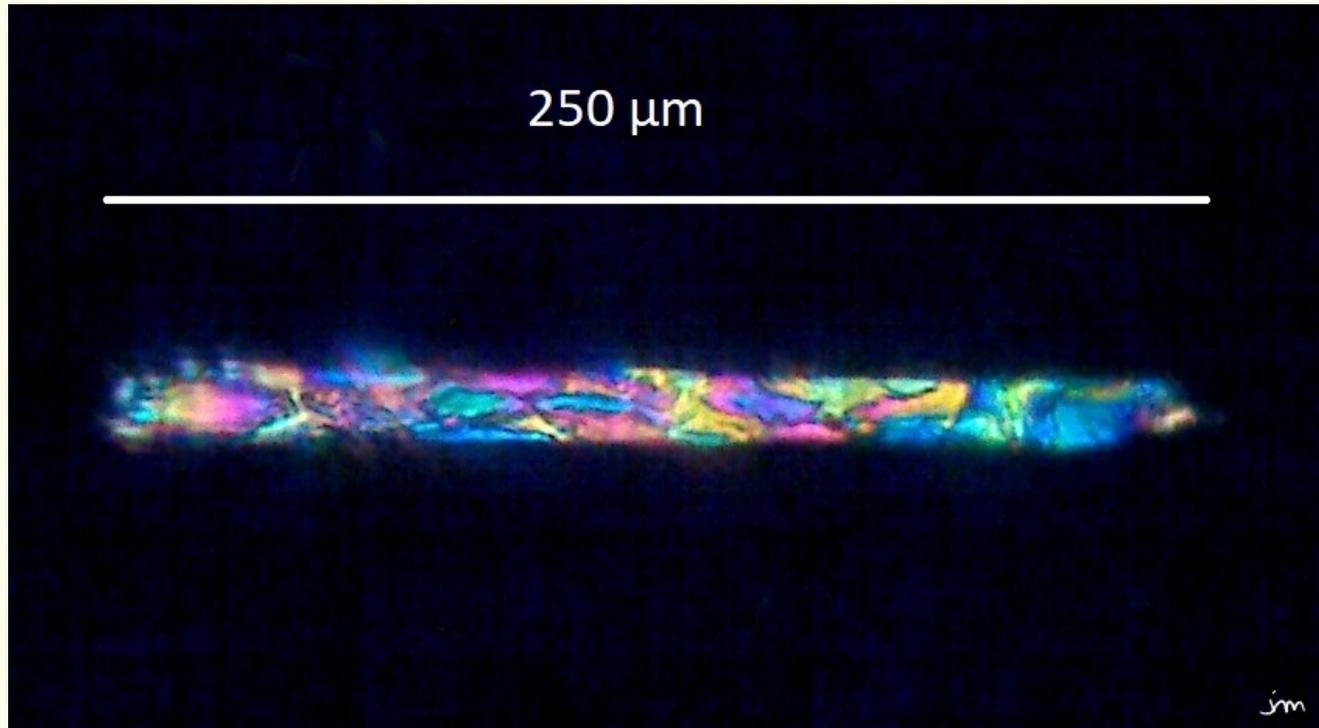
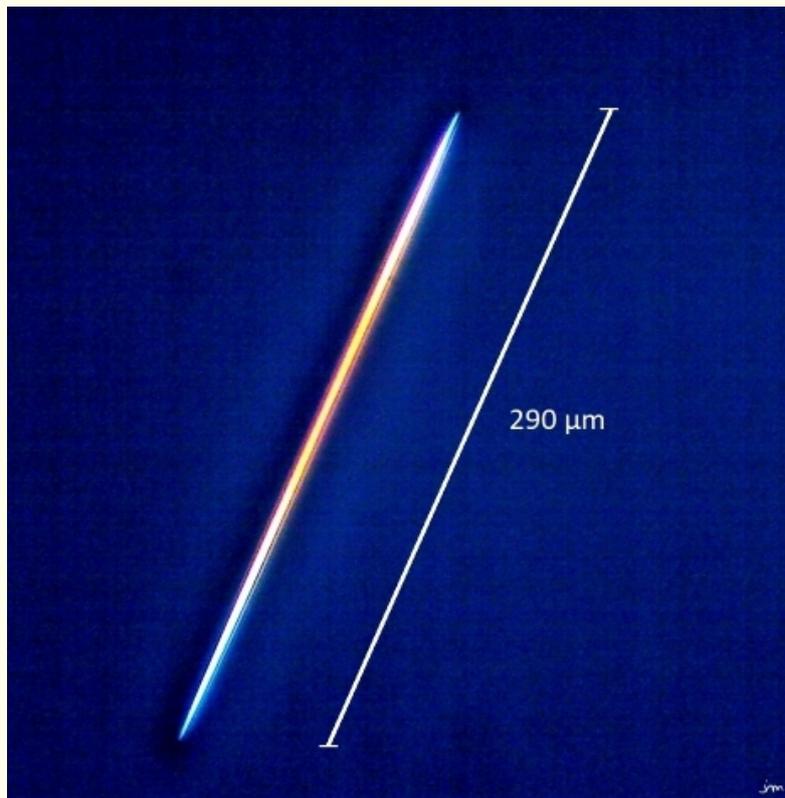
Gabbro

LPA même grossissement

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, dents, calcul rénal, raphides des plantes etc...)



Raphides d'oxalate de calcium, Agave (LPA obj x10)

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux ; des édifices ordonnés

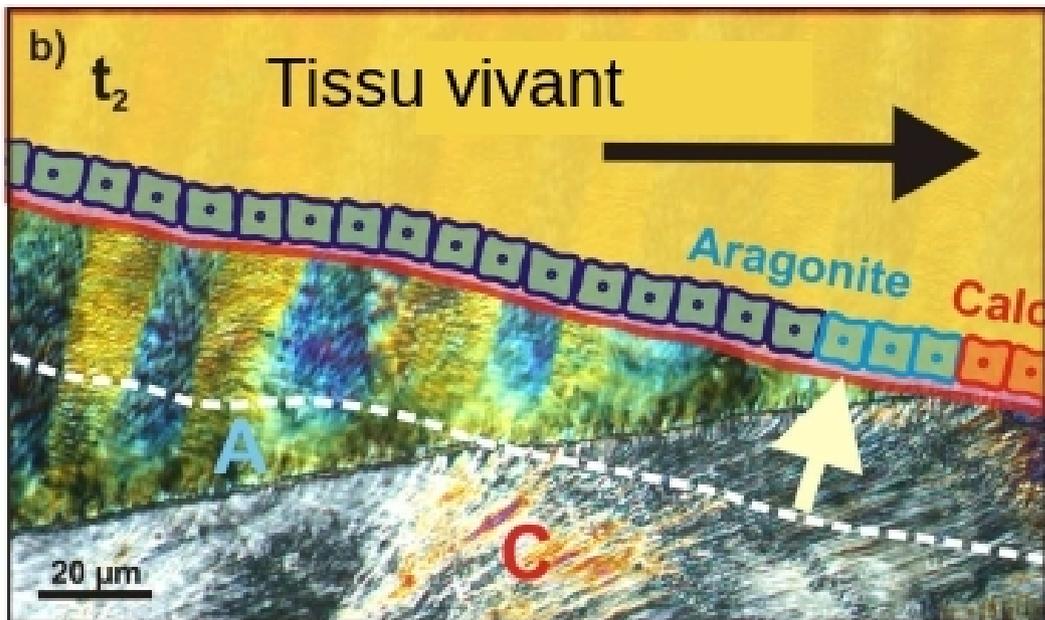
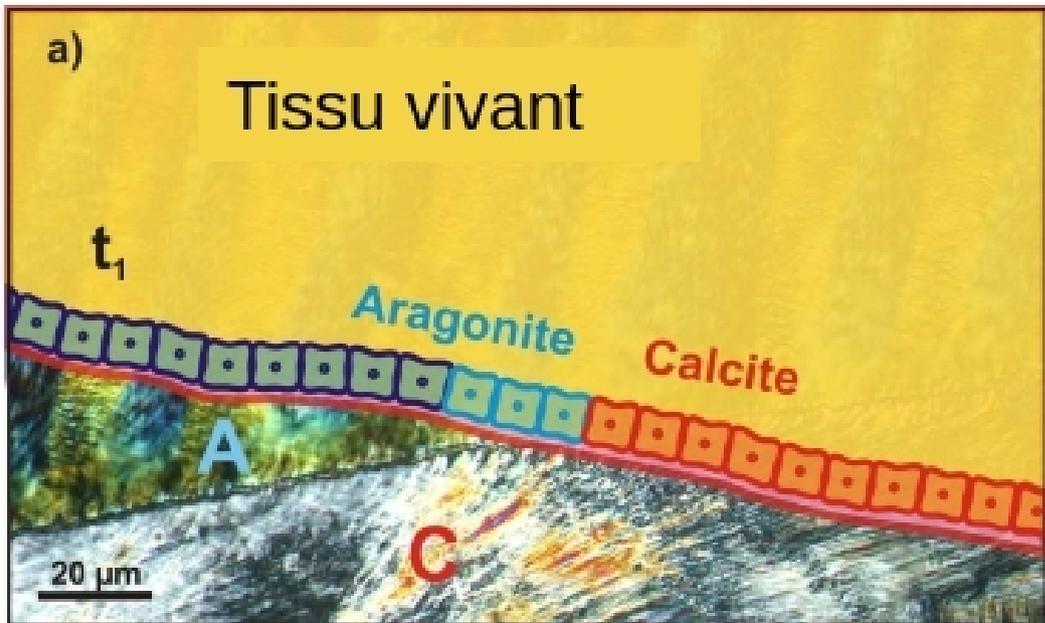
Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques.



Faisceau de raphides d'oxalate de calcium, Agave (LPA obj x10)

# T1 Une longue histoire de la matière

## T1.2 Les cristaux : des édifices ordonnés



Ces structures cristallines sont en lien avec

- la protection des organismes (coquille, raphides des plantes etc.)
- le soutien (squelette)
- la nutrition (dents)
- des troubles de l'élimination des déchets (calcul rénal)
- etc...

Construction de la coquille nacrée des mollusques marins in Thèse Nouet 2014

CaCO<sub>3</sub> mais 2 cristallisations

A = Aragonite, Dureté Mohs 3,75; mv 3 g.cm<sup>-3</sup>

C = Calcite, Dureté Mohs 3; mv 2,7 g.cm<sup>-3</sup>