

# PHYSIQUE pour tous !

Cycle d'hiver : 20/27 janvier &  
3/10 février 2026

De l'atome aux écomatériaux

# De l'atome aux écomatériaux



C'est quoi les 'Matériaux' ??

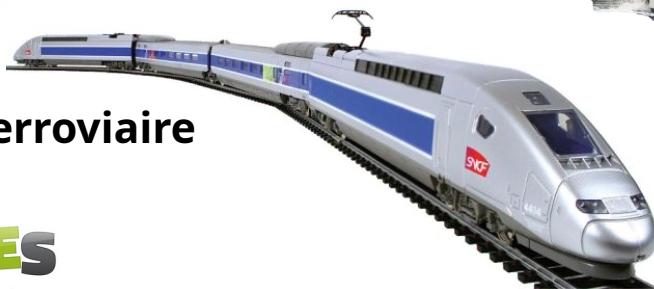


# Ils sont partout autour de nous !!

# Ils sont partout autour de nous !!



Aviation civile



Ferroviaire

Dans les transports...



Maritime



Spatial



Automobile

# Ils sont partout autour de nous !!

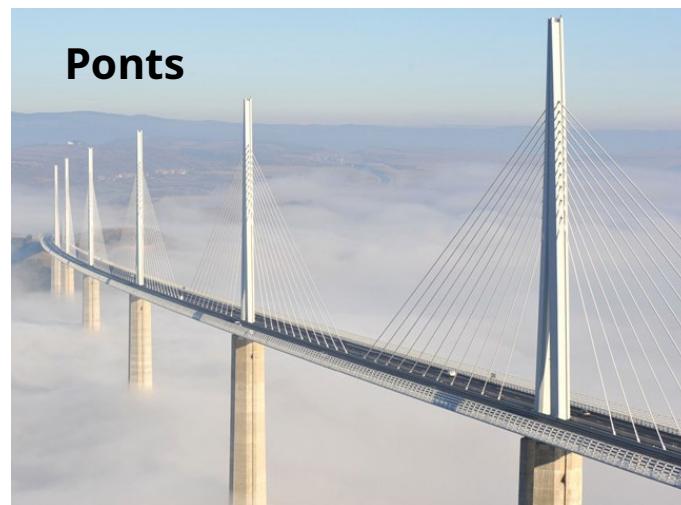


Tunnels



Routes

Dans le génie civil...



Ponts



Bâtiment

# Ils sont partout autour de nous !!



Induction



LED



Pile à  
combustible



Laser

Dans l'énergie...



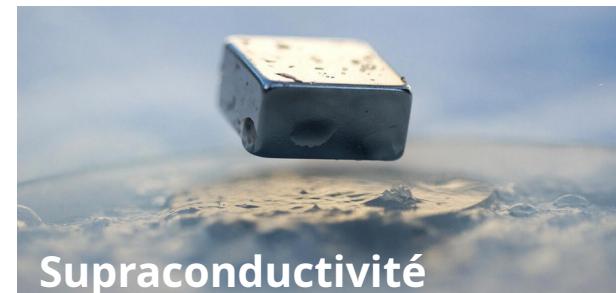
Photovoltaïque



Radioactivité



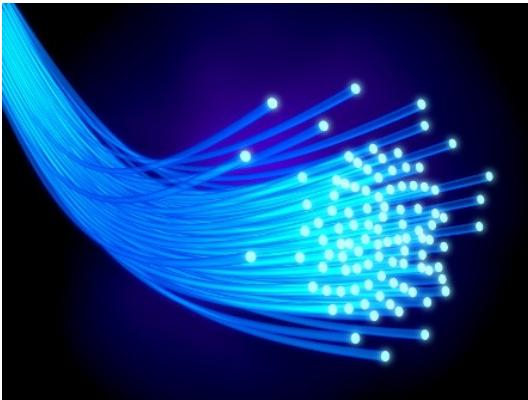
Éolien



Supraconductivité

# Ils sont partout autour de nous !!

## Fibres optiques



## Dans la communication



## Téléphonie



## Supports

## Sans fil



# Ils sont partout autour de nous !!



Santé



## Dans la vie quotidienne



Habitat



Vêtements



Alimentation

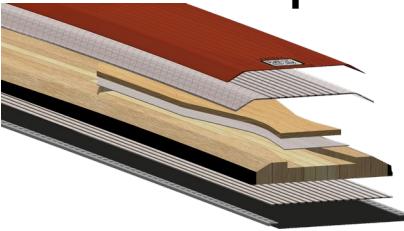


Physique pour tous - Thierry DINTZER

# Ils sont partout autour de nous !!



Sport



Musique



## Loisirs et culture



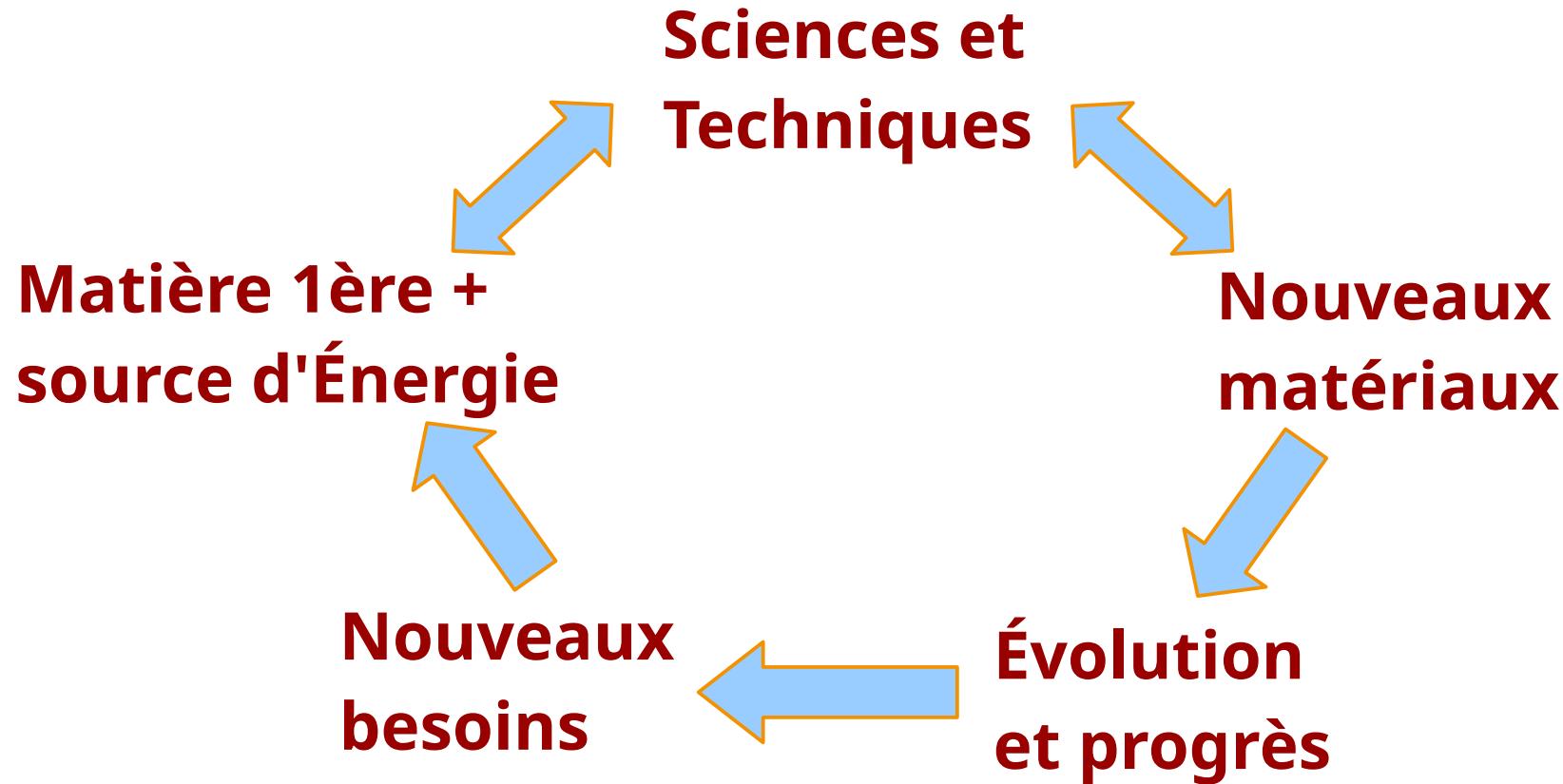
Média

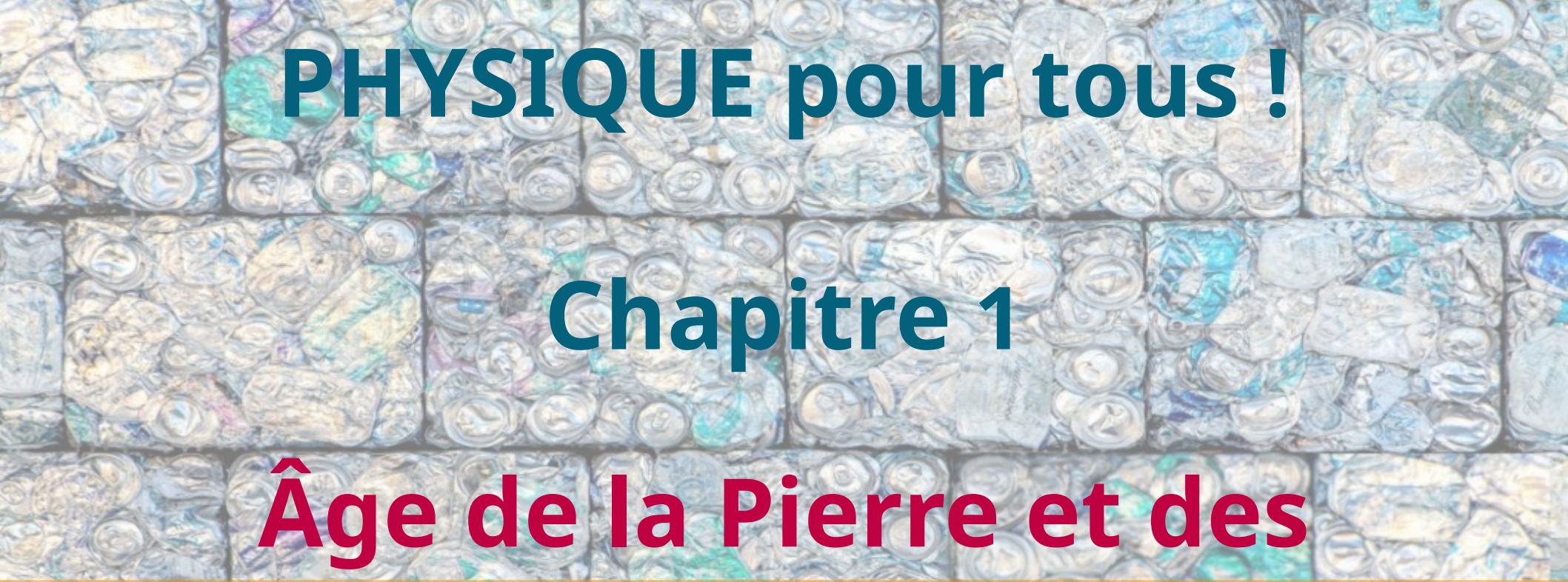


Cinéma



# Comment naissent les matériaux ?





# PHYSIQUE pour tous !

## Chapitre 1

# Âge de la Pierre et des Matériaux Naturels



# Le temps des matériaux naturels...



Préhistoire

Âge de la Pierre

-20 000

-5 000

## Matériaux

Bois

Os et peaux

Pierres, ambre

Métaux natifs

Argiles

Verres naturels  
(obsidienne)



Aiguilles  
et harpons  
en os



## Comment

Martelage à froid de pépites  
Séchage au soleil des poteries



Pointes de flèches  
en silex



Université  
de Strasbourg

## Énergie

Le Soleil et les muscles!



Couteau en  
obsidienne



Poteries  
en argile



Collier en  
serres d'aigle

Les premiers  
agriculteurs

Physique pour tous - Thierry DINTZER



# Le temps des matériaux naturels...



Préhistoire

Âge de la Pierre

Et les habitats ?

-20 000

-5 000



Tente en bois et peaux  
(-10 000, France)



Hutte en bois et roseaux  
(-7 000, Suède)



Abri sous roches  
(Hérault, France)



# Le temps des matériaux naturels...

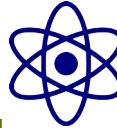


Silex



??





# Le temps des matériaux naturels...



## Silex

Roche sédimentaire de  $\text{SiO}_2$  très dure (7/10), comme le quartz mais microcristalline



Les animaux et plantes marines meurent en laissant derrière elles leur squelette en silice ( $\text{SiO}_2$ ) ou leur coquilles en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).

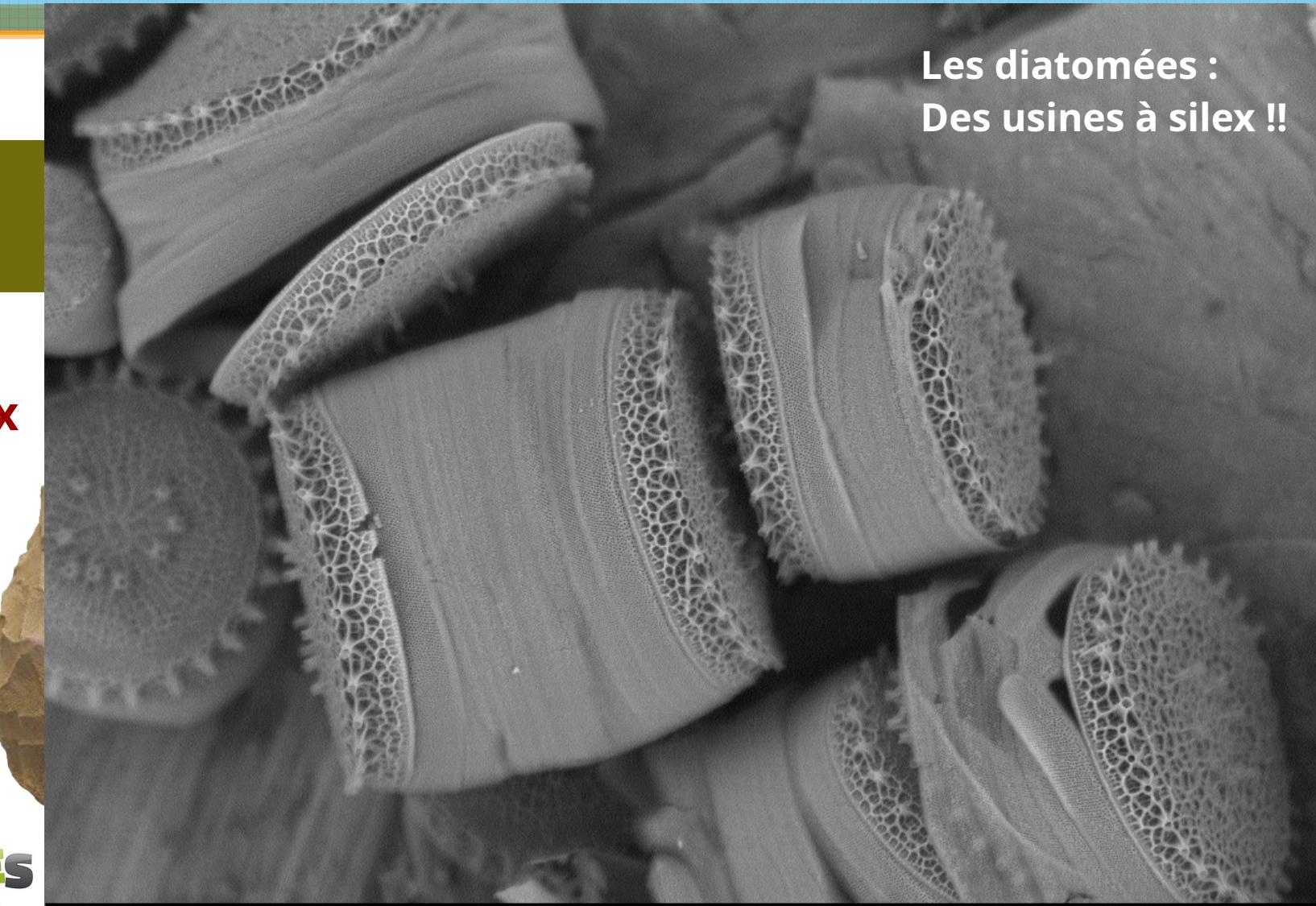
La silice dissoute dans l'eau selon la formule :



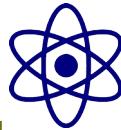
se recristallise autour de ces restes de squelette, formant des micro-cristaux. Les sédiments et les micro-cristaux se tassent avec le temps, donnant du silex.



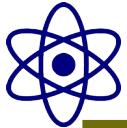
Silex



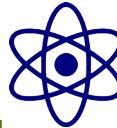
Les diatomées :  
Des usines à silex !!



-5 000



# Le temps des matériaux naturels...



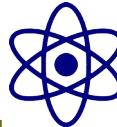
Silex



D'où la forme des cassure du silex, qui vient directement de celle des diatomées et autres coquillages (conchoïdal ie coquillage)



# Le temps des matériaux naturels...



# Silex



# Silex

2

# **silice microcristalline**

1

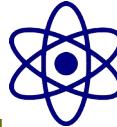
# Diatomées

1

# beaucoup de temps et de pression !!



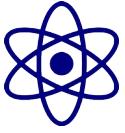
# Le temps des matériaux naturels...



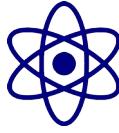
Silex

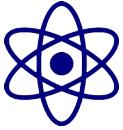


**Silice  
microcristalline ??**

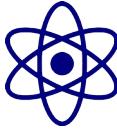


# Un peu de science...

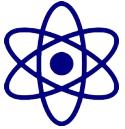




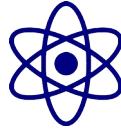
# Le roi électron 1er...



**Le Roi  
Électron 1<sup>er</sup> !!**



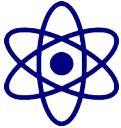
# Le roi électron 1er...



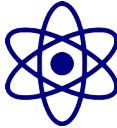
e<sup>-</sup>

→ découvert par Joseph John Thomson en 1897

→ c'est une particule subatomique

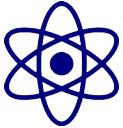


# Le roi électron 1er...



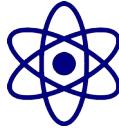
e<sup>-</sup>

- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!

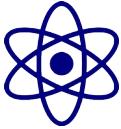


# Le roi électron 1er...

e<sup>-</sup>

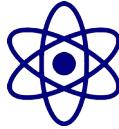


- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!
- il porte la plus petite charge électrique que l'on puisse trouver : on l'appelle donc la charge électrique élémentaire

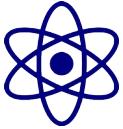


# Le roi électron 1er...

e<sup>-</sup>

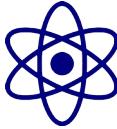


- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!
- il porte la plus petite charge électrique que l'on puisse trouver : on l'appelle donc la charge électrique élémentaire
- celle-ci vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C (coulombs)

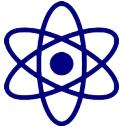


# Le roi électron 1er...

e<sup>-</sup>

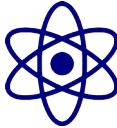


- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!
- il porte la plus petite charge électrique que l'on puisse trouver : on l'appelle donc la charge électrique élémentaire
- celle-ci vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C (coulombs)
- ce sont les constituants de la matière qui ont la plus petite masse :  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

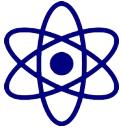


# Le roi électron 1er...

e<sup>-</sup>



- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!
- il porte la plus petite charge électrique que l'on puisse trouver : on l'appelle donc la charge électrique élémentaire
- celle-ci vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C (coulombs)
- ce sont les constituants de la matière qui ont la plus petite masse :  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg
- il porte un moment magnétique de  $9,3 \cdot 10^{-24}$  J/T (joules par tesla)

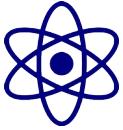


# Le roi électron 1er...

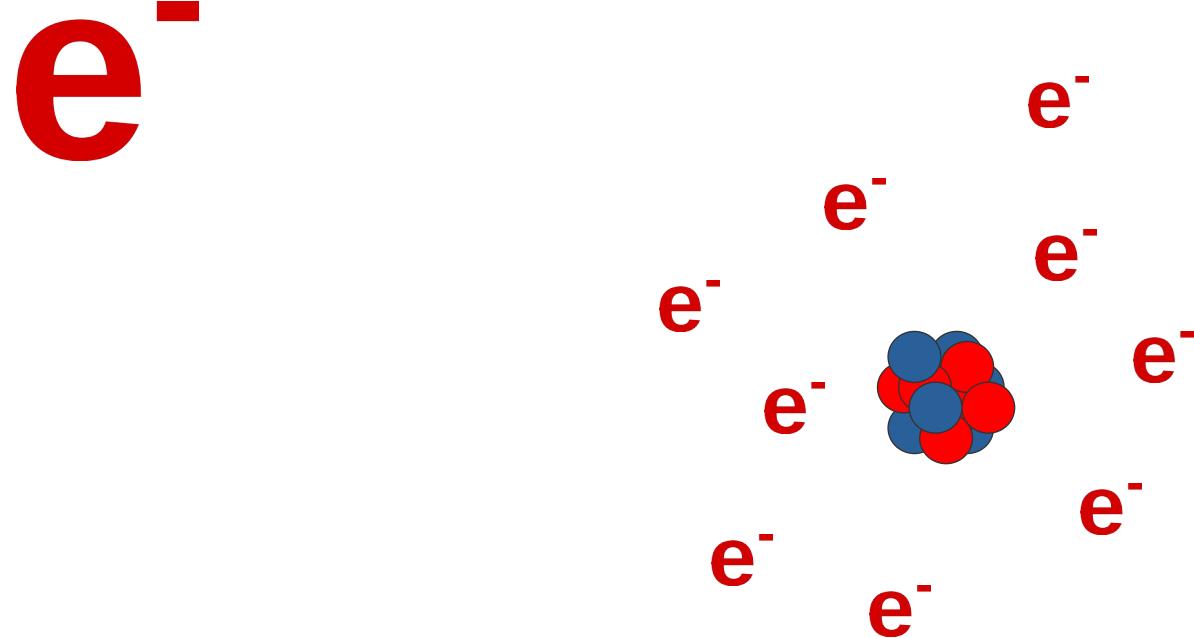
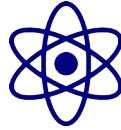
e<sup>-</sup>

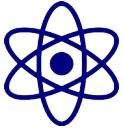


- découvert par Joseph John Thomson en 1897
- c'est une particule subatomique
- on évalue sa dimension à  $2,8 \cdot 10^{-15}$  m (les atomes font entre  $6 \cdot 10^{-11}$  et  $6 \cdot 10^{-10}$  m)
- il est donc 20 000 à 200 000 fois plus petit qu'un atome !!
- il porte la plus petite charge électrique que l'on puisse trouver : on l'appelle donc la charge électrique élémentaire
- celle-ci vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C (coulombs)
- ce sont les constituants de la matière qui ont la plus petite masse :  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg
- il porte un moment magnétique de  $9,3 \cdot 10^{-24}$  J/T (joules par tesla)
- EXTRAORDINAIRE : sa durée de vie est  $> 6,7 \cdot 10^{28}$  ans !! (Univers :  $13,8 \cdot 10^9$  ans!!)



# Le roi électron 1er...

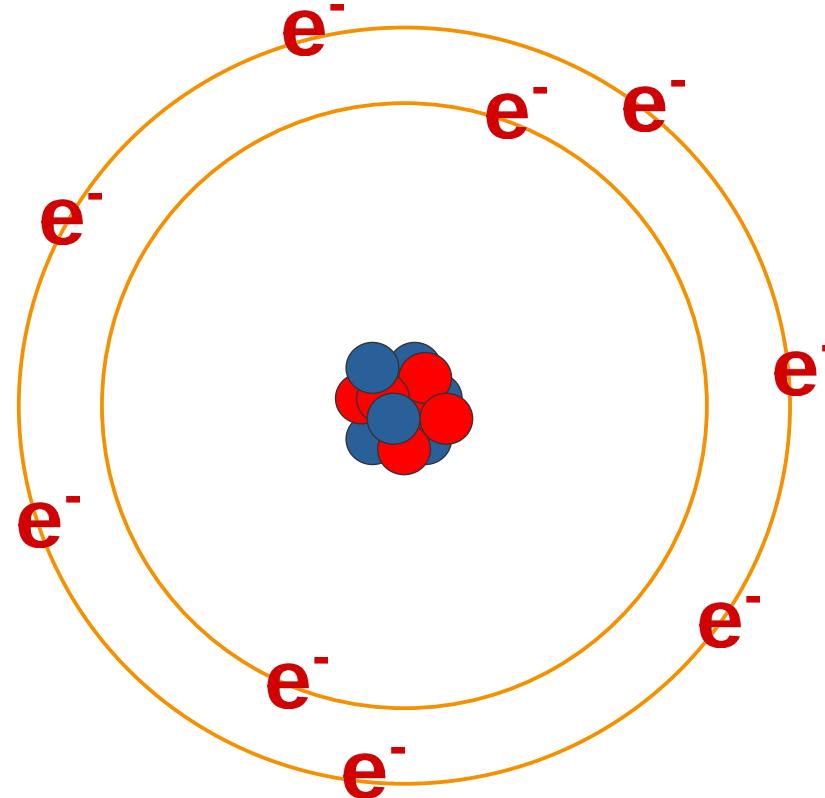




# L'atome...



$e^-$



Université  
de Strasbourg



Période	Grroupe →	I A	II A
1		Hydrogène 1 <b>H</b>	2
1,007975			

Lithium 3 <b>Li</b>
6,9395

Béryllium 4 <b>Be</b>
9,0121831

← nom de l'élément (**gaz**, **liquide** ou **solide** à 0°C et 101,3 kPa)  
 ← numéro atomique  
 ← symbole chimique  
 ← masse atomique relative [ou celle de l'isotope le plus stable]  
 ↗ [ CIAAW "Atomic Weights 2013" + rev. 2015 ]

### III A

3

Potassium 19 <b>K</b>
39,0983 (1)

Calcium 20 <b>Ca</b>
40,078 (4)

Scandium 21 <b>Sc</b>
44,955908 (5)

Titanium 22 <b>Ti</b>
47,867 (1)

Vanadium 23 <b>V</b>
50,9415 (1)

Chrome 24 <b>Cr</b>
51,9961 (6)

Manganèse 25 <b>Mn</b>
54,938044

Fer 26 <b>Fe</b>
55,845 (2)

Cobalt 27 <b>Co</b>
58,933194

Nickel 28 <b>Ni</b>
58,6934 (4)

Cuivre 29 <b>Cu</b>
63,546 (3)

Zinc 30 <b>Zn</b>
65,38 (2)

Gallium 31 <b>Ga</b>
69,723 (1)

Germanium 32 <b>Ge</b>
72,630 (8)

Arsenic 33 <b>As</b>
74,921595

Sélénium 34 <b>Se</b>
78,971 (8)

Brome 35 <b>Br</b>
79,904

Krypton 36 <b>Kr</b>
83,798 (2)

### IV A

4

Rubidium 37 <b>Rb</b>
85,4678 (3)

Strontium 38 <b>Sr</b>
87,62 (1)

Yttrium 39 <b>Y</b>
88,90584

Zirconium 40 <b>Zr</b>
91,224 (2)

Niobium 41 <b>Nb</b>
92,90637

Molybdène 42 <b>Mo</b>
95,95 (1)

Technétium 43 <b>Tc</b>
[98]

Ruthénium 44 <b>Ru</b>
101,07 (2)

Rhodium 45 <b>Rh</b>
102,90550

Palladium 46 <b>Pd</b>
106,42 (1)

Argent 47 <b>Ag</b>
107,8682 (2)

Cadmium 48 <b>Cd</b>
112,414 (4)

Indium 49 <b>In</b>
114,818 (1)

Étain 50 <b>Sn</b>
118,710 (7)

Antimoine 51 <b>Sb</b>
121,760 (1)

Tellure 52 <b>Te</b>
127,60 (3)

Iode 53 <b>I</b>
126,90447

### V A

5

Césium 55 <b>Cs</b>
132,905452

Baryum 56 <b>Ba</b>
137,327 (7)

Lanthanides 57-71
----------------------

Tantale 73 <b>Ta</b>
180,94788

Tungstène 74 <b>W</b>
183,84 (1)

Rhéanium 75 <b>Re</b>
186,207 (1)

Osmium 76 <b>Os</b>
190,23 (3)

Iridium 77 <b>Ir</b>
192,217 (3)

Platine 78 <b>Pt</b>
195,084 (9)

Or 79 <b>Au</b>
196,966569

Mercure 80 <b>Hg</b>
200,592 (3)

Thallium 81 <b>Tl</b>
204,3835

Plomb 82 <b>Pb</b>
207,2 (1)

Bismuth 83 <b>Bi</b>
208,98040

Polonium 84 <b>Po</b>
[209]

Astate 85 <b>At</b>
[210]

### VI A

6

Rutherfordium 104 <b>Rf</b>
[267]

Dubnium 105 <b>Db</b>
[268]

Seaborgium 106 <b>Sg</b>
[269]

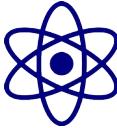
Bohrium 107 <b>Bh</b>
[270]

Hassium 108 <b>Hs</b>
[277]

Meitnérium 109 <b>Mt</b>
[278]

Darmstadtium 110 <b>Ds</b>
[281]

||
||
||



Grroupe → I A  
Période ↓ 1  
Hydrogène  
**1 H**  
1,007975

2

II A

3

Lithium

**3 Li**

6,9395

Béryllium

**4 Be**

9,0121831

← nom de l'élément (gaz, liquide ou solide à 0°C et 101,3 kPa)  
← numéro atomique  
← symbole chimique  
← masse atomique relative [ou celle de l'isotope le plus stable]  
[ CIAAW "Atomic Weights 2013" + rev. 2015 ]

2

Sodium

**11 Na**

22,98976928

Magnésium

**12 Mg**

24,3055

3

III A

4

IV A

5

VA

6

VI A

7

VII A

8

VIII

9

10

I B

11

II B

12

13

III B

14

IV B

15

VB

16

VI B

17

VII B

18

VIII A

1

Hélium

**2 He**

4,002602

Potassium <b>19 K</b> 39,0983 (1)	Calcium <b>20 Ca</b> 40,078 (4)	Scandium <b>21 Sc</b> 44,955908 (5)	Titanium <b>22 Ti</b> 47,867 (1)	Vanadium <b>23 V</b> 50,9415 (1)	Chrome <b>24 Cr</b> 51,9961 (6)	Manganèse <b>25 Mn</b> 54,938044	Fer <b>26 Fe</b> 55,845 (2)	Cobalt <b>27 Co</b> 58,933194	Nickel <b>28 Ni</b> 58,6934 (4)	Cuivre <b>29 Cu</b> 63,546 (3)	Zinc <b>30 Zn</b> 65,38 (2)	Gallium <b>31 Ga</b> 69,723 (1)	Germanium <b>32 Ge</b> 72,630 (8)	Arsenic <b>33 As</b> 74,921595	Sélénium <b>34 Se</b> 78,971 (8)	Brome <b>35 Br</b> 79,904	Krypton <b>36 Kr</b> 83,798 (2)
---	---------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	--	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	--	---------------------------------	---------------------------------------

Rubidium <b>37 Rb</b> 85,4678 (3)	Strontium <b>38 Sr</b> 87,62 (1)	Yttrium <b>39 Y</b> 88,90584	Zirconium <b>40 Zr</b> 91,224 (2)	Niobium <b>41 Nb</b> 92,90637	Molybdène <b>42 Mo</b> 95,95 (1)	Technétium <b>43 Tc</b> [98]	Ruthénium <b>44 Ru</b> 101,07 (2)	Rhodium <b>45 Rh</b> 102,90550	Palladium <b>46 Pd</b> 106,42 (1)	Argent <b>47 Ag</b> 107,8682 (2)	Cadmium <b>48 Cd</b> 112,414 (4)	Indium <b>49 In</b> 114,818 (1)	Étain <b>50 Sn</b> 118,710 (7)	Antimoine <b>51 Sb</b> 121,760 (1)	Tellure <b>52 Te</b> 127,60 (3)	Iode <b>53 I</b> 126,90447	Xénon <b>54 Xe</b> 131,293 (6)
---	--	------------------------------------	---	-------------------------------------	--	------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------

Césium <b>55 Cs</b> 132,905452	Baryum <b>56 Ba</b> 137,327 (7)	Lanthanides <b>57-71</b>	Hafnium <b>72 Hf</b> 178,49 (2)	Tantale <b>73 Ta</b> 180,94788	Tungstène <b>74 W</b> 183,84 (1)	Rhéniump <b>75 Re</b> 186,207 (1)	Osmium <b>76 Os</b> 190,23 (3)	Iridium <b>77 Ir</b> 192,217 (3)	Platine <b>78 Pt</b> 195,084 (9)	Or <b>79 Au</b> 196,966569	Mercure <b>80 Hg</b> 200,592 (3)	Thallium <b>81 Tl</b> 204,3835	Plomb <b>82 Pb</b> 207,2 (1)	Bismuth <b>83 Bi</b> 208,98040	Tellure <b>84 Po</b> [209]	Astate <b>85 At</b> [210]	Radon <b>86 Rn</b> [222]
--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--	---	--------------------------------------	--	--	----------------------------------	--	--------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Francium <b>87 Fr</b> [223]	Radium <b>88 Ra</b> [226]	Actinides <b>89-103</b>	Rutherfordium <b>104 Rf</b> [267]	Dubnium <b>105 Db</b> [268]	Seaborgium <b>106 Sg</b> [269]	Bohrium <b>107 Bh</b> [270]	Hassium <b>108 Hs</b> [277]	Meitnérium <b>109 Mt</b> [278]	Darmstadtium <b>110 Ds</b> [281]	Roentgenium <b>111 Rg</b> [282]	Copernicium <b>112 Cn</b> [285]	Nihonium <b>113 Nh</b> [286]	Flérovium <b>114 Fl</b> [289]	Moscovium <b>115 Mc</b> [289]	Livermorium <b>116 Lv</b> [293]	Tennessee <b>117 Ts</b> [294]	Oganesson <b>118 Og</b> [294]
-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Lanthane <b>57 La</b> 138,90547	Cérium <b>58 Ce</b> 140,116 (1)	Praséodyme <b>59 Pr</b> 140,90766	Néodyme <b>60 Nd</b> 144,242 (3)	Prométhium <b>61 Pm</b> [145]	Samarium <b>62 Sm</b> 150,36 (2)	Europium <b>63 Eu</b> 151,964 (1)	Gadolinium <b>64 Gd</b> 157,25 (3)	Terbium <b>65 Tb</b> 158,92535	Dysprosium <b>66 Dy</b> 162,500 (1)	Holmium <b>67 Ho</b> 164,93033	Erbium <b>68 Er</b> 167,259 (3)	Thulium <b>69 Tm</b> 168,93422	Ytterbium <b>70 Yb</b> 173,045	Lutécium <b>71 Lu</b> 174,9668
---------------------------------------	---------------------------------------	---	--	-------------------------------------	--	---	--	--------------------------------------	---	--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Actinium <b>89 Ac</b> [227]	Thorium <b>90 Th</b> [232,0377]	Protactinium <b>91 Pa</b> [231,03588]	Uranium <b>92 U</b> [238,02891]	Neptunium <b>93 Np</b> [237]	Plutonium <b>94 Pu</b> [244]	Américium <b>95 Am</b> [243]	Curium <b>96 Cm</b> [247]	Berkélium <b>97 Bk</b> [247]	Californium <b>98 Cf</b> [251]	Einsteinium <b>99 Es</b> [252]	Fermium <b>100 Fm</b> [257]	Mendéléïum <b>101 Md</b> [258]	Nobéléïum <b>102 No</b> [259]	Lawrencium <b>103 Lr</b> [266]
-----------------------------------	---------------------------------------	---	---------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

## Métaux

Alcalins      Alcalino-terreux      Lanthanides      Actinides      Métaux de transition      Métaux pauvres

Métalloïdes

Autres non-métaux

Halogènes

Gaz nobles      Non classés

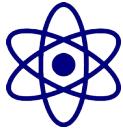
primordial

désintégration d'autres éléments

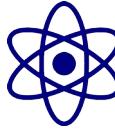
synthétique

## Tableau périodique des éléments chimiques

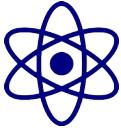
VIII A  
18



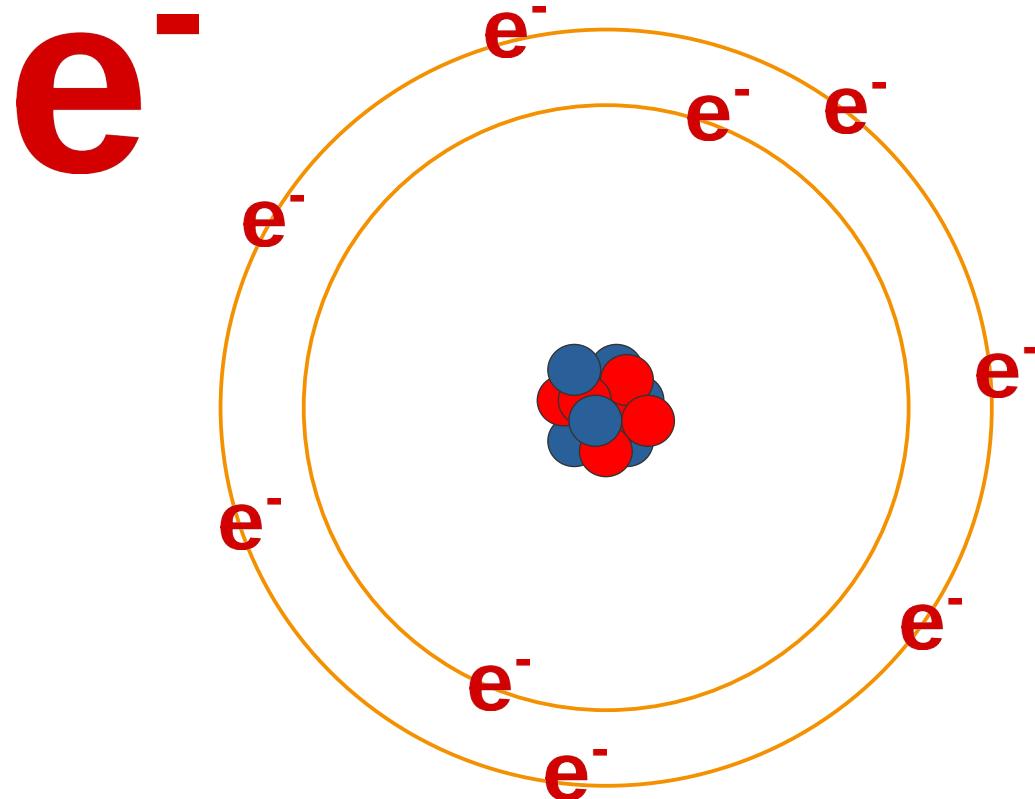
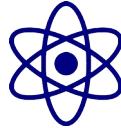
# Un peu de science... l'abondance des éléments



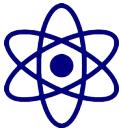
Numéro atomique	Élément	Symbole	Abondance crustale
8	Oxygène	O	461 000
14	Silicium	Si	282 000
13	Aluminium	Al	82 300
26	Fer	Fe	56 300
20	Calcium	Ca	41 500
11	Sodium	Na	23 600
12	Magnésium	Mg	23 300
19	Potassium	K	20 900
22	Titane	Ti	5 600
1	Hydrogène	H	1 400
15	Phosphore	P	1 050
25	Manganèse	Mn	950
9	Fluor	F	585
56	Baryum	Ba	425
6	Carbone	C	200



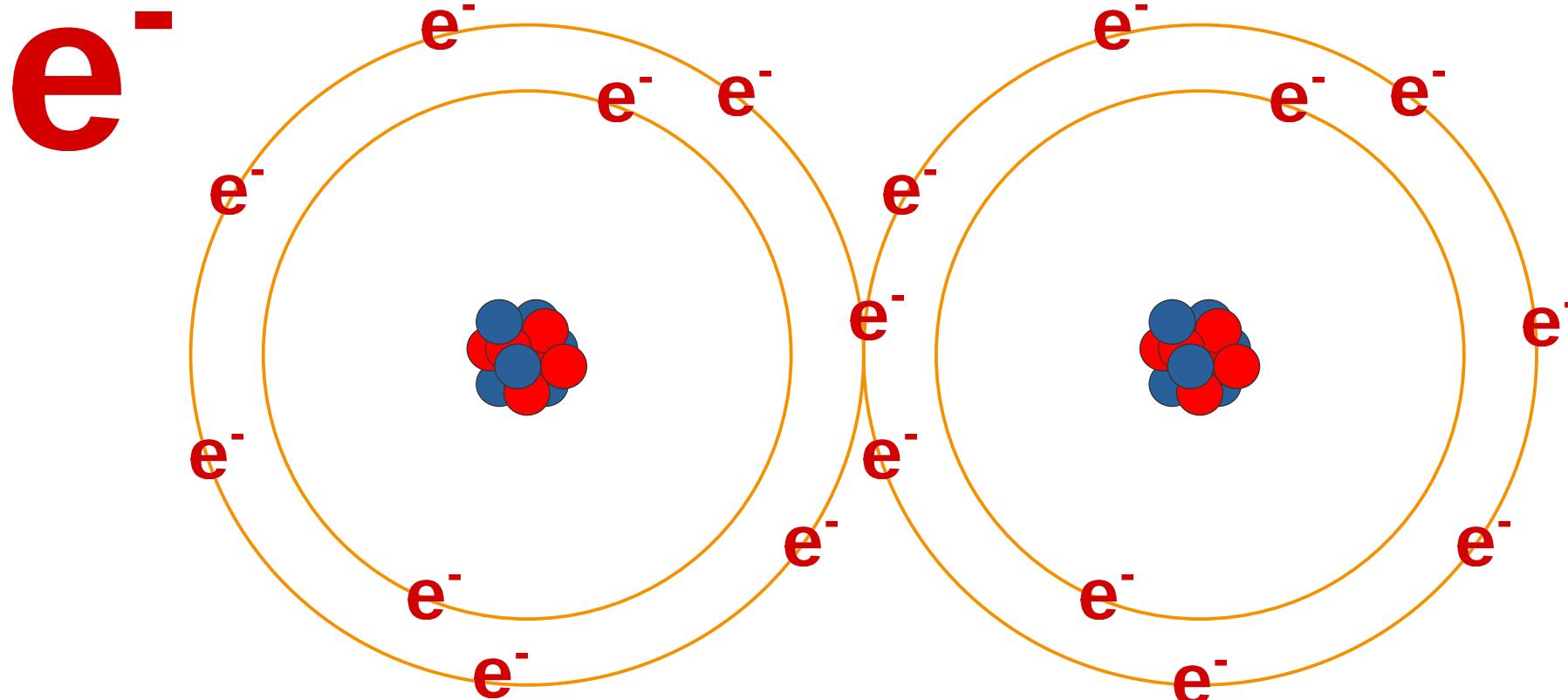
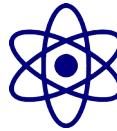
# L'atome...

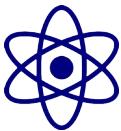


1ère couche : 2 électrons  
2ème couche : 8 électrons  
3ème couche : 8 électrons  
4ème couche : 18 électrons  
5ème couche : 18 électrons  
....

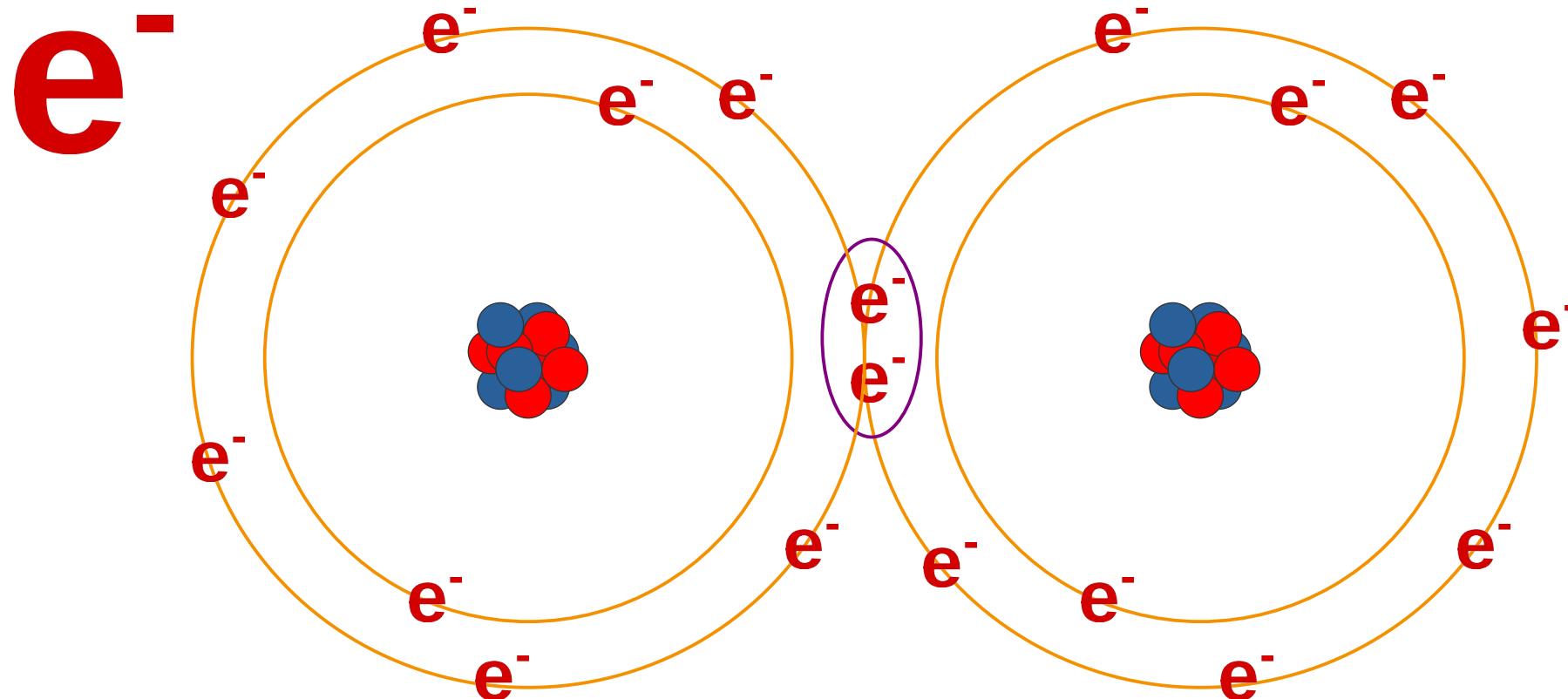
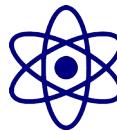


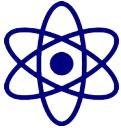
# La liaison covalente...





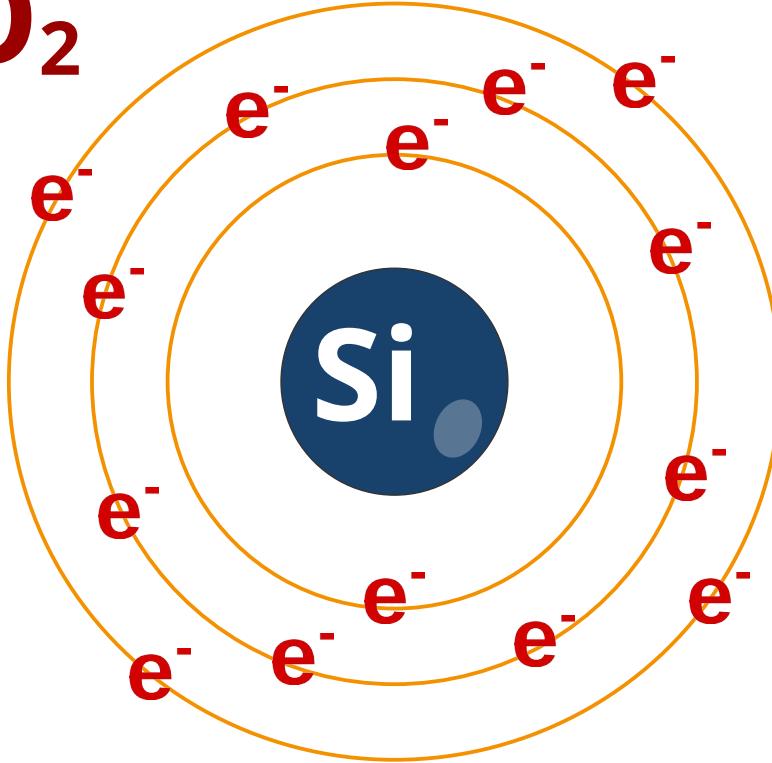
# La liaison covalente...





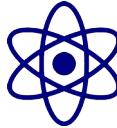
# SiO<sub>2</sub>

Si : 4 électrons de valence

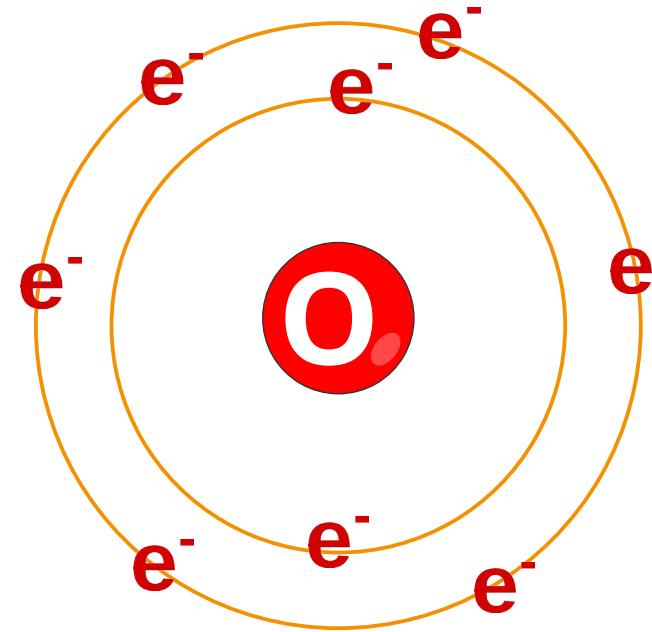


C1 : 2  
C2 : 8  
C3 : 4

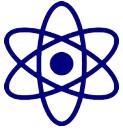
## La silice...



O : 6 électrons de valence

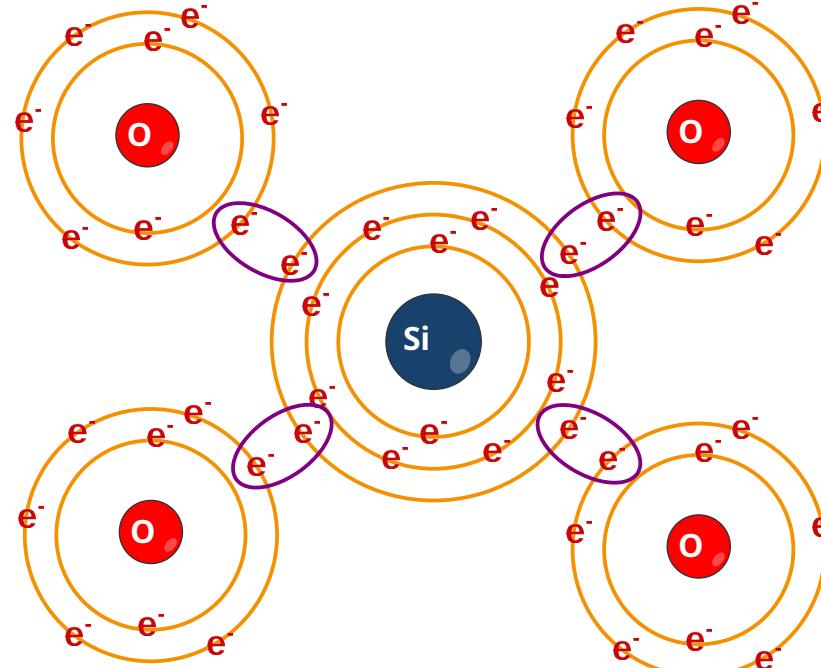


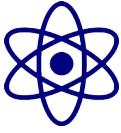
Z = 8  
C1 : 2  
C2 : 6



# SiO<sub>2</sub>

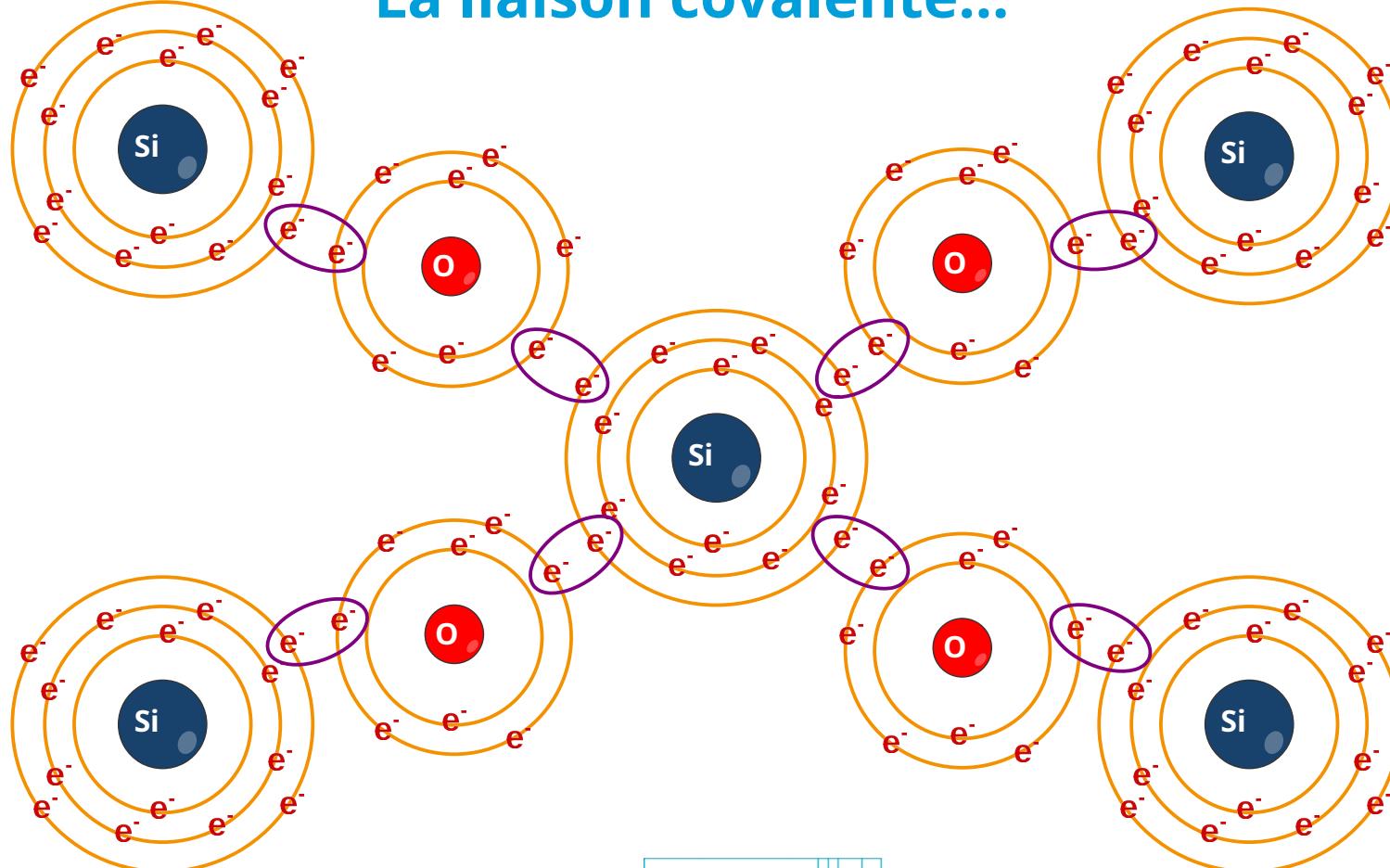
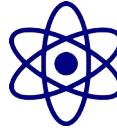
## La liaison covalente...

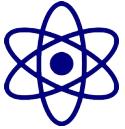




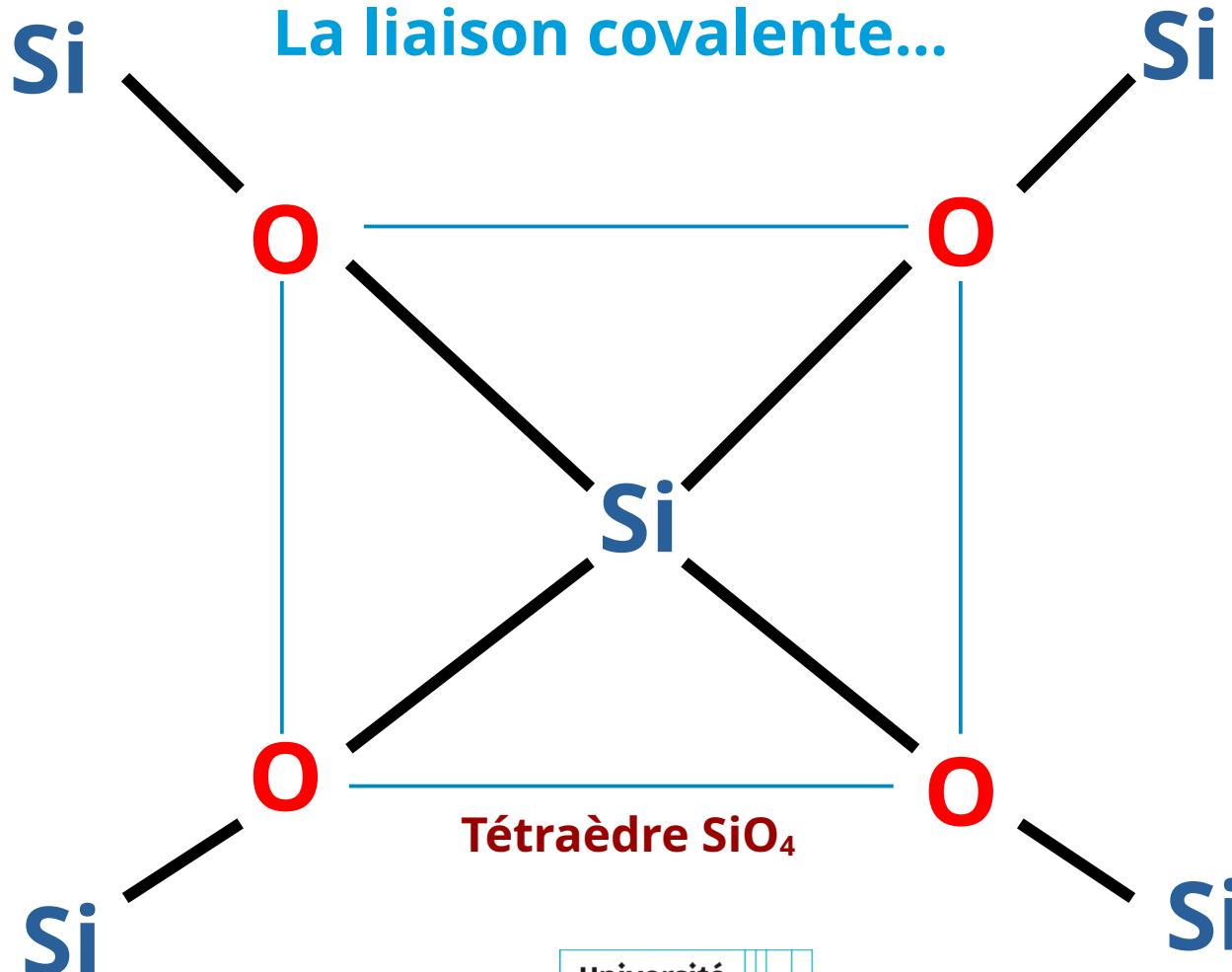
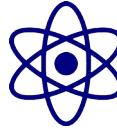
# SiO<sub>2</sub>

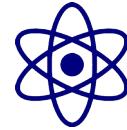
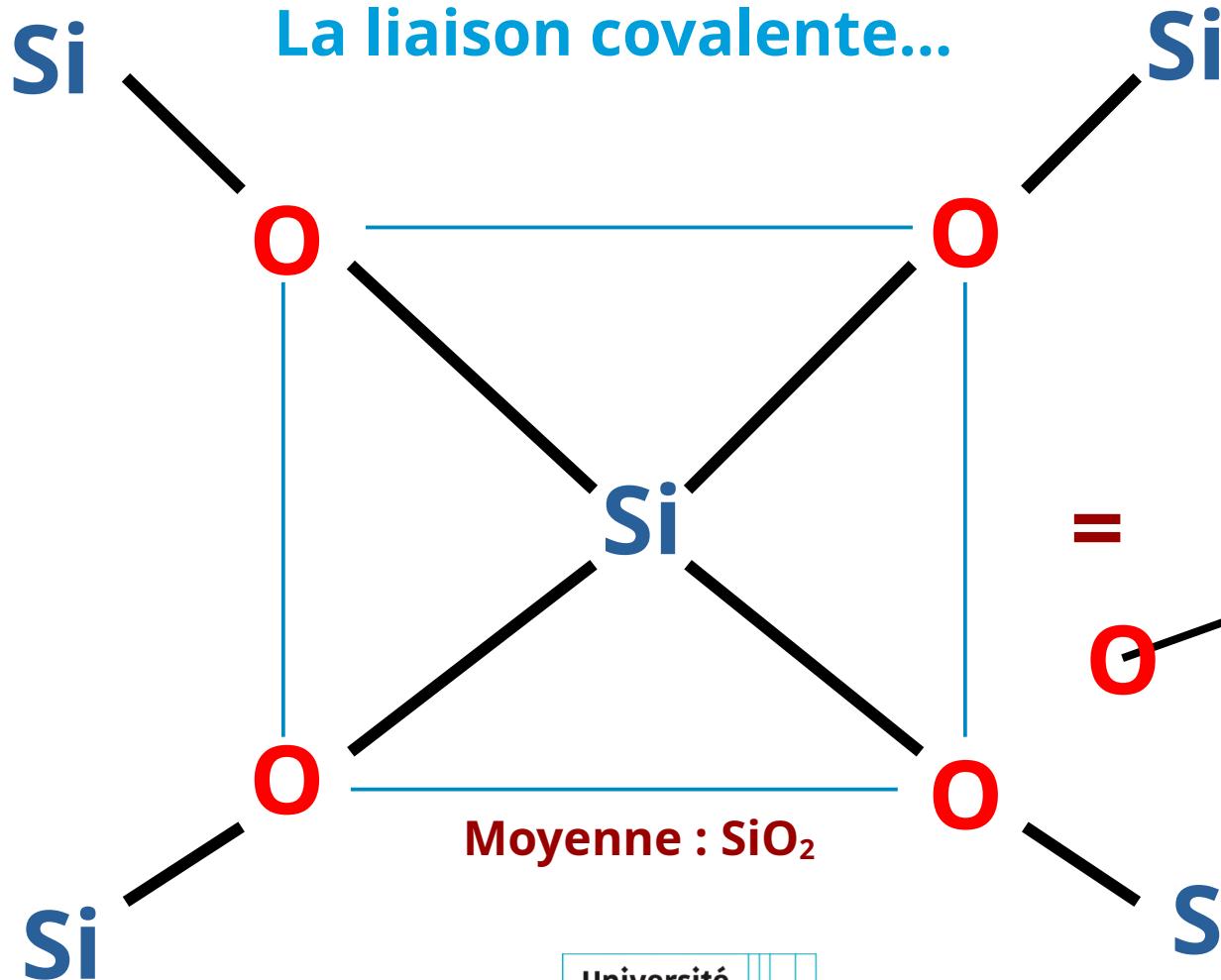
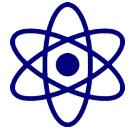
## La liaison covalente...

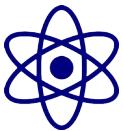




**SiO<sub>2</sub>**

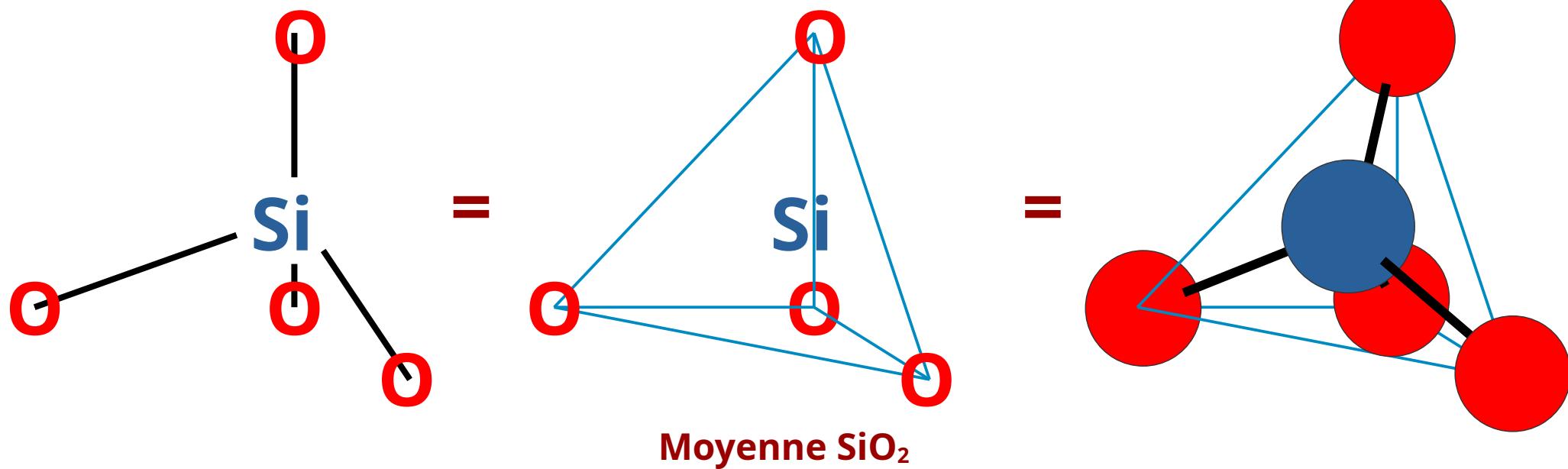
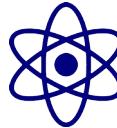


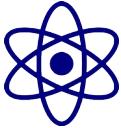




# SiO<sub>2</sub>

## La liaison covalente...





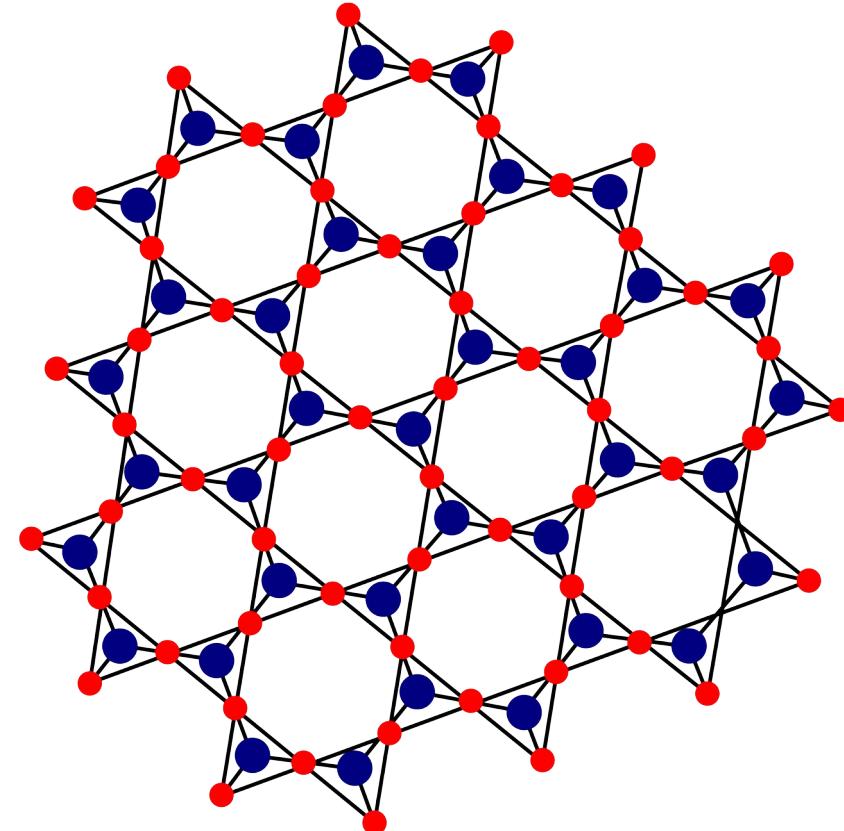
# SiO<sub>2</sub>

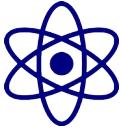
Silex



SiO<sub>2</sub> Cristallin =  
quartz

## La liaison covalente...





# SiO<sub>2</sub>

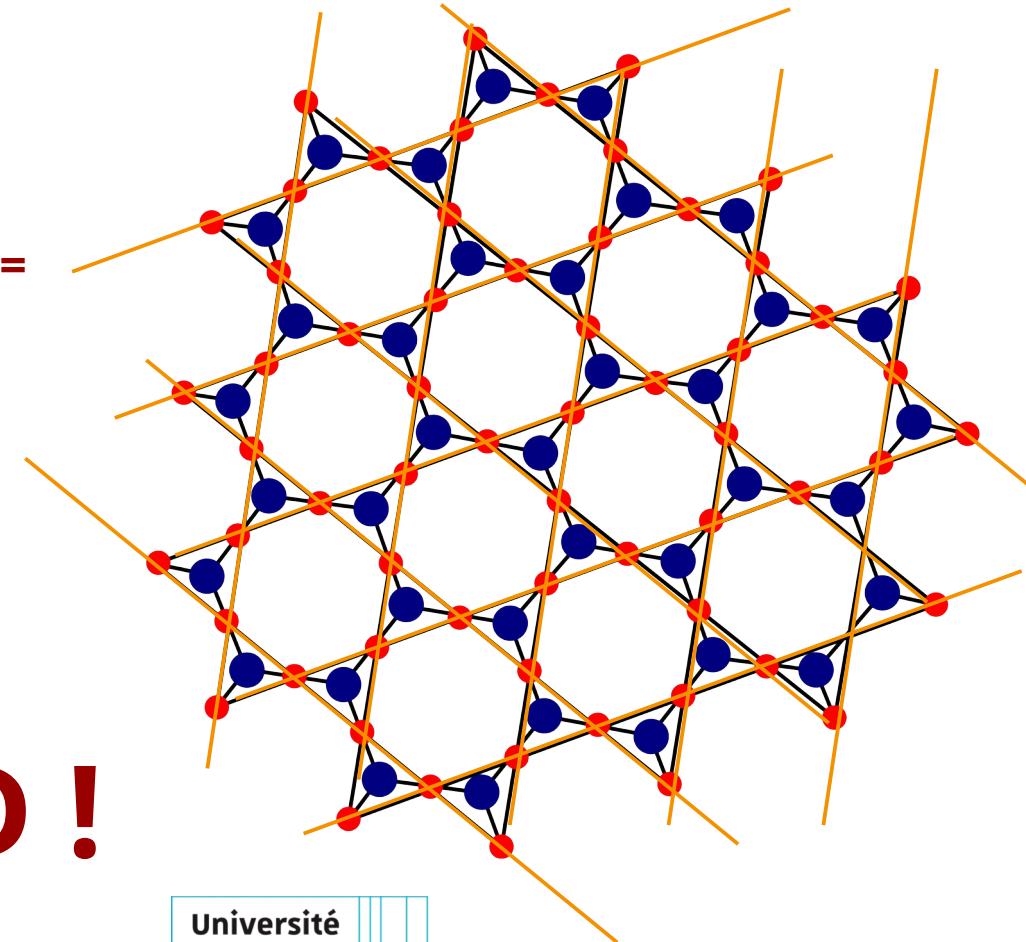
Silex



CQFD !

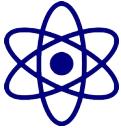
## La liaison covalente...

SiO<sub>2</sub> Cristallin =  
quartz



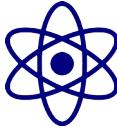
Université  
de Strasbourg





# SiO<sub>2</sub>

## Analogie

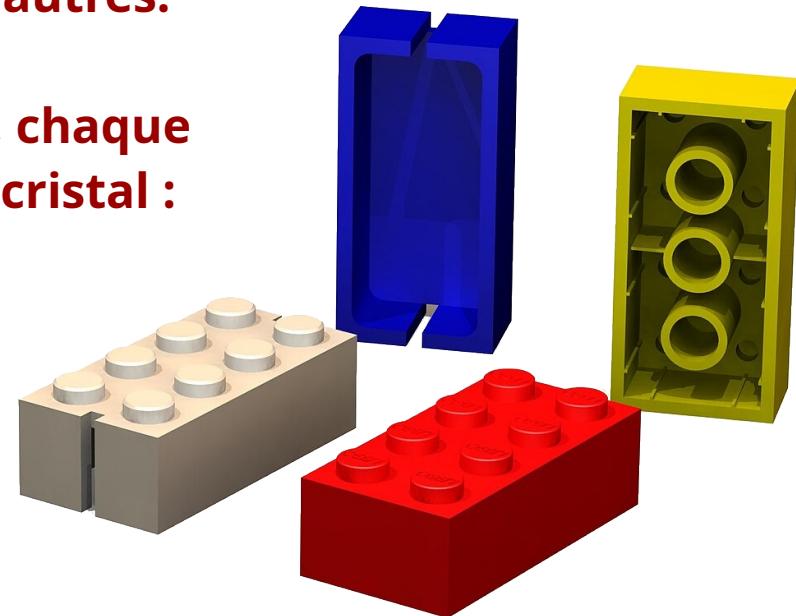


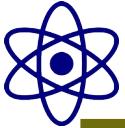
Silex



Un cristal, c'est un peu comme une construction en briques Lego : chaque brique est solidement fixée aux autres.

Mais si on casse la construction, chaque brique devient comme un microcristal : très dur et tranchant !





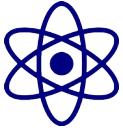
# Le temps des matériaux naturels...



## Obsidienne



Verre naturel d'origine volcanique qui se forme lorsque la lave (riche en silice , > 65%) refroidit trop vite pour cristalliser



# SiO<sub>2</sub>

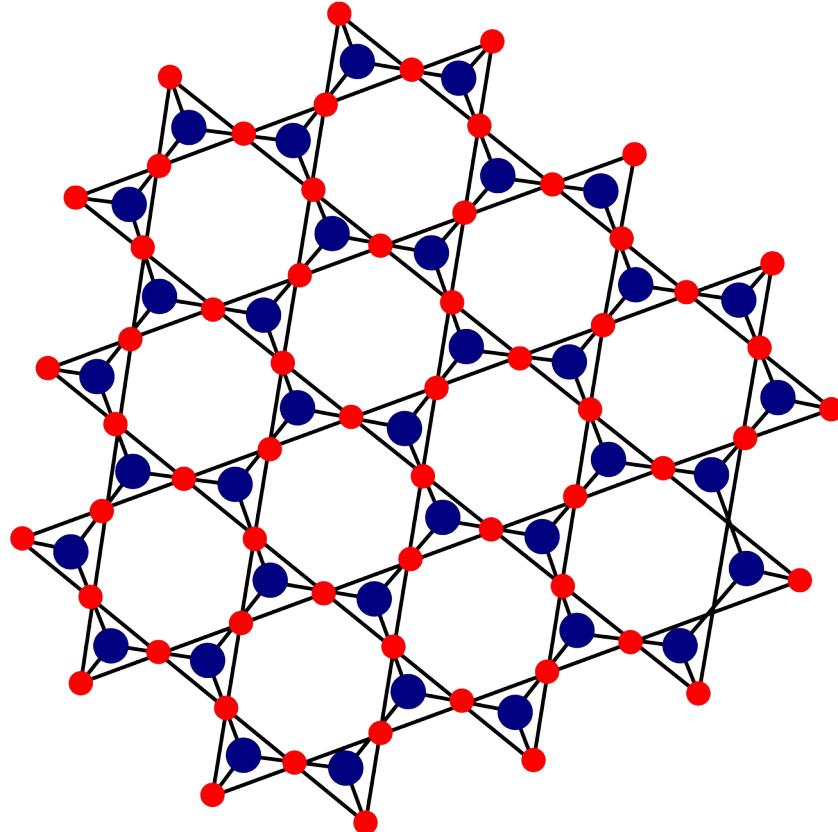
Obsidienne

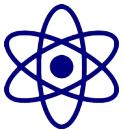


## Le temps des matériaux naturels...



En d'autres termes,  
on n'a pas ça :



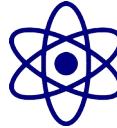


# SiO<sub>2</sub>

Obsidienne

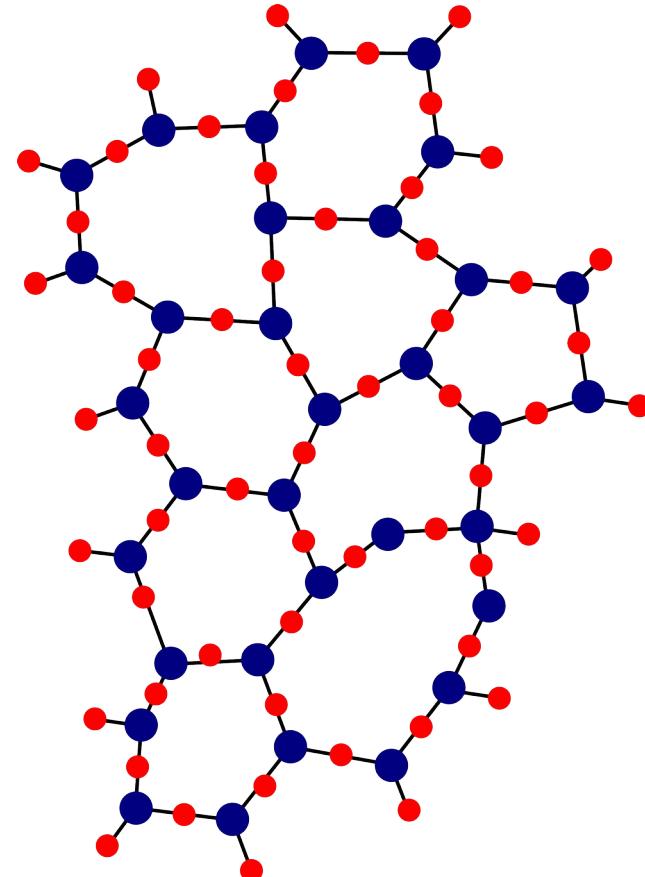


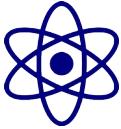
## Le temps des matériaux naturels...



Mais ça :

Des liaisons  
covalentes,  
oui, mais pas  
de plans  
d'atomes





# SiO<sub>2</sub>

## Obsidienne

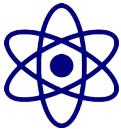


## Analogie



L'obsidienne, c'est un verre, c'est-à-dire une sorte de liquide figé dans le temps. C'est comme si du miel, au lieu d'avoir le temps de cristallisés se figeait instantanément à cause du gel.



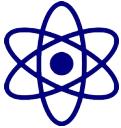


## Analogie



### Qui utilise encore l'obsidienne aujourd'hui ?

- l'obsidienne est toujours utilisée de nos jours mais ses applications ont évolué depuis la préhistoire
- bijouterie et artisanat : très prisée des bijoutiers (colliers, bracelets, pendentifs)
- ses couleurs variées plaisent beaucoup : noir, doré, vert, iridescent
- également utilisée pour des sculptures et objets décoratifs
- instruments chirurgicaux : elle produit lames extrêmement tranchantes et peut servir de scalpel de haute précision, notamment en ophtalmologie et chirurgie esthétique



## Analogie



### Qui utilise encore l'obsidienne aujourd'hui ?

- lithothérapie : considérée comme une pierre de protection et de purification
- luxe : peut se retrouver dans des applications exclusives comme des touches de piano
- bâtiment : permet de faire de la laine minérale
- certaines cultures continuent de l'utiliser pour ses propriétés spirituelles

L'obsidienne a su passer de matériaux utilitaire (couteaux...) à matériaux noble, fonctionnel et esthétique dans le monde contemporain



# Le temps des matériaux naturels...



## Impact Environnemental ?



# Le temps des matériaux naturels...



## Impact Environnemental ?

Les silex et l'obsidienne sont des matériaux 100 % naturels.

De plus, le silex subit les outrages du temps, nous pouvons le considérer comme biodégradable.

L'obsidienne est très dure et ne se dégrade pas. Cependant elle est très stable et non polluante.

→ Insignifiant



# Le temps des matériaux naturels...



## Matériaux

Les métaux natifs font leur apparition : cuivre, argent, or  
Fabrication de verre non Translucide (émail)



Pointe de flèche et hache en cuivre



## Comment

Premières traces d'artisanat à base de métaux purs, poteries tournées et cuites au feu de bois puis glacées (émail)

Bracelet en calcaire tendre



## Énergie

Feu de bois  
Tour de potier à pied  
Martelage à chaud de pépites  
Cuisson au feu de bois



Poteries en argile tourné

# Le temps des matériaux naturels...

# Préhistoire

# Protohistoire

-5 000

-3 300

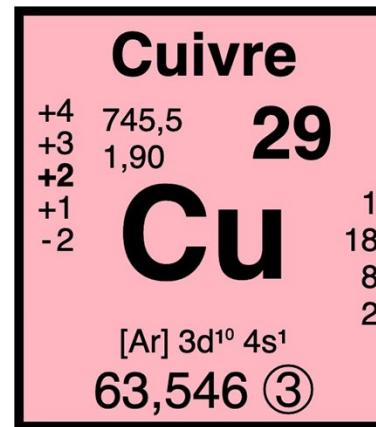
-2 300

# Cuivre

**8,96 g/cm<sup>3</sup>**

**T<sub>F</sub> = 1 085°C**

## Dureté : 3



ersité de Strasbourg



# Le temps des matériaux naturels...



## Cuivre

- bien que la plupart du cuivre soit extrait de mineraï (chalcopyrite ou malachite),
- le cuivre peut se trouver à l'état natif dans la nature, c'est-à-dire sous forme de métal pur
- il est généralement présent dans les zones volcaniques et les zones où des processus géologiques ont permis sa concentration sous forme métallique
- le plus grand gisement historique de cuivre natif se trouve dans la région du lac Supérieur (États-Unis), en Australie, en Russie et dans certaines zones d'Afrique et d'Amérique du Sud



# Le temps des matériaux naturels...

Préhistoire

Protohistoire

Âge du cuivre

-5 000

-3 300

-2 300

Et les habitats ?



Huttes de paille reconstituées (Allemagne)



Cabane de pierres sèches (Hérault, France)



Maisons reconstituées (-4500, Chypre)



# Le temps des matériaux naturels...

Pré

-5 000

Et les hab



Huttes de paille reconstr

-2 300



ypre)



# Le temps des matériaux naturels...

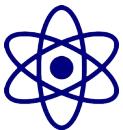


**Argile et poterie ?**

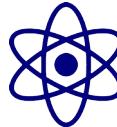


??

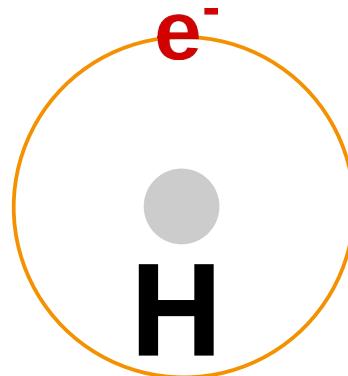




## La molécule d'eau et la liaison H

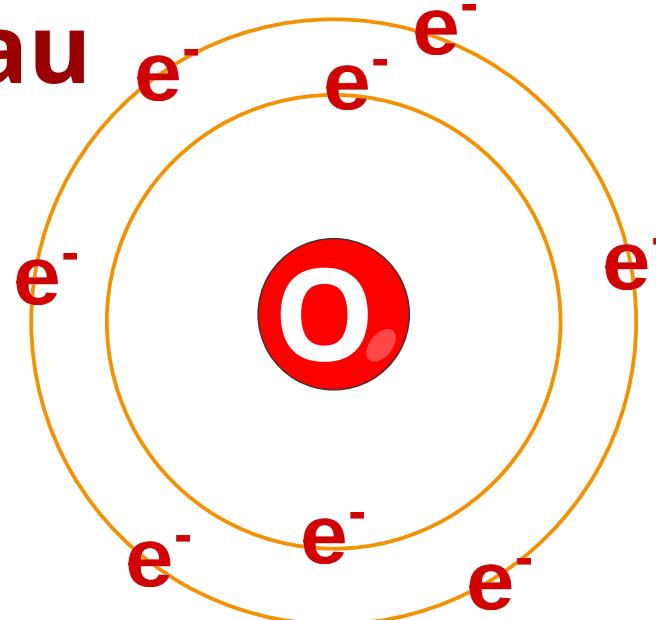


### La molécule d'eau



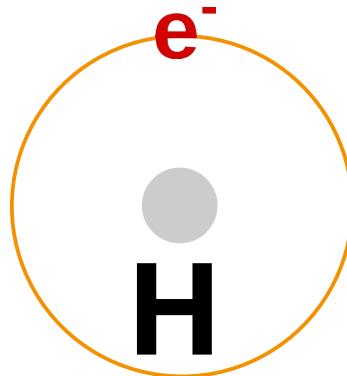
$$Z = 1$$

C1 : 1



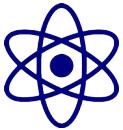
$$Z = 8$$

C1 : 2  
C2 : 6

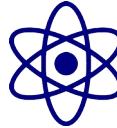


$$Z = 1$$

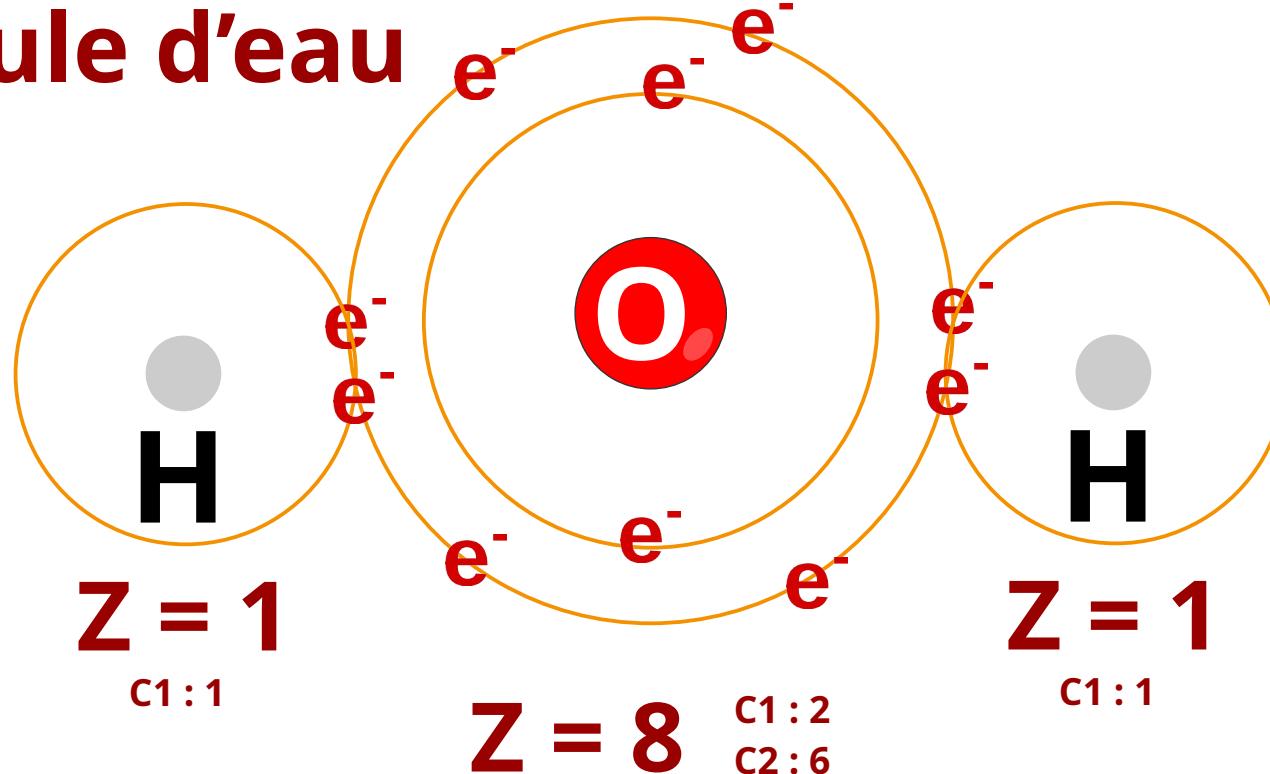
C1 : 1

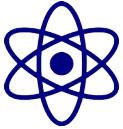


# La molécule d'eau et la liaison H

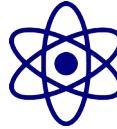


## La molécule d'eau

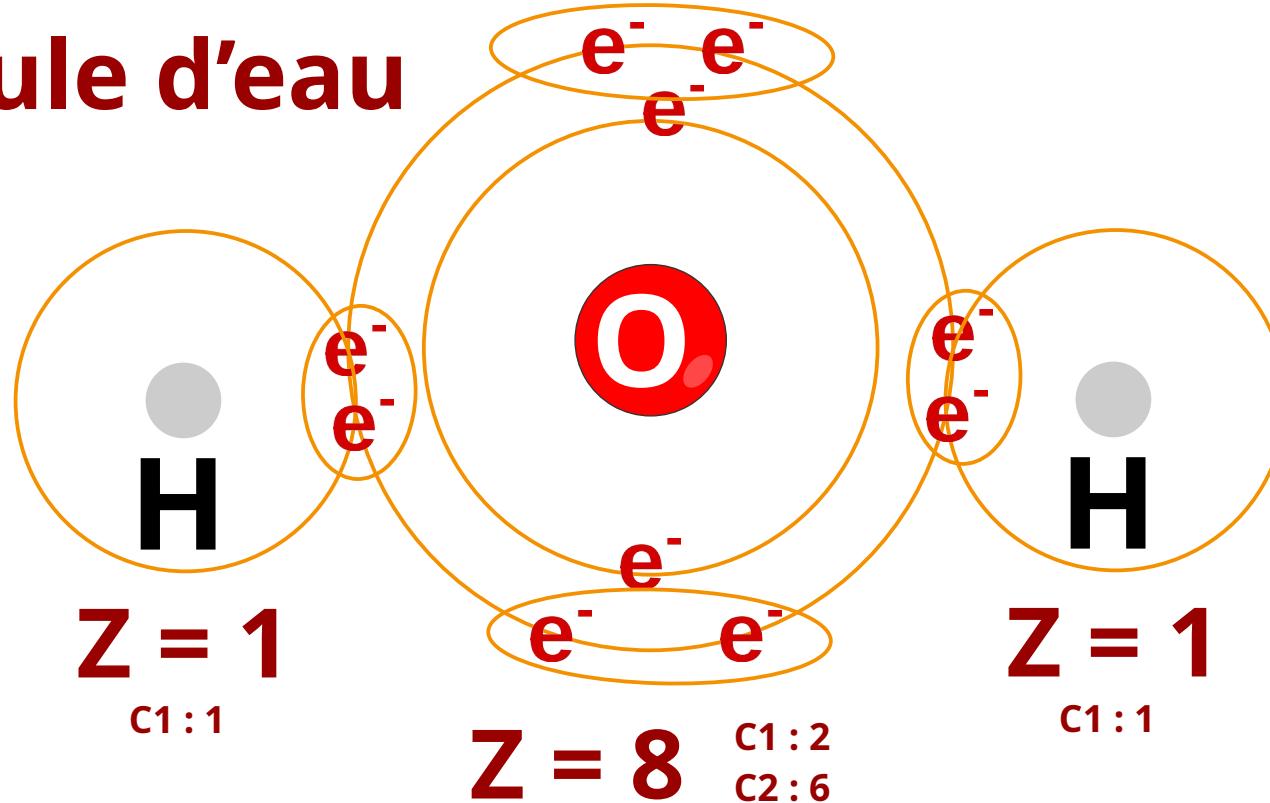




# La molécule d'eau et la liaison H

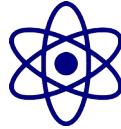


## La molécule d'eau

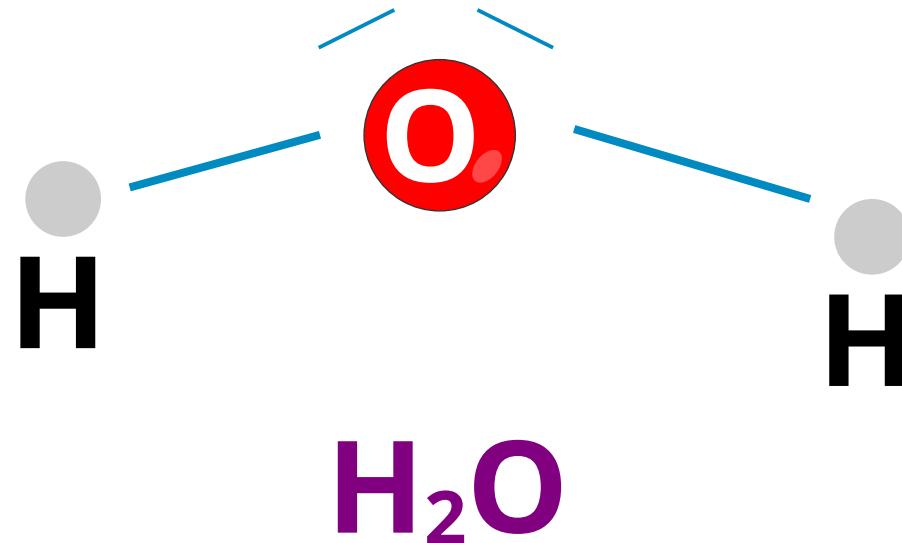


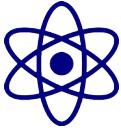


## La molécule d'eau et la liaison H



# La molécule d'eau





# La I

## Notion d'électronégativité

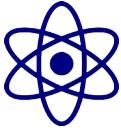
Période

	1	H 2,20	2
2	Li 0,98	Be 1,57	
3	Na 0,93	Mg 1,31	3
4	K 0,82	Ca 1,00	Sc 1,36
5	Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22
6	Cs 0,79	Ba 0,89	La 1,1
7	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1

Groupe →

18	He
13	B 2,04
14	C 2,55
15	N 3,04
16	O 3,44
17	F 3,98
	Ne
	Al 1,61
	Si 1,90
	P 2,19
	S 2,58
	Cl 3,16
	Ar
4	Ti 1,54
5	V 1,63
6	Cr 1,66
7	Mn 1,55
8	Fe 1,83
9	Co 1,88
10	Ni 1,91
11	Cu 1,90
12	Zn 1,65
	Ga 1,81
	Ge 2,01
	As 2,18
	Se 2,55
	Br 2,96
	Kr 3,00
	Zr 1,33
	Nb 1,6
	Mo 2,16
	Tc 1,9
	Ru 2,2
	Rh 2,28
	Pd 2,20
	Ag 1,93
	Cd 1,69
	In 1,78
	Sn 1,96
	Sb 2,05
	Te 2,1
	I 2,66
	Xe 2,60
	Hf 1,3
	Ta 1,5
	W 2,36
	Re 1,9
	Os 2,2
	Ir 2,20
	Pt 2,28
	Au 2,54
	Hg 2,00
	Tl 1,62
	Pb 1,87
	Bi 2,02
	Po 2,0
	At 2,2
	Rn 2,2
	Rf Rf
	Db Db
	Sg Sg
	Bh Bh
	Hs Hs
	Mt Mt
	Ds Ds
	Rg Rg
	Cn Cn
	Nh Nh
	Fl Fl
	Mc Mc
	Lv Lv
	Ts Ts
	Og Og

*	Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,13	Sm 1,17	Eu 1,2	Gd 1,2	Tb 1,1	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb 1,1	Lu 1,27
**	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,38	Np 1,36	Pu 1,28	Am 1,13	Cm 1,28	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 1,3	Fm 1,3	Md 1,3	No 1,3	Lr 1,3



# La 1

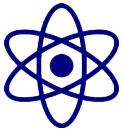
Période

	1	2	
1	H 2,20		
2	Li 0,98	Be 1,57	
3	Na 0,93	Mg 1,31	
4	K 0,82	Ca 1,00	Sc 1,36
5	Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22
6	Cs 0,79	Ba 0,89	La 1,1
7	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1

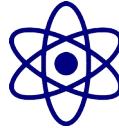
Groupe →

18	He
13	B 2,04
14	C 2,55
15	N 3,04
16	O 3,44
17	F 3,98
	Ne
	Al 1,61
	Si 1,90
	P 2,19
	S 2,58
	Cl 3,16
	Ar
4	Ti 1,54
5	V 1,63
6	Cr 1,66
7	Mn 1,55
8	Fe 1,83
9	Co 1,88
10	Ni 1,91
11	Cu 1,90
12	Zn 1,65
	Ga 1,81
	Ge 2,01
	As 2,18
	Se 2,55
	Br 2,96
	Kr 3,00
	Zr 1,33
	Nb 1,6
	Mo 2,16
	Tc 1,9
	Ru 2,2
	Rh 2,28
	Pd 2,20
	Ag 1,93
	Cd 1,69
	In 1,78
	Sn 1,96
	Sb 2,05
	Te 2,1
	I 2,66
	Xe 2,60
	Hf 1,3
	Ta 1,5
	W 2,36
	Re 1,9
	Os 2,2
	Ir 2,20
	Pt 2,28
	Au 2,54
	Hg 2,00
	Tl 1,62
	Pb 1,87
	Bi 2,02
	Po 2,0
	At 2,2
	Rn 2,2
	Rf Rf
	Db Db
	Sg Sg
	Bh Bh
	Hs Hs
	Mt Mt
	Ds Ds
	Rg Rg
	Cn Cn
	Nh Nh
	Fl Fl
	Mc Mc
	Lv Lv
	Ts Ts
	Og Og

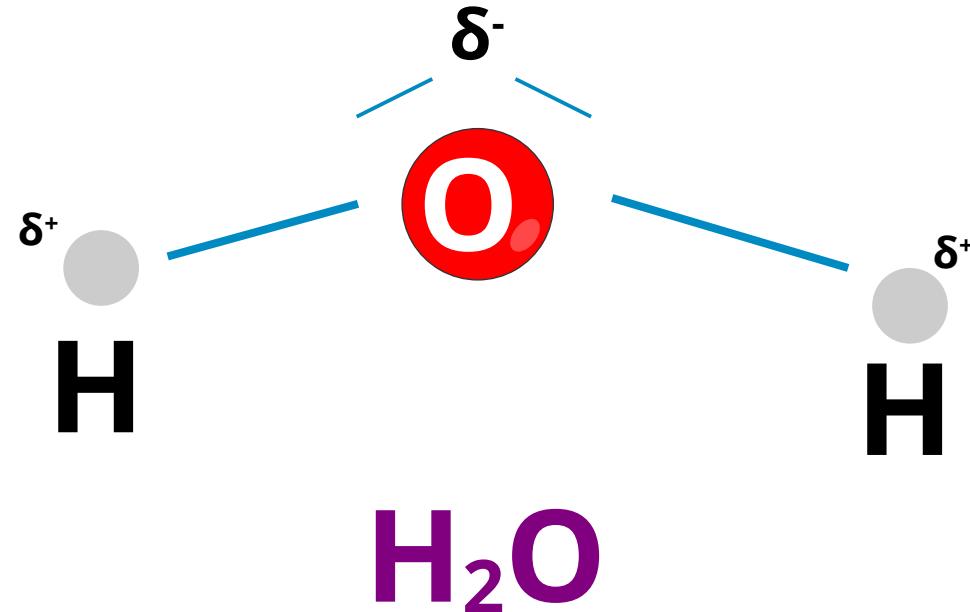
*	Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,13	Sm 1,17	Eu 1,2	Gd 1,2	Tb 1,1	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb 1,1	Lu 1,27
**	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,38	Np 1,36	Pu 1,28	Am 1,13	Cm 1,28	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 1,3	Fm 1,3	Md 1,3	No 1,3	Lr 1,3

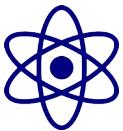


## La molécule d'eau et la liaison H

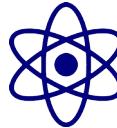


# La molécule d'eau

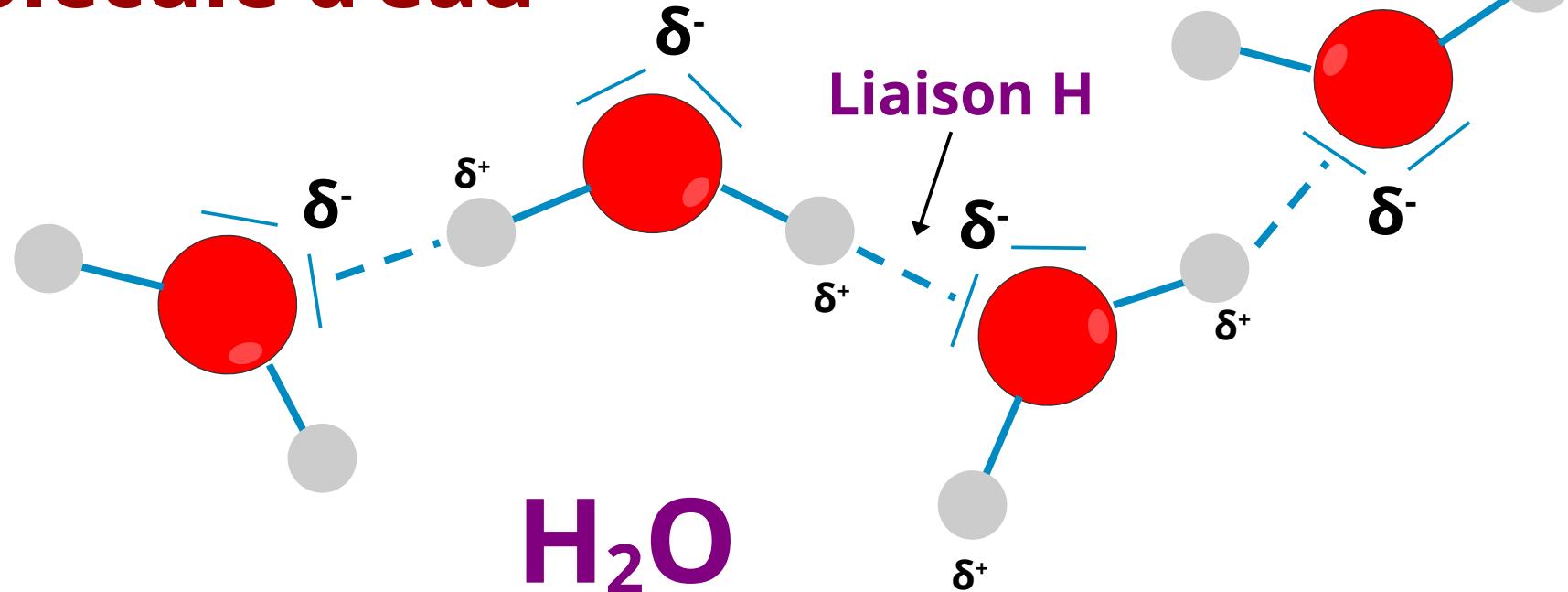


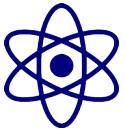


# La molécule d'eau et la liaison H

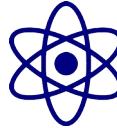


## La molécule d'eau

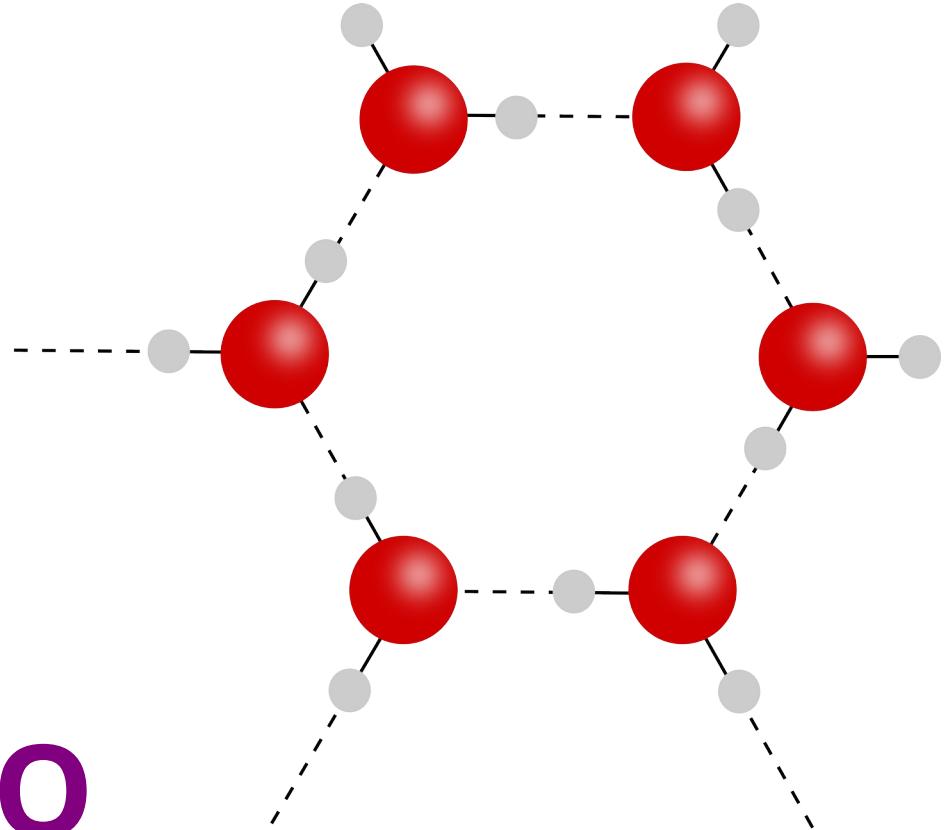




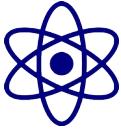
## La molécule d'eau et la liaison H



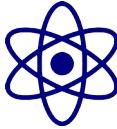
# La molécule d'eau



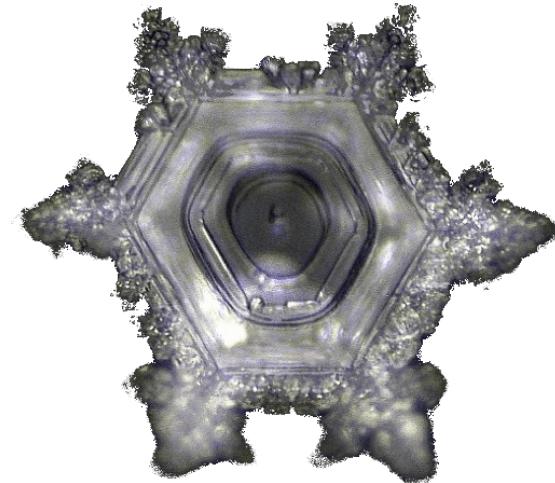
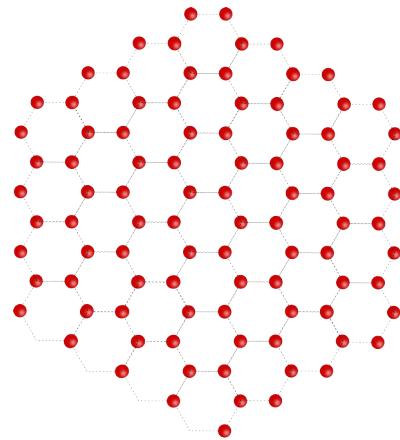
# Cristal de $\text{H}_2\text{O}$



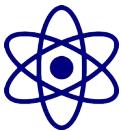
## La molécule d'eau et la liaison H



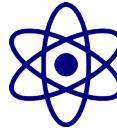
# La molécule d'eau



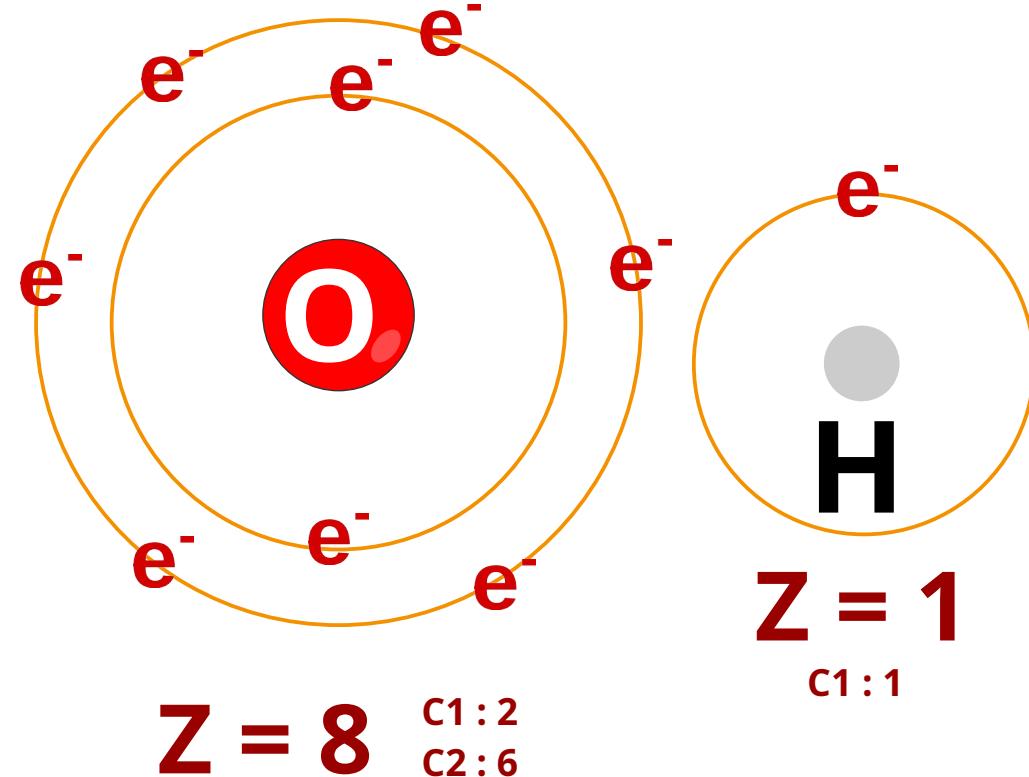
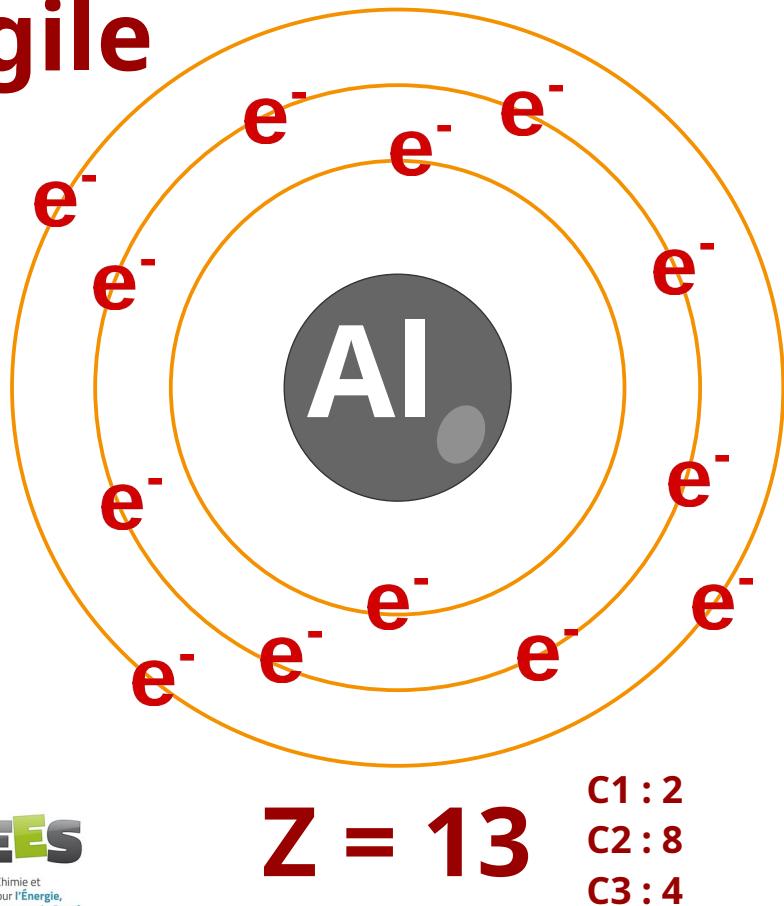
# Cristal de $\text{H}_2\text{O}$

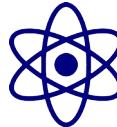
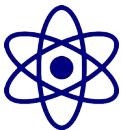


# La liaison ionique



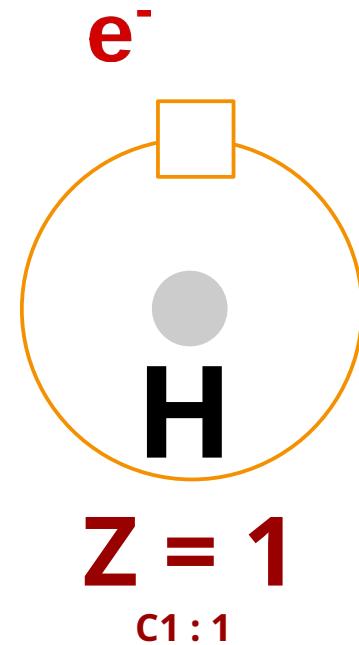
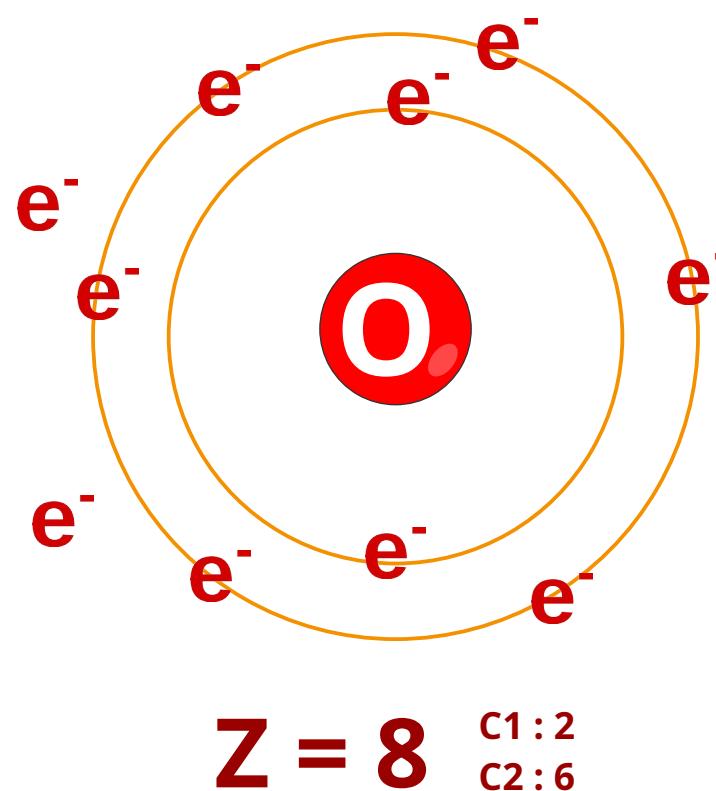
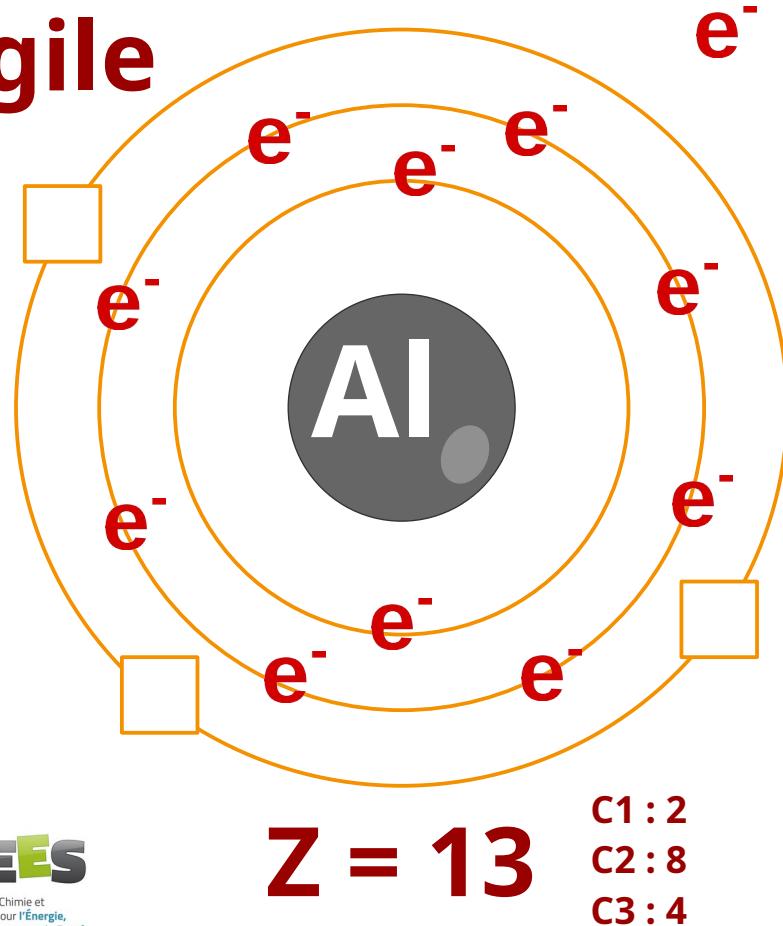
## Argile

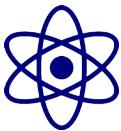




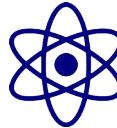
## La liaison ionique

### Argile

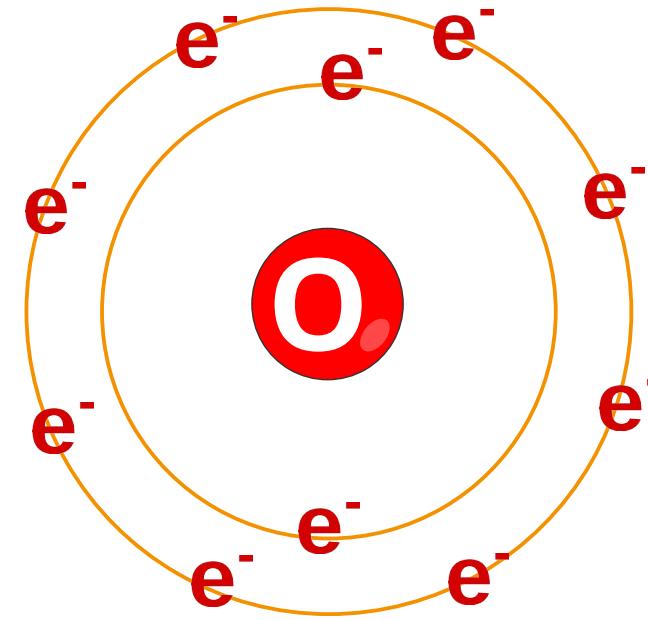
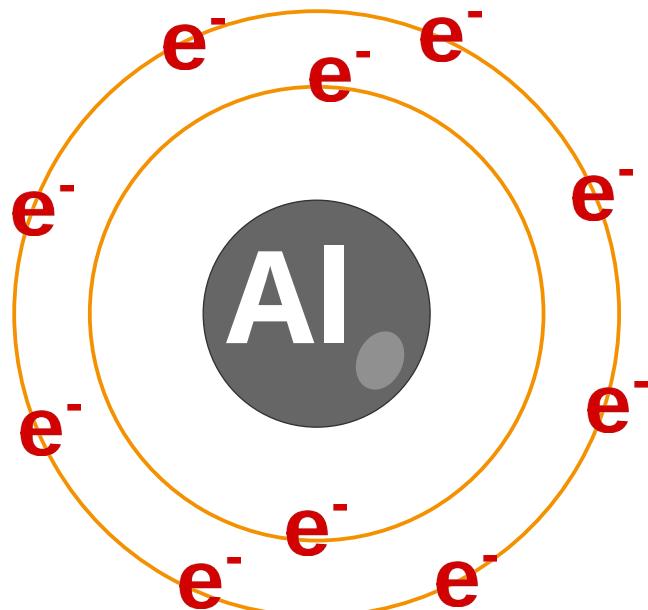




## La liaison ionique

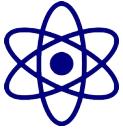


# Argile

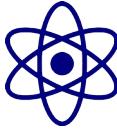


H

**Z = 1**  
C<sub>1</sub>: 1



# La liaison ionique



## Argile

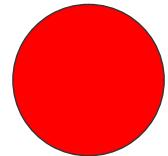
$\text{Al}^{3+}$



$Z = 13$

C1 : 2  
C2 : 8  
C3 : 4

$\text{O}^{2-}$



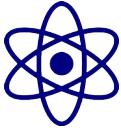
$Z = 8$   
C1 : 2  
C2 : 6

$\text{H}^+$

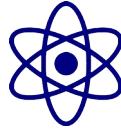
$Z = 1$

C1 : 1

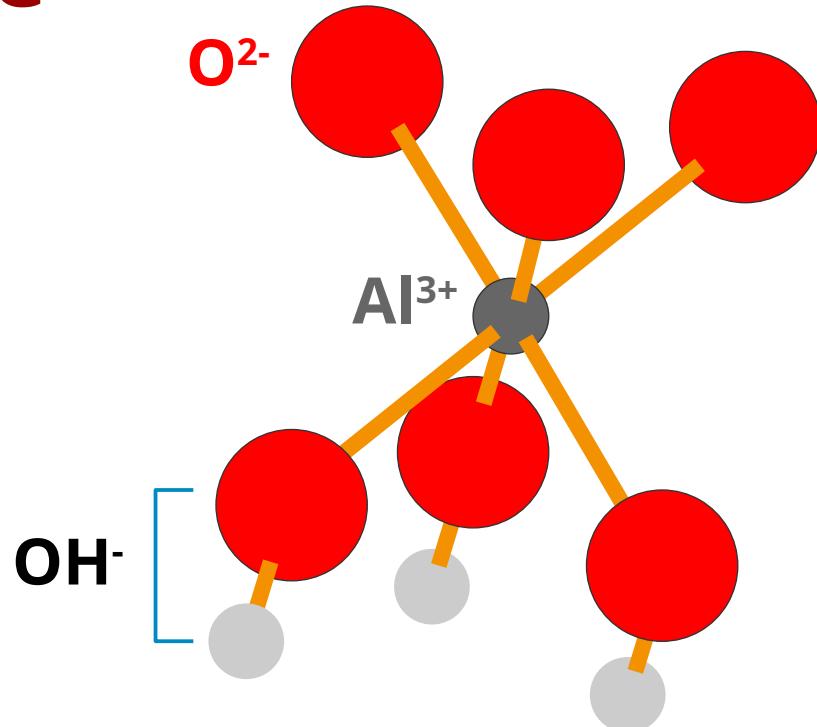


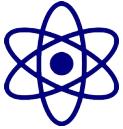


L'argile...

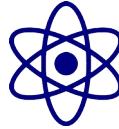


# Argile

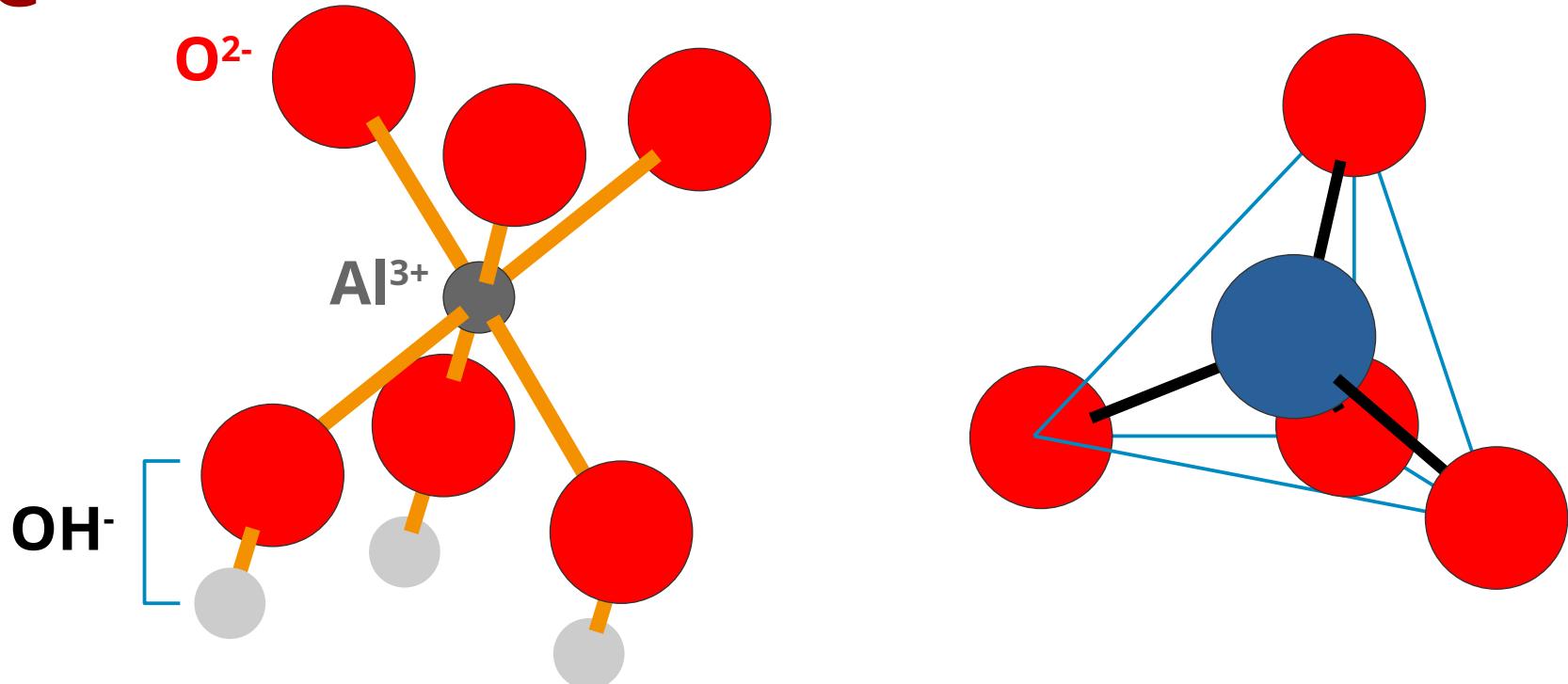


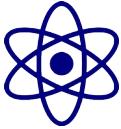


## L'argile...

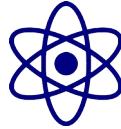


# Argile

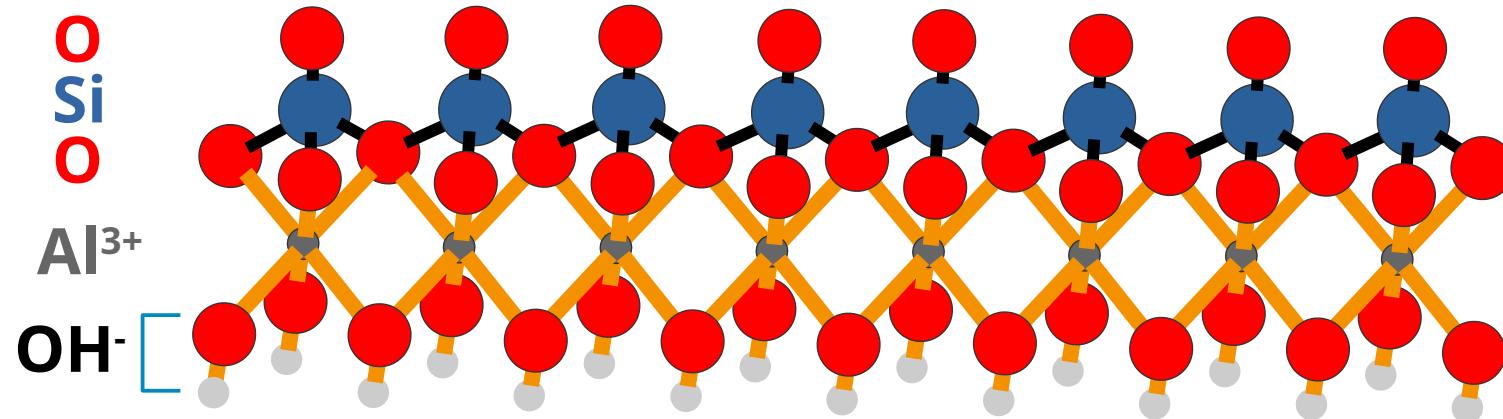


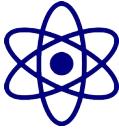


# L'argile... une structure iono-covalente !

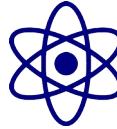


## Argile

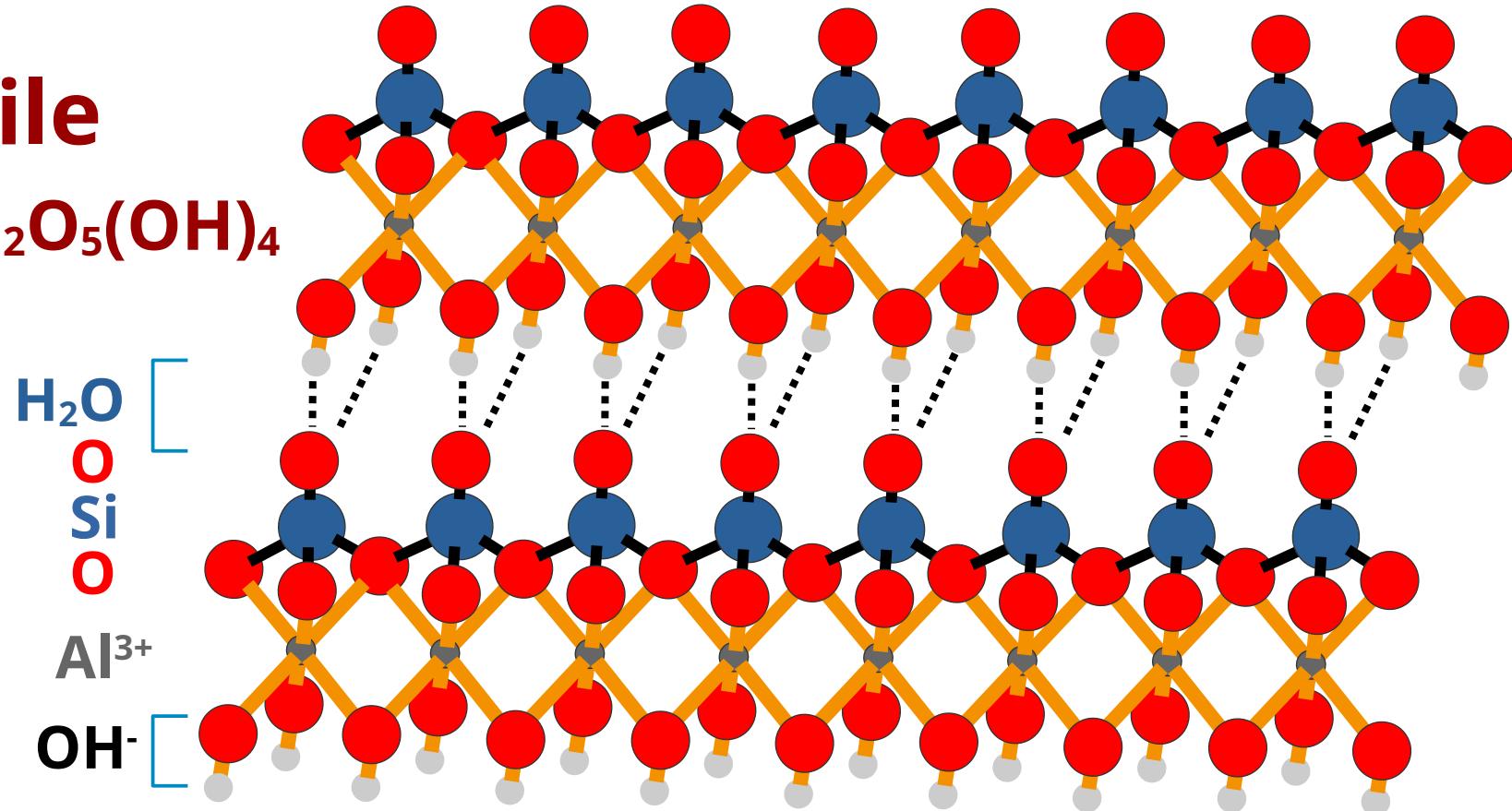




# L'argile... une structure iono-covalente !

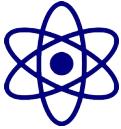


## Argile

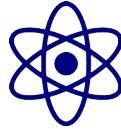


Université

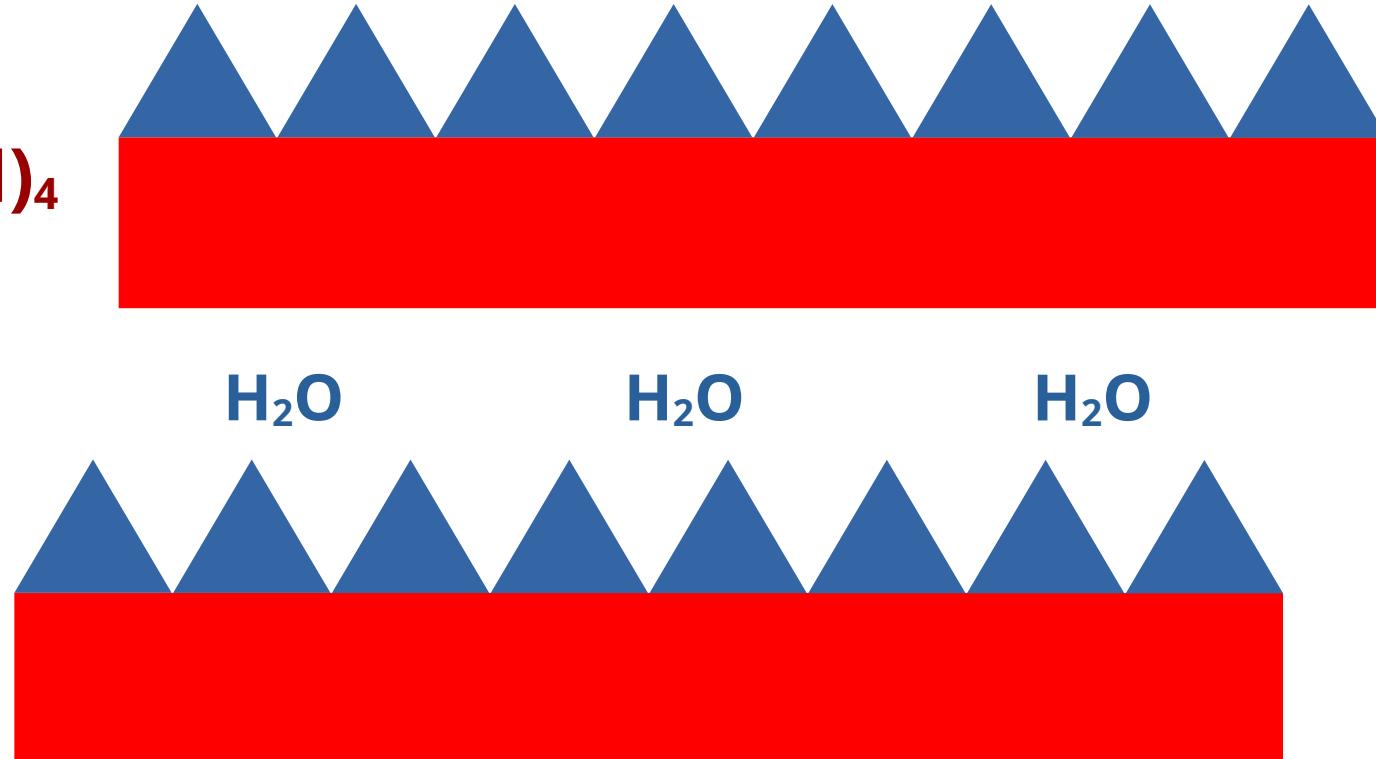
de Strasbourg

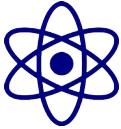


# L'argile... une structure iono-covalente !

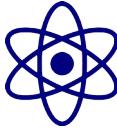


## Argile



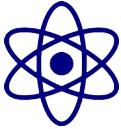


# L'argile... une structure iono-covalente !

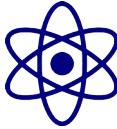


## Argile

- l'argile a une structure en feuillets séparés par de l'eau
- chaque feuillet est formé de couches de tétraèdres  $\text{SiO}_4$  (covalents) et d'octaèdres  $\text{AlO}_6$  (ioniques)
- des molécules d'eau et parfois des ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ...) viennent s'intercaler entre ces feuillets
- les feuillets tiennent ensemble grâce aux liaisons hydrogène
- l'argile est donc plastique : les feuillets peuvent facilement glisser les uns sur les autres

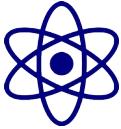


# L'argile... une structure iono-covalente !

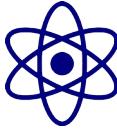


## Et si l'argile sèche ?

- déshydrogénéation (entre 100 et 500°C) : l'eau s'évapore, les liaisons H disparaissent
- transformation vers 900-1200°C : les feuillets fusionnent partiellement
- des ponts Si-O-Al se forment
- il en résulte un réseau 3D rigide, dur et résistant que l'on appelle une céramique

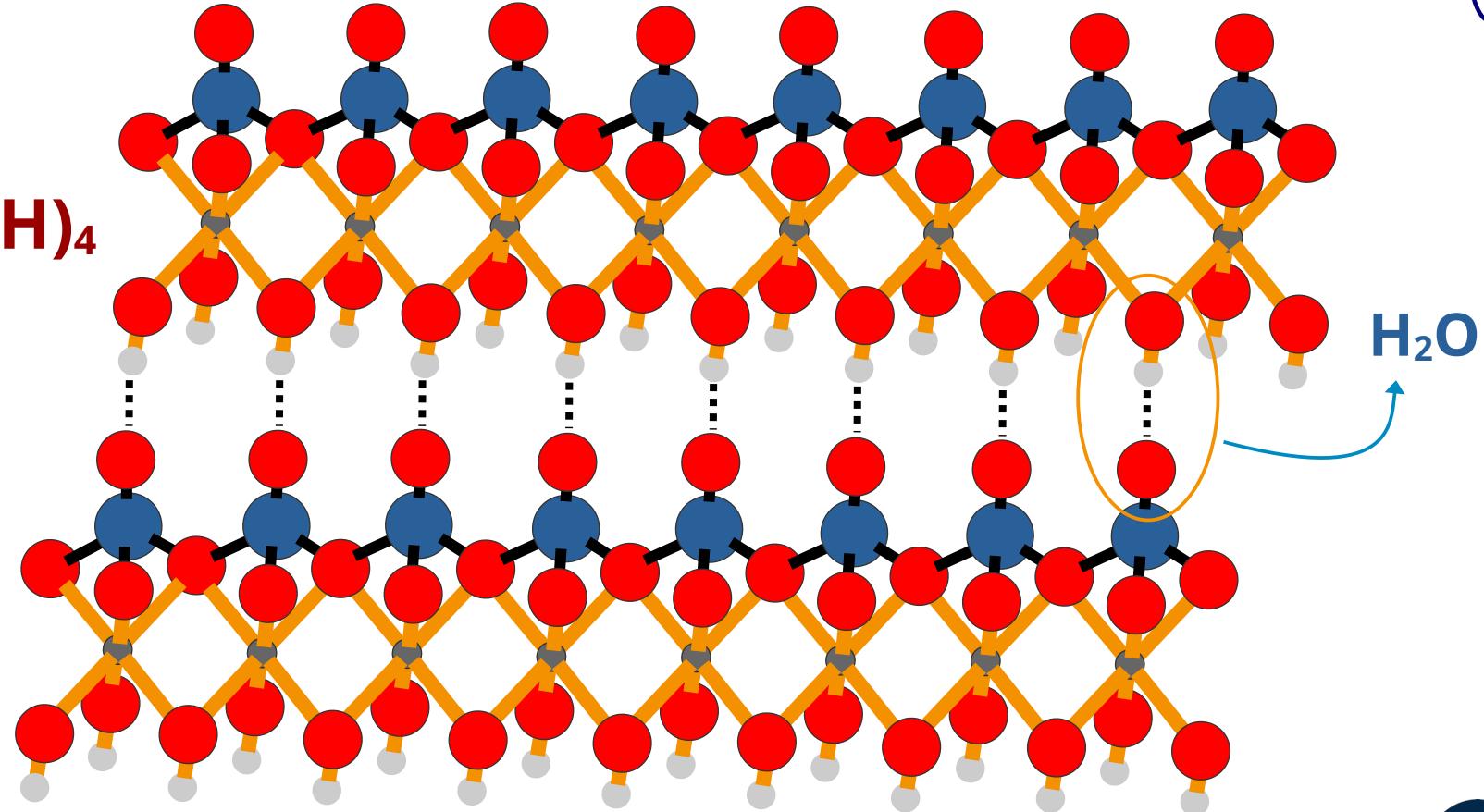


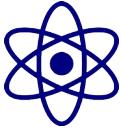
# L'argile... une structure iono-covalente !



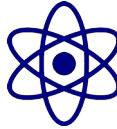
## Argile

$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

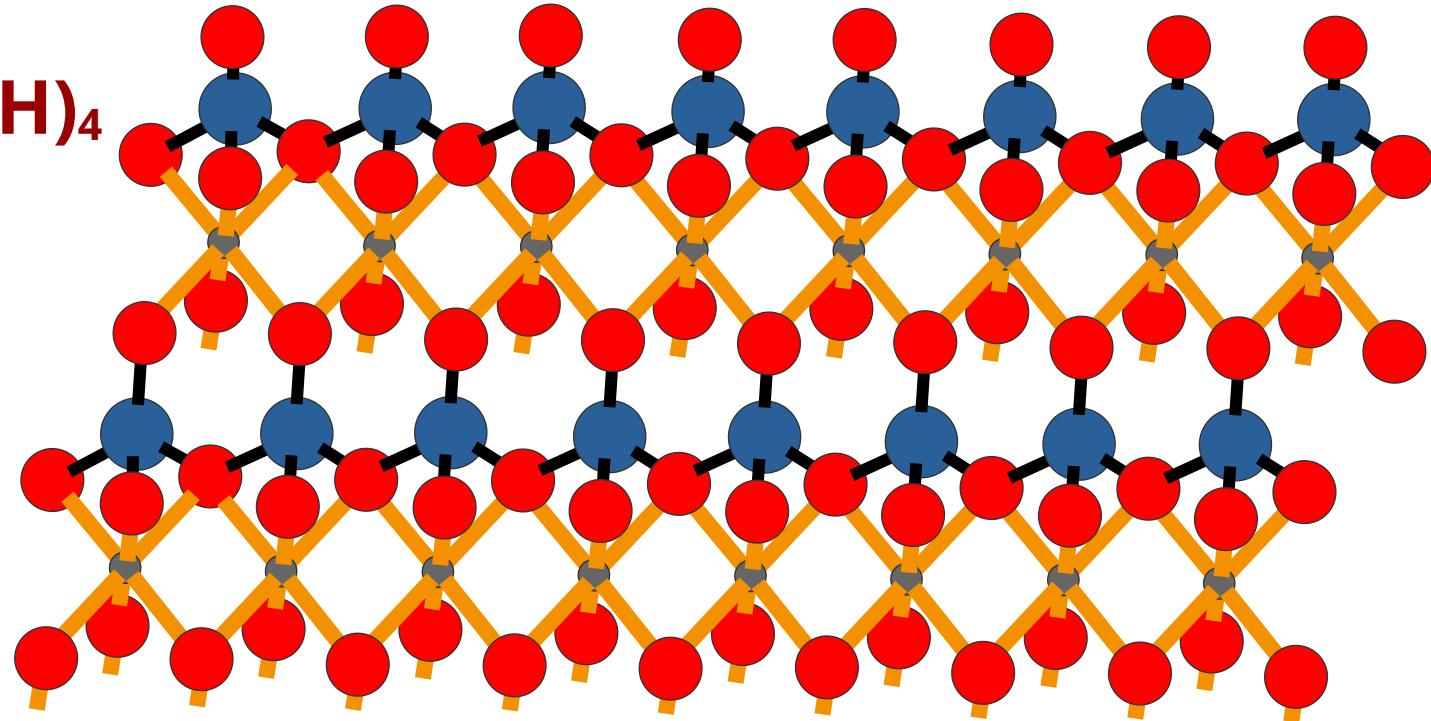


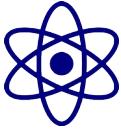


# L'argile... une structure iono-covalente !

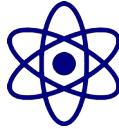


## Argile





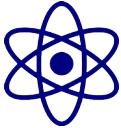
# L'argile... une structure iono-covalente !



## Et si l'argile sèche ?

- déshydrogénéation (entre 100 et 500°C) : l'eau s'évapore, les liaisons H disparaissent
- transformation vers 900-1200°C : les feuillets fusionnent partiellement
- des ponts Si-O-Al se forment
- il en résulte un réseau 3D rigide, dur et résistant que l'on appelle une céramique

→ céramique



## Analogie



# Argile



**L'argile c'est comme un jeu de carte neuf : les cartes glissent très bien les unes sur les autres car une substance anti-adhérente (comme de l'eau) est déposée sur les cartes.**

**Avec le temps cette substance disparaît et les cartes finissent pas coller entre elles.**





# Le temps des matériaux naturels...



## Impact Environnemental ?



# Le temps des matériaux naturels...



## Impact Environnemental ?

L'argile a été utilisée partout dans le monde (Mésopotamie, Chine...) pour réaliser les premières poteries.

L'extraction se faisait à la main dans les lits des rivières. Il n'y avait pas de mines.

Cependant les prélèvements répétés pouvaient déstabiliser les berges, accélérer l'érosion et modifier les écosystèmes aquatiques (des sites archéologiques près du Tigre et l'Euphrate l'ont montré)



# Le temps des matériaux naturels...



## Impact Environnemental ?

Du bois était nécessaire pour cuire les poteries, ce qui a pu contribuer à de la déforestation locale autour des villages. Une étude en Europe suggère une baisse des forêts près des sites du néolithique.

Le lessivage des sols argileux après prélèvement pouvait troubler les cours d'eau et affecter la vie dans la rivière. Mais sans impact sur la biodiversité. Les fours à poterie produisaient des fumées toxiques mais à échelle limité.



# Le temps des matériaux naturels...



**Impact Environnemental ?**

→ Négligeable



# Le temps des matériaux naturels...



Protohistoire

Âge du bronze

-2 300

-800

L'homme va bientôt inventer la métallurgie : un nouveau chapitre arrive !!

Avec le bronze, l'Homme va découvrir un matériau qui changera tout : un alliage. Mais pour le créer, il devra maîtriser le feu... et exploiter la Terre comme jamais auparavant !

La suite dans le 2ème cours !