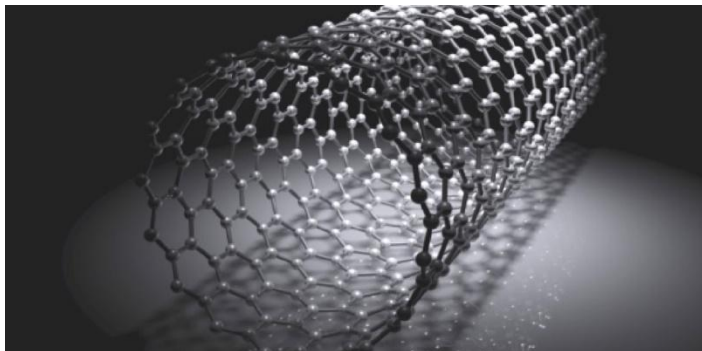


MSE-210

Propriétés fonctionnelles des matériaux

Valerio Piazza



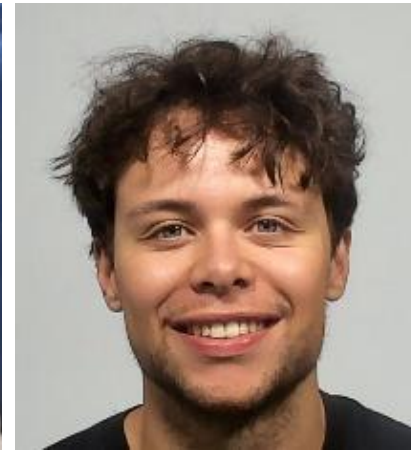
Qui sommes-nous?



V. Piazza
Enseignant



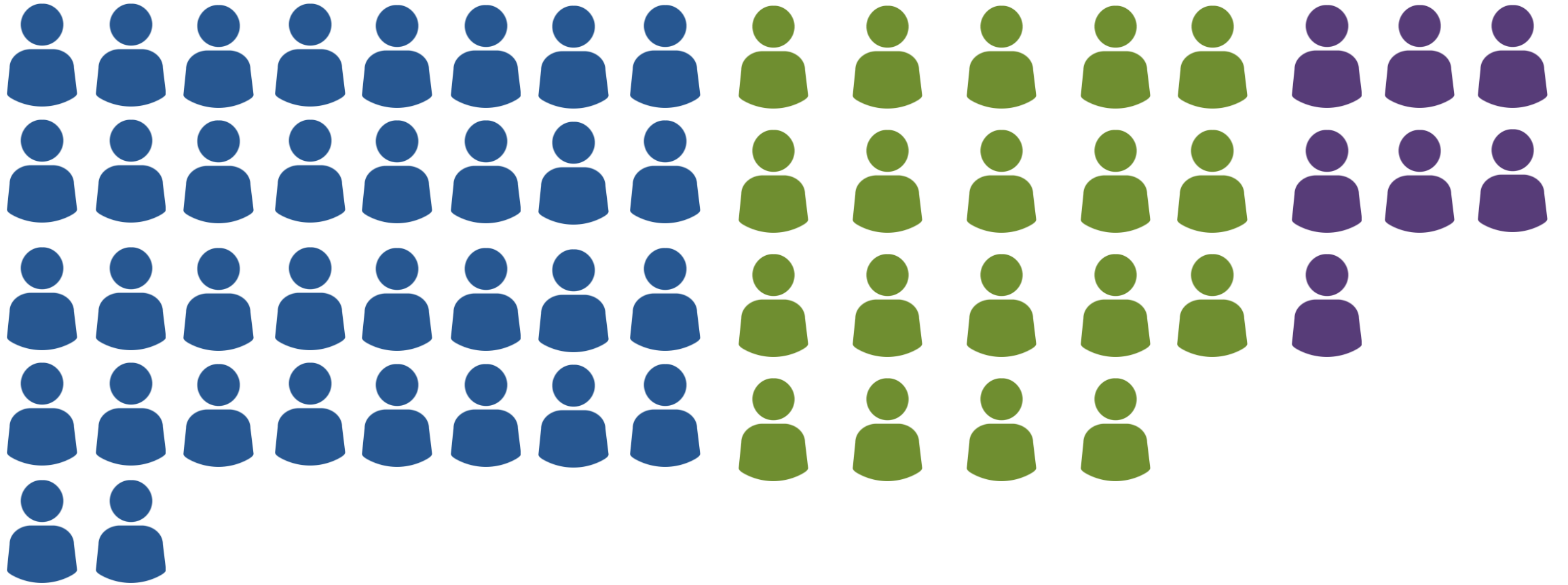
L. Lunghi
Assistants



S. Marinoni

Laboratoire de Matériaux Semiconducteurs, IMX-STI

Qui êtes-vous ?

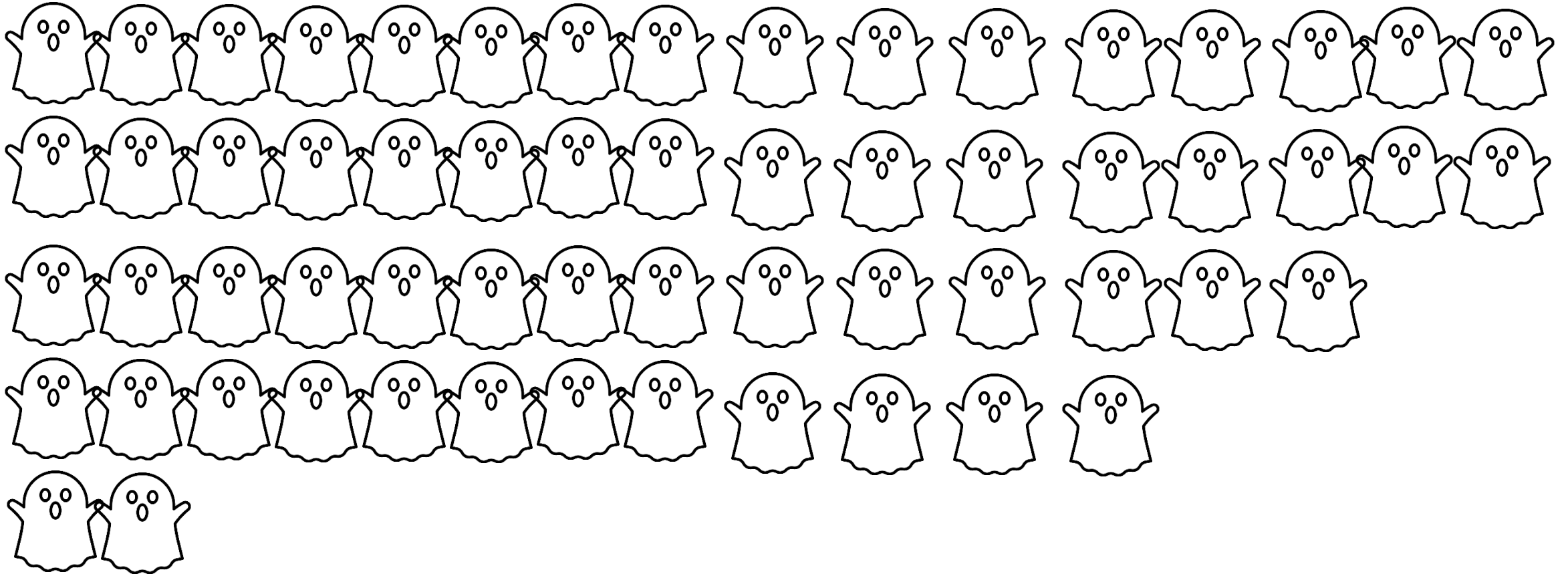


34 MX

19 CGC

7 Autre (NX, GM...)

Qui êtes-vous? J'espère que non



60 fantomes ?

Il est toujours préférable d'interagir: participer, poser des questions, répondre aux questions

Déroulement du cours

2 ECTS:

- 2h de cours par semaine
- 2h de travail personnel par semaine

Activités:

- Classes
- Session d'exercices
- Visite laboratoires
- Class pour Q&A

Règles de classe, à convenir:

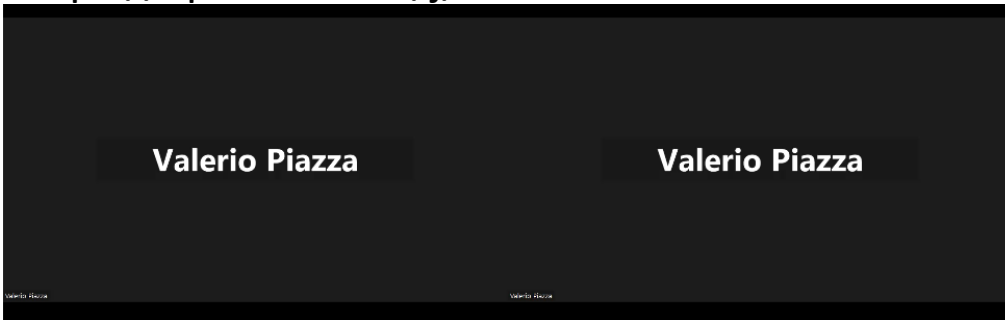
1. Début: normalement, à partir de 14h15.
Déplacement permanent à 14h30?
2. Transparent avant ou après la classe?
3. Pause 5 minutes au milieu ou pas?

Matériel pour le cours:

- Notes du cours
- Livres utilisés
- Vidéos pre-enregistrés
- Lectures recommandées
- Exercices à résoudre

Resources en ligne

<https://epfl.zoom.us/j/69165692258>



<https://mediaspace.epfl.ch/channel/MSE-210+Functional+properties+of+materials/30267?>

SILICON

Face Center Cubic (FCC) Diamond Cubic
0.5431 nm

Brillouin Zone (Reciprocal Space) Face Center Cubic (FCC)
 $\Gamma = (000)$
 $X = (001)$
 $K = (110)$
 $L = (111)$
 Grundmann 3.6

(100), (110), (111) crystal planes

Band structure
1.12 eV

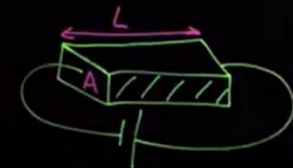
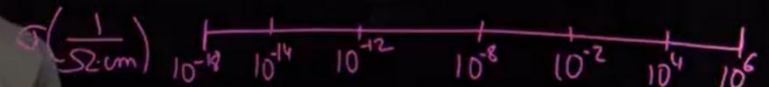
\vec{F}
 $\circ \circ \circ \circ \circ \circ \circ \circ$
 $\hat{H} \psi(\vec{r}^{\rightarrow}) = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(\vec{r}^{\rightarrow}) \right) \psi(\vec{r}^{\rightarrow}) = E \psi(\vec{r}^{\rightarrow})$
 $U(\vec{r}^{\rightarrow}) = U(\vec{r}^{\rightarrow} + \vec{R}^{\rightarrow})$
 $\psi(\vec{r}^{\rightarrow}) = A \cdot e^{i \vec{k}^{\rightarrow} \cdot \vec{r}^{\rightarrow}} \cdot u_{m\vec{k}}(\vec{r}^{\rightarrow})$ Bloch Theorem
 $u_{m\vec{k}}(\vec{r}^{\rightarrow}) = u_{m\vec{k}}(\vec{r}^{\rightarrow} + \vec{R}^{\rightarrow})$
 $E(\vec{r}^{\rightarrow}) = E(\vec{r}^{\rightarrow} + \vec{R}^{\rightarrow})$ Bloch function
 $\vec{G} = \frac{2\pi}{a} \vec{n}$

Propriétés thermiques

Capacité thermique $C = \frac{dQ}{dT} \rightarrow J/mok$

C_V à volume constant
 C_P à p.c.

Propriétés électriques



Contenu du cours

Date	Thème
11 Sept	Introduction, que c'est les propriétés fonctionnelles Chapitre 1. Introduction au cours Structure de la matière solide
18 Sept	Chapitre 2. Conduction dans les métaux
25 Sept	Chapitre 3. Conduction dans les matériaux ioniques + Introduction au propriétés diélectrique
2 Oct	Chapitre 4. Constants diélectriques + Introduction au propriétés optiques
9 Oct	Chapitre 5. Modèle classique interaction + Propriétés optiques électrons libres
16 Oct	Visites laboratoires
30 Oct	Série 1 d'exercices
6 Nov	Pitch visite
13 Nov	Chapitre 6. Bandes et effet sur les propriétés optiques et électriques
20 Nov	Chapitre 7: Propriétés magnétiques
27 Nov	Chapitre 8: Propriétés thermiques
4 Dec	Chapitre 9: Propriétés des matériaux nano
11 Dec	Série 2 exercices
18 Dec	Simulation Examen + Q&A

**INDIQUEZ ICI VOTRE PRESENCE POUR LES
VISITES AUX LABORATOIRES AVANT LE 30/09:**

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_IIQf9p2XSAOpb5OhQCipG4Aj4RdC8BrT4MKFvgq5Tw/edit?usp=sharing

**Activités pendant le semestre
(en rouge, les activités évalués)**

→ Avec TAs
→ Avec TAs

Série nr 1:

- Disponible sur Moodle le 17/10
- Rendu sur Moodle le 06/11 à 13h00

Pitch de la visite:

- 5 minutes de présentation par group
- Diapos par email jusqu'à 06/11 à 13h00

Série nr 2:

- disponible sur Moodle le 4/12
- Rendu sur Moodle le 18/12 à 13h00

→ Avec TAs

Evaluation

20%

Pendant le semestre

1. Série 1 (10%)
2. Série 2 (10%)

80%

Examen écrit finale:

1. Questions théoriques
2. Exercices, rapport

Séances d'exercices:

30 Octobre

11 Decembre

Visites: 16 Octobre



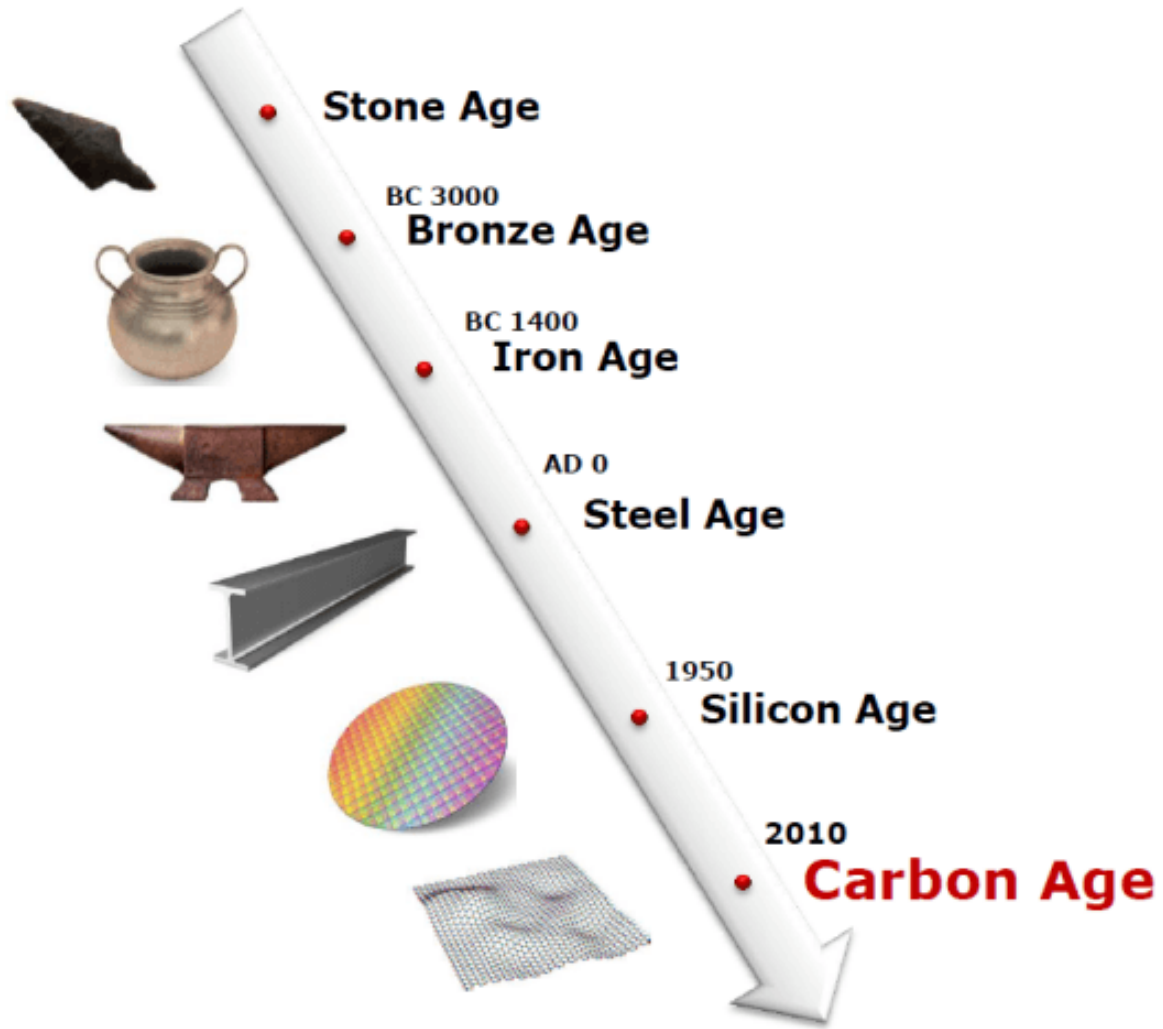
L. Lunghi



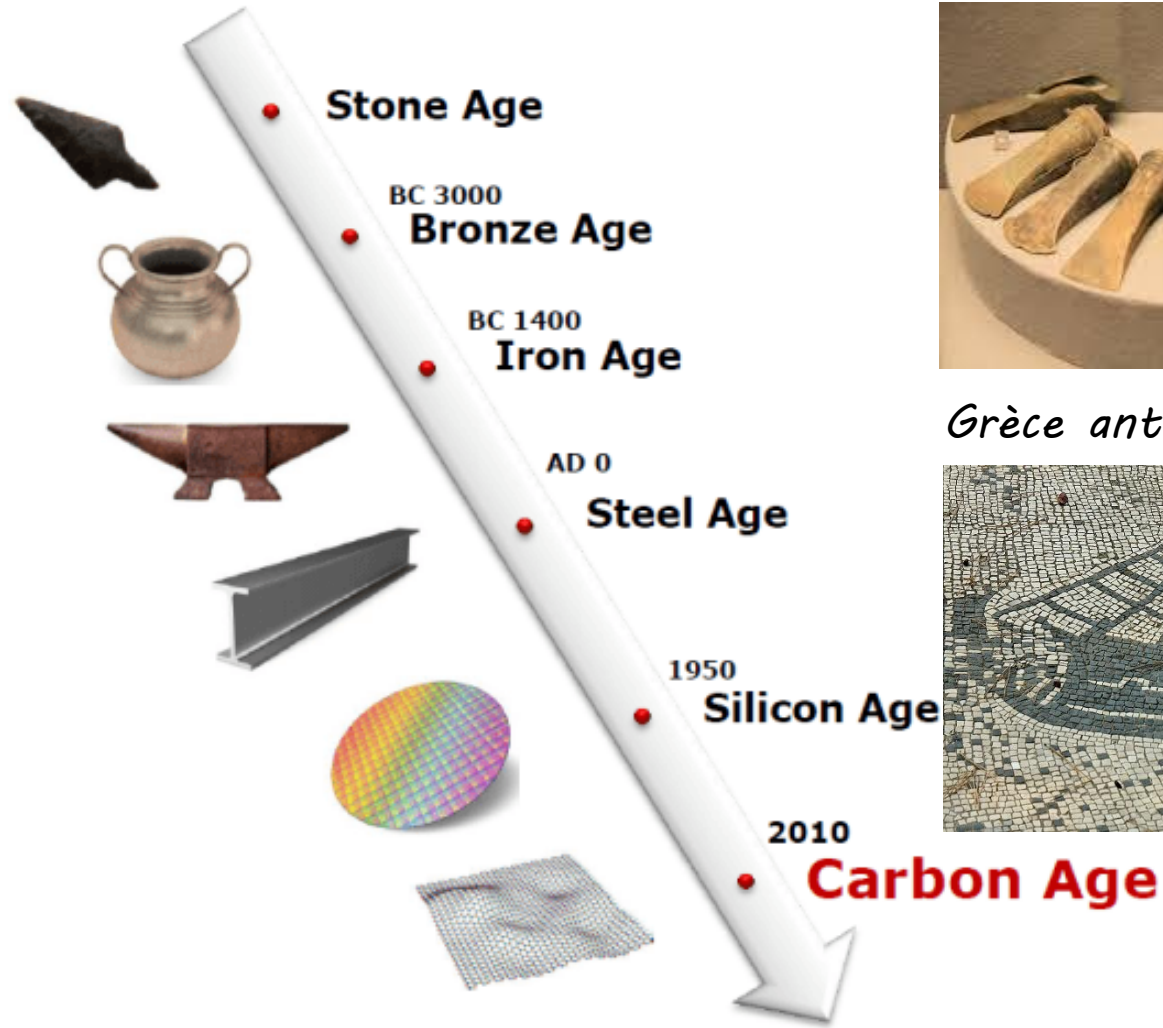
S. Marinoni

Questions?

Le progrès de l'humanité passe par les matériaux



Le progrès de l'humanité passe par les matériaux



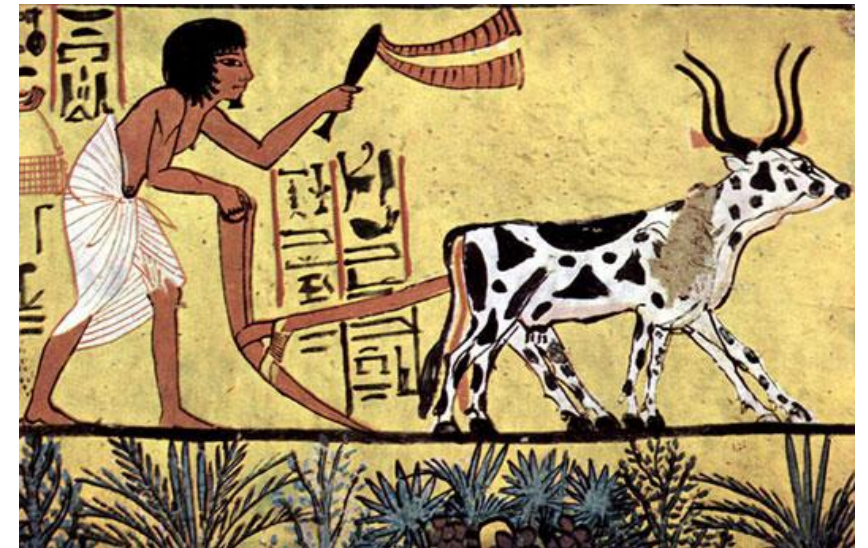
bronze



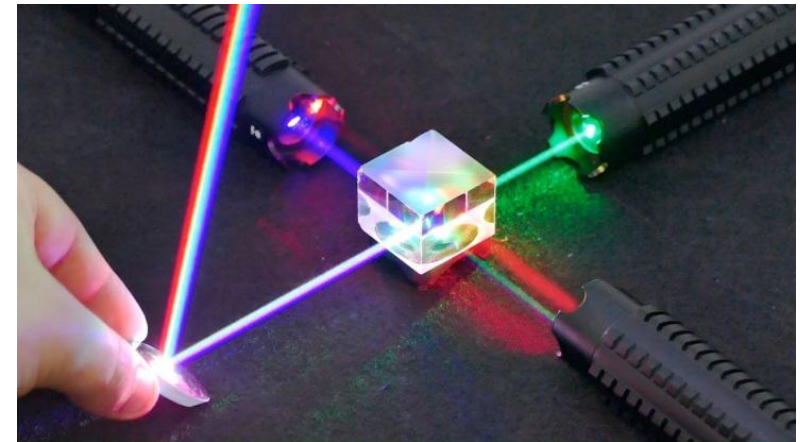
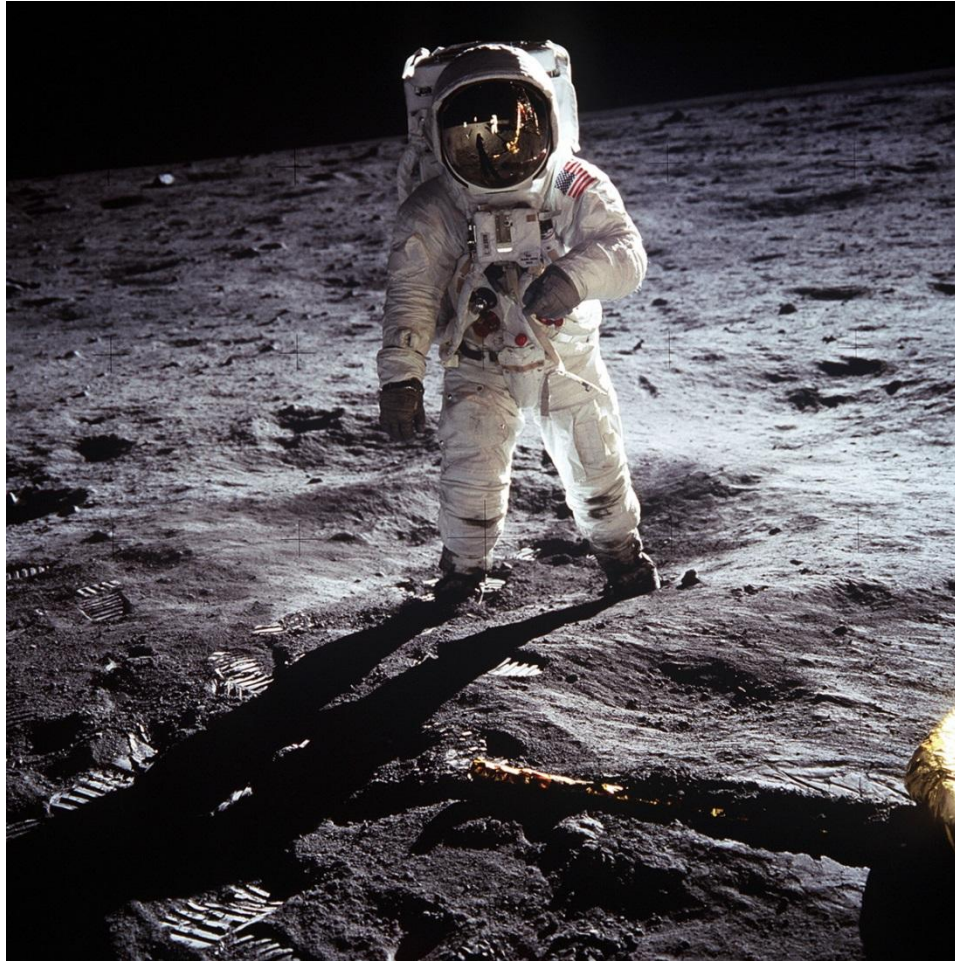
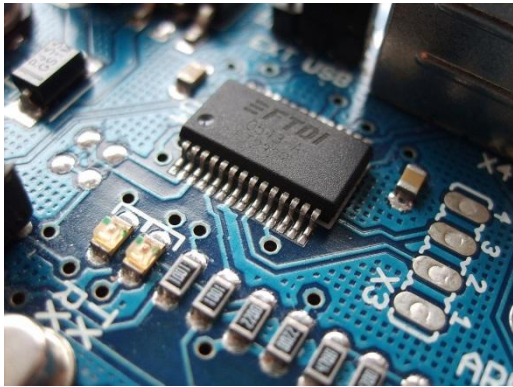
Egypte



Grèce antique



Le progrès de l'humanité passe par les matériaux

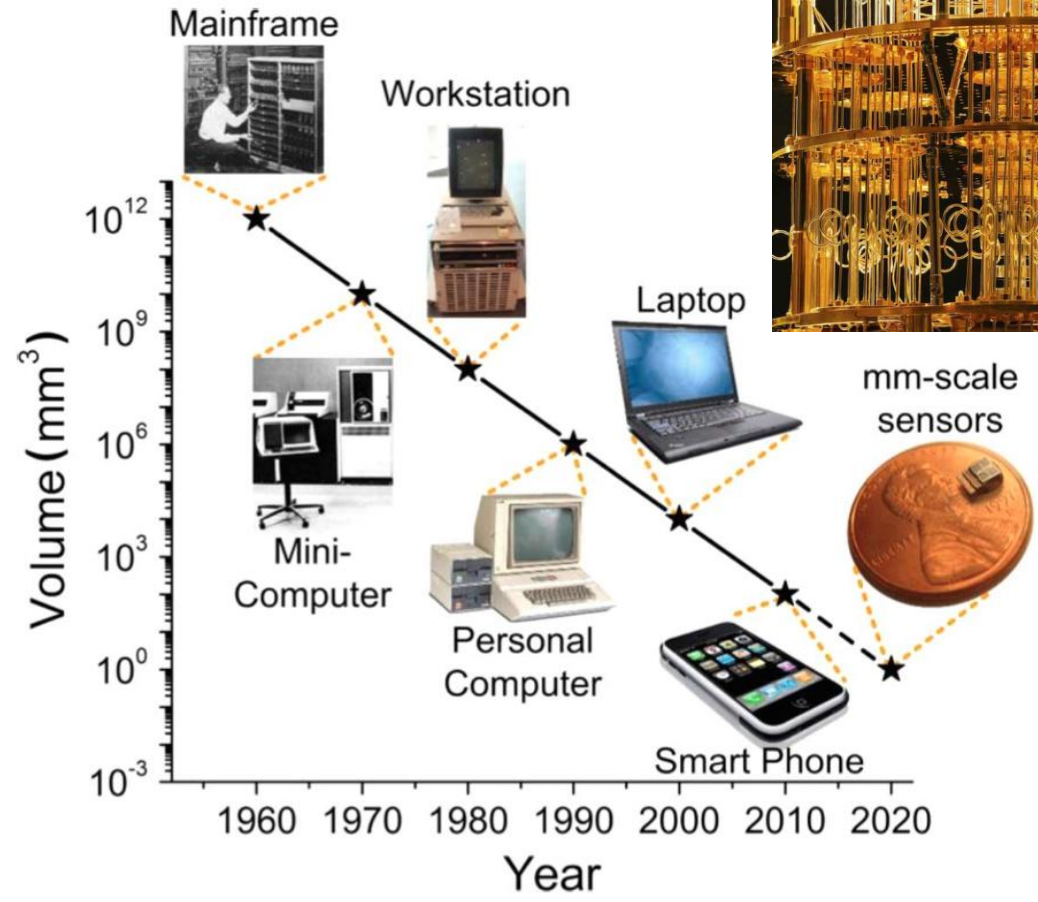
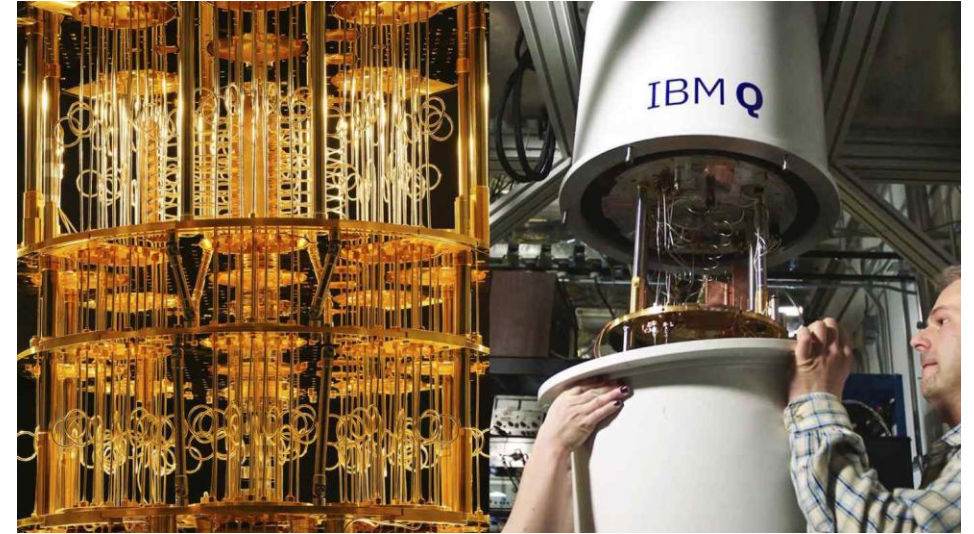
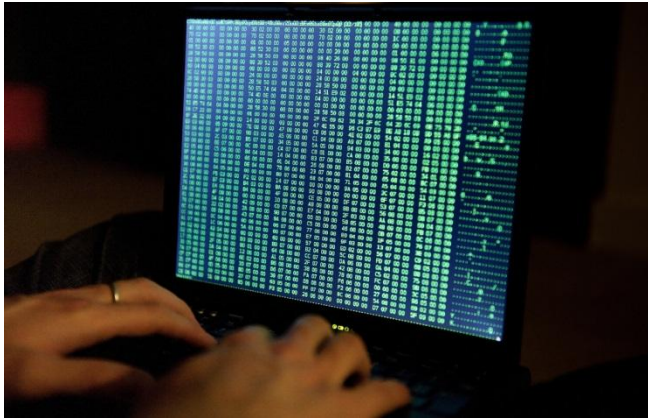


Le progrès de l'humanité passe par les matériaux



Quels sont nos challenges aujourd'hui?

Exemple 1: Ordinateurs des nouvelle génération



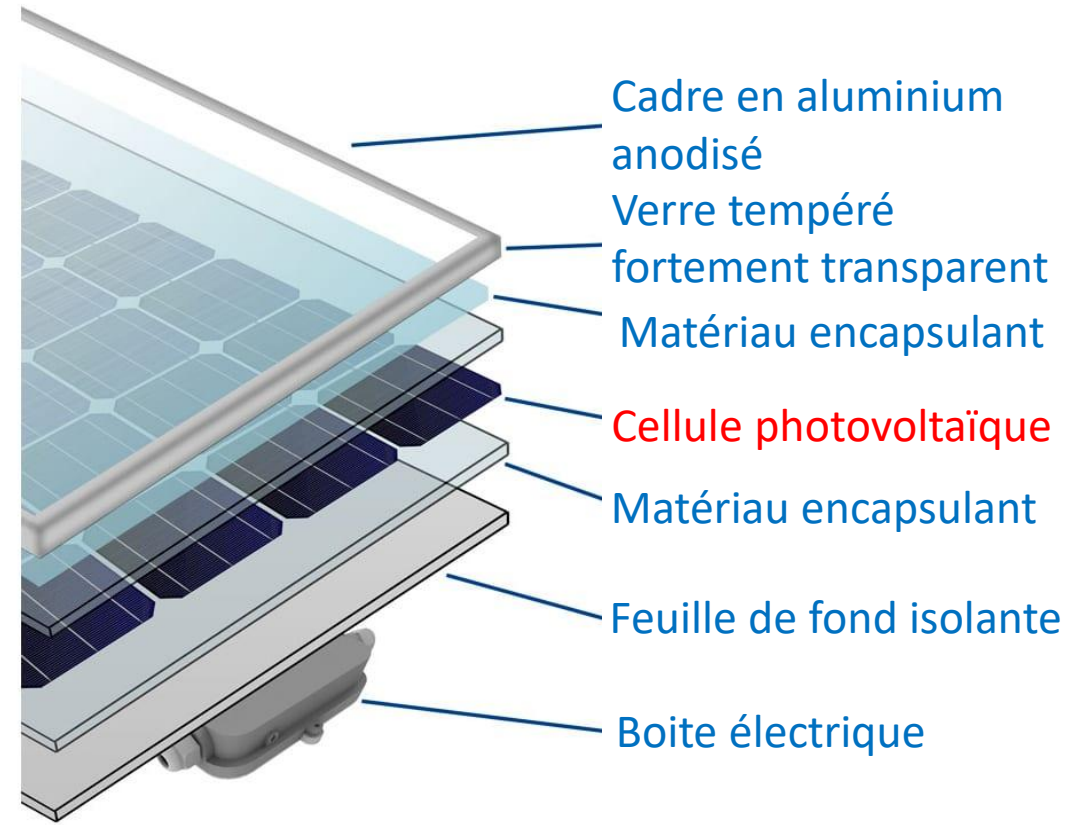
Quels sont nos challenges aujourd'hui?

Exemple 2: Energie et réchauffement climatique

Nous savons tous que les ressources fossiles vont se finir un jour...



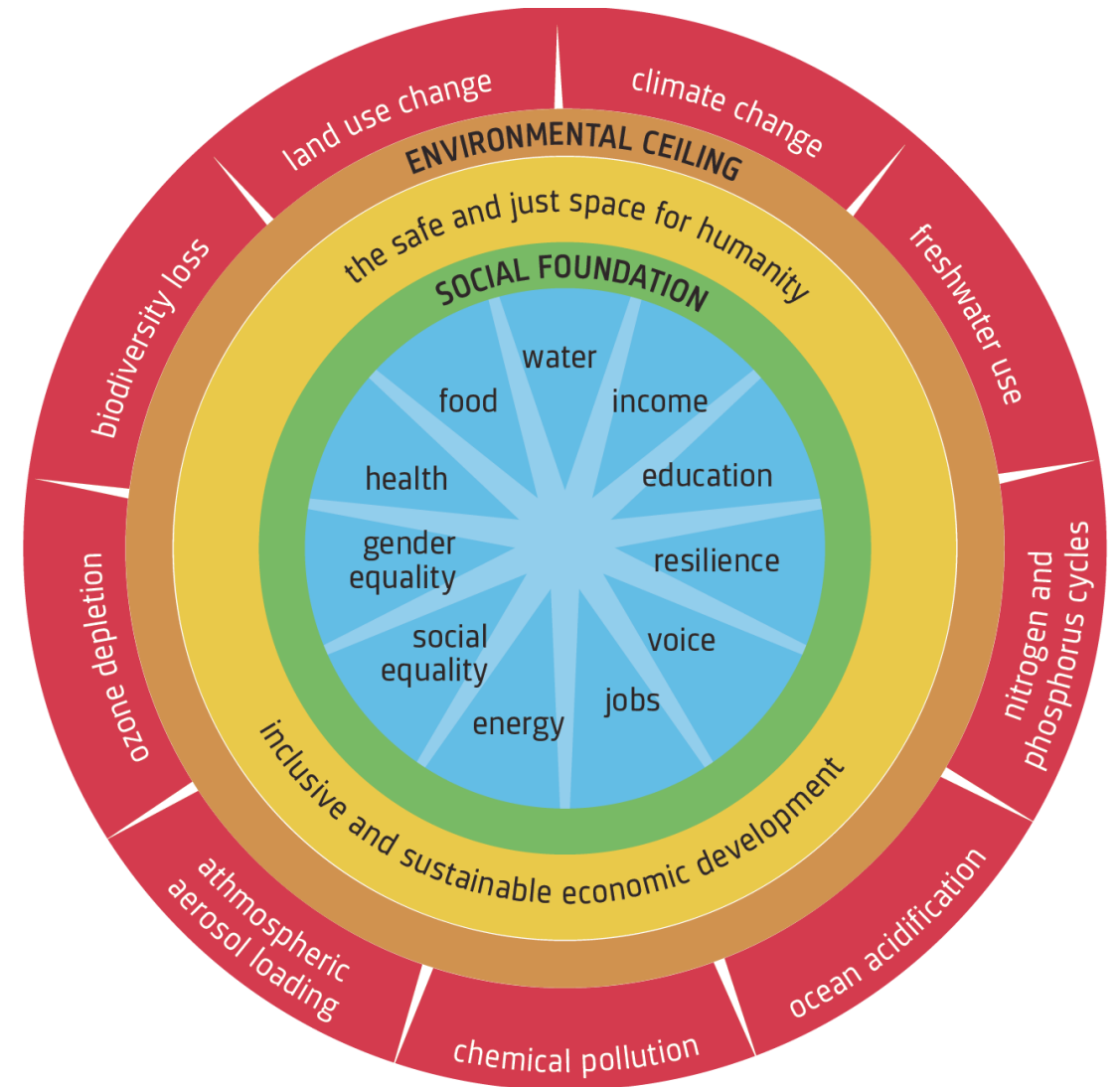
... ainsi que les dangers du changement climatique



Quels sont nos challenges aujourd'hui?

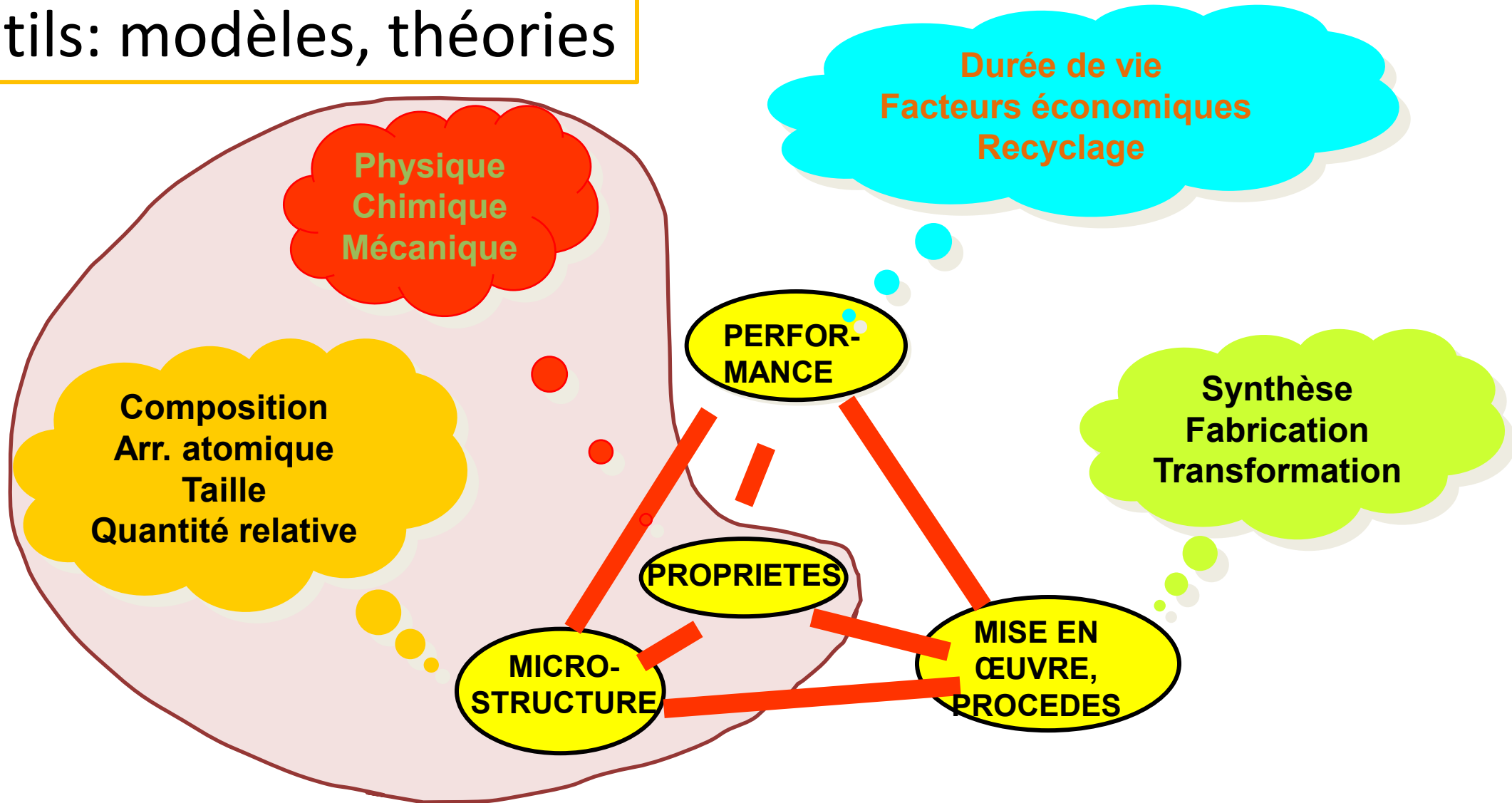
‘Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.’

(Brundtland Report, WCED, 1987)



De quoi s'occupe la Science des Matériaux?

Outils: modèles, théories

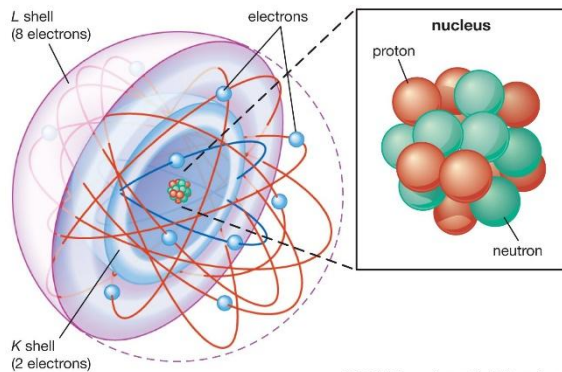


Structure des matériaux et propriétés

Pause 10 minutes

- Structure atomique du monde
- Tableau périodique et propriétés chimiques
- Liaisons atomiques et moléculaires
- Matière solide

Le tableau périodique des éléments



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.



Periodic table of the elements

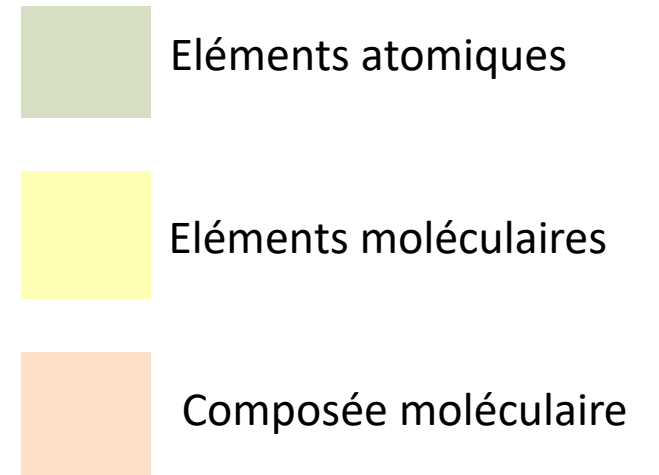
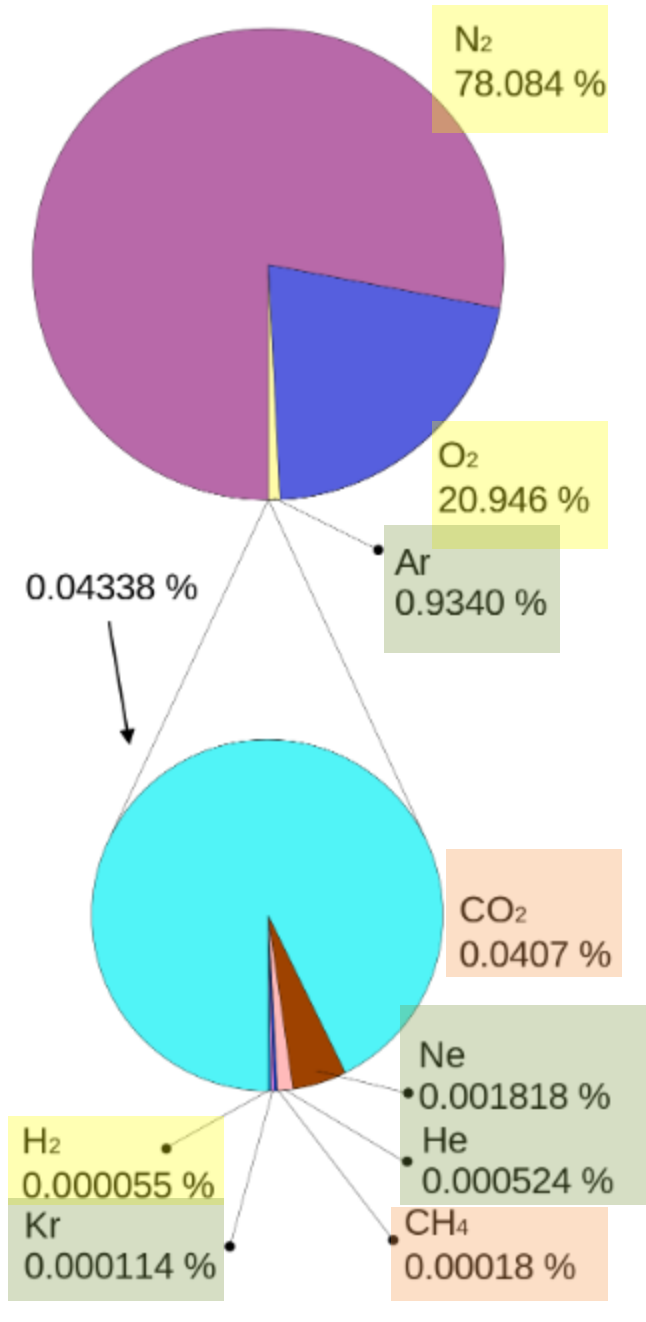
group	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
lanthanoid series	6	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
actinoid series	7	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

*Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). © Encyclopædia Britannica, Inc.

Le tableau périodique des éléments offre une corrélation entre les propriétés chimiques (périodique) de chaque élément et son numéro atomique (Mendeleiev, 1869)

Eléments et composées

Composition de l'atmosphère



Les états physiques



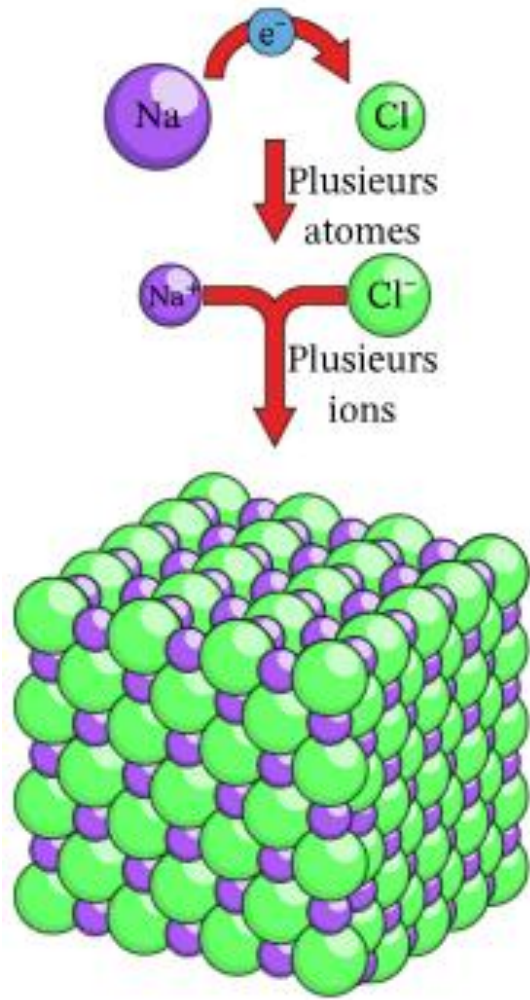
Vapeur – H₂O gazeuse

Eau – H₂O liquide

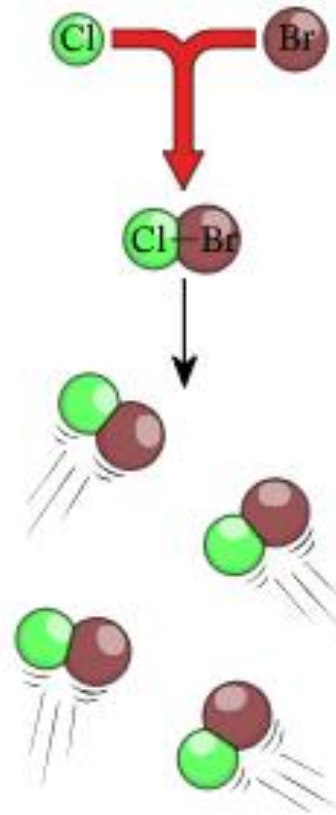


Glace – H₂O solide

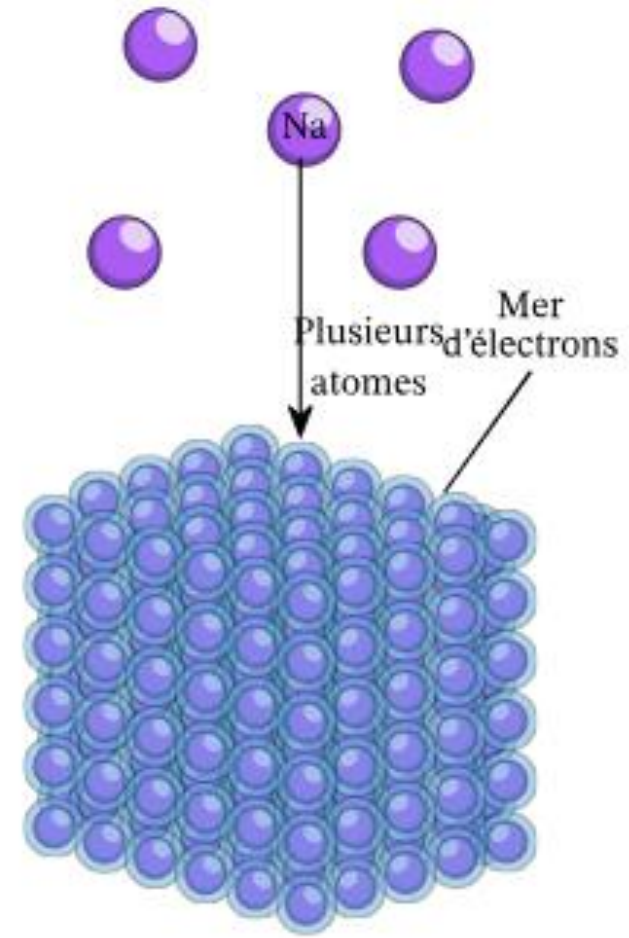
Liaisons chimiques et matériaux solides



Liaison ionique

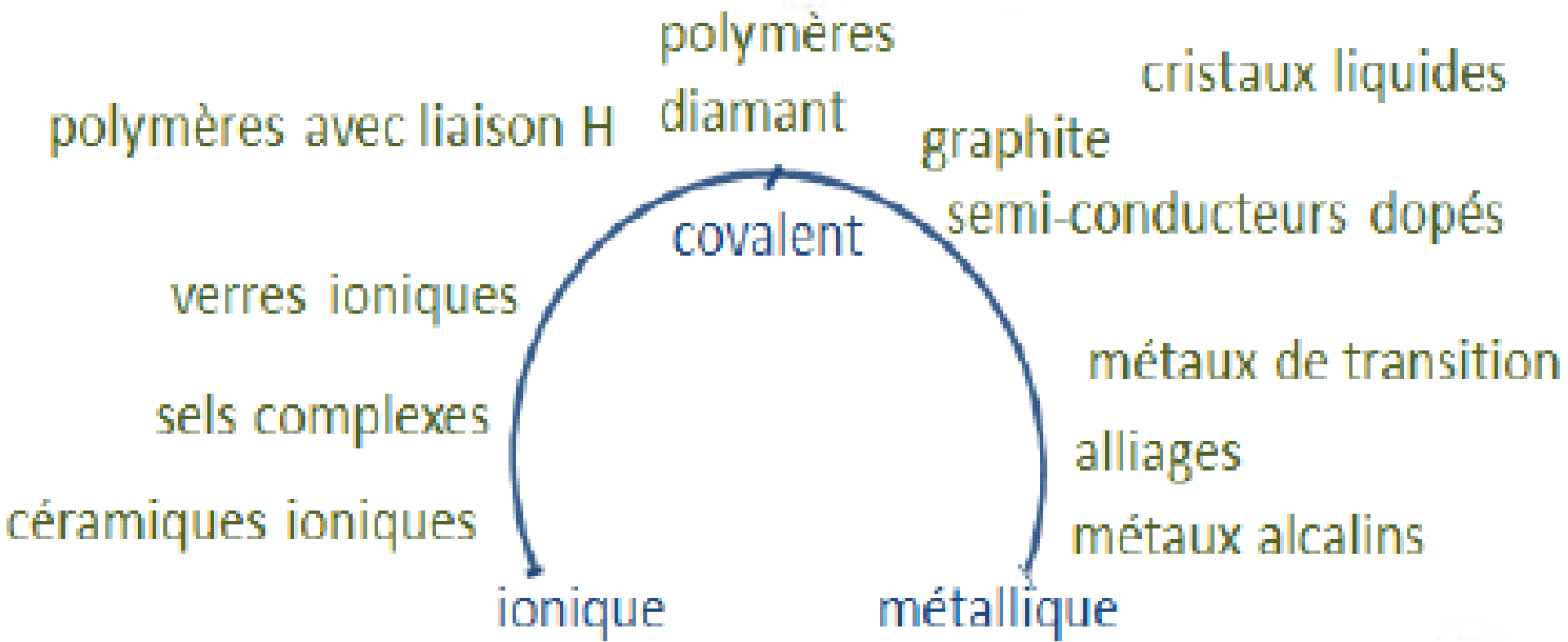


Liaison covalente

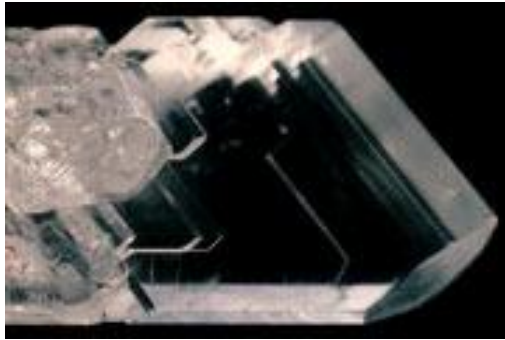


Liaison métallique

Liaisons chimiques et matériaux solides



Exemples de matériaux ioniques



Gypse de Bex - CaSO_4



Azurite - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$



Calcite - CaCO_3



Exemples de matériaux métalliques



Cuivre



Or

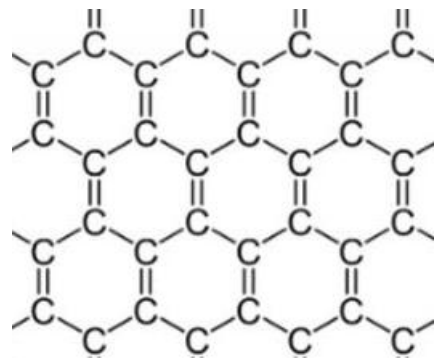


Alu

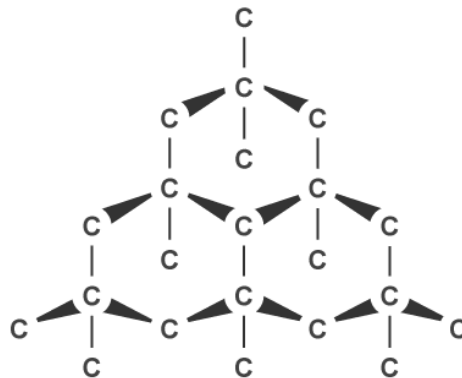
Exemples de matériaux avec liaisons covalent



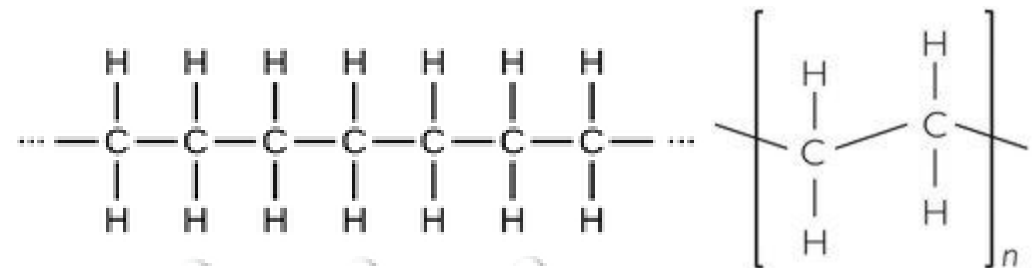
Graphite



Diamant



Polyéthylène



Exemples de matériaux avec liaisons covalent



Graphite

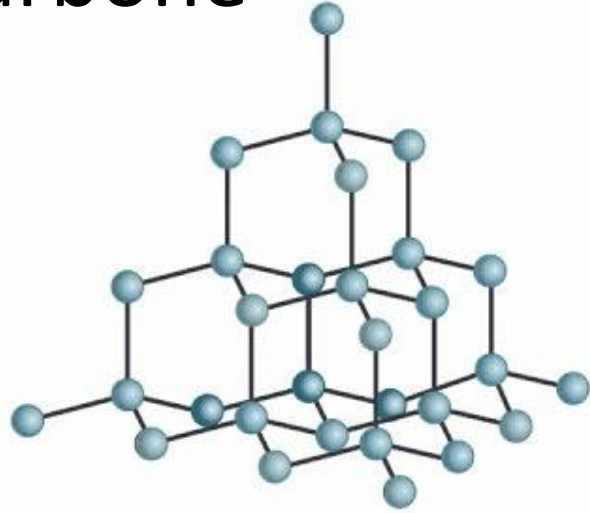


Diamant



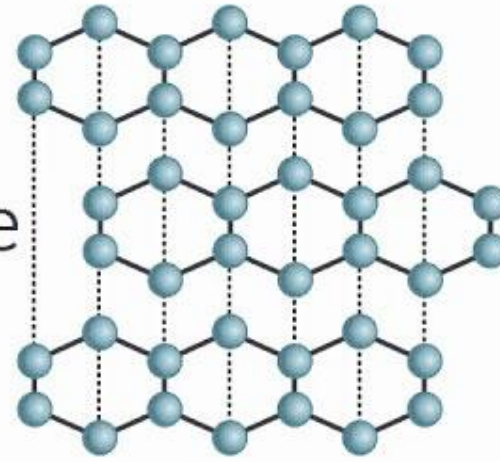
Polyéthylène

Formes allotropes du carbone



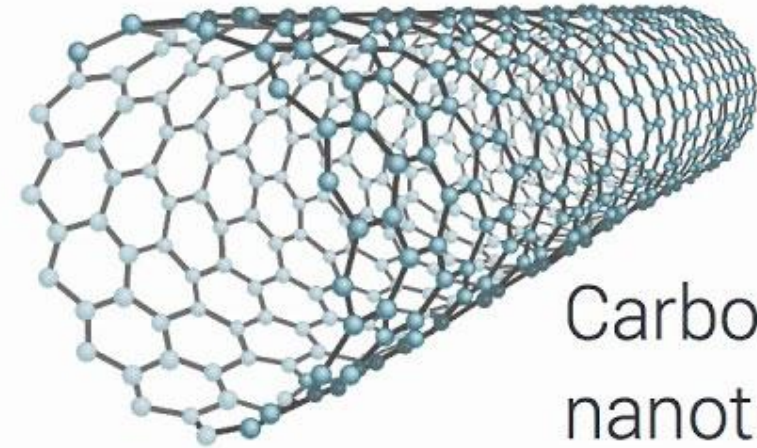
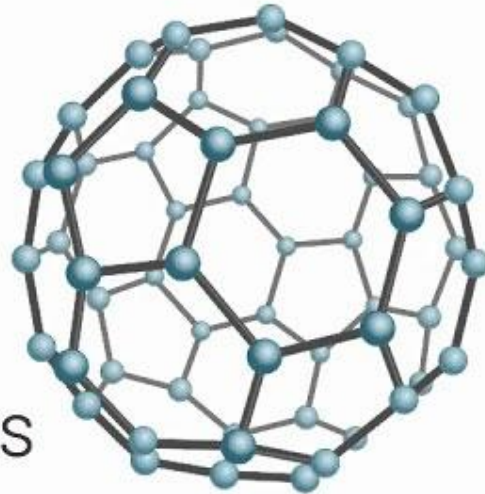
Diamond

Graphite



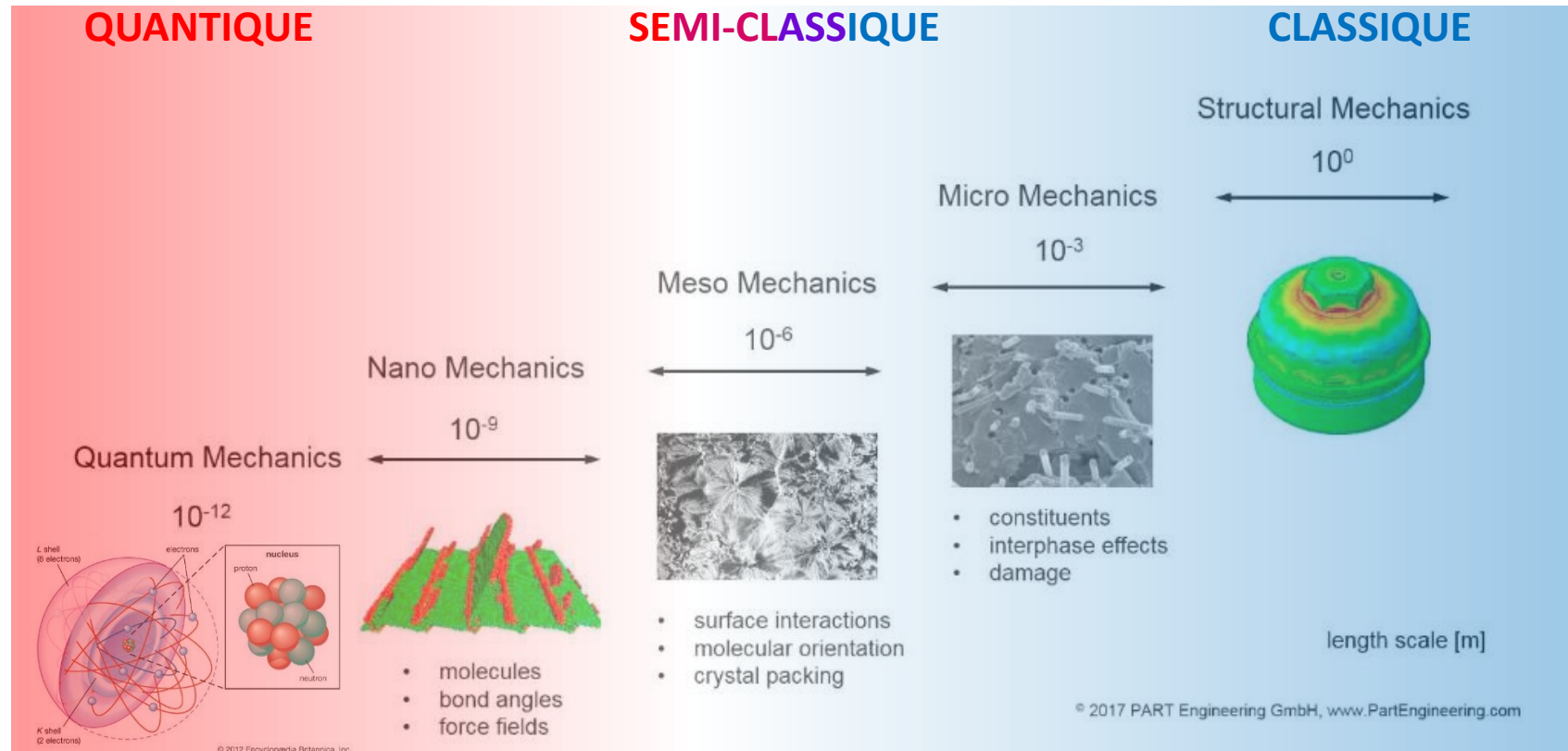
**"allotropes"
of carbon**

Fullerenes



Carbon
nanotubes

Les échelles du monde



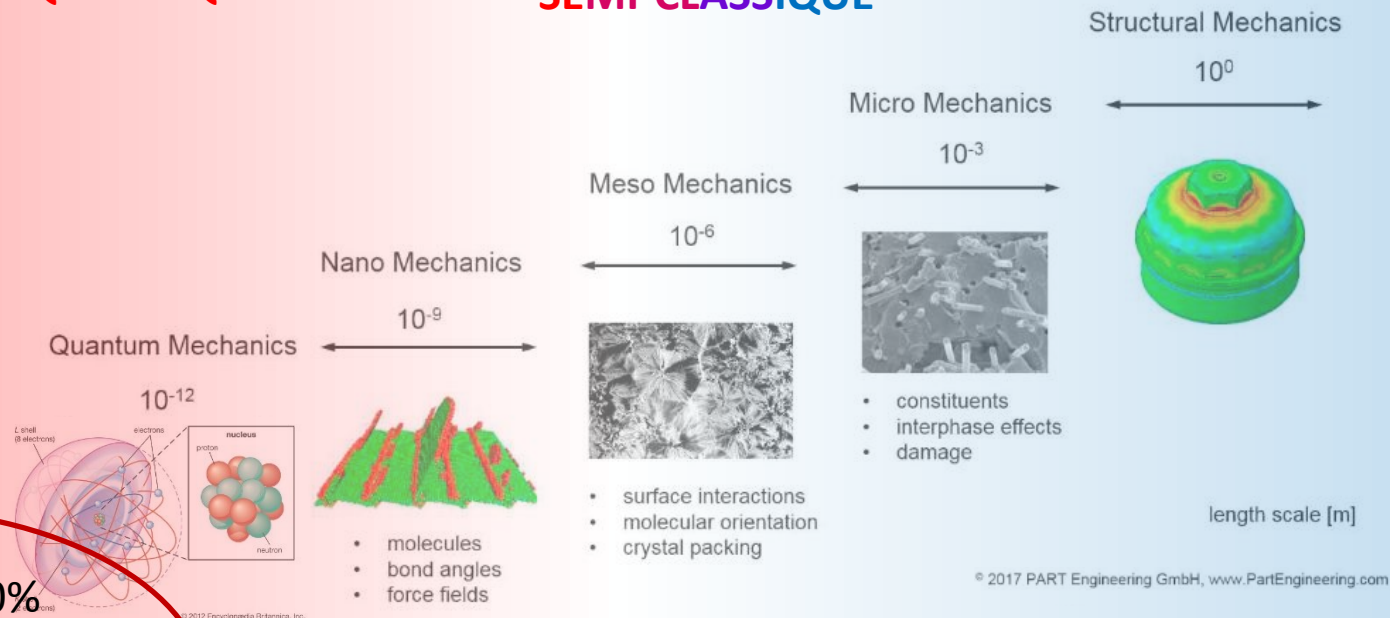
Les modèles microscopiques nous aident à la compréhension des propriétés du matériau. Ils peuvent être classés en général comme :

- Classiques
- Semiclassiques
- Mécanique quantique

QUANTIQUE

SEMI-CLASSIQUE

CLASSIQUE



Dans le modèle 100% **quantique** aussi les interactions sont décrits par la mécanique ondulatoire.

Ce genre de modèle est nécessaire dans certains domaines (pour exemple l'optique quantique) et sert à expliquer des processus comme la génération de 2 photons à partir d'1. Nous n'allons pas utiliser ce type de modèle.

Dans le modèle **semi-classique**, nous utilisons la mécanique quantique pour décrire des éléments (matière, lumière) et on utilise la physique classique pour décrire les interactions entre eux

C'est-à-dire que le solide est caractérisé par les fonctions d'onde et la lumière est composée par paquets de photons.

Dans le modèle **classique**, nous traitons les matériaux et la lumière selon la physique classique

Ce modèle sera le point de départ pour comprendre les propriétés optiques et électrique d'un matériau et, en particulier, les principaux effets dus aux électrons et vibrations atomiques.