

COMPOSANTS SEMI-CONDUCTEURS

I) Solutions S1

P.A. Besse

EPFL



Des questions de réflexion sont en fin de chaque script. Elles couvrent les notions fondamentales de chaque chapitre et vous aident à préparer l'examen oral final.

Répondez aux questions 1.1, 1.2 et 1.5

1.1	Qu'appelle-t-on la relation de dispersion d'une particule ? Exprimez-la pour une particule dans le vide. Comment peut-on déterminer graphiquement la vitesse de groupe et la masse effective de la particule à partir de cette relation ?
1.2	Considérez un atome « A » avec trois électrons sur deux niveaux d'énergie. Dessinez le schéma d'énergie de la cellule « AA » contenant deux atomes « A ». Expliquez la formation de bandes dans un monocristal basé sur cette cellule « AA ».
1.5	À l'aide du schéma d'énergie, expliquez l'absorption optique dans un gaz et dans un semi-conducteur monocristallin.

Relation de dispersion

Toute particule quantique: photon / électron / ...

Relation de Planck  Nobel 1918

Relation de l'énergie
Spécifique à chaque particule

$$\begin{pmatrix} E \\ \vec{P} \end{pmatrix} = \hbar \begin{pmatrix} \omega \\ \vec{K} \end{pmatrix}$$

Relation de dispersion
Spécifique à chaque particule

Relation de De Broglie  Nobel 1929

Toute particule quantique: photon / électron / ...

Modèle «particule»

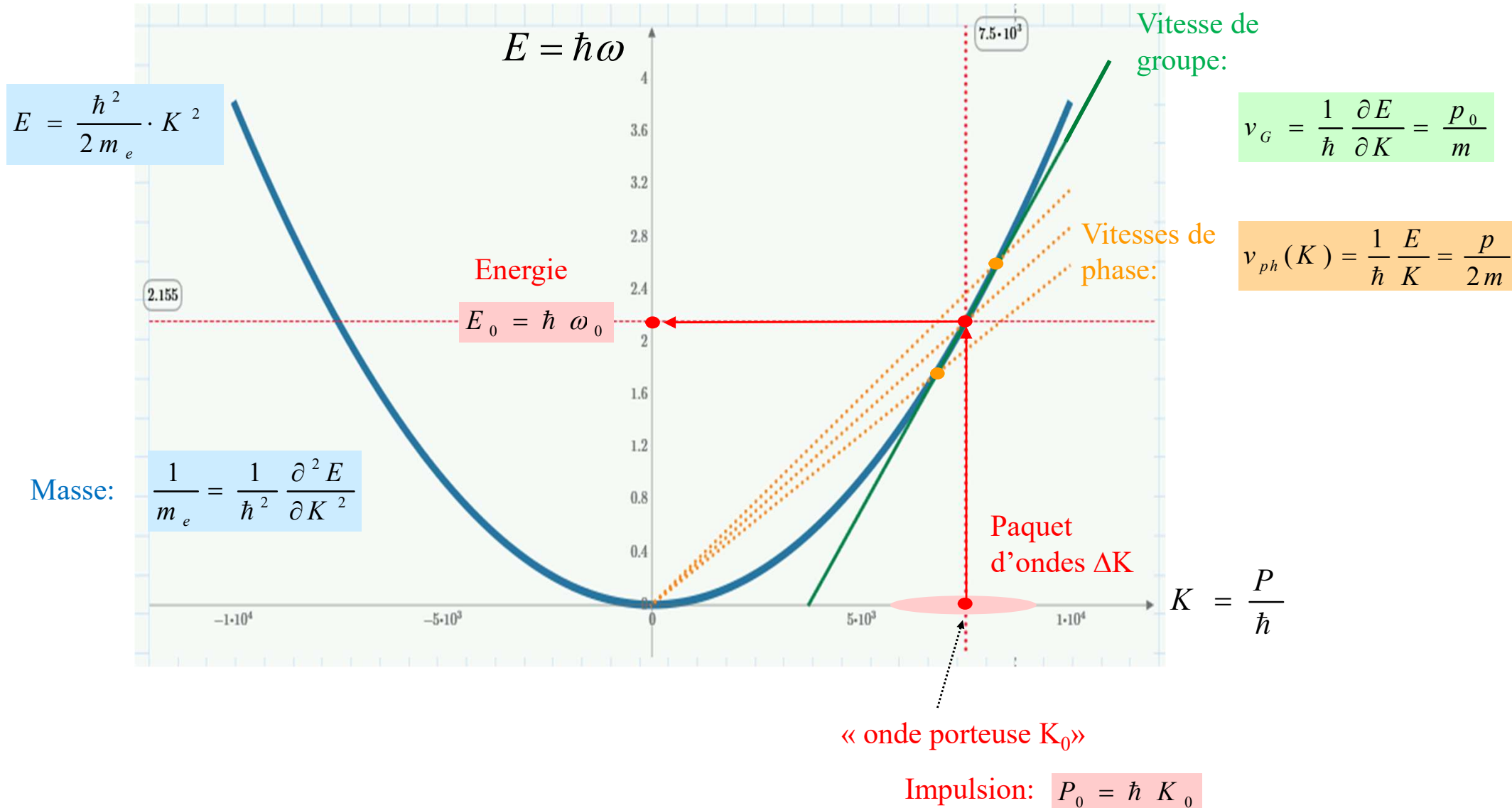
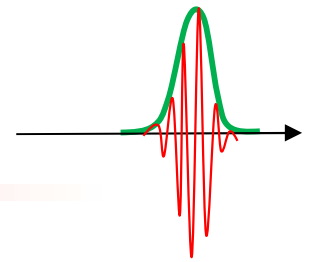
Relation de l'énergie d'un électron dans le vide:

$$E = \frac{1}{2m_e} \cdot P^2$$

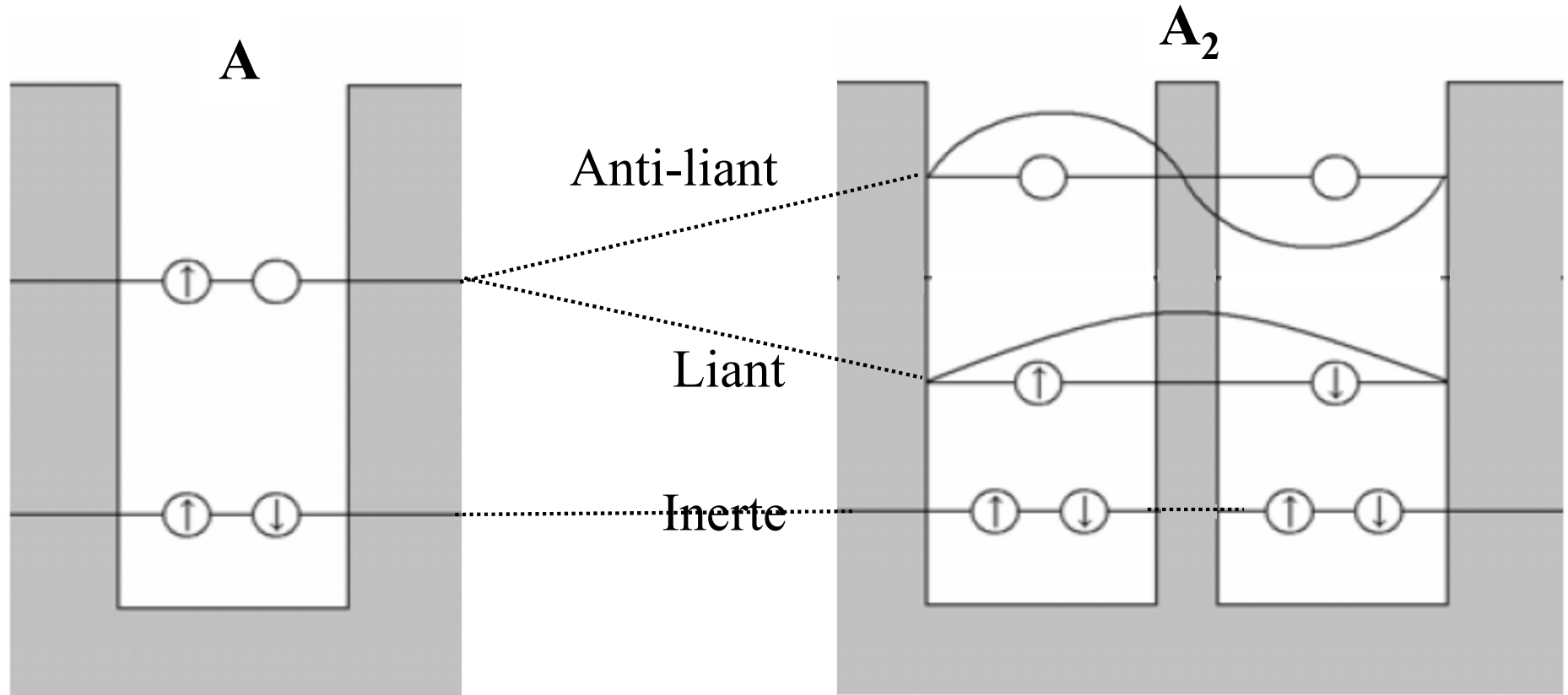
Modèle «onde»

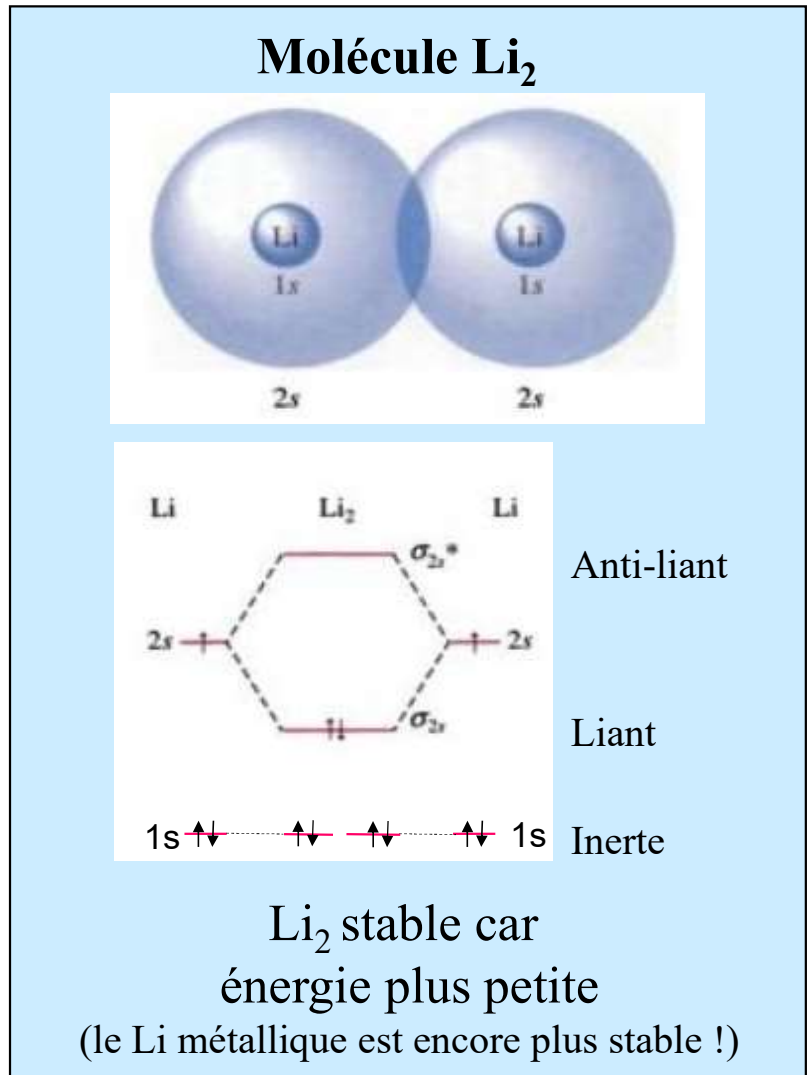
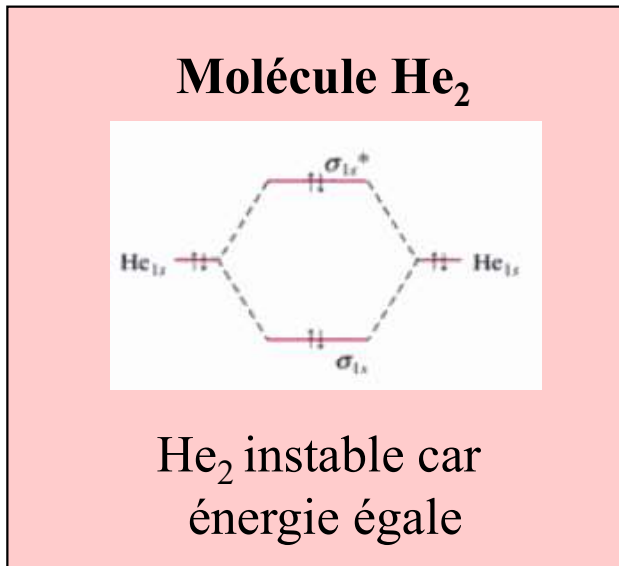
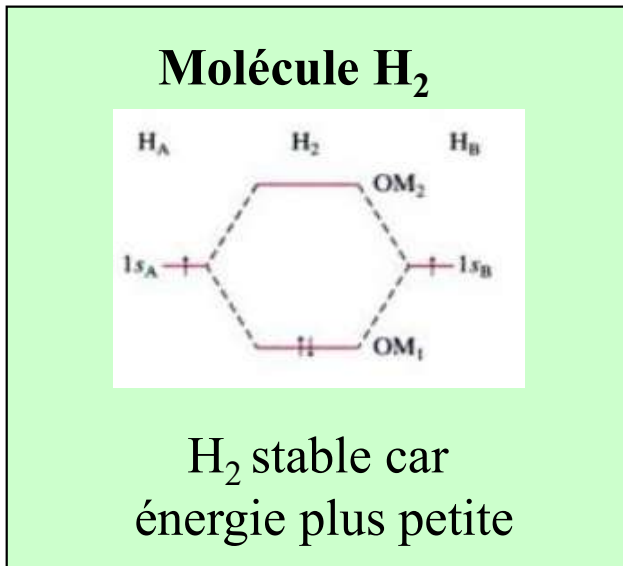
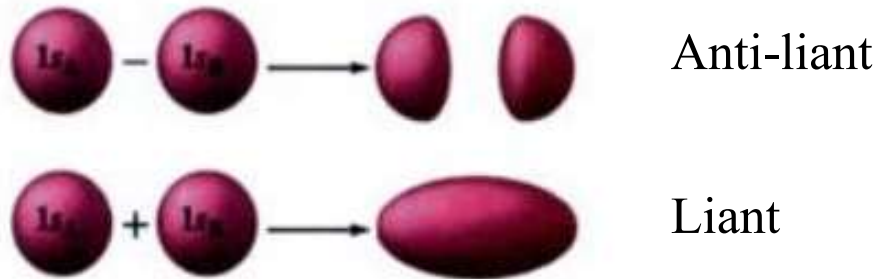
Relation de dispersion d'un électron dans le vide:

$$\hbar\omega = \frac{\hbar^2}{2m_e} \cdot K^2$$

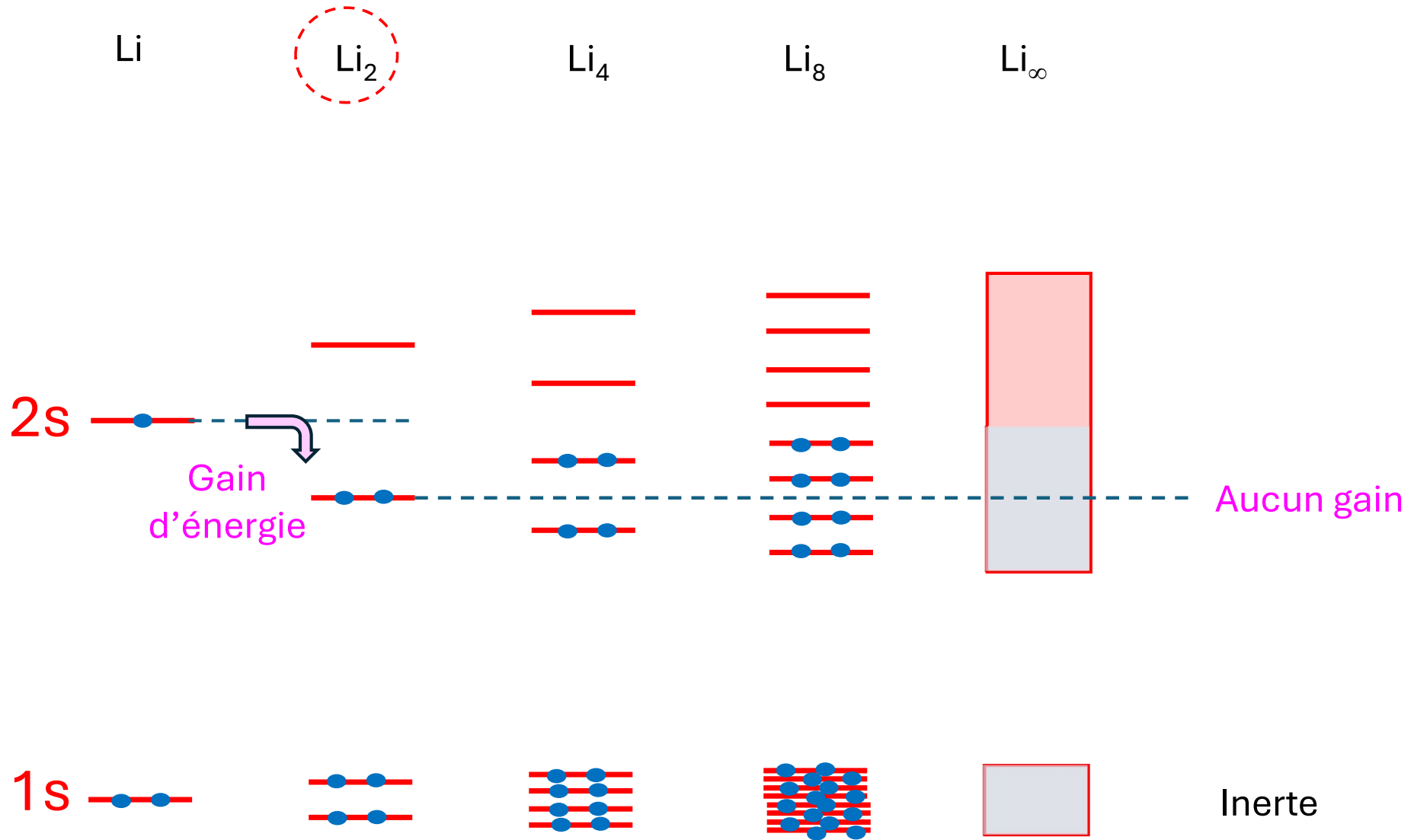


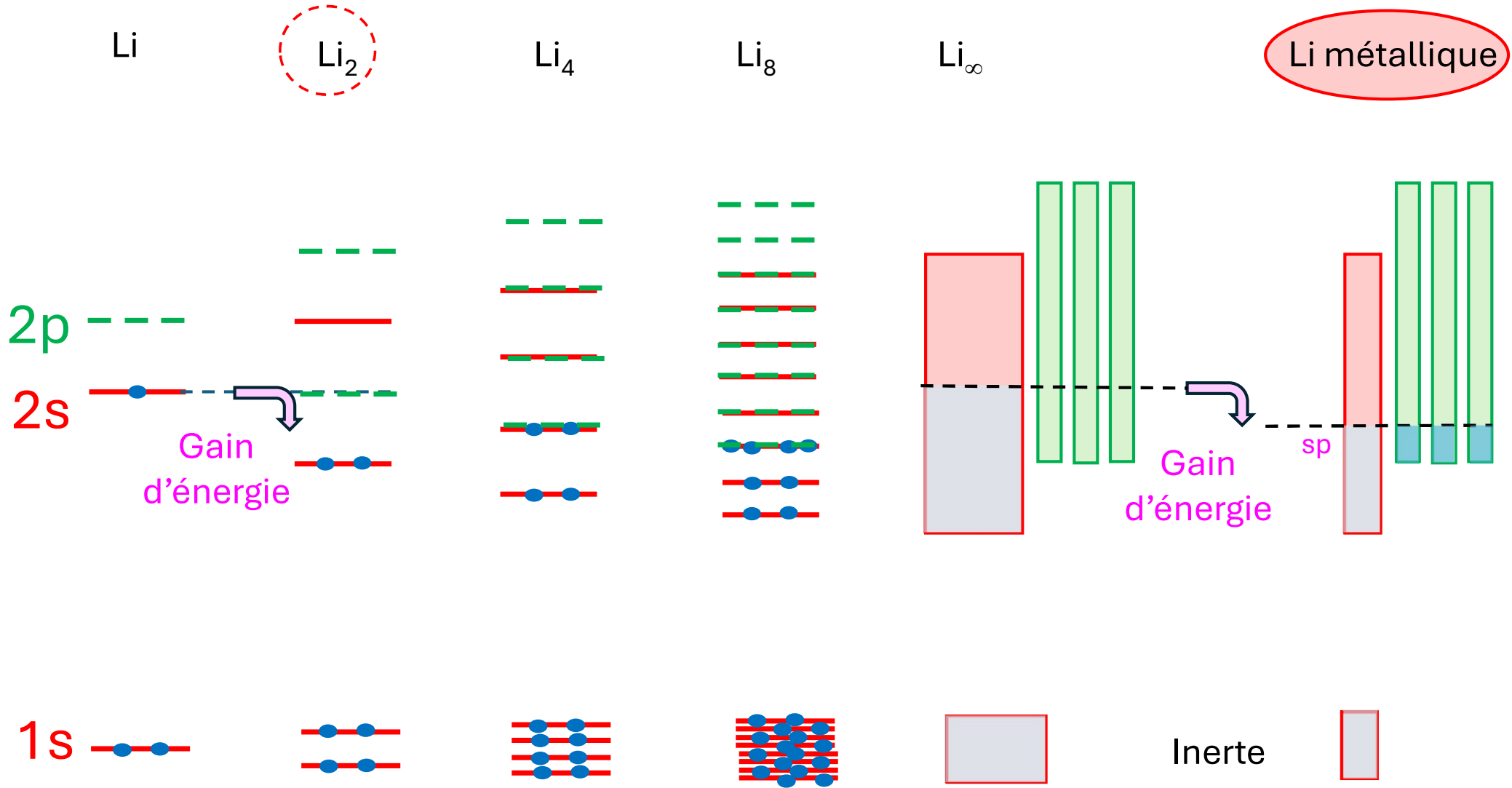
Ex. 1.2: Atome « A » et molécule « A₂ »





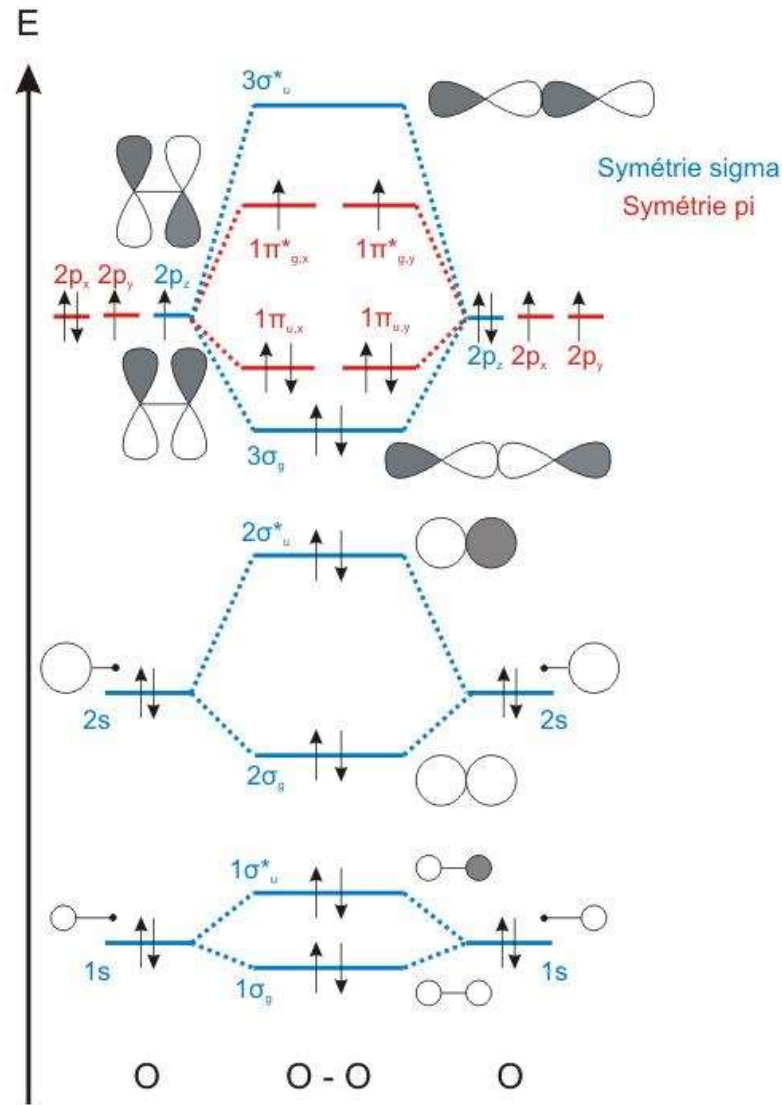
Formation de bandes: Lithium métallique





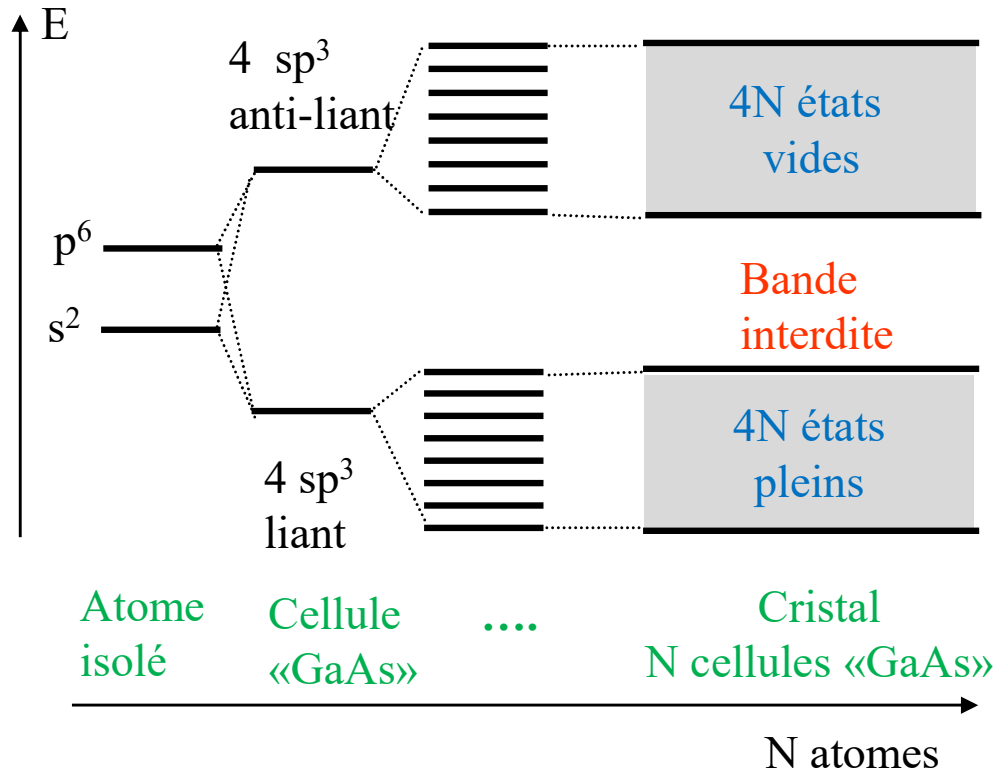
Exemple molécule O₂

8 électrons par atome



http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_d'orbitales_moléculaires

Formation de bandes dans Silicium



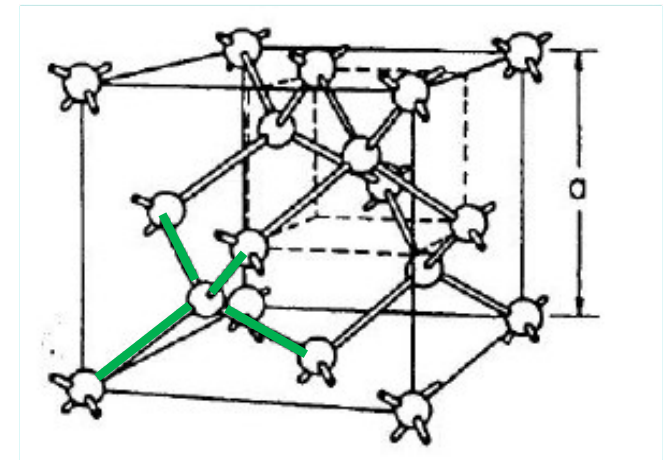
Bande de conduction

ψ et $E(K)$ basés sur états anti-liants

Bande de valence

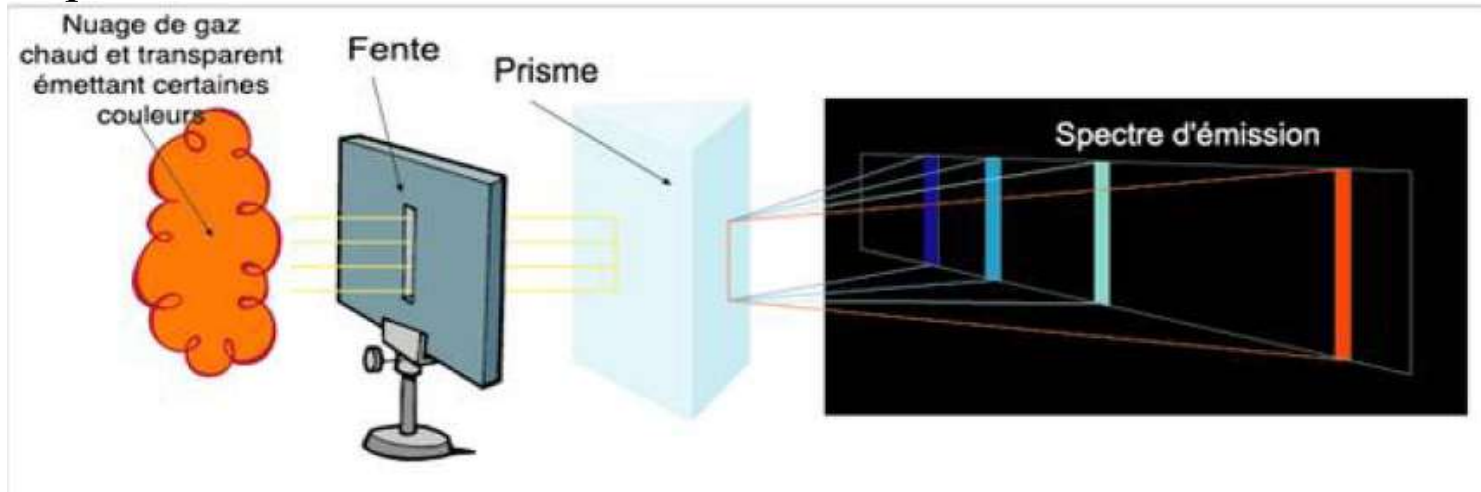
ψ et $E(K)$ basés sur états liants

sp^3

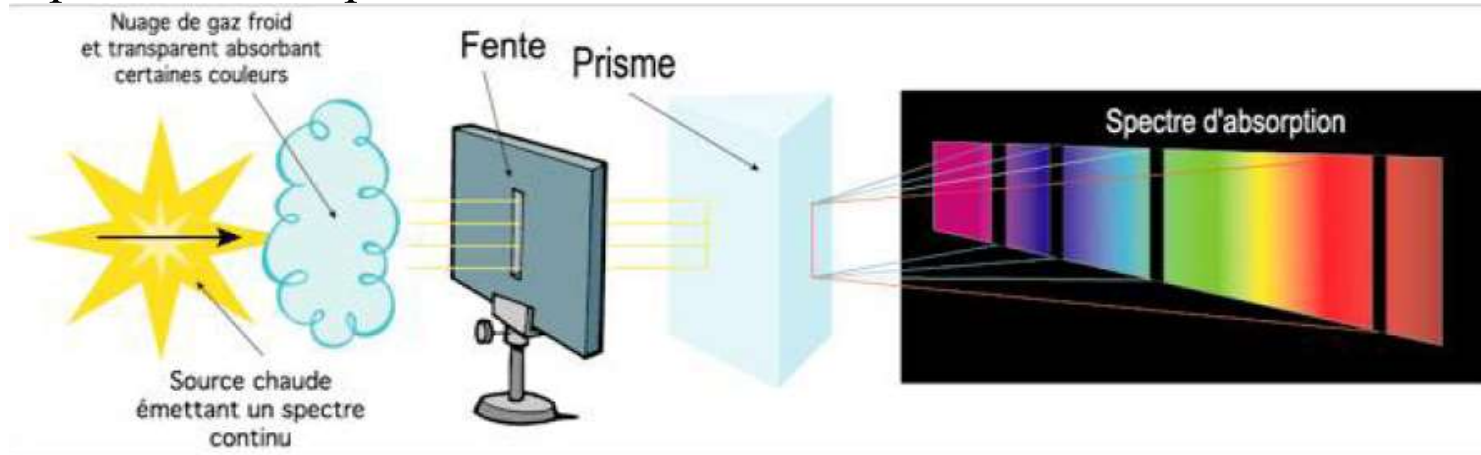


Ex. 1.3: Spectres d'émission et d'absorption

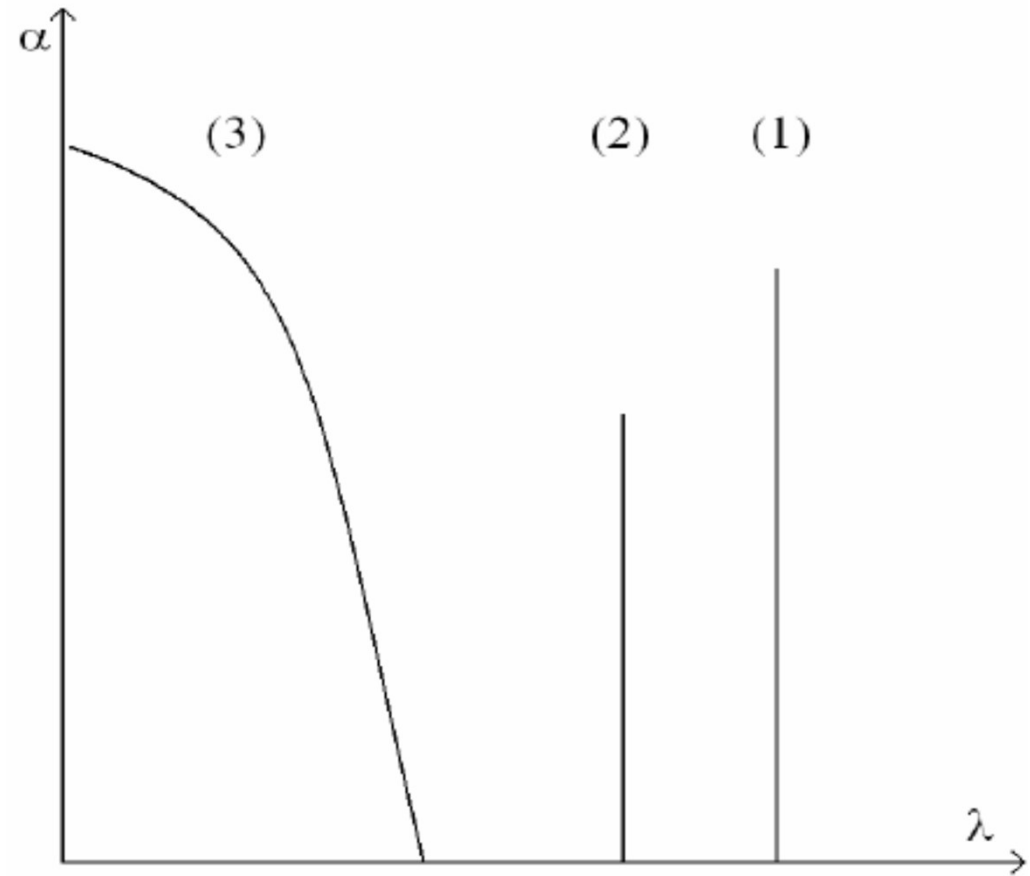
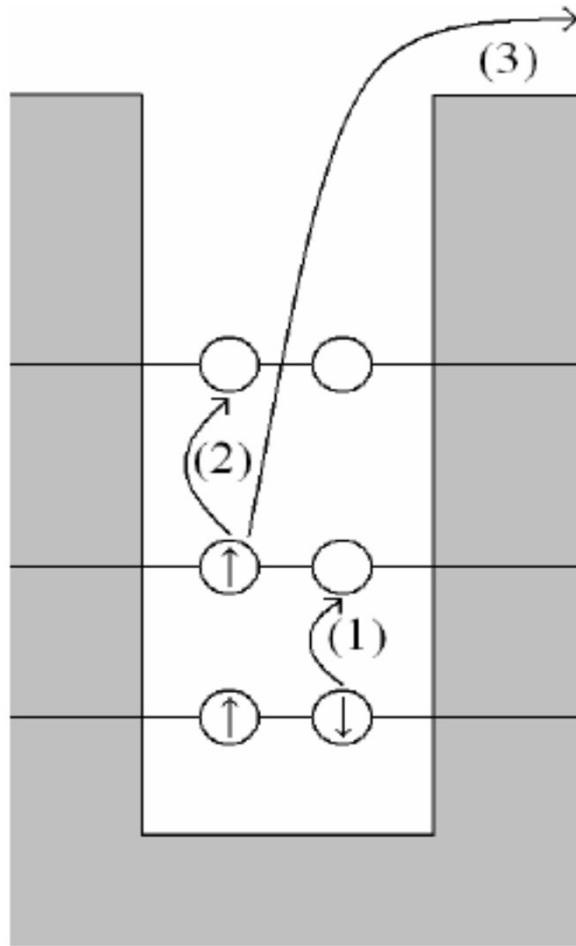
Spectre d'émission



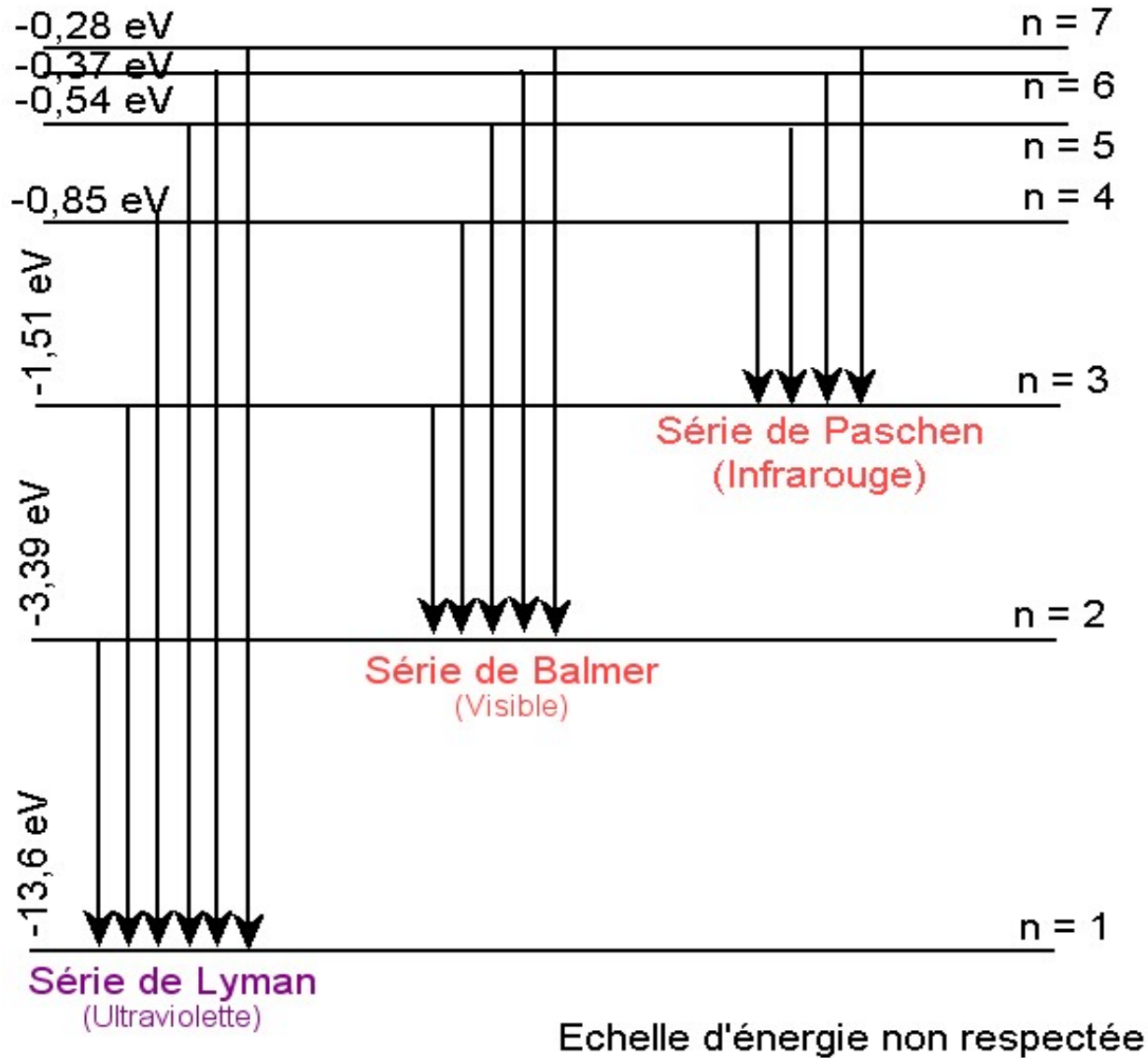
Spectre d'absorption



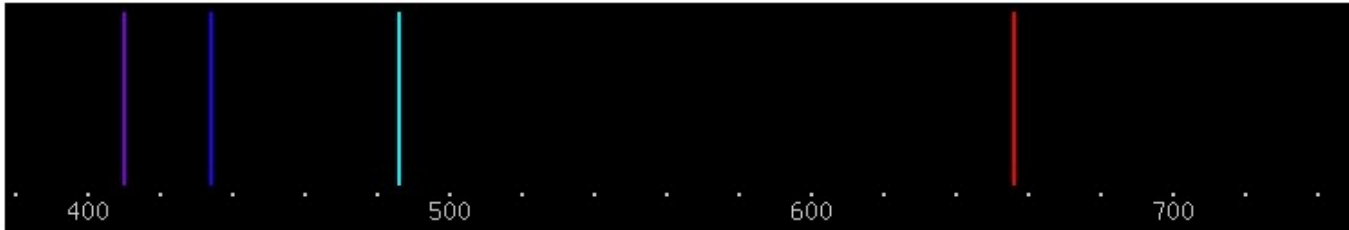
Ex. 1.3: Absorption dans un gas



Spectre de l'hydrogène



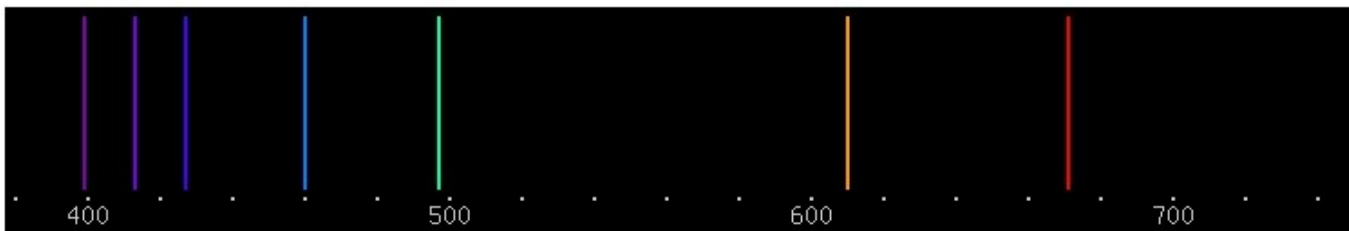
Spectre d'émission de différents gaz



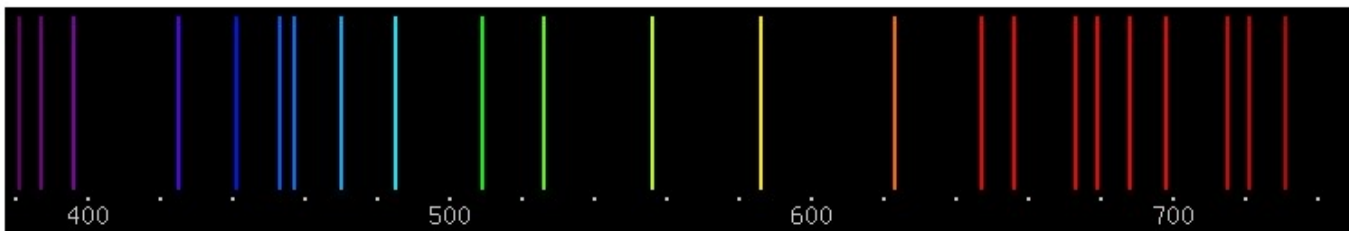
Hydrogen



Helium

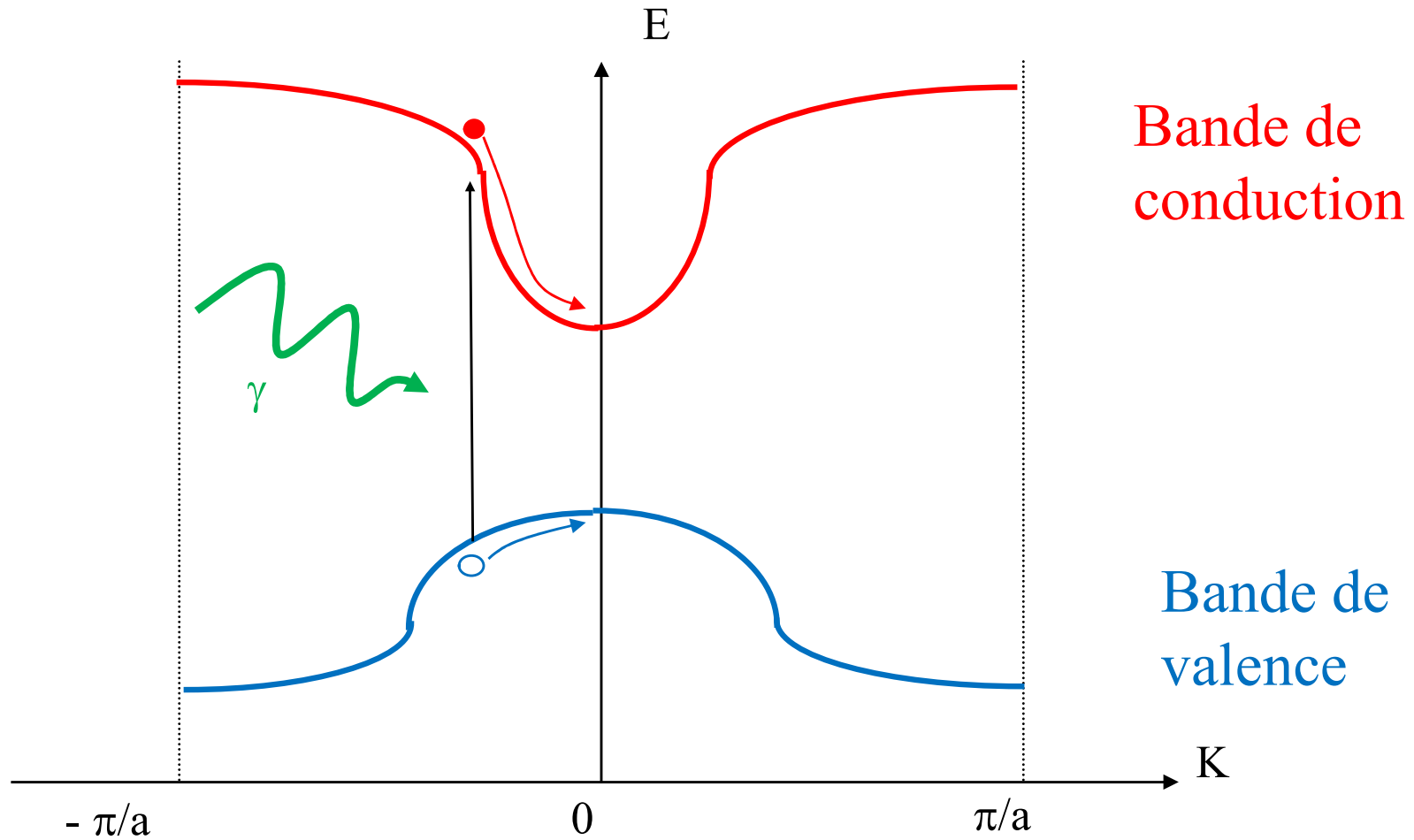


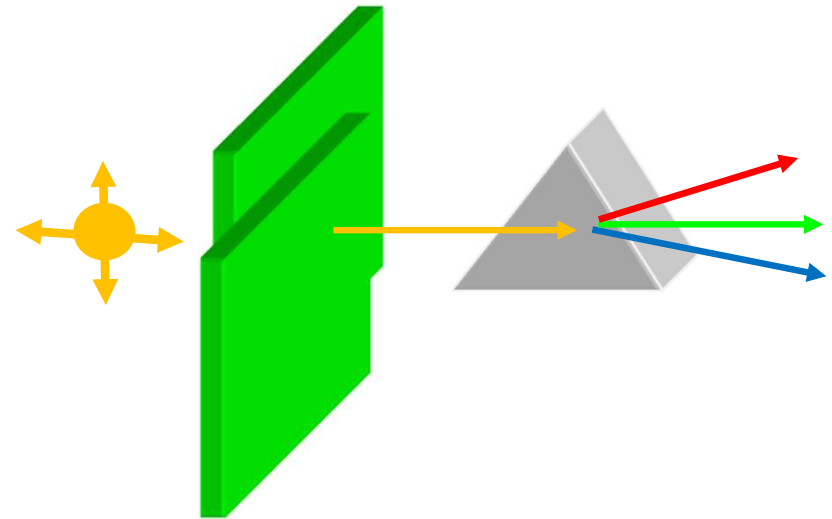
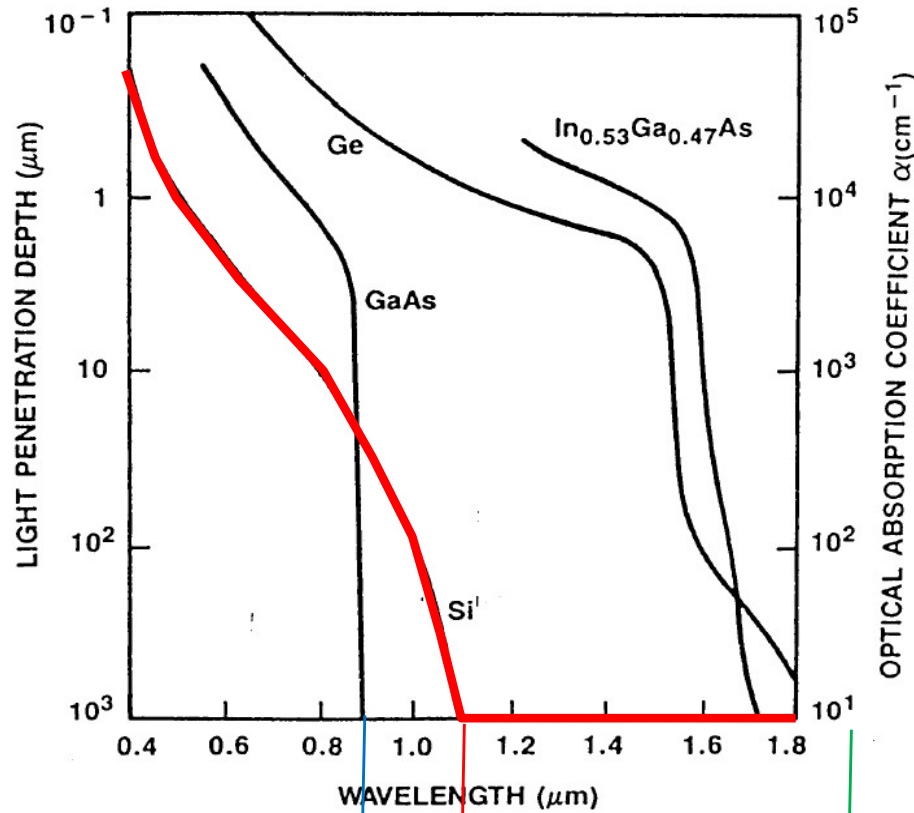
Lithium



Beryllium

<http://scisyn.com/umuc/astro/ASTR100Notes/spectra-examples.html>





$$E_{[eV]} \approx \frac{1.24}{\lambda_{[\mu m]}}$$

1.42eV

1.12eV

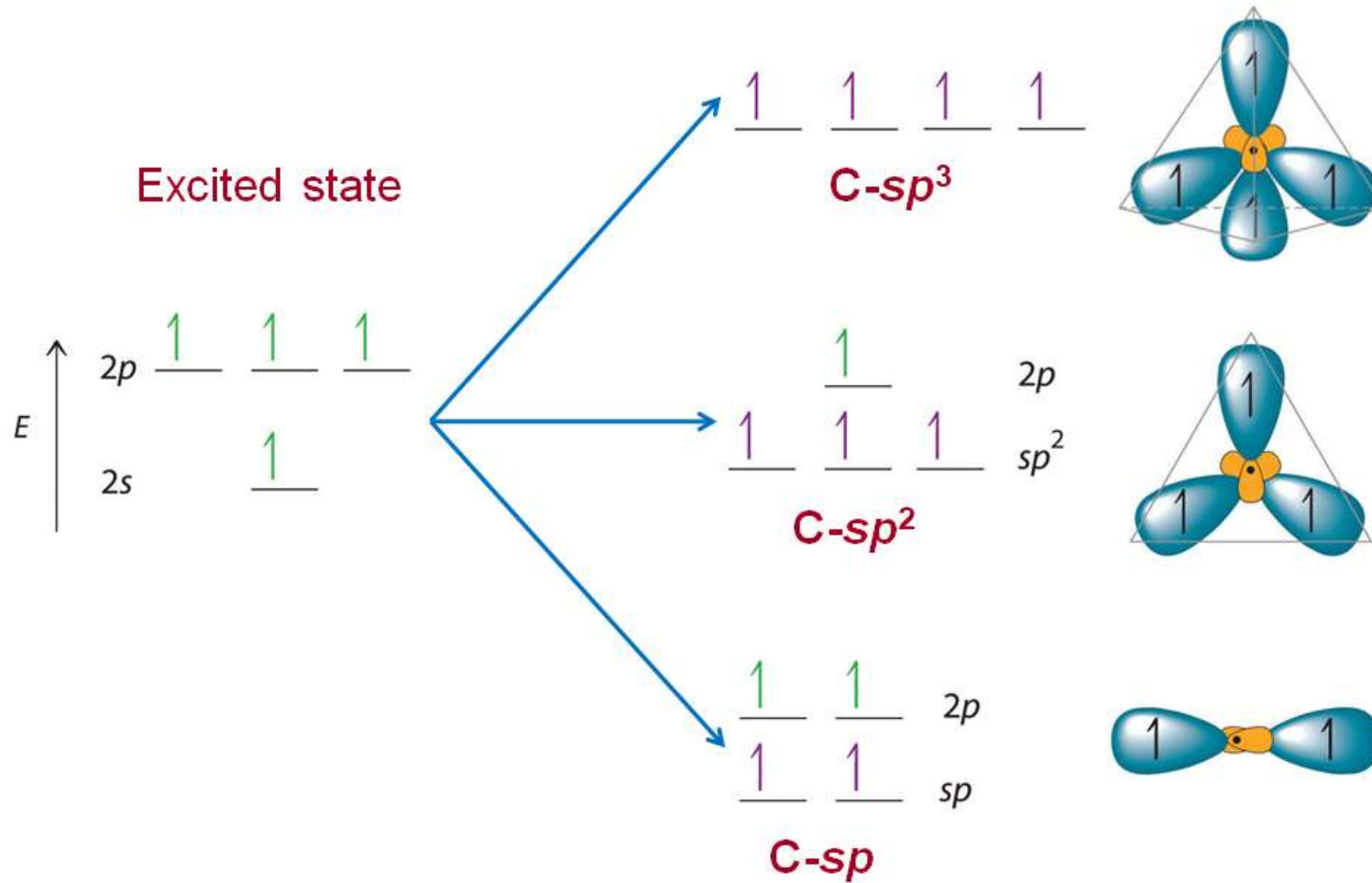
0.66eV

$$1.24 = \frac{hc}{10^{-6} q}$$

Complément hybridation du carbone

sp^3 - sp^2 - sp

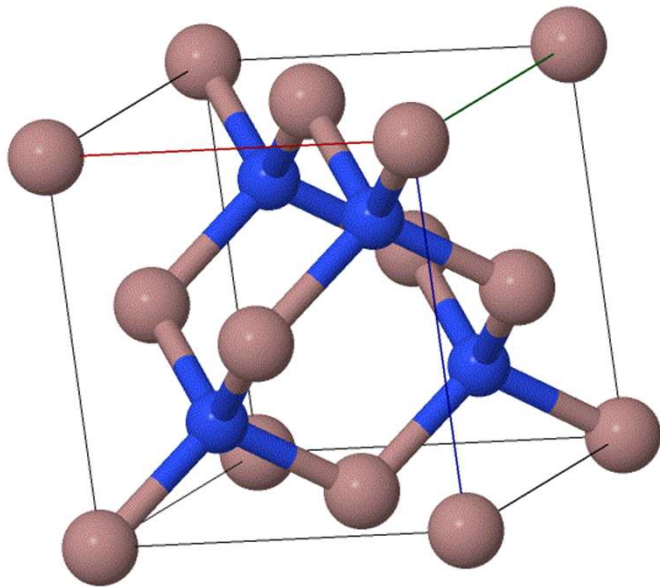
Carbon: hybridization



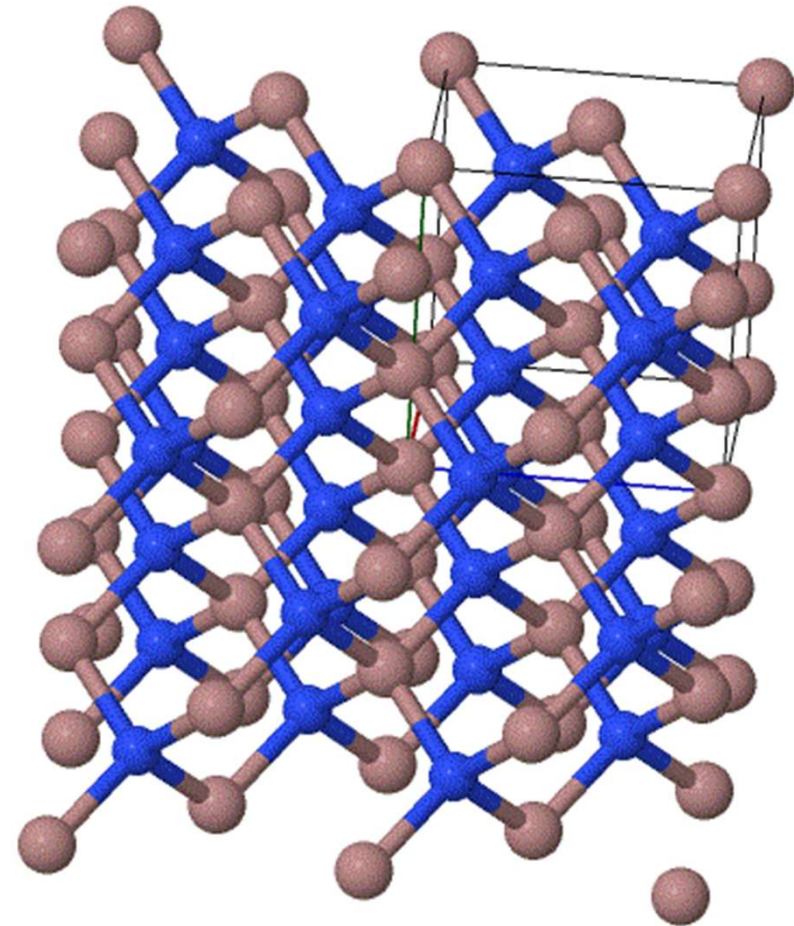
<https://slideplayer.com/slide/7562483/>

https://ssd.phys.strath.ac.uk/resources/crystallography/crystal_models/zincblende_structure/

Cellule de base



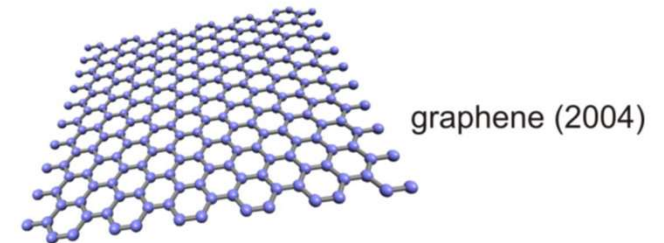
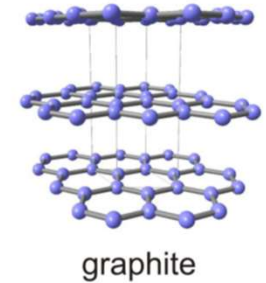
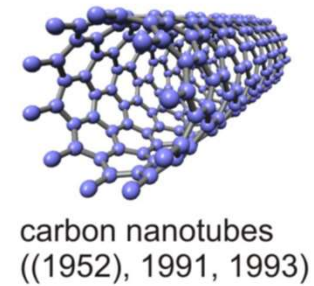
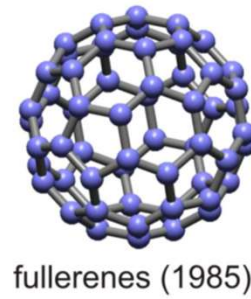
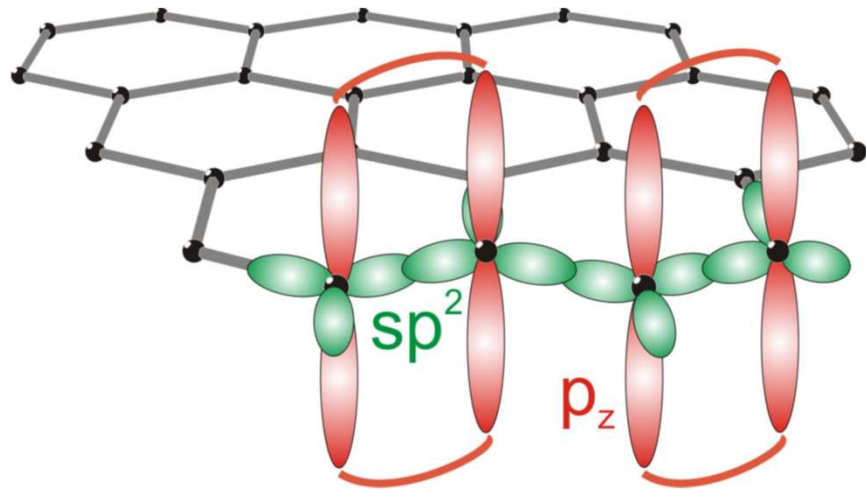
Cristal



Homostructure:  Si, Ge, C, ...

Hétérostructure:  GaAs, InP, GaP, ...

Hybridation sp^2 : Graphène: atomes de carbone en nid d'abeilles



Christian Riedl, «Epitaxial Graphene on Silicon Carbide Surfaces: Growth, Characterization, Doping and Hydrogen Intercalation», PhD thesis 2010, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Hybridation sp

Banhart, F. Elemental carbon in the sp^1 hybridization. *ChemTexts* 6, 3 (2020)

