

PHY-3003

Physique de l'État solide

Session A 2012

Prof. Bernd Witzel

Cours **Me 8h30 – 10h20 VCH 3850**
 Ve 9h30 – 10h20 VCH 3870

Dépanage **Ve 10h20-11h20 VCH 3970**

PHY-3003 Physique de l'État solide

Session H 2011

Prof. Bernd Witzel

Plan d'aujourd'hui

0.1 Organisation

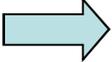
0.2 Introduction du cours PHY-3003

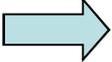
0.1.1 Dépanneur et Correcteurs

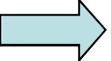
Dépanneur : Guillaume Gingras

Correcteur : Guillaume Gingras et Steven Thomas

Dépannage VE 10h30-11h30

Script  page www.berndwitzel.com

Devoir  page www.berndwitzel.com

Information  page webct et (pixel)

bwitzel@phy.ulaval.ca

Tel 3529

Temps pour questions après le cours et

Au bureau POP 2149 :

Ve 12h – 13h

0.1.2 Evaluation

Mode d'évaluation :

Devoirs [35 %]

Examen partiel # 1 [30 %]

Examen final [35 %]

7.11.2012

9h – 13h

12.12.2012

9h – 13h

**Les connaissances vues dans les
(4) 9 devoirs vont servir pour les deux examens.**

0.1.3 Barème de note

A ⁺	> 94 %
A	> 87 %
A ⁻	> 80 %
B ⁺	> 77 %
B	> 74 %
B ⁻	> 70 %
C ⁺	> 67 %
C	> 64 %
C ⁻	> 60 %
D ⁺	> 57 %
D	> 50 %
E	< 50 %

0.1.4 Livres principaux

Physique de l'État solide, C. Kittel, 7e Édition, Éditeur Dunod
1998, QC 176 K62 1998 F ; ISBN 2-10-003267-4



Licence 3 • Master • Écoles d'ingénieurs

PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

8^e édition

Charles Kittel

DUNOD



ISBN : 978-2-10-049710-2

0.1.5 Livres mis en réserve à la bibliothèque du 1er cycle

Physique de l'État solide, C. Kittel, 7e Édition,
Éditeur Dunod 1998, QC 176 K62 1998 F ; ISBN
2-10-003267-4

Introduction to Solid State Physics, C. Kittel 7th
Edition, Éditeur Wiley 1996 QC 176 K62 1996 ;
ISBN 0-471-11181-3

Initiation à la physique du solide, J. Cazaux,
Éditeur Masson 1996 , QC 176 C386 1996 ;
ISBN 2-225-84685-5

0.1.5 Livres mis en réserve à la bibliothèque du 1er cycle

Physique des solides, N.W. Ashcroft et N.D. Mermin,
Éditeur Les Ulis ; EDP 2003 , QC 176 A823 2003 I ;
ISBN 2-86883-577-5

*Solid State Physics - introduction to principles of
materials science*, H. Ibach & H. Lüth, 2nd edition,
Editeur Springer-Verlag 1996 QC 176 I12 1996 I ;
ISBN 0-387-58573-7

Solid State Physics, J.R. Hook & H.E. Hall, 2nd
edition, Editeur Wiley 1991 QC 176 H176 1991 ; ISBN
0-471-92805-4; ISBN 0-471-92804-6

0.2 Introduction du cours PHY-3003

PHY-3003 PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

PLAN DE COURS

PR :PHY-3003
3-0-0-6 (cr)

Prof. : B. Witzel

OBJECTIFS

À la fin du cours, l'étudiant aura acquis une connaissance de base en cristallographie et une compréhension au moins qualitative des liaisons qui existent dans les solides. Les phénomènes électriques et thermiques des solides seront étudiés en détail. On montrera comment tous ces phénomènes exigent les concepts de la physique quantique pour leur compréhension. Un certain nombre d'exercices permettra à l'étudiant de maîtriser les concepts de base microscopiques qui sont à l'origine de tous ces phénomènes.

0.2.1 Plan de Cours

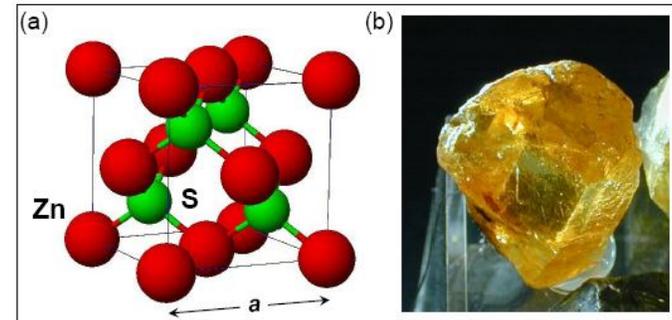
PIXEL

- 1 Introduction
- 2 Cristallographie
 - 2.1 Définition : maille élémentaire, symétries, réseaux de Bravais, indices de Miller, espace réciproque, maille de Wigner-Seitz.
 - 2.2 Détermination expérimentale d'une structure : diffraction des électrons, des neutrons et des rayons-X par un réseau cristallin, la loi de Bragg, les méthodes de Laue et de Debye-Scherrer, facteur de forme, facteur de structure.
 - 2.3 La zone de Brillouin.
- 3 Liaisons des solides : Van der Waals, covalente, ionique, métallique et hydrogénique
4. Propriétés mécaniques et thermique des solides
 - 4.1 Vibrations du réseau; phonons
 - 4.2 Capacité calorifique; modèles de Debye et d'Einstein
- 5 Les états électroniques dans les solides
 - 5.1 Gaz des électrons libres de Fermi
 - 5.2 Bandes d'énergie
- 6 Cristaux semi-conducteurs.

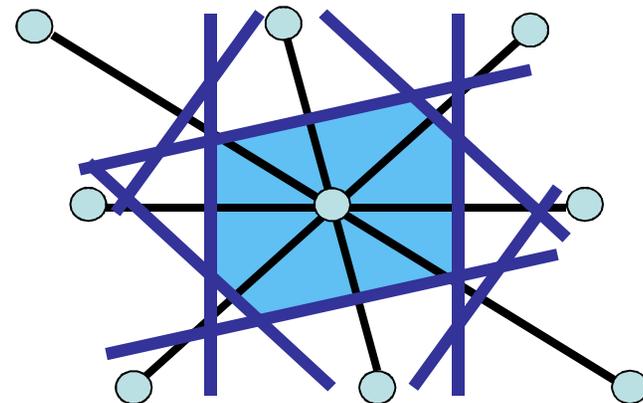
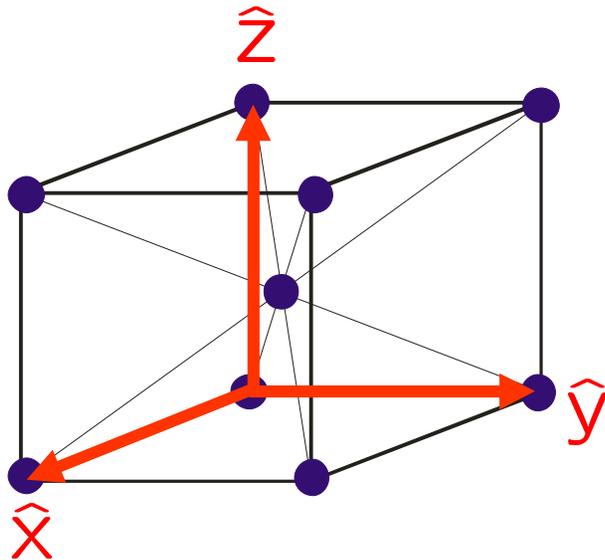
Introduction principale

OBJECTIFS

1. Cristallographie



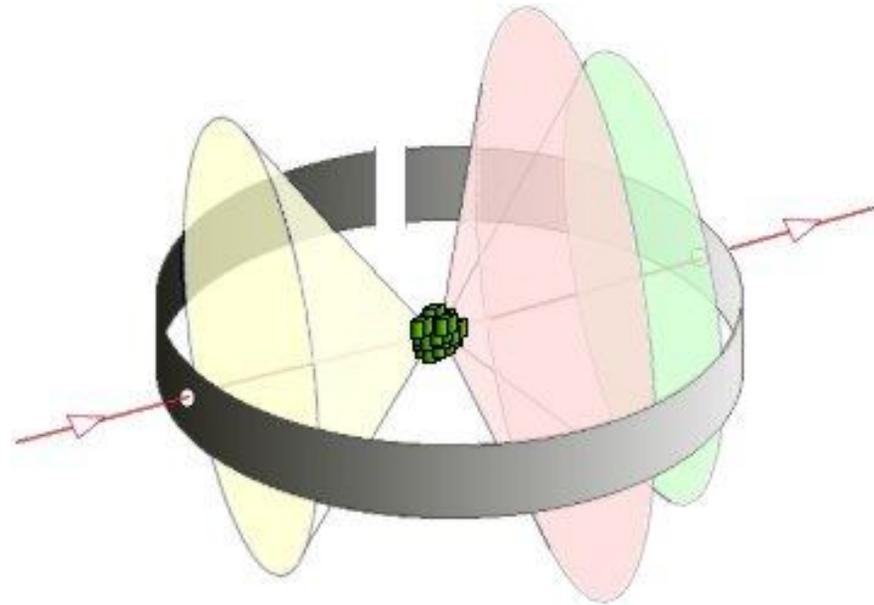
Définition : maille élémentaire, symétries, réseaux de Bravais, indices de Miller, espace réciproque, maille de Wigner-Seitz



Les méthodes pour découvrir la structure cristalline

2. Diffraction cristalline

3. Le réseau réciproque

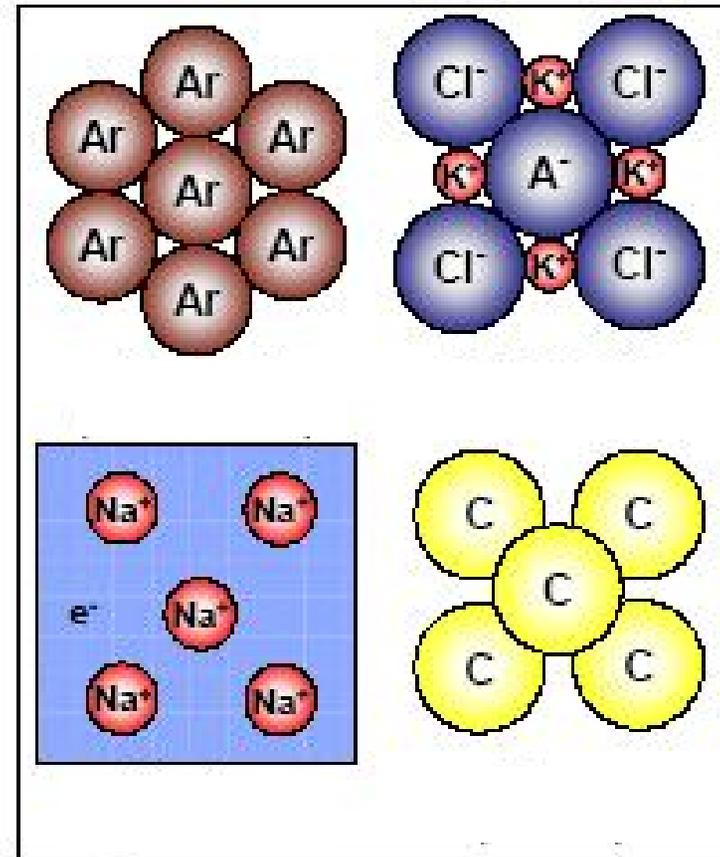
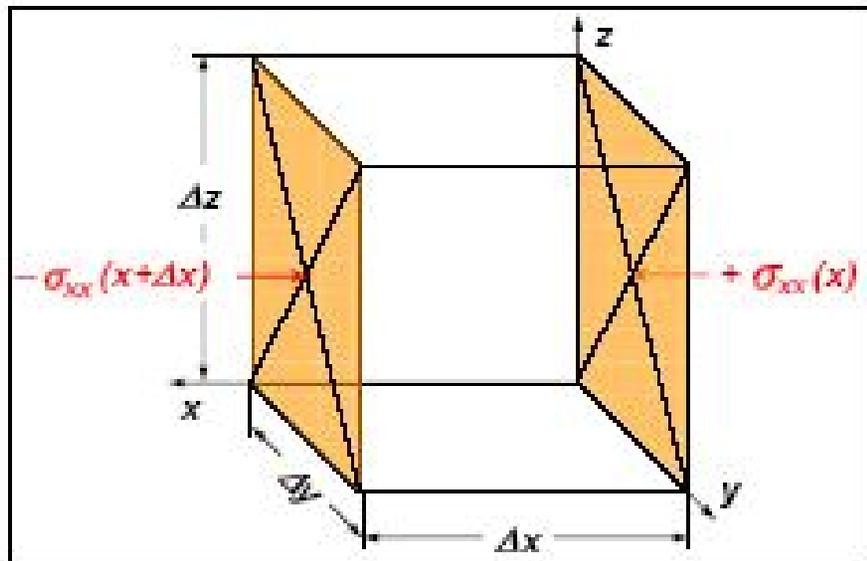


Détermination expérimentale d'une structure : diffraction des électrons, des neutrons et des rayons-X par un réseau cristallin, la loi de Bragg, les méthodes de Laue et de Debye-Scherrer, facteur de forme, facteur de structure.

Les propriétés d'un État solide

4. La Liaison Cristalline

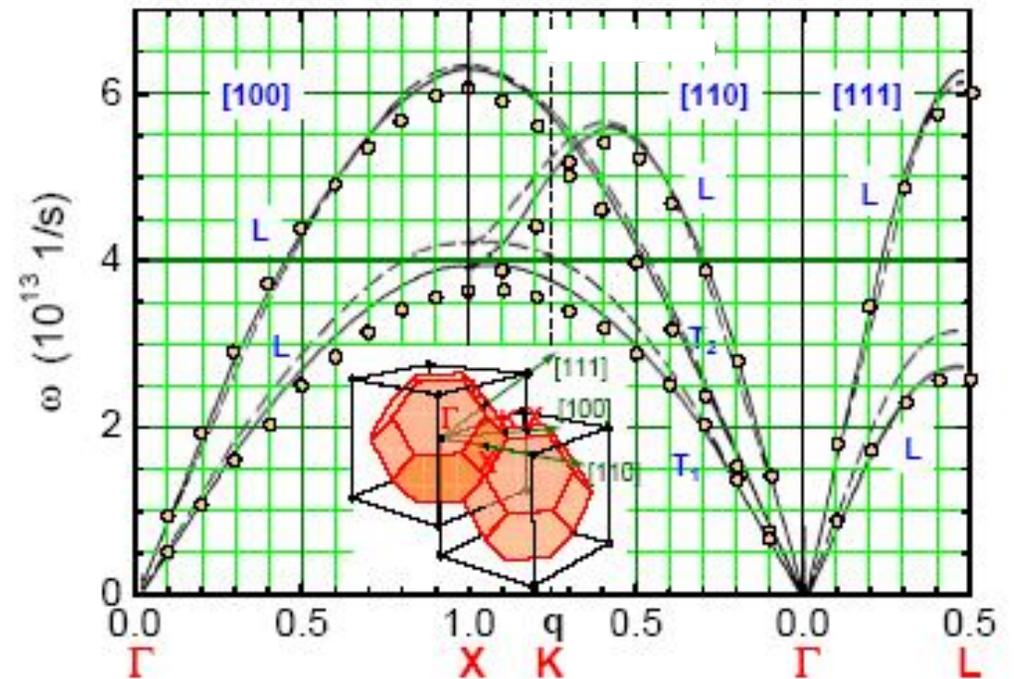
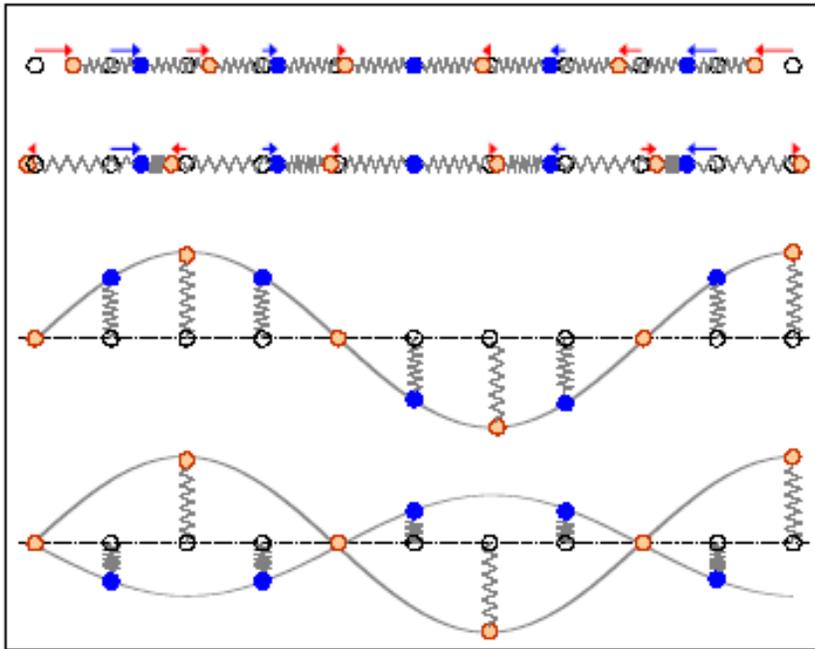
5. Les Constantes élastiques.



Liaisons des solides : Van der Waals, covalente, ionique, métallique et hydrogénique

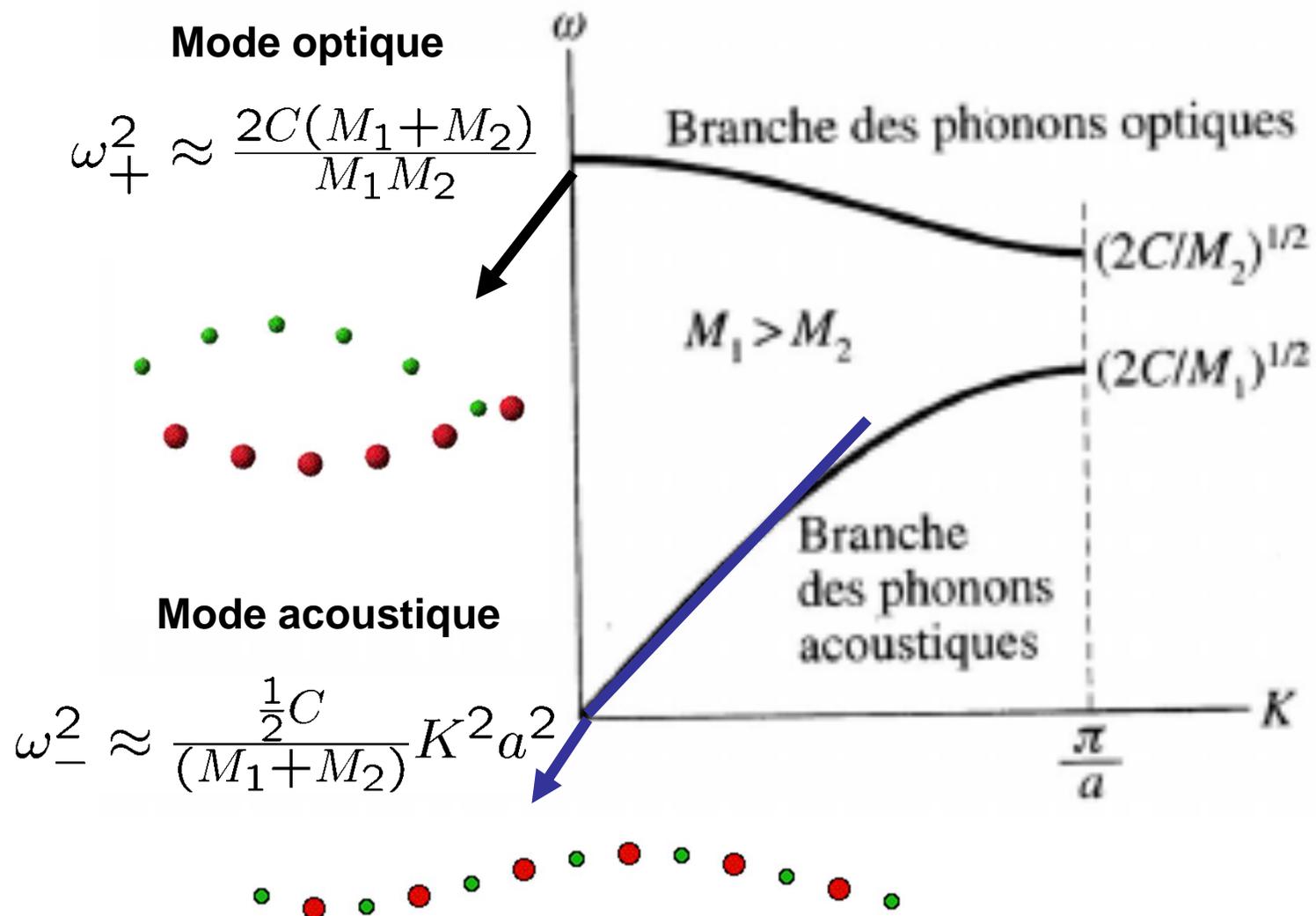
Les propriétés d'un État solide

6. Le Concept de Phonons



Spectre de phonons

Vibrations du réseau (système solide ressorts); phonons



Les propriétés d'un État solide

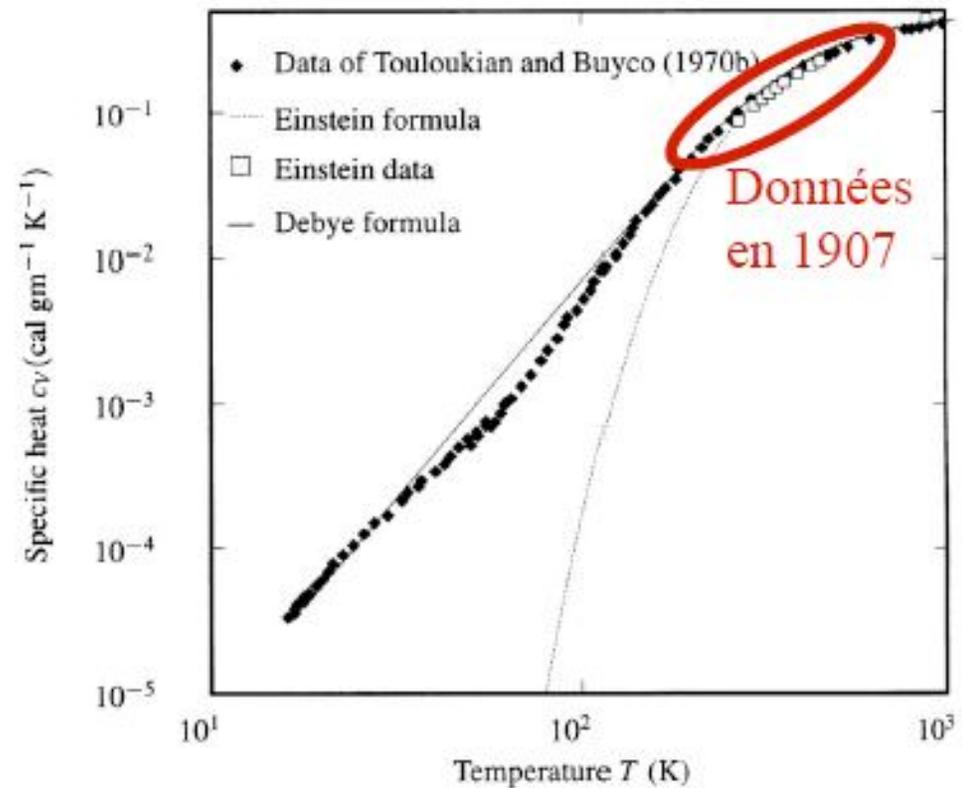
6. Le Concept de Phonons II

propriétés thermiques

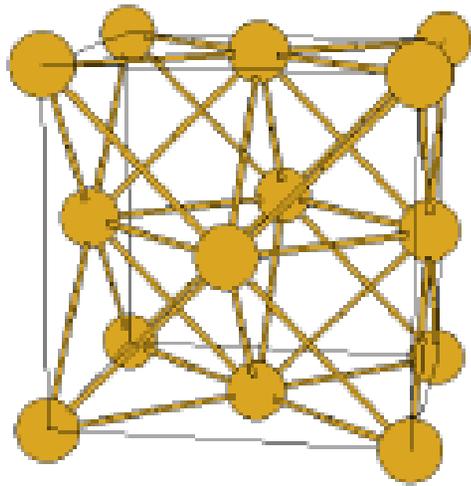


Capacité calorifique;
modèles de Debye et d'Einstein

C_V du diamant



Idée :



Thermodynamique

Théorie de vibration

Énergie thermique

**Valeurs
thermodynamique**

Densité de modes de
vibration

Mécanique quantique

Concept de phonons

C_v
 C_p
....

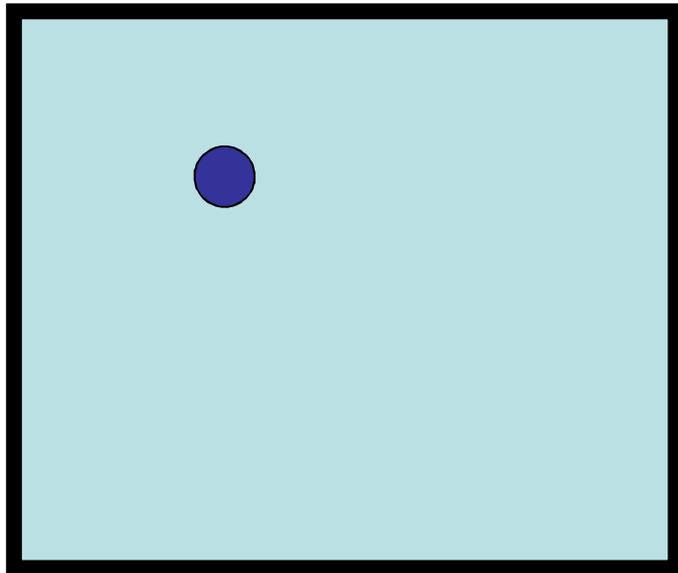
Les propriétés d'un État solide



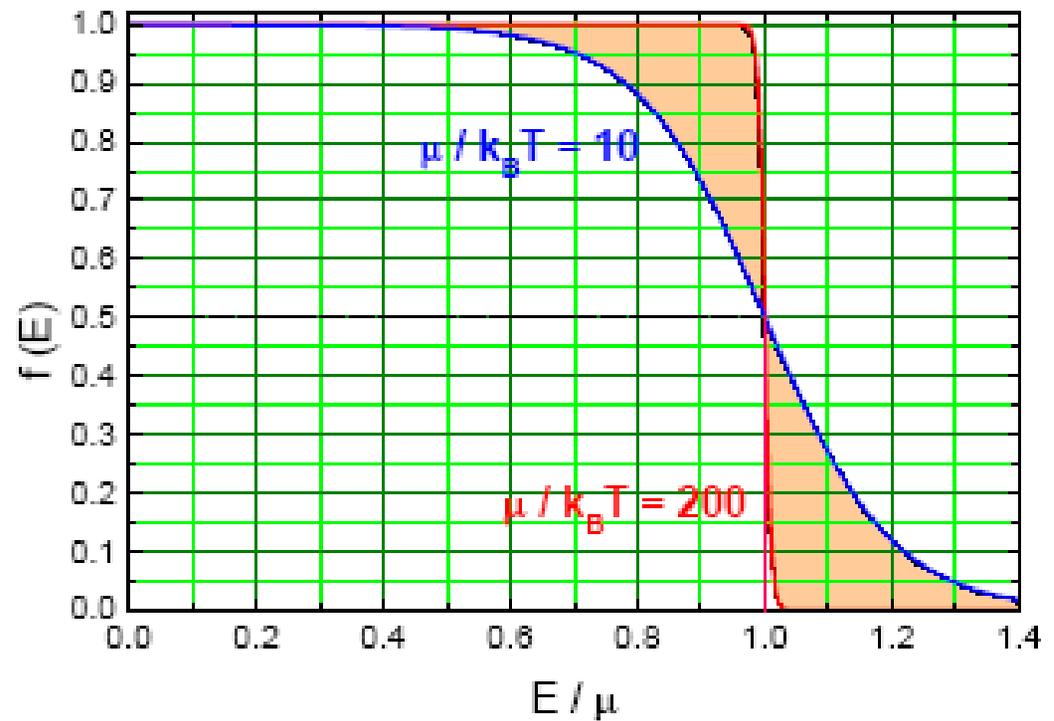
7. Les électrons libres

8. Les densités d'états électroniques

9. L'énergie de Fermi



Gaz des électrons libres de Fermi

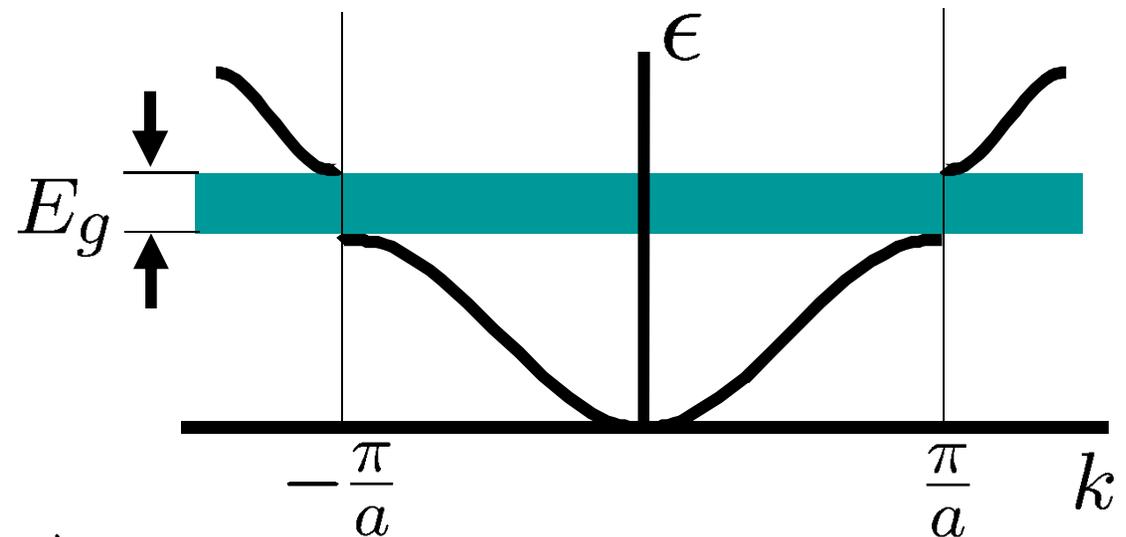
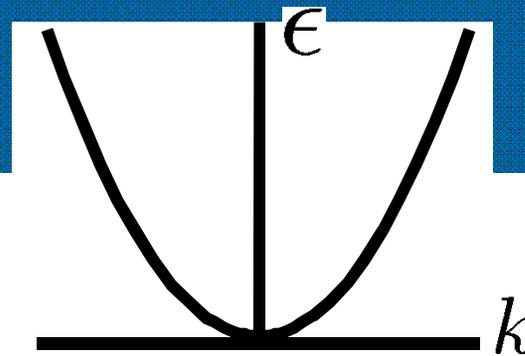
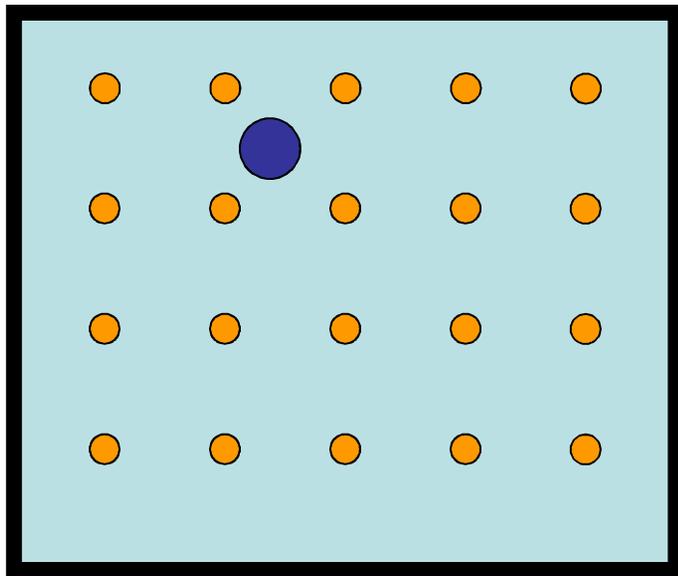


Statistique de Fermi - Dirac

Les propriétés d'un État solide

10. Le modèle des électrons presque libres

11. Les fonctions de Bloch

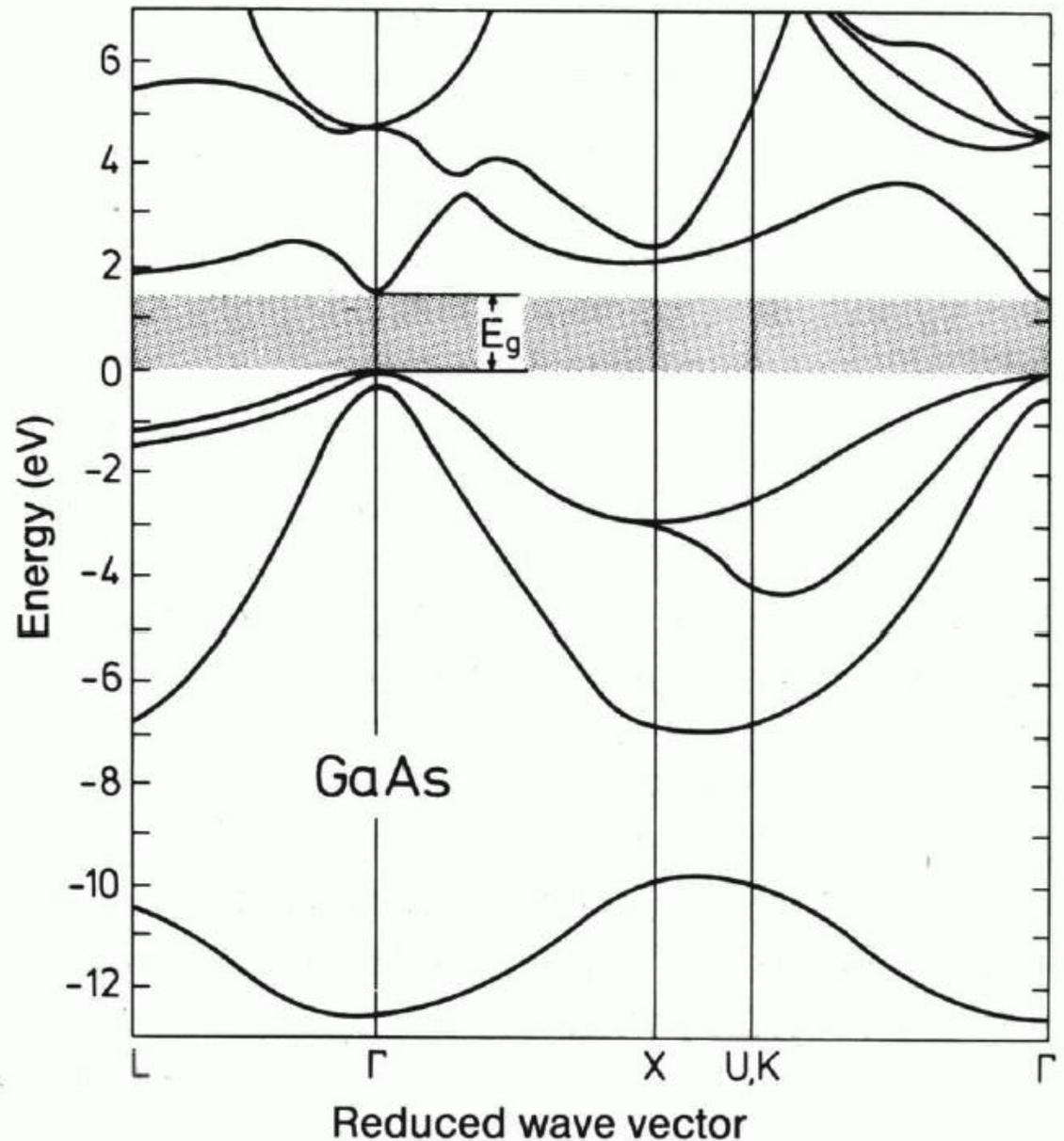


$$\Psi_{\vec{k}} = u_{\vec{k}}(\vec{r}) e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$$

Les propriétés d'un État solide

12. Le modèle de bande

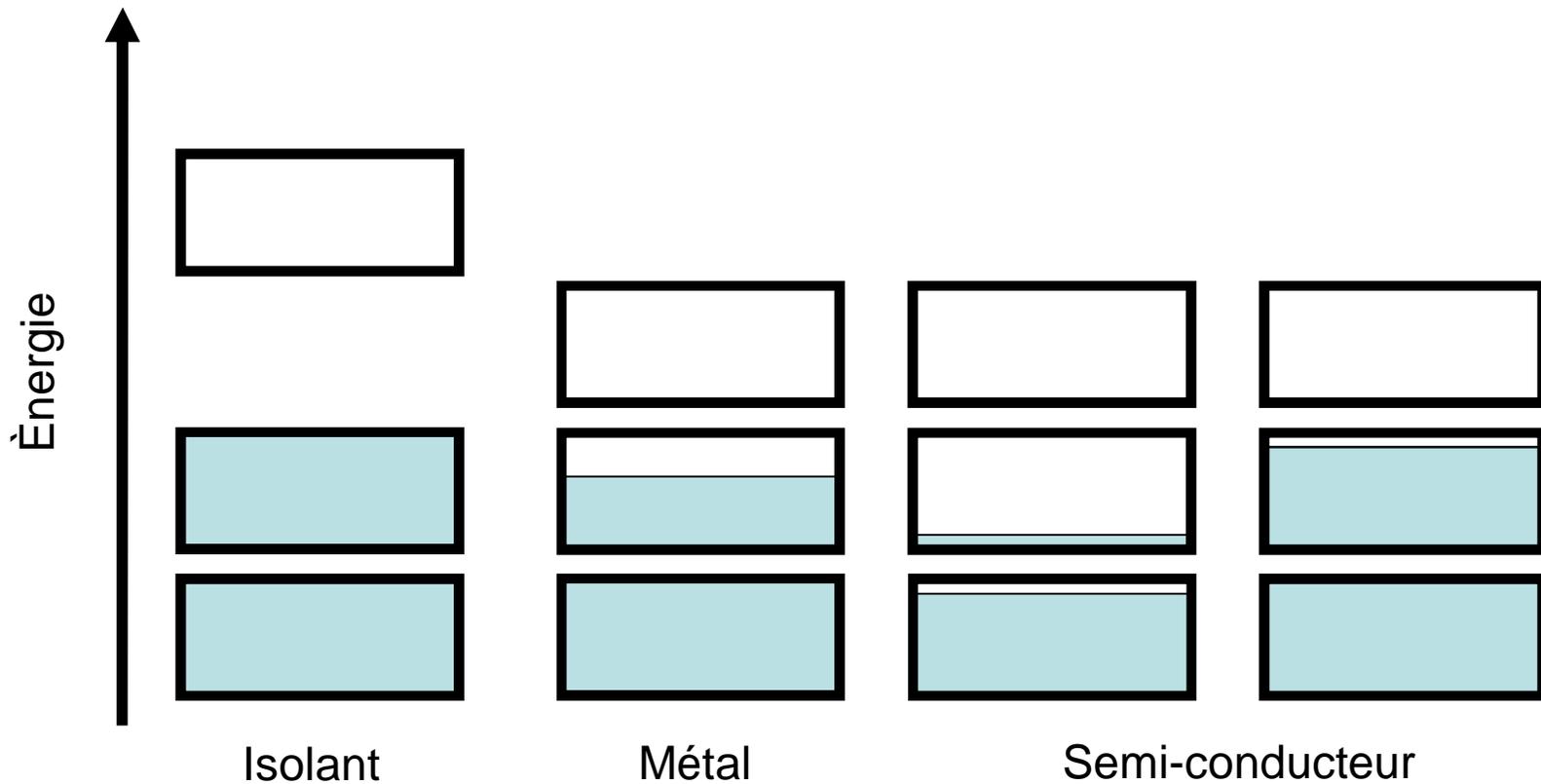
13. La bande interdite



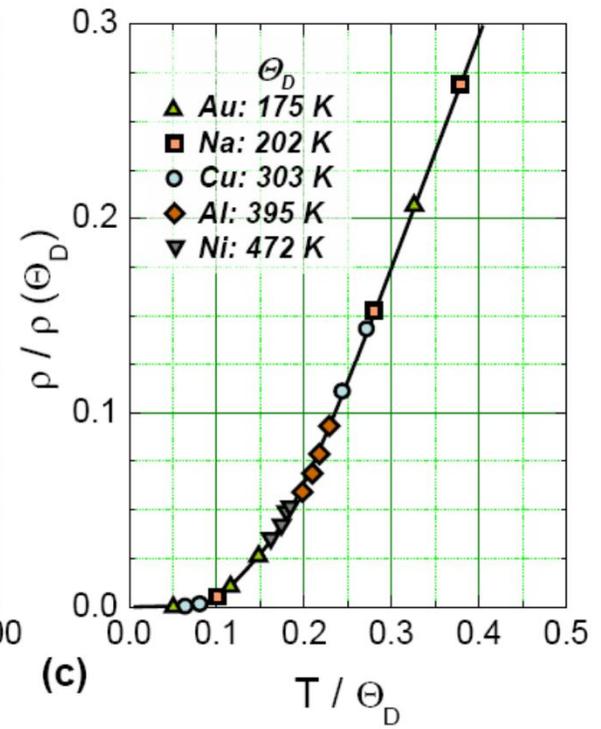
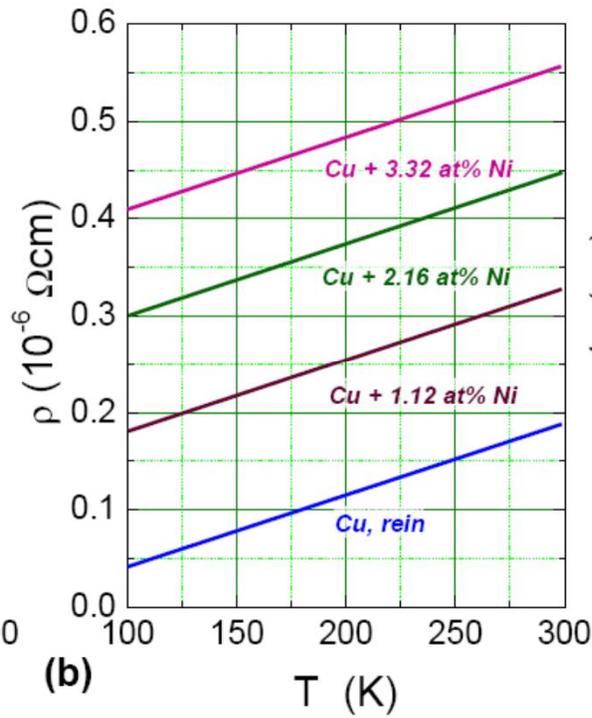
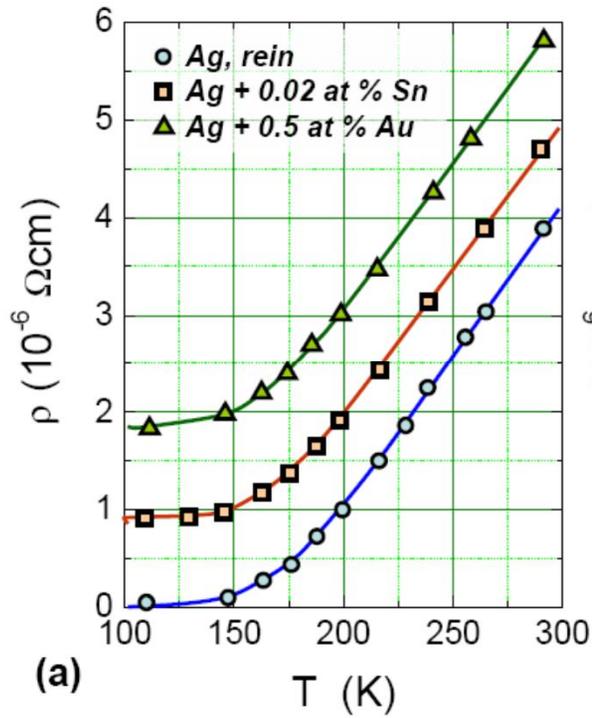
Les propriétés d'un État solide

14. Les bandes de valence et de conduction

15. Le conduction des solides



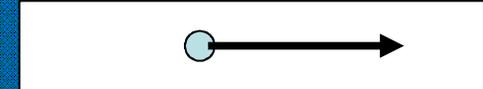
15. Le conduction des solides



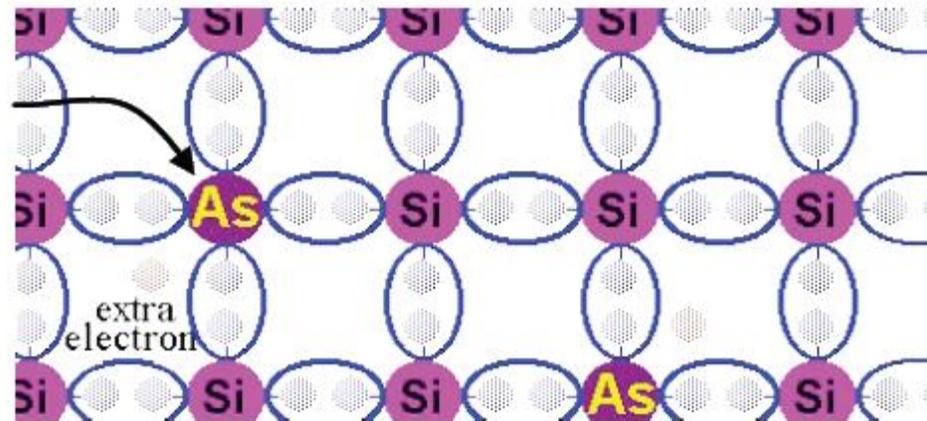
Les propriétés d'un État solide

17. Les trous

18. Les donneurs, les accepteurs

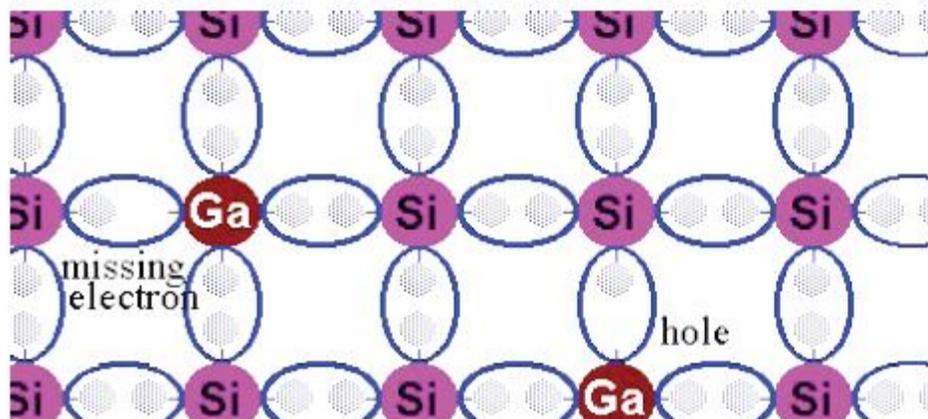


Charge effective +1



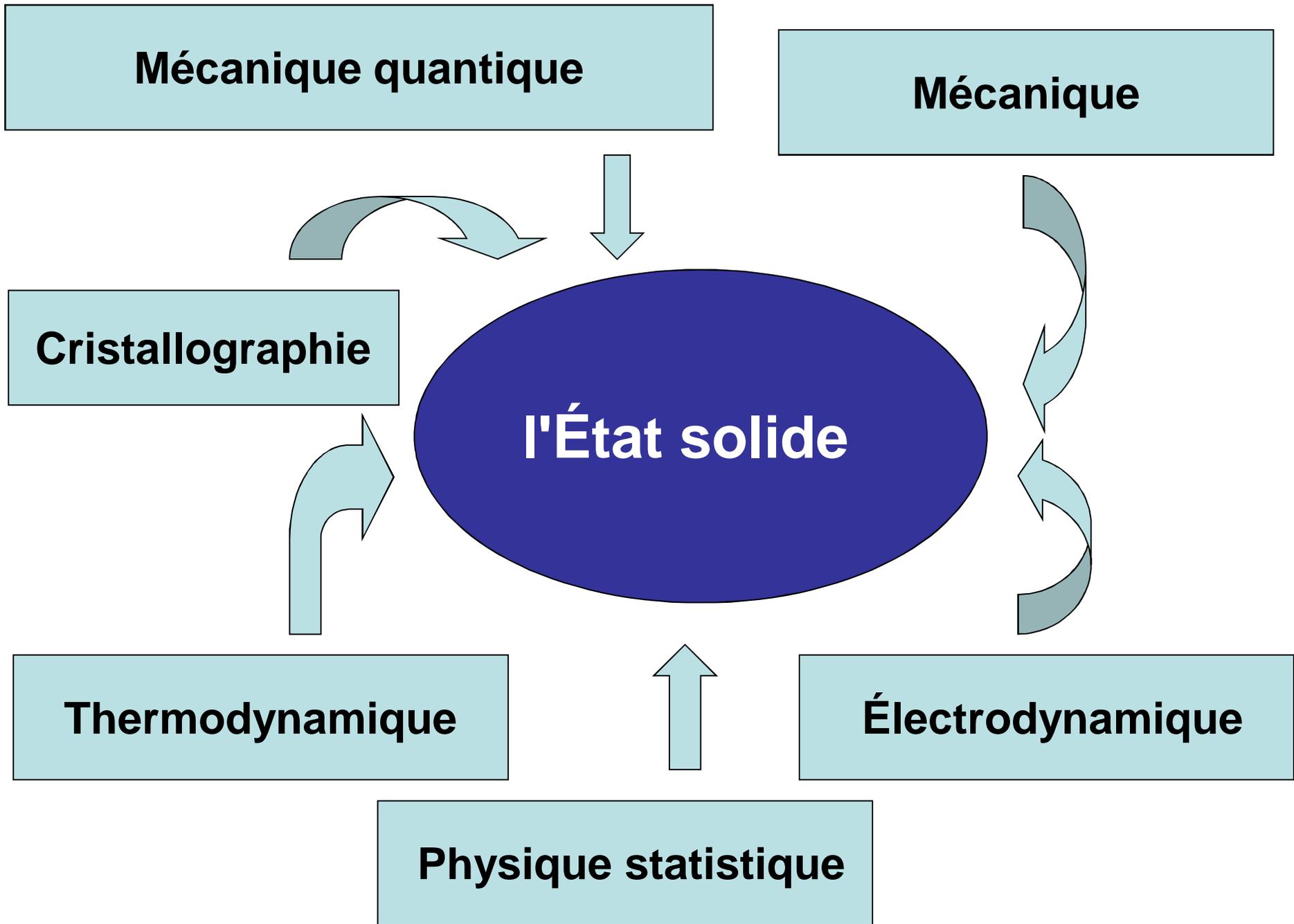
Donneurs:

N, P, As, Sb, ...



Accepteurs:

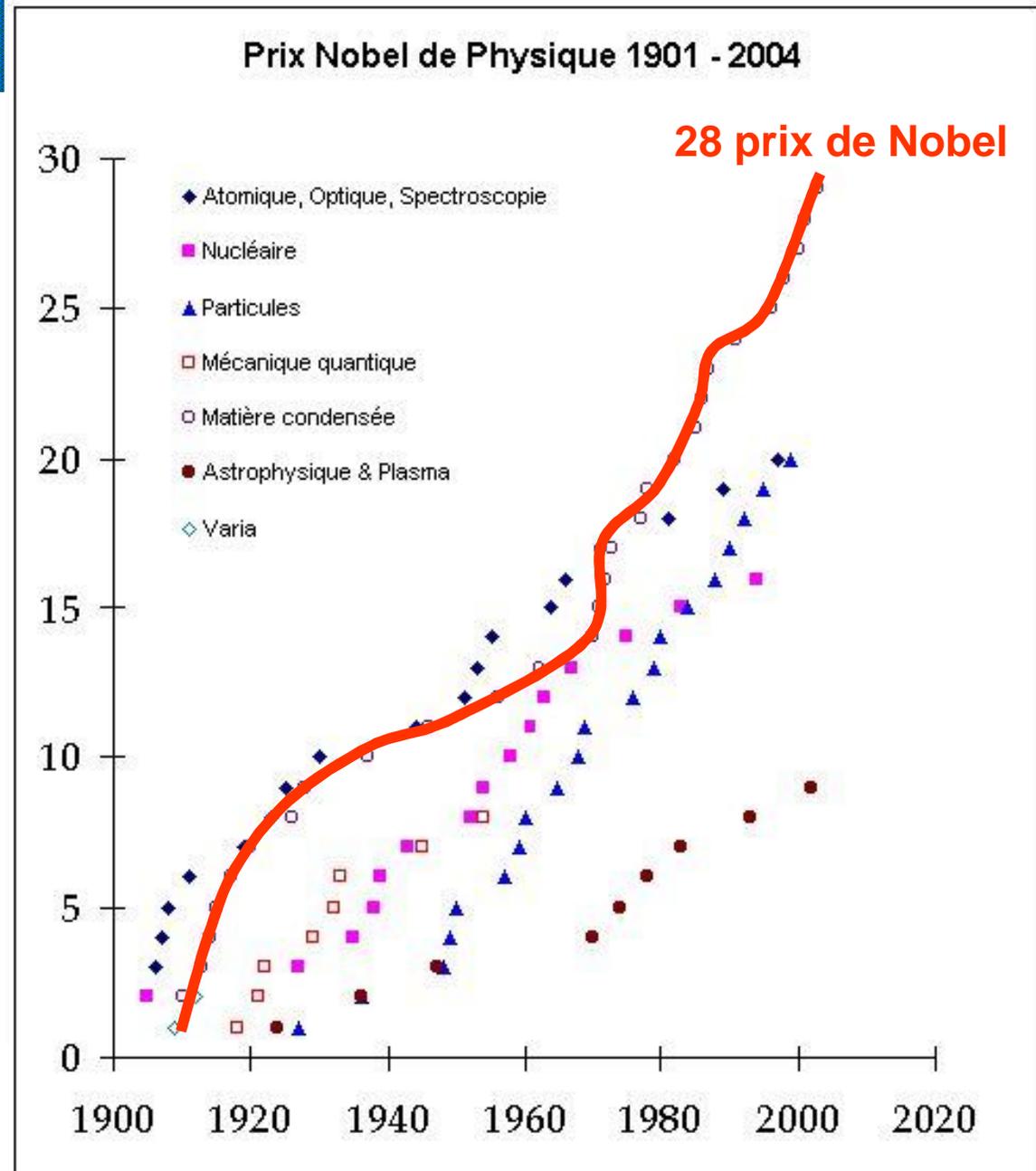
B, Al, Ga, In, ...



Chronologie des Prix Nobel



**1986 Binning
et Rohrer**



Le cours suivant :

Je 9h30 – 10h30

1 Introduction à la cristallographie