

Techniques spectroscopiques

Interactions photon-matière

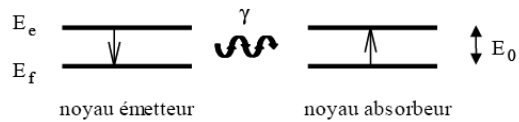
Mössbauer

Qu'est-ce?

La spectroscopie Mössbauer est basée sur la résonance nucléaire sans recul d'isotopes identiques. Un noyau excité va se relaxer par émission d'un rayon γ . Ce rayon γ va exciter un noyau identique qui va lui-même se relaxer par émission d'un rayon γ de même λ . C'est un phénomène de résonance qui ne peut se faire que si les noyaux ne sont affectés par aucun recul qui provoquerait des pertes d'énergie.

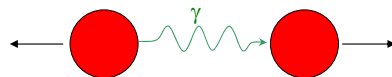
Résonance γ nucléaire

L'absorption est résonante si le photon provoque une transition d'énergie entre les deux mêmes niveaux d'énergie dans le noyau émetteur et le noyau absorbeur.



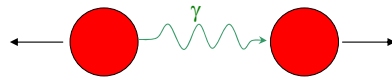
Effet de recul

En théorie, le noyau émetteur et le noyau absorbeur doivent subir un effet de recul lorsque le photon est émis ou absorbé



Effet de recul

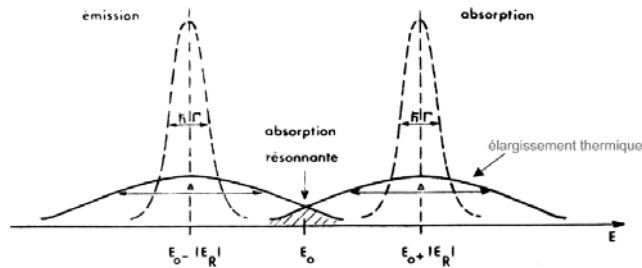
Dans ces conditions le photon doit fournir en plus de la différence entre niveaux énergétiques, deux fois l'énergie correspondant à l'effet de recul .



Forme des raies d'émission et d'absorption

Les raies d'émission n'ont pas une énergie unique, elles ont une dispersion autour d'une valeur moyenne. Cette dispersion est due au principe d'indétermination d'Heisenberg (durée de vie finie du niveau excité) et à l'effet Doppler (agitation thermique).

Condition de résonance



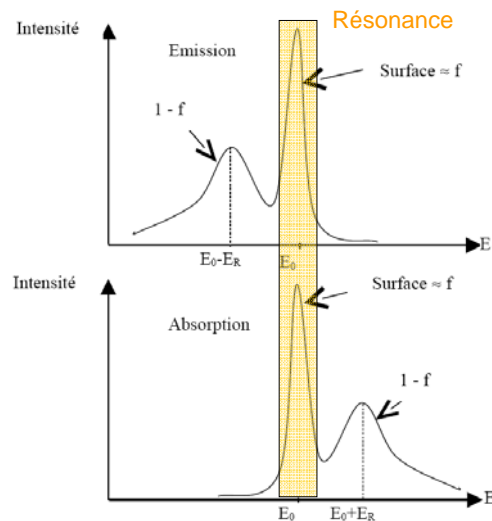
L'élargissement thermique des raies permet un recouvrement. Les basses T devraient limiter la résonance: **ce n'est pas le cas**

Liaison rigide au réseau

Si un noyau est lié de manière rigide au réseau, alors le recul doit affecter tout le système cristallin. La masse du solide rend ce mouvement extrêmement faible, donc le recul nul. Il en va de même pour le noyau absorbeur.

Tous les atomes ont une fraction f qui présente cette caractéristique (f =facteur de Lamb-Mössbauer). f augmente quand T diminue.

f et raies d'émission et d'absorption



Quelles mesures?

La largeur de la raie d'absorption est très faible (10^{-8} eV) par rapport à son énergie (~ 10 keV)

On cherche donc à sonder la variation d'absorption en fonction de l'énergie incidente, avec une très forte résolution sur l'énergie incidente

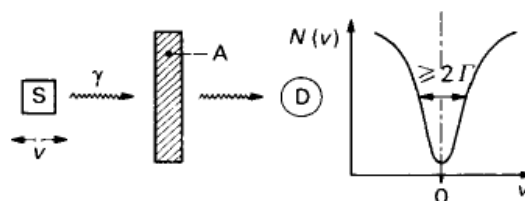
Source γ

La source est composée d'un noyau parent radioactif se décomposant en un noyau fils stable identique à celui analysé (Co^{57} donnant du Fe^{57} pour analyser un échantillon de Fe). Le noyau fils est généralement excité et se relaxe en émettant un rayon γ .

La durée de vie du noyau fils est infinie, donc la raie d'émission est très précise (incertitude d'Heisenberg)

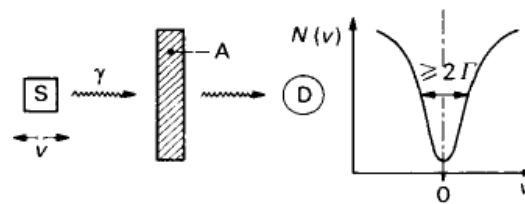
Variation d'énergie de la source γ

On doit mesurer l'absorption en fonction de l'énergie. Pour moduler précisément cette énergie on utilise l'effet Doppler en bougeant la source radioactive.



Spectre Mössbauer

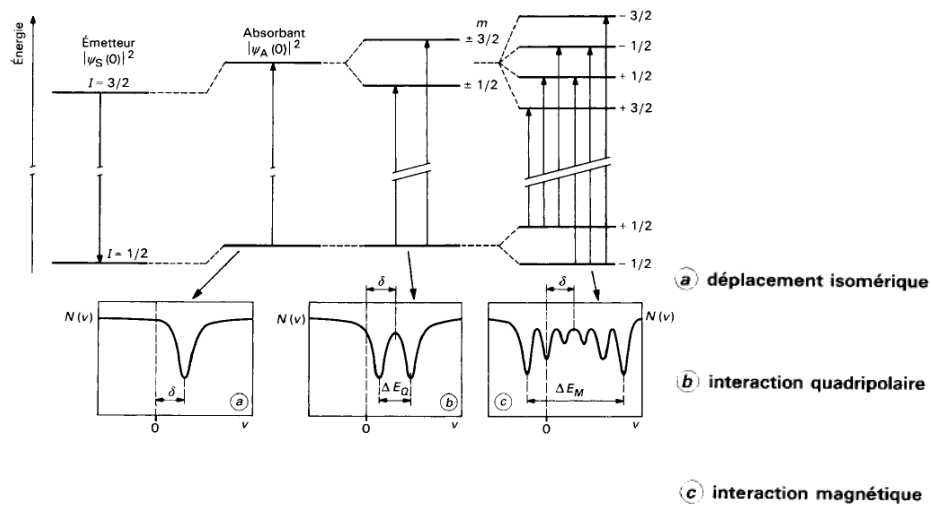
On représente la variation de transmission de flux de photons en fonction de la vitesse de déplacement de la source.



Environnement électrique et magnétique

Les champs électriques et magnétiques extérieurs perturbent les niveaux d'énergie nucléaire. Ils peuvent provoquer des translations ou des levées de dégénérescence

Environnement électrique et magnétique



déplacement isomérique

Interaction monopolaire électrique : c'est l'interaction entre la distribution de charge nucléaire supposée sphérique et la densité de charge électronique contenue dans le volume nucléaire.

Présence plus ou moins important d'e⁻ des couches s dans le volume nucléaire

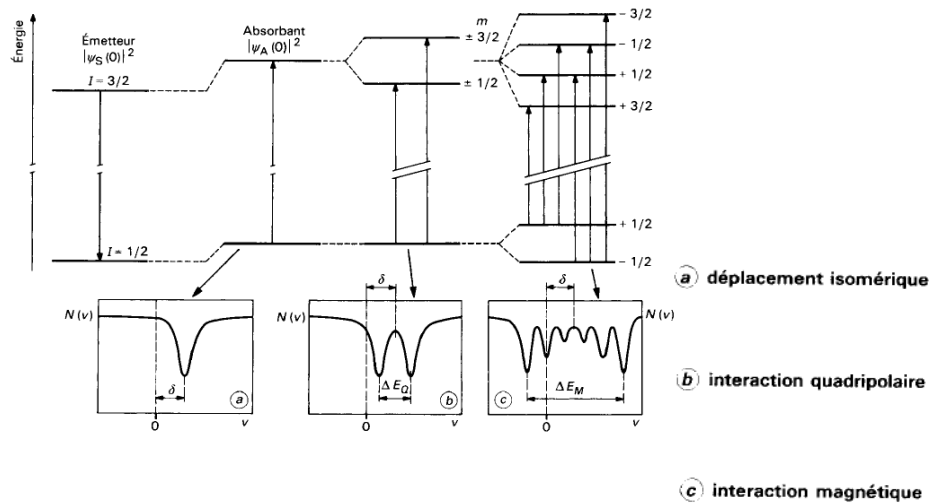
Interaction quadripolaire

Paramètre séparation quadripolaire: cette interaction est due à l'asymétrie de la distribution de charges qui entoure le noyau Mössbauer. Cette asymétrie peut provenir de l'asymétrie de la distribution de charges électroniques de la couche de valence de l'atome et de l'asymétrie de la distribution de charges extérieures à l'atome.

Interaction magnétique

Paramètre champ magnétique effectif : cette interaction est due à l'induction magnétique créée au noyau par son environnement électronique (Induction magnétique hyperfine) à laquelle peut s'ajouter une induction magnétique extérieure. L'induction totale est appelée induction magnétique effective.
L'interaction du moment magnétique peut lever la dégénérescence du niveau nucléaire par effet Zeeman.

Environnement électrique et magnétique



Faisabilité de la Spect. Möss.

Facteur f suffisamment important

Phase solide

Existence d'un isotope radioactif père de demie-vie suffisante.

Quelques isotopes analysables

Isotopes Mössbauer	E ₀ (keV)	E _R (eV)	Parents radioactifs	½ durée de vie du parent	Source	f (%)
⁵⁷ Fe	14,4	1,957.10 ⁻³	⁵⁷ Co	270 j	Cu	71 (ambiante)
⁶¹ Ni	67,4	3,999.10 ⁻²	⁶¹ Cu	3,3 h	Ni	90 (80°K)
⁶⁷ Zn	93	6,931.10 ⁻²	⁶⁷ Ga	78 h	ZnO	0,5 (4°K)
¹¹⁹ Sn	23,9	2,572.10 ⁻³	^{119m} Sn	245 j	SnO ₂	70 (ambiante)
¹²¹ Sb	37,2	6,124.10 ⁻³	^{121m} Sn	> 5 ans	Sn	4,5

Bibliographie

Techniques de l'ingénieur: TI-p2600

Rapport de stage Cyril Dupeyrat

http://www.spectrosciences.com/IMG/pdf/EtudeTh_Spectro_Mossbauer.pdf