



ECOLE D'ÉTÉ GN-MEBA

Bordeaux 3-7 juillet 2017

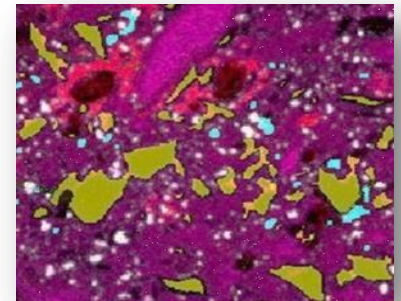
C07

Microscopie Electronique à
Balayage et Microanalyses

TECHNOLOGIE EDS ET TRAITEMENT DES SPECTRES

Fabrice GASLAIN

*Centre des Matériaux
MINES ParisTech
91-Evry*



Spectrométrie de rayons X à sélection d'énergie EDS (Energy Dispersive Spectrometry) - Petite histoire



1968

Détecteur EDS
Si(Li) ou Ge
Chaîne analogique



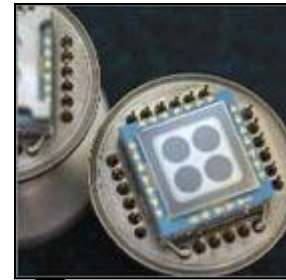
1994

Détecteur EDS
Si(Li) ou Ge
Chaîne numérique



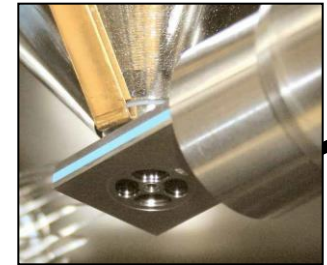
1997

Détecteur EDS
SDD



2006

Détecteur EDS
SDD multiple

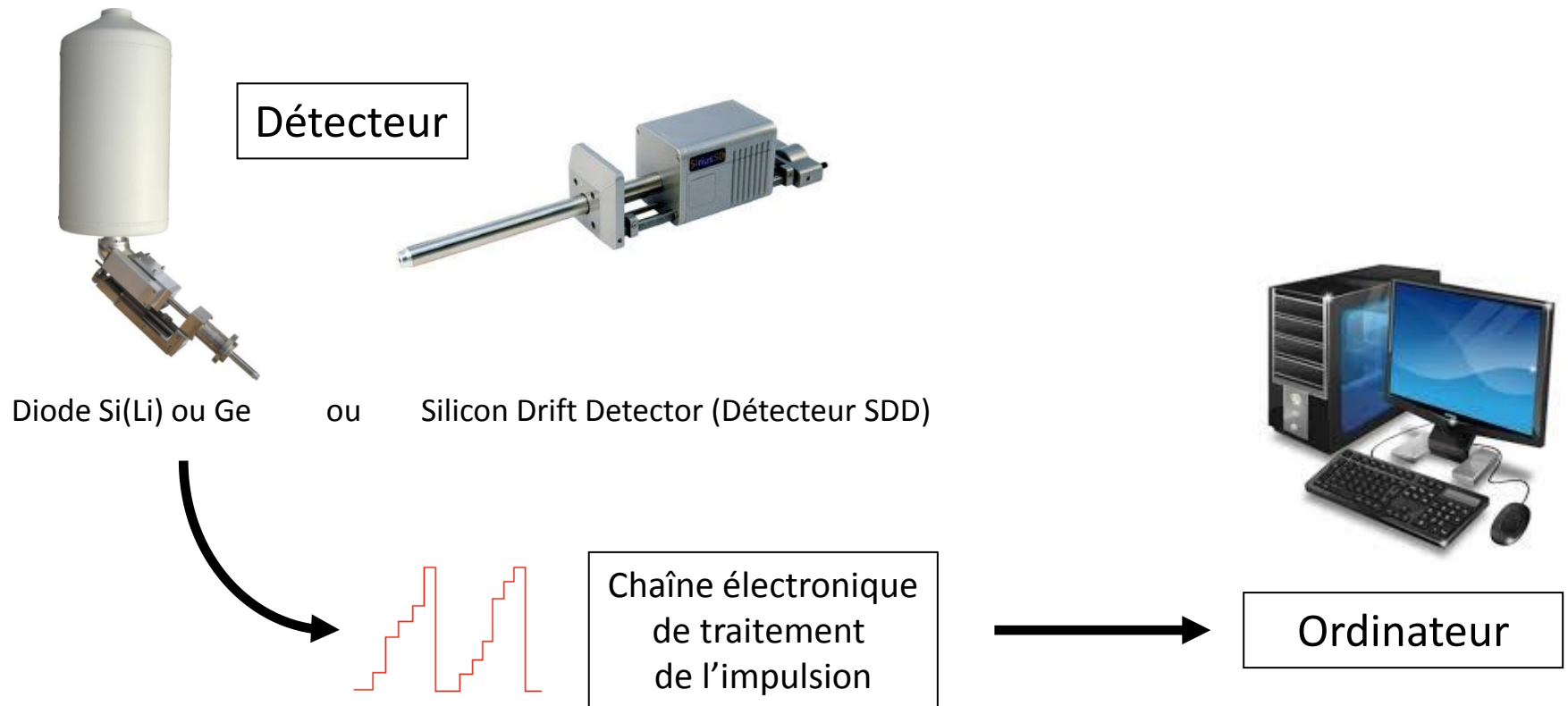


2010

Détecteur EDS
SDD multiple
annulaire

- A partir de 2002 : Le détecteur EDS à technologie SDD se développe rapidement.
- Depuis 2010, le détecteur Si(Li) peut être considéré comme obsolète et est totalement supplanté par les détecteurs SDD.

Spectrométrie de rayons X à sélection d'énergie EDS

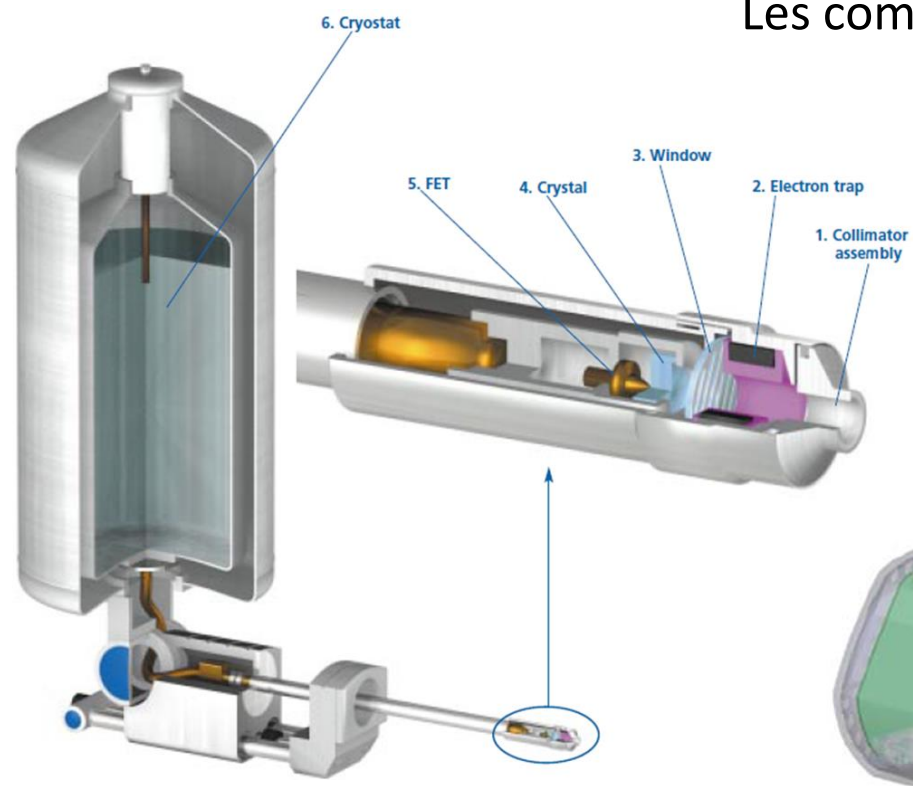


Chaîne de traitement numérique depuis 1994

1 – Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

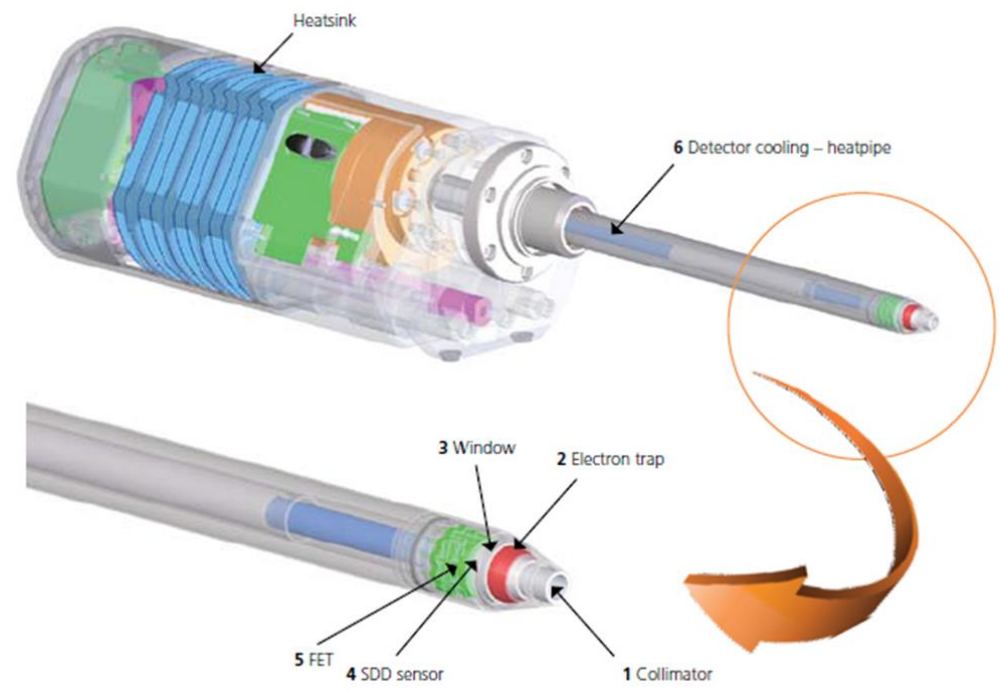
1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Les composants



Diode Si(Li) ou Ge

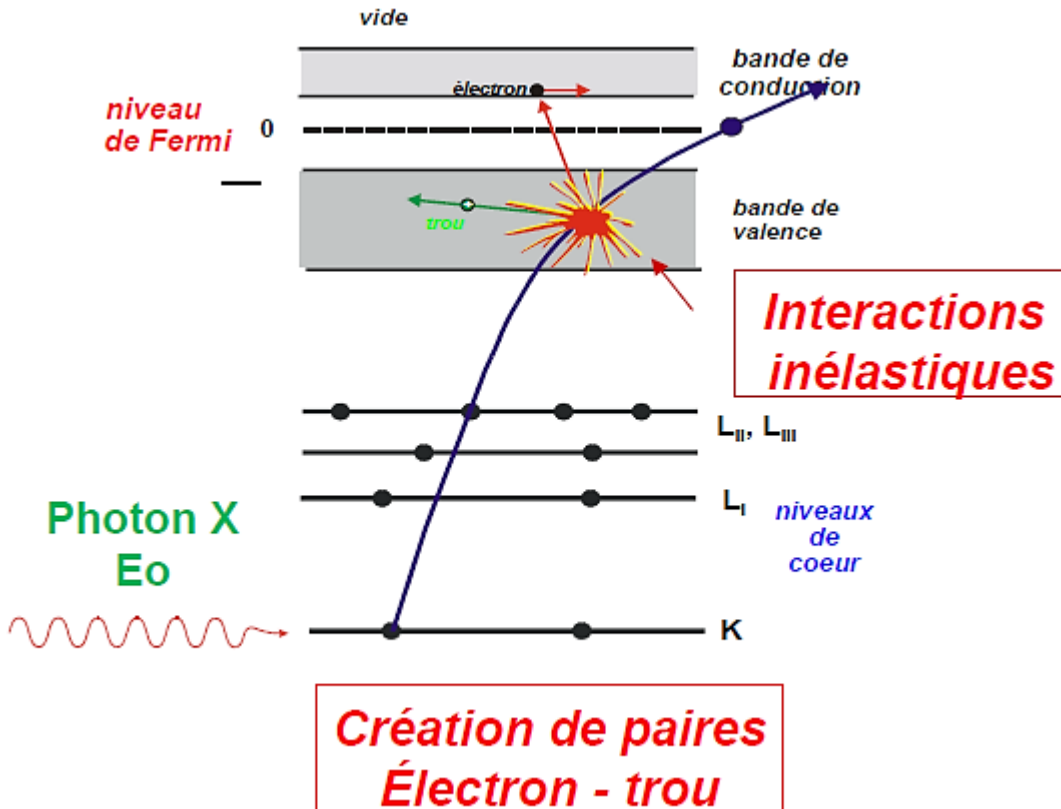
Silicon Drift Detector (Détecteur SDD)



Source : Oxford Instruments

1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Lorsqu'un photon X, d'énergie E_0 , pénètre dans le détecteur, il est absorbé par ionisation d'un atome du cristal → génération d'une paire électron-trou.



Énergie moyenne ϵ de création d'une paire électron-trou :

Si : 3,62 eV

Ge : 2,38 eV

Nombre moyen de paires électron-trou engendrées :

$$n = E_0 / \epsilon$$

Charge électrique moyenne libérée :

$$Q = e E_0 / \epsilon$$

Charge Q proportionnelle à l'énergie E_0 du photon incident.

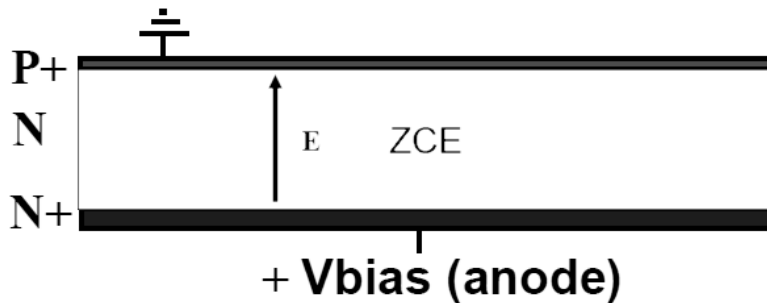
La durée de vie d'une paire est faible et la recombinaison rapide, mais il faut l'éviter !

1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Structure et fonctionnement d'une diode Si(Li) ou Ge

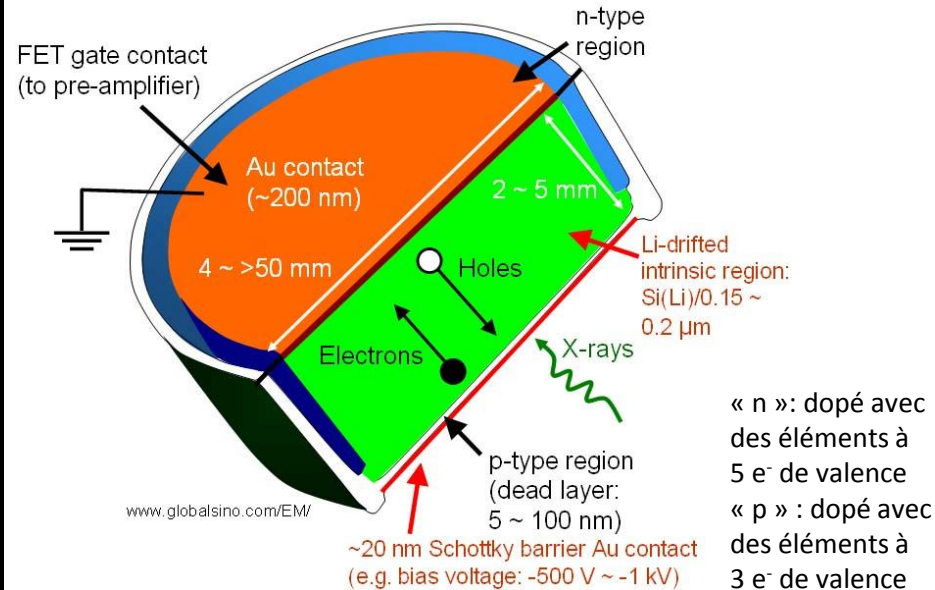
Structure d'une diode Si(Li) ou Ge :

Jonction entre 2 semi-conducteurs dopés différemment



- En appliquant une tension sur l'anode on crée une Zone de Charges d'Espace (ZCE).
- **Si cette tension est suffisamment élevée,** le détecteur est totalement déplété (c.à.d. : sensible - vidé de ses porteurs majoritaires).
- Dans le cas d'une diode Si(Li), la zone déplétée correspond globalement à la région intrinsèque « i ».

Fonctionnement :



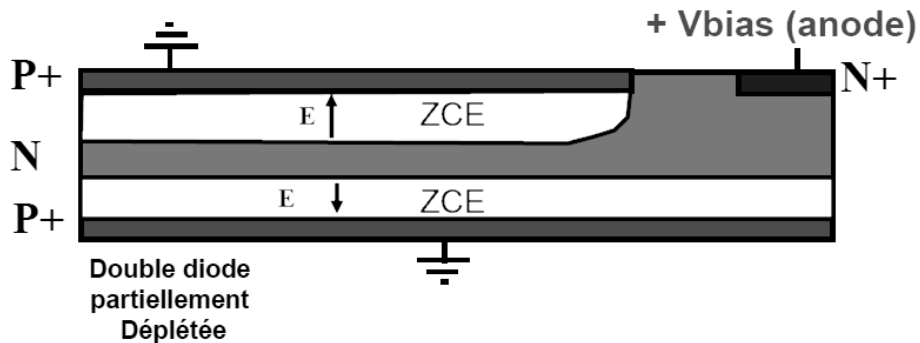
- Dans une diode, pour éviter la recombinaison :
 - les électrons générés vont migrer vers l'anode
 - les trous migrent vers l'électrode P+
- **Accumulation des charges : la diode se comporte comme une capacité**

1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Structure et fonctionnement d'un détecteur SDD

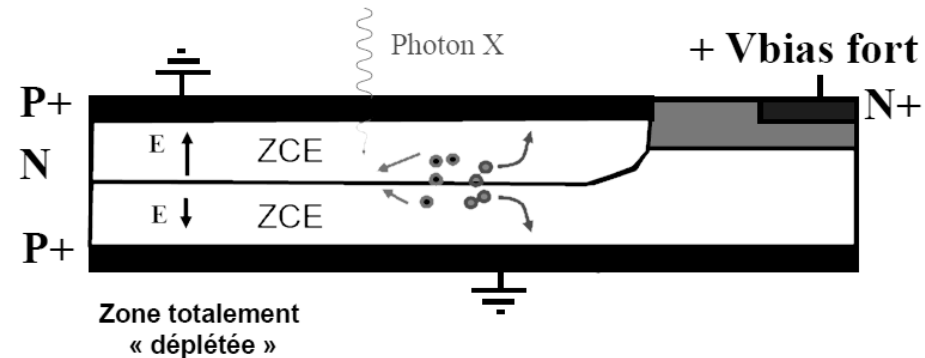
Structure d'un détecteur SDD :

2 diodes dos à dos sur les deux faces d'un substrat de Si (wafer).



- Contrairement à une diode, l'anode, qui va collecter les électrons (paires électron-trou), n'a pas besoin de couvrir toute la surface du détecteur pour être efficace.
- En appliquant une tension sur l'anode on crée 2 ZCE séparées par une zone semi-conductrice non déplétée.
- Si la tension à l'anode est suffisamment élevée, le détecteur est totalement déplété.

Fonctionnement :

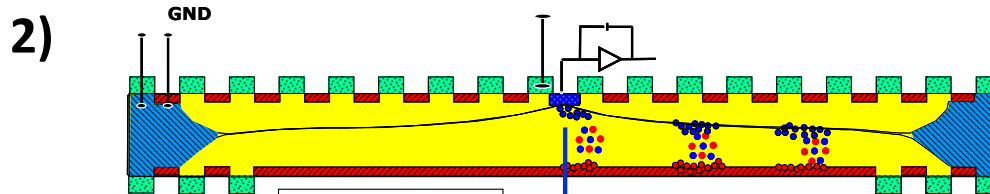
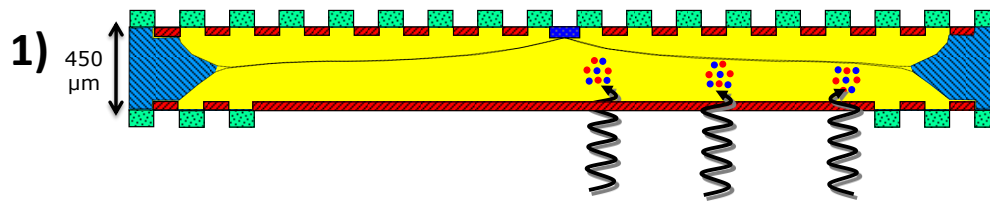


- Dans un détecteur SDD, pour éviter la recombinaison :
 - les électrons générés vont migrer dans une vallée de potentiel
 - les trous dérivent (ou « driftent ») vers l'électrode P+
- **Mais comment ça marche ?**

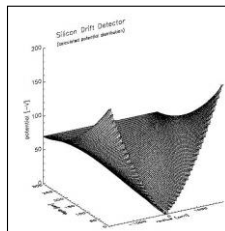
1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Fonctionnement d'un détecteur SDD

- Autour de l'anode centrale une série d'anneaux concentriques polarisés forme un champ électrique parallèle à la surface, qui crée un potentiel et canalise les électrons entre les 2 ZCE et les dirige vers le centre du détecteur où se trouve l'anode.
- **Le champ électrique agit alors comme une sorte « d'entonnoir » qui conduit les charges électriques vers le centre du détecteur.**
- La conformation du champ imposée par les anneaux entraîne les électrons vers l'anode centrale alors que les trous sont collectés vers la cathode ou vers les anneaux.



- **Accumulation des charges : le but recherché est de réduire au minimum la surface de collection afin de réduire la capacitance de la photodiode.**



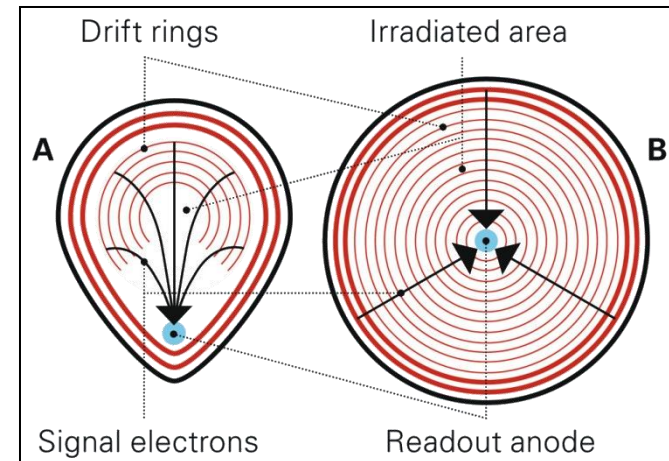
Source : Ketek

1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Les différents types de SDD

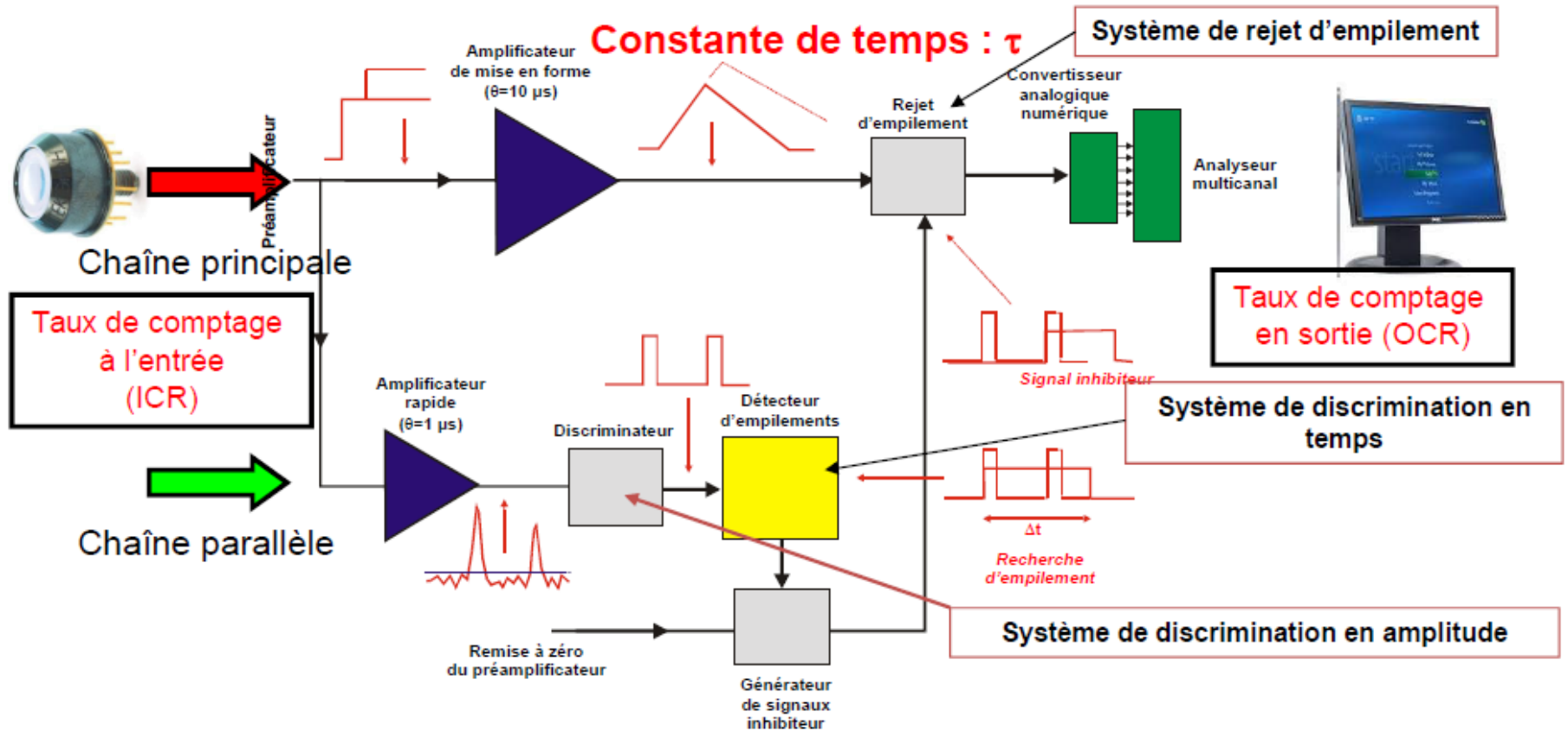
Différentes géométries et différentes électroniques :

- **Détecteur radial avec anneaux concentriques - B**
 - Pour les grandes surfaces (30 mm² et plus)
- **Forme en “goutte” (Droplet rings) - A**
 - Meilleure résolution (123-121 eV @ 5,9 keV)
 - Rapport pic sur fond continu (P/B) élevé
 - Réservée aux petites surfaces (10 mm²)
- **Avec transistor FET intégré**
 - Résolution améliorée et capacité de comptage accrue
- **Avec un transistor FET “externe”**
 - Le bruit électronique est réduit (protégé du flux de photons X)
 - Rapport P/B élevé



1 - Généralités sur les détecteurs semi-conducteur EDS

Chaîne électronique détaillée du traitement de l'impulsion



Schématiquement, deux chaînes électroniques en parallèle :

- chaîne principale de traitement de l'impulsion avec amplificateur de mise en forme (constante de temps)
- chaîne de traitement parallèle avec amplificateur rapide :
 - système de discrimination en amplitude (seuillage du bruit, taux de comptage à l'entrée)
 - système de discrimination en temps (détecteur d'empilement)
 - bouclage sur la chaîne principale

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

1. Résolution spectrale ΔE en énergie (eV) :

- Plus petite différence d'énergie ΔE capable d'être distinguée (pouvoir de séparation de 2 photons différant d'une énergie ΔE).
- Définition équivalente : largeur totale à mi-hauteur (FWHM, Full Width Half Maximum) des raies spectrales.

2. Efficacité de détection η :

- Capacité à détecter des photons d'énergie E .
- Si $\eta(E)=1$ signifie que 100% des photons d'énergie E qui arrivent sur le détecteur produisent un signal mesurable.

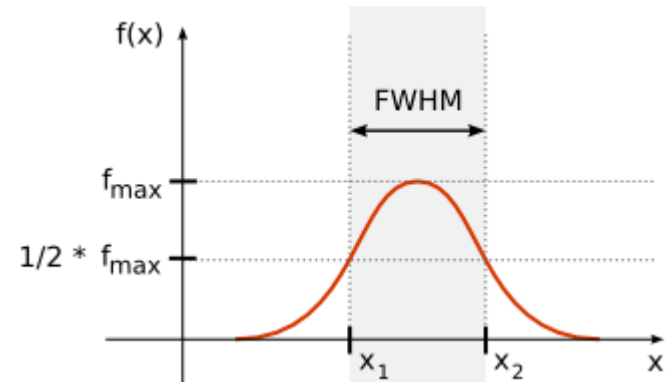
3. Capacité de comptage f_c en coups/s :

- $\tau_c = 1 / f_c$: plus petit intervalle de temps entre l'arrivée de deux photons capable d'être distingués (pouvoir de séparation de 2 photons arrivant dans un intervalle de τ_c).

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Détermination de la résolution spectrale ΔE

Pour un détecteur à semi-conducteur –
largeur à la mi-hauteur du pic (en eV) ou FWHM
(Full Width at Half Maximum) :



$$\text{FWHM}(E) = \Delta E = \sqrt{(Eb)^2 + \Delta E_0^2}$$

Le bruit électronique

- Dépend du signal processeur (pré amplification avec un transistor FET).
- Dépend du convertisseur Analogique-Digital (ADC).

**La résolution intrinsèque
du détecteur ΔE_0**

- Dépend des fluctuations statistiques liées au mécanisme de conversion (statistique de Poisson).
- Dépend du phénomène de perte de collecte de charge (ICC) → effet de « Tailing ».

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Résolution intrinsèque ΔE_0 :

$$\Delta E_0 = 2,355 \sqrt{F \varepsilon E_0} \quad (\text{largeur naturelle du pic})$$

Facteur de Fano $F = 0,05$ à $0,1$ ($0,1$ pour Si)

ε : énergie moyenne de création d'une paire ($3,62$ eV pour Si)

E_0 : énergie du photon caractéristique

La résolution intrinsèque sur la raie $K\alpha$ Mn est :

$$\rightarrow \Delta E_0 (\text{MnK}\alpha) = 120 \text{ eV FWHM}$$

Aujourd'hui, certains SDD sont proches de la résolution intrinsèque !

Bruit électronique :

Expression de la Charge Equivalente de Bruit (CEB) ou Equivalent Noise Charge (ENC)

$$N = 2,355 \cdot \varepsilon \cdot \text{ENC} \quad (\text{unité : électron r.m.s.})$$

indépendante de E_0 mais... dépendante du détecteur et du traitement du signal.

ENC est la somme quadratiques de 3 contributions indépendantes :

$$\text{ENC}^2 = \text{ENC}_s^2 + \text{ENC}_{//}^2 + \text{ENC}_{1/f}^2$$

ENC_s^2 est le bruit électronique série

$\text{ENC}_{//}^2$ est le bruit parallèle dû au courant de fuite

$\text{ENC}_{1/f}^2$ est le bruit électronique basse fréquence

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Equivalent Noise Charge (ENC) :

Les 3 contributions ENC sont données par :

$$ENC_s^2 = A \cdot C_t^2 / \tau_p$$

$$ENC_{//}^2 = B \cdot I^2 * \tau_p$$

$$ENC_{1/f}^2 = C \cdot C_t^2$$

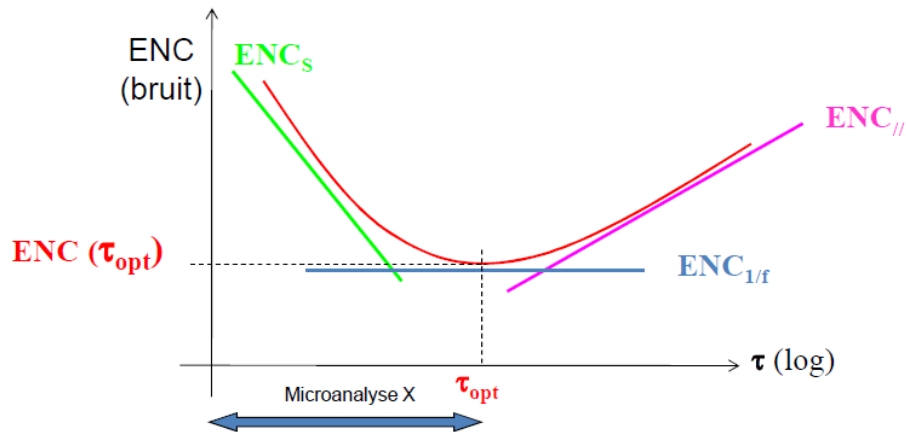
C_t est la valeur de la capacité totale du système (détecteur et pré amplificateurs)

i est le courant de fuite (fonction de la température,...)

τ_p est la constante de temps du traitement du signal

A, B, C constantes (qui dépendent des " facteurs de forme ")

Evolution du bruit en fonction de la constante de temps :



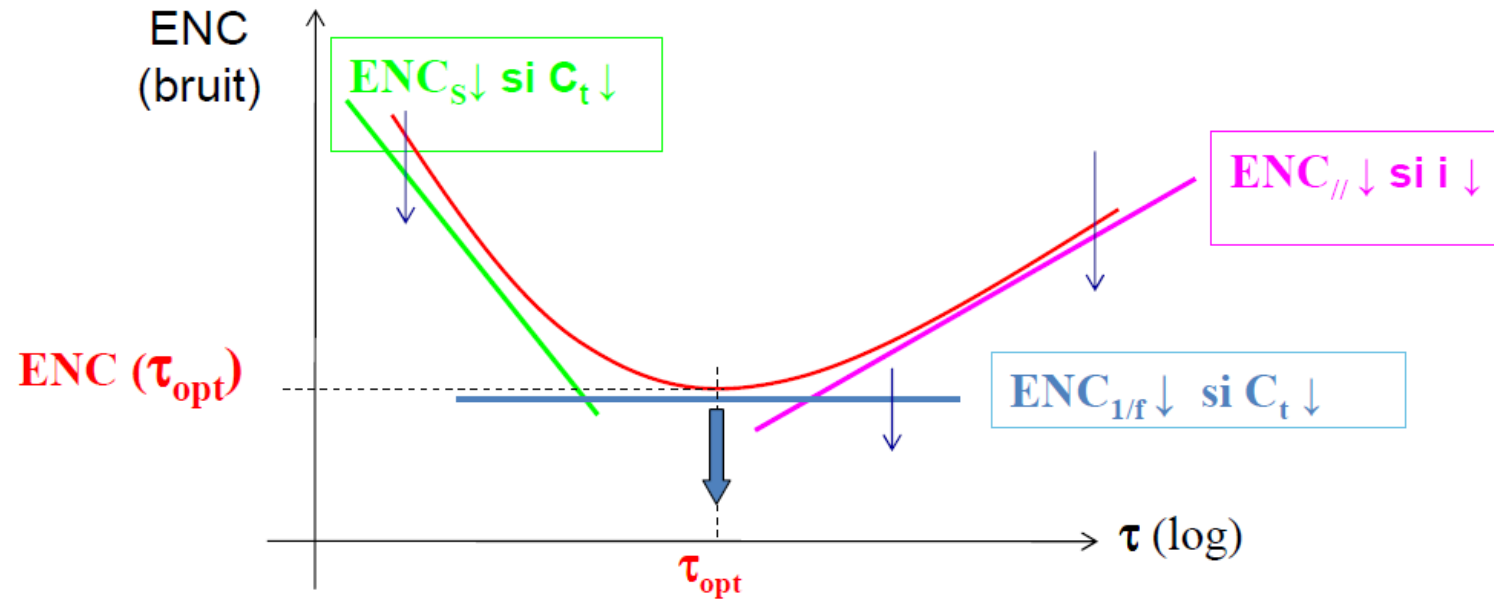
Il existe une valeur optimale de la constante de temps (τ_{opt}) qui minimise la charge équivalente de bruit et qui de ce fait optimise la résolution.

Variation schématique de la Charge Equivalente de Bruit du détecteur en fonction de la constante de temps

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Comment améliorer la résolution ?

Réduire le bruit électronique est le meilleur moyen d'améliorer la résolution.



La diminution de la capacité C_t du détecteur et de son courant de fuite i réduit le bruit ENC (τ_{opt}) et donc améliore la résolution.

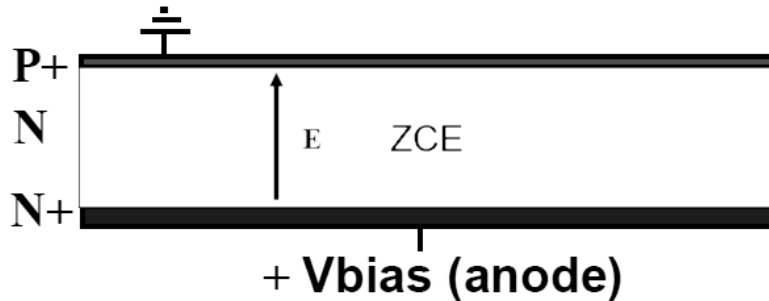
Classiquement : entre 121 eV et 130 eV (FWHM MnK α).

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

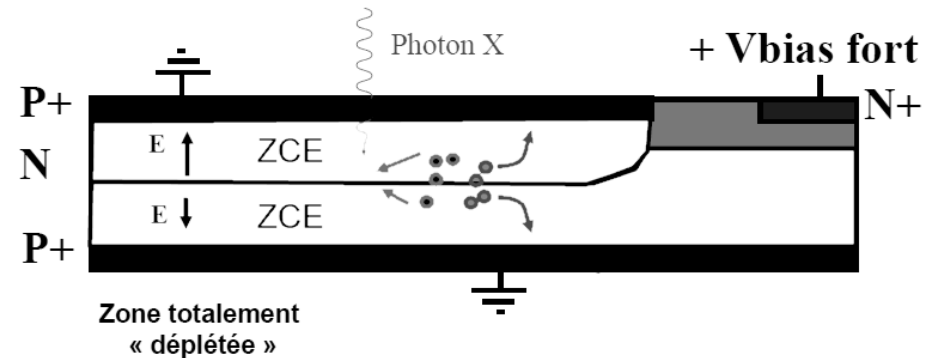
Avantages d'un détecteur SDD par rapport à une diode

1. Une faible capacité C_t , définie principalement par la surface de l'anode :

Pour une diode, l'anode correspond à toute la surface de la face arrière ($\geq 10 \text{ mm}^2$) et est à comparer à la surface de l'anode ($\approx 400 \mu\text{m}^2$) pour le SDD.



Diode : $C_t = 1 \text{ pF}$



SDD : $C_t = 0,2 \text{ pF}$

2. Un faible courant de fuite à la température ambiante :

$$i(T) \propto T^2 \cdot \exp\left(-\frac{qE_a}{k_B T}\right)$$

$$\frac{i(T_2)}{i(T_1)} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 \exp\left(\frac{qE_a}{k_B} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right)$$

→ faible $ENC_{//}$ avec un refroidissement modéré

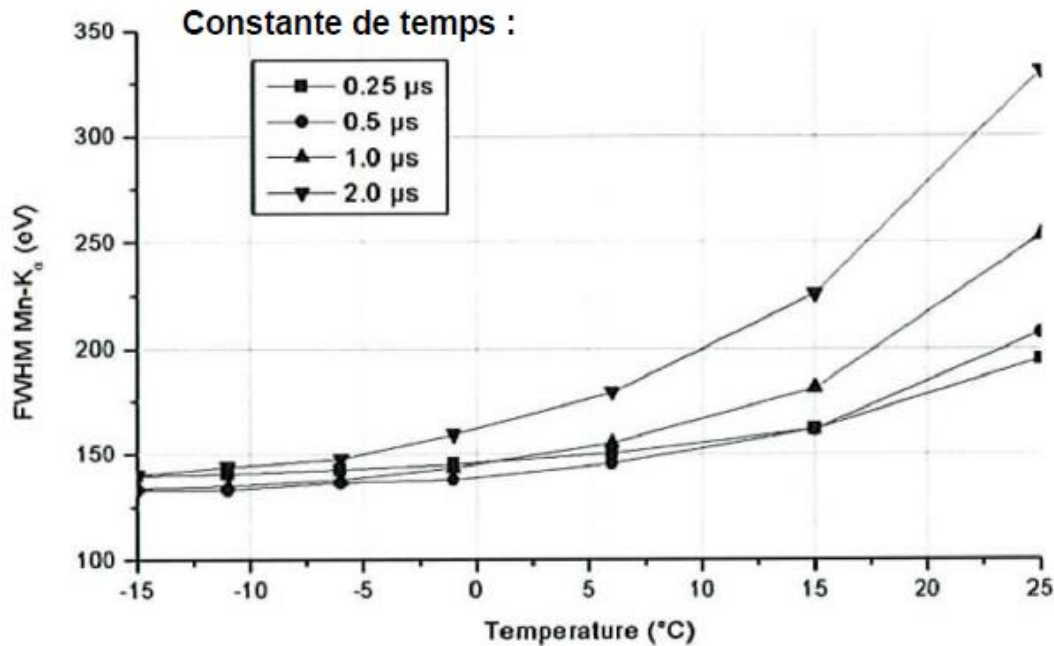
A.N. $i_s(300\text{K}) = 1 \text{ nA/cm}^2$; $E_a = 0.6 \text{ eV}$; $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ S.I.}$; $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ S.I.}$

à 300 K (température ambiante) : $i_s = 1 \text{ nA/cm}^2$

à 250 K (**-23°C**) : $i_s = 7 \text{ pA/cm}^2$

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Influence de la température sur la résolution d'un SDD



- Diminuer la température améliore la résolution.
- En dessous d'une certaine température, la résolution dépend seulement des termes séries ENC_s et $ENC_{1/f}$ → Diminuer la température n'améliore plus les performances du système.

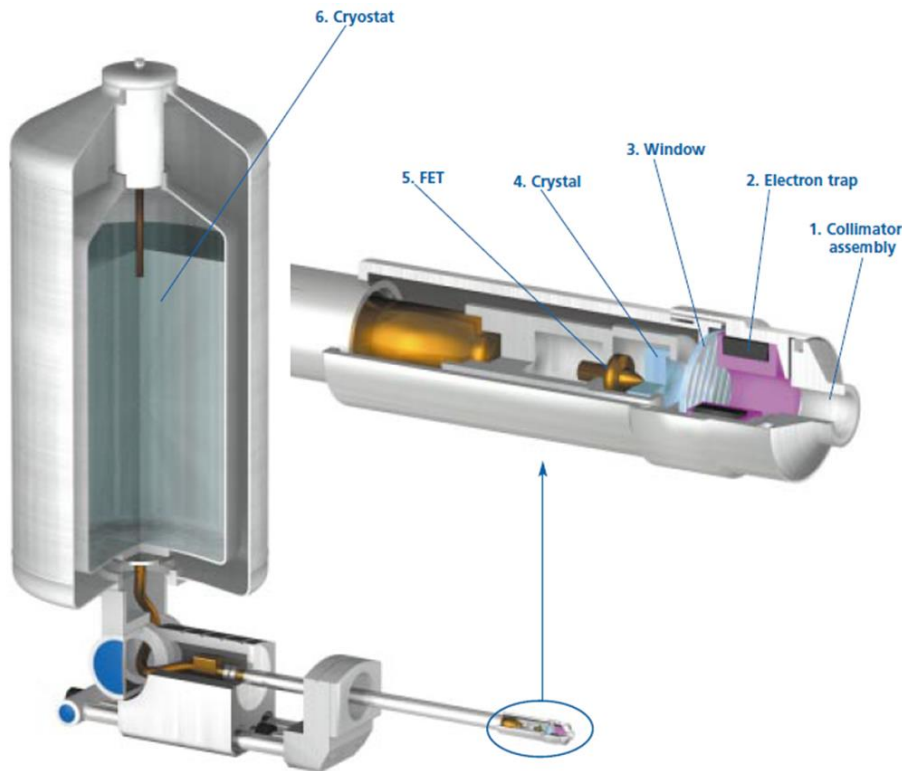
Les détecteurs SDD peuvent fonctionner avec une bonne résolution proche de la température ambiante.

→ Un refroidissement par effet Peltier est suffisant (typiquement entre -15 à -80 °C en fonction de la surface du détecteur).

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Influence de la température sur la résolution d'une diode

- Il est indispensable de refroidir le détecteur, car sous l'effet de la tension inverse de polarisation, le lithium se mettrait à migrer entraînant la destruction de la diode !
- Le préamplificateur (FET) qui constitue l'étage d'entrée de la chaîne de mesure est une source de bruit thermique et sera refroidi en même temps.

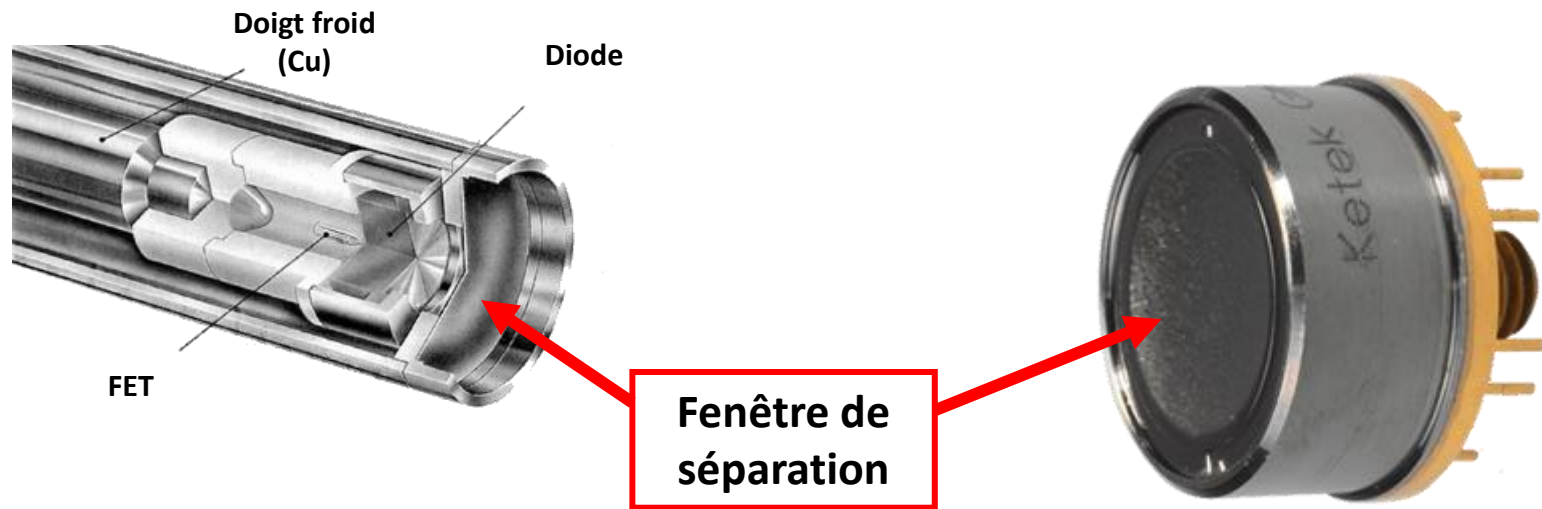


- **A température ambiante, la chaîne électronique de traitement des impulsions et notamment le préamplificateur (FET) ne pourrait pas supporter un courant de fuite élevé**
(à 300 °K : $i_s = 250 \text{ nA}$).
- **En revanche, à 100 °K (ou -173 °C) :**
 $i_s = 0,1 \text{ pA}$
➔ refroidissement par azote liquide.

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Fenêtre de séparation

Que ce soit pour une diode ou un détecteur SDD, le refroidissement impose la présence d'une fenêtre de séparation (pour éviter la pollution et la condensation – piège froid) et la mise sous vide poussée du cristal.



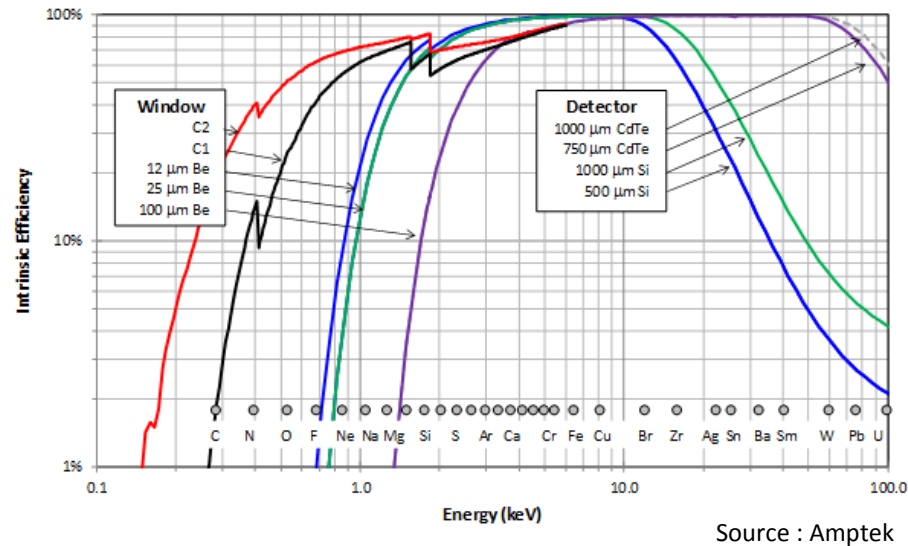
- Solution la plus répandue de nos jours pour les systèmes EDS :
fenêtre mince MOXTEK type AP3.3 en polymère.
- Solution récente :
fenêtre mince AMPTEK type C2 en Si_3N_4 .

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Efficacité de détection

- **Conditions de détection d'un photon X dans un détecteur :**

- Il doit franchir la fenêtre d'entrée ;
- Il doit être absorbé dans la zone utile de la diode.



- **Frontières :**

Faibles énergies : due à la fenêtre de séparation – couche métallisation Au – couche morte Si.

Hautes énergies : due à la non-absorption dans le détecteur.

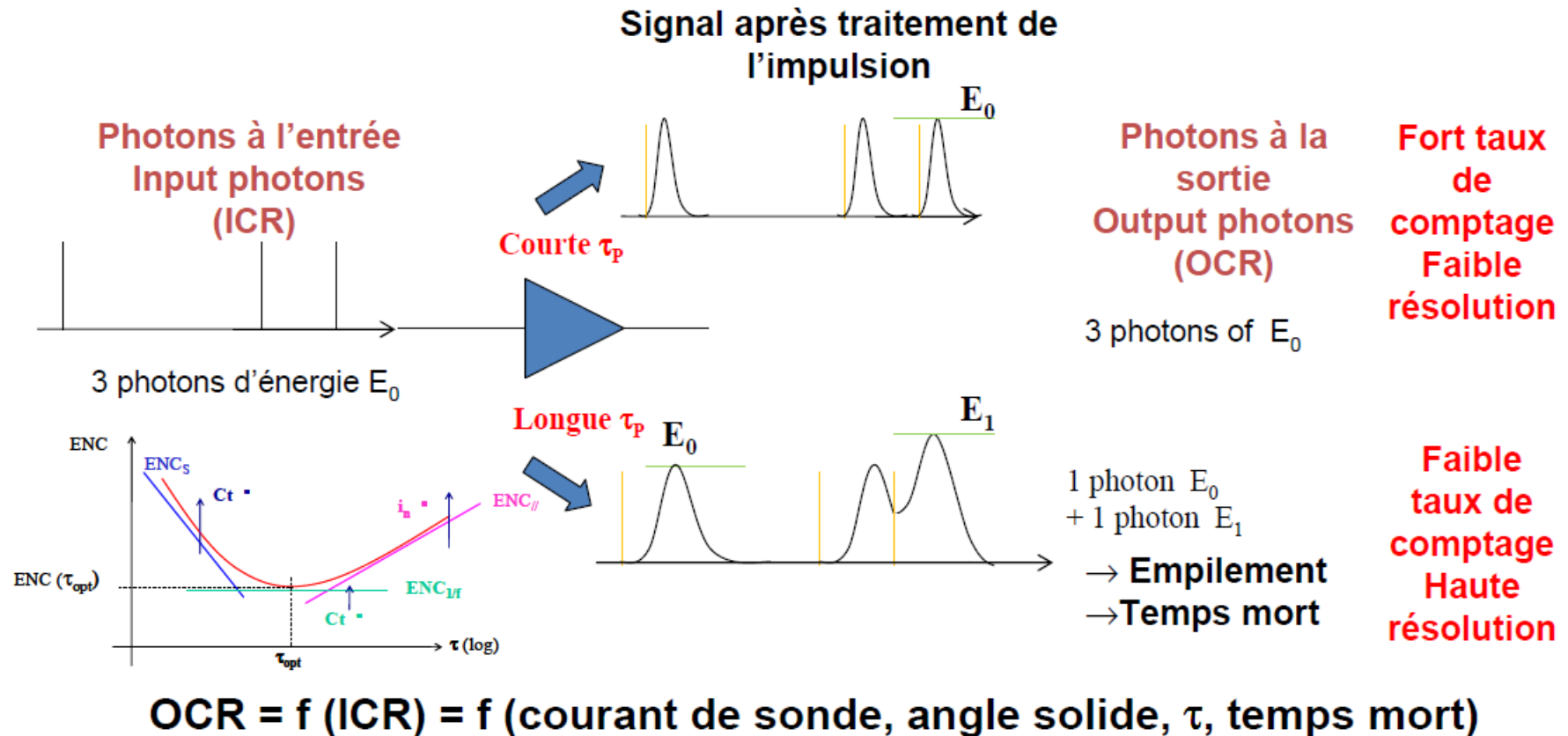
➤ **épaisseur/absorbance de la fenêtre de séparation**

➤ **largeur/absorbance de la zone intrinsèque du détecteur**

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

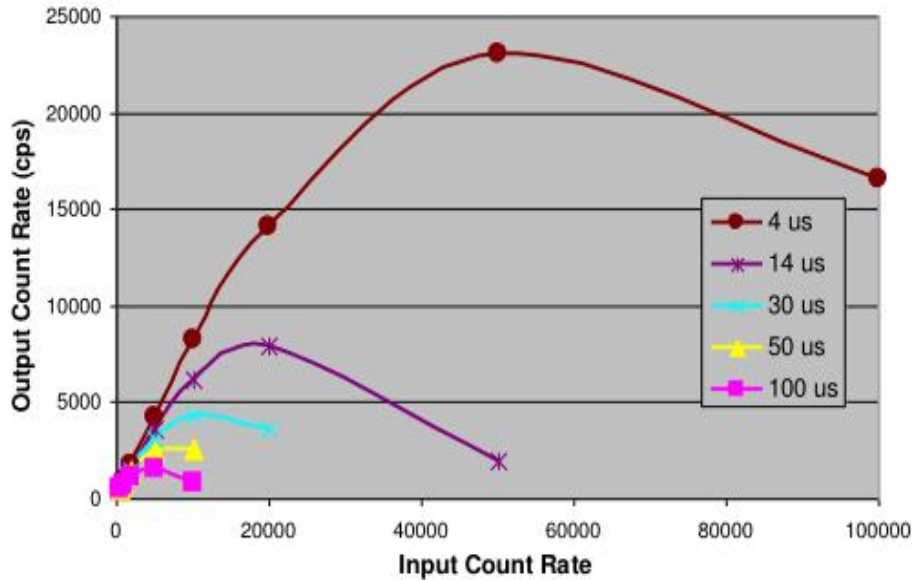
Capacité de comptage

Le taux de comptage dépend du choix de la constante de temps.

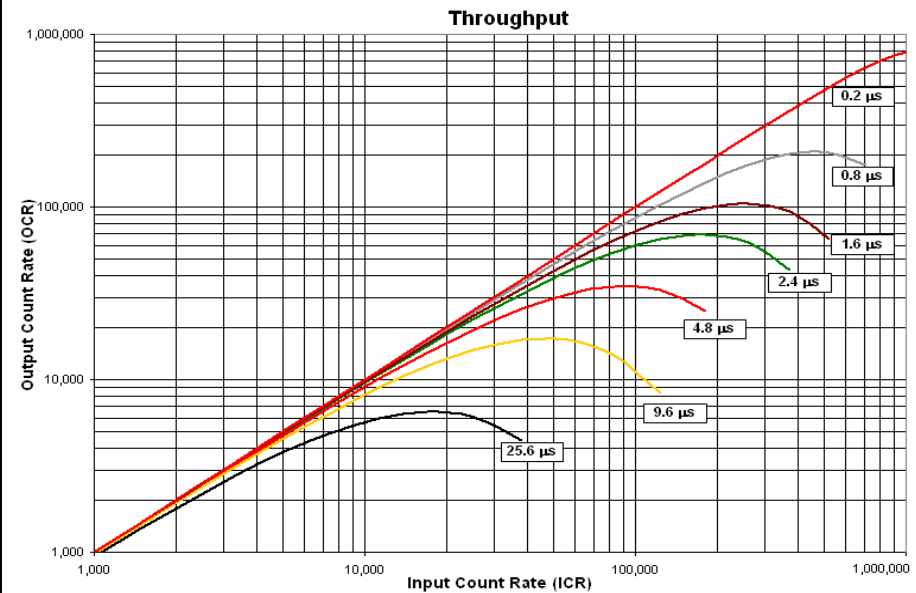


2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Performances en fonction du taux de comptage en entrée



Source : ThermoFisher Scientific



Source : Amptek

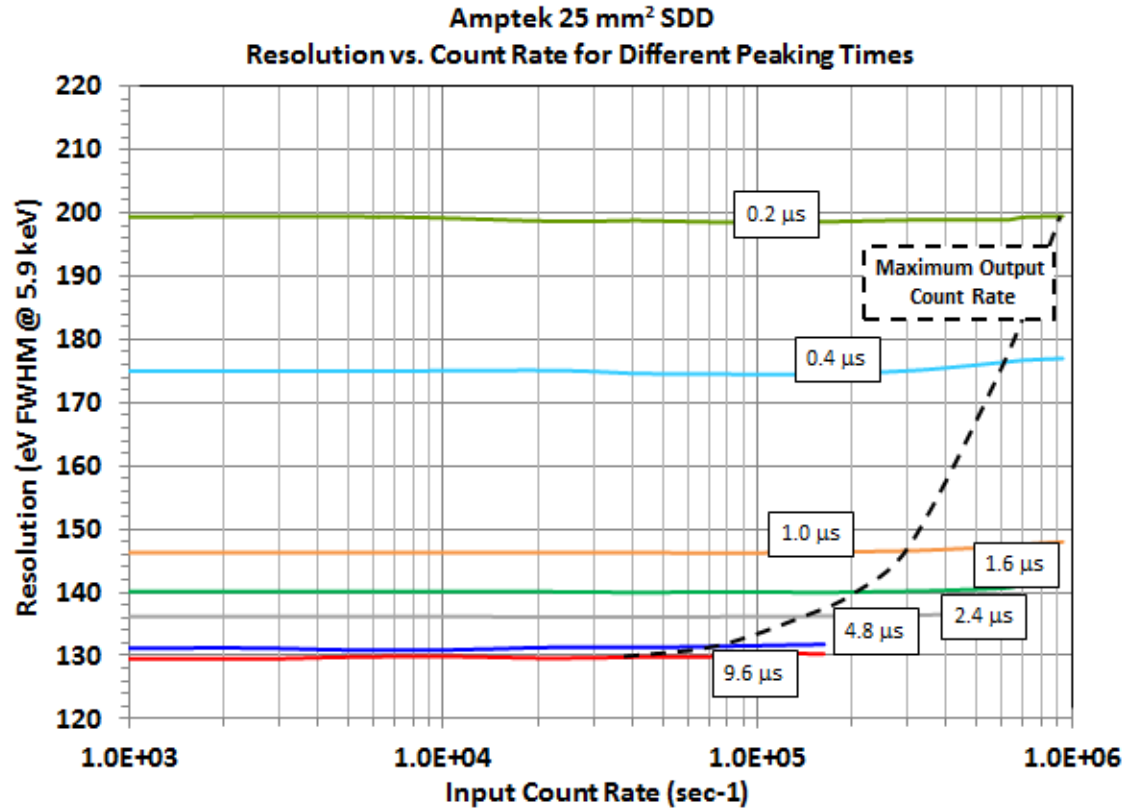
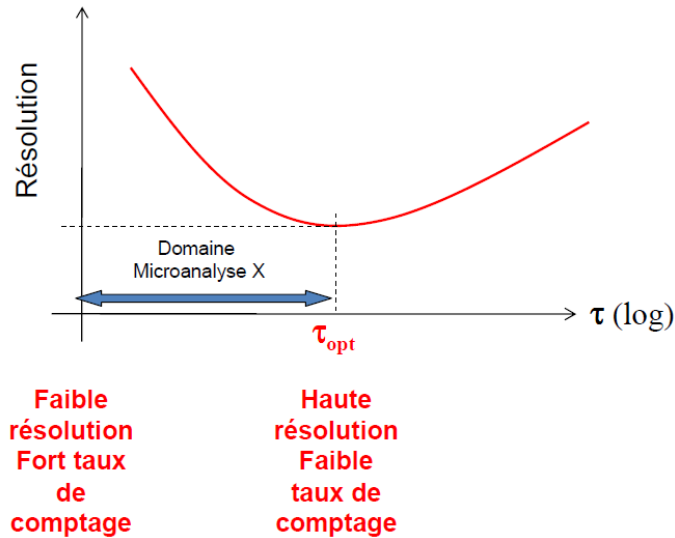
Diode Si(Li) : $2 \mu\text{s} < t < 100 \mu\text{s}$
 $1500 \text{ cps} < \text{OCR} < 30000 \text{ cps}$

SDD : $200 \text{ ns} < t < 10 \mu\text{s}$
 $1500 \text{ cps} < \text{OCR} < 250\,000 \text{ cps}$ jusqu'à (10^6 cps)

- La déviation de la courbe est due au temps mort associé au traitement des impulsions.
- **Les SDD ont des performances en taux de comptage très largement supérieures pour des résolutions comparables.**

2 - Critères de performances d'un détecteur EDS

Evolution du taux de comptage de sortie du taux de comptage en entrée



Source : Amptek

Le taux de comptage maximum est de l'ordre de $\sim 1/\tau$.

3 - Développements récents

3 - Développements récents

SDD : surface active, sensibilité et angle solide

La tendance est d'augmenter la surface active des détecteurs de façon à augmenter leur sensibilité (de 10 jusqu'à 150 mm²).

Pourquoi ?

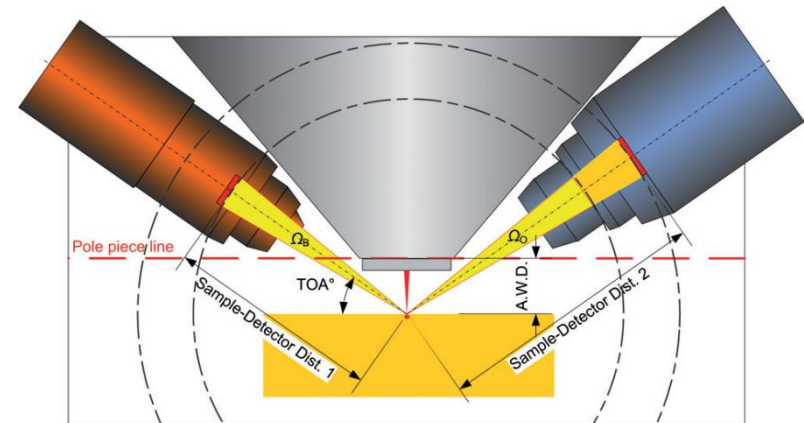
1. Les utilisateurs peuvent travailler avec des faibles courants de sonde :
 - Par exemple en imagerie haute résolution ou à faible tension d'accélération (imagerie basse tension) et continué à faire des cartographies dans ces conditions.
 - Pour ne pas endommager les échantillons sensibles avec des forts courants.
2. Détections des raies aux basses énergies :
 - Détection de la raie $K\alpha$ Li = 0,052 KeV.

Attention à l'angle solide !

Un grand détecteur a la capacité de collecter plus de photons X qu'un petit détecteur. Cependant, le paramètre à prendre en compte n'est pas la taille du détecteur mais **son angle solide**.

La position d'un grand détecteur dans la chambre du microscope peut limiter l'angle solide.

Il faut optimiser les géométries (design des chambres MEB et des détecteurs) pour optimiser l'angle solide.



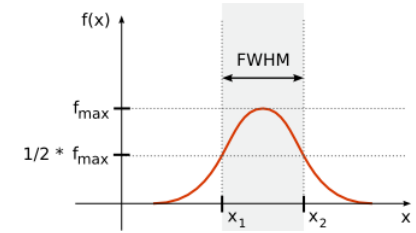
Source : Brüker

Angle solide :
 $\Omega = \text{Surface} / \text{Distance}^2$

3 - Développements récents

Influence de la surface active sur la résolution

$$\text{FWHM}(E) = \Delta E = \sqrt{(Eb)^2 + \Delta E_0^2}$$

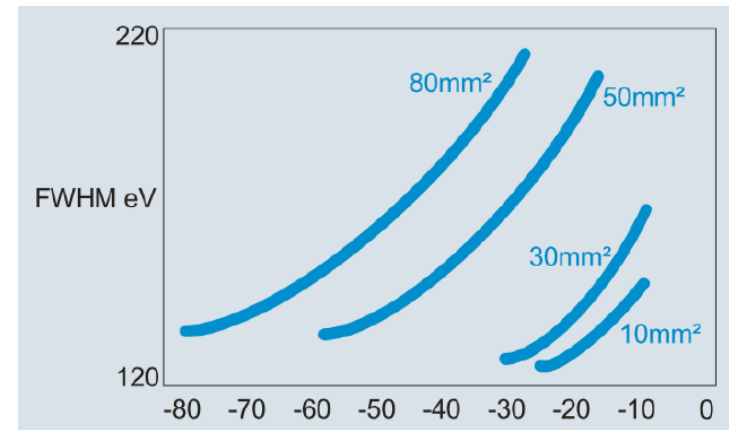


Le bruit électronique

- Dépend de la surface de l'anode :
 - **Non pour un détecteur SDD** : quelque soit la surface active, celle-ci ne change pas.
 - **Oui pour une diode** : la surface de l'anode est proportionnelle à la surface active.
- **Dépend du courant de fuite.**
Pour un détecteur SDD de grande surface, la contribution du courant de fuite peut être réduite par le refroidissement.

La résolution intrinsèque du détecteur ΔE_0

- Indépendant de la surface active du détecteur.



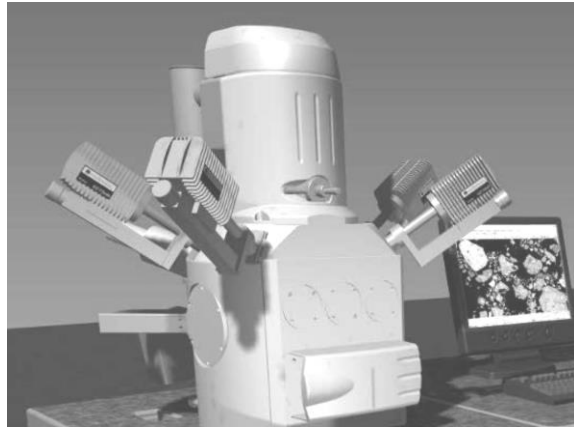
Température °C

3 - Développements récents

Autres développements : configuration multi-détecteurs

Montage de plusieurs détecteurs pilotés par une seule électronique :

1. Plusieurs détecteurs SDD sur un MEB



Avantages :

- La surface active totale est augmentée tout en gardant un bon angle solide pour chaque détecteur ;
- Les zones d'ombre sur l'échantillon peuvent être limitées .

Limitations :

- Nb de ports disponibles sur la chambre du MEB ;
- Le coût.

2. Composant constitué de plusieurs SDDs



Source : Bruker

Avantages :

- Gain d'angle solide important pour le détecteur annulaire :
10 mm² - 100 X, 30 mm² - 30 X, 80 mm² - 16 X

Limitations :

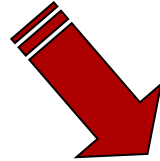
- Le coût.

4 - Traitement des spectres

4 - Traitement des spectres EDS

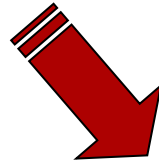
But :

extraire l'information utile
(émission caractéristique)



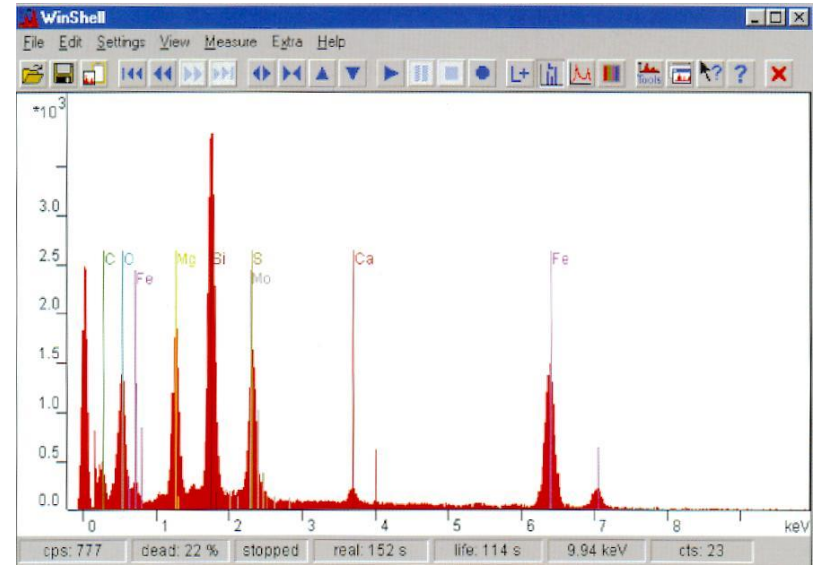
Pour :

- analyse qualitative
- analyse quantitative
- cartographie X



Moyens :

- identification des raies
- suppression de l'émission de fond continu
- « déconvoluer » (extraire l'information cachée)
- mesurer l'émission caractéristique (ROI ou aire de pic)



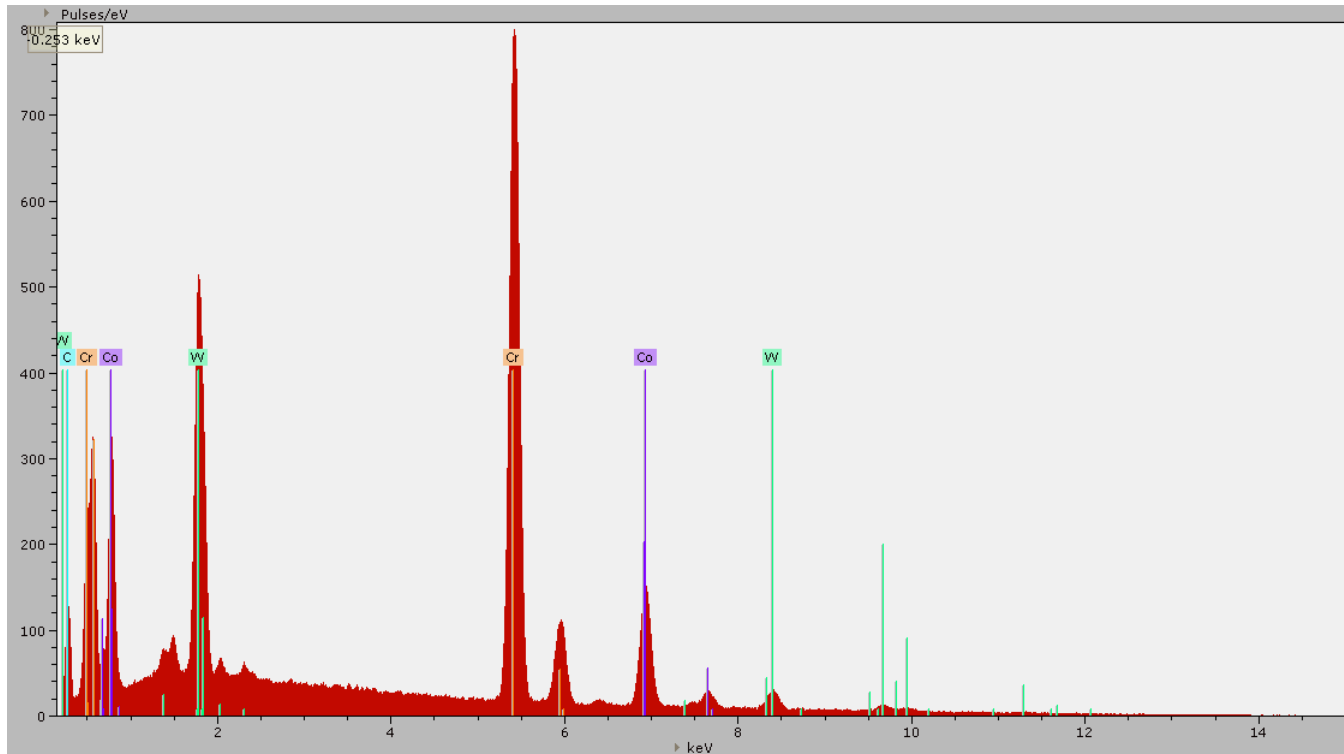
4 - Traitement des spectres EDS

Identification des rayonnements caractéristiques

Vérifier l'étalonnage en énergie, si besoin, ajuster le zéro de l'amplificateur,

Identifier les raies :

- Manuellement : soit en choisissant un élément dans la table périodique, soit en déplaçant le curseur sur chaque raie et sélectionner la proposition la mieux convenue.
- Automatique : présente un risque de confusion ou de non identification pour certaines raies.



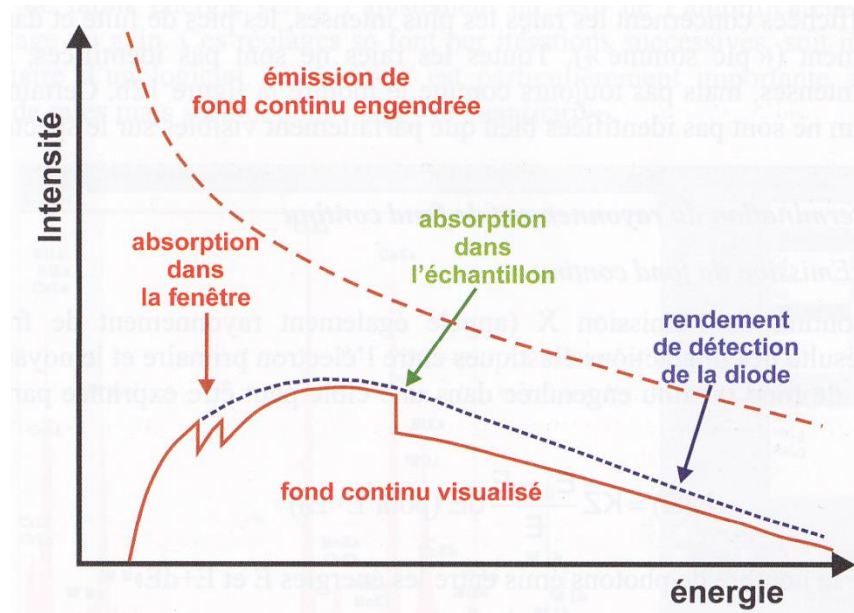
4 - Traitement des spectres EDS

Détermination du rayonnement de fond continu

Émission de fond continu engendrée dans une cible - relation de Kramer :

$$N(E) dE = kZ \frac{E_0 - E}{E} dE : \text{nombre de photons émis entre } E \text{ et } E + dE (E < E_0)$$

Influence de quelques paramètres du détecteur sur l'émission du fond continu :



4 - Traitement des spectres EDS

Suppression du fond continu

A) Modélisation du fond continu

Cette technique consiste à calculer la variation réelle de l'intensité de fond continu par des modèles théoriques et des ajustements expérimentaux.

Cette technique présente l'inconvénient de nécessiter la connaissance avec une certaine précision de la composition de la cible, et la nature et la composition de la fenêtre d'entrée du spectromètre.

De nos jours, il existe dans la littérature au moins une vingtaine d'expressions différentes de l'intensité du fond continu visualisé :

$$I(E) = k \bar{Z} f(\chi) \cdot \left[a \frac{E_0 - E}{E} + b \frac{(E_0 - E)^2}{E} \right] \cdot \frac{\Omega}{4\pi} D(E)$$

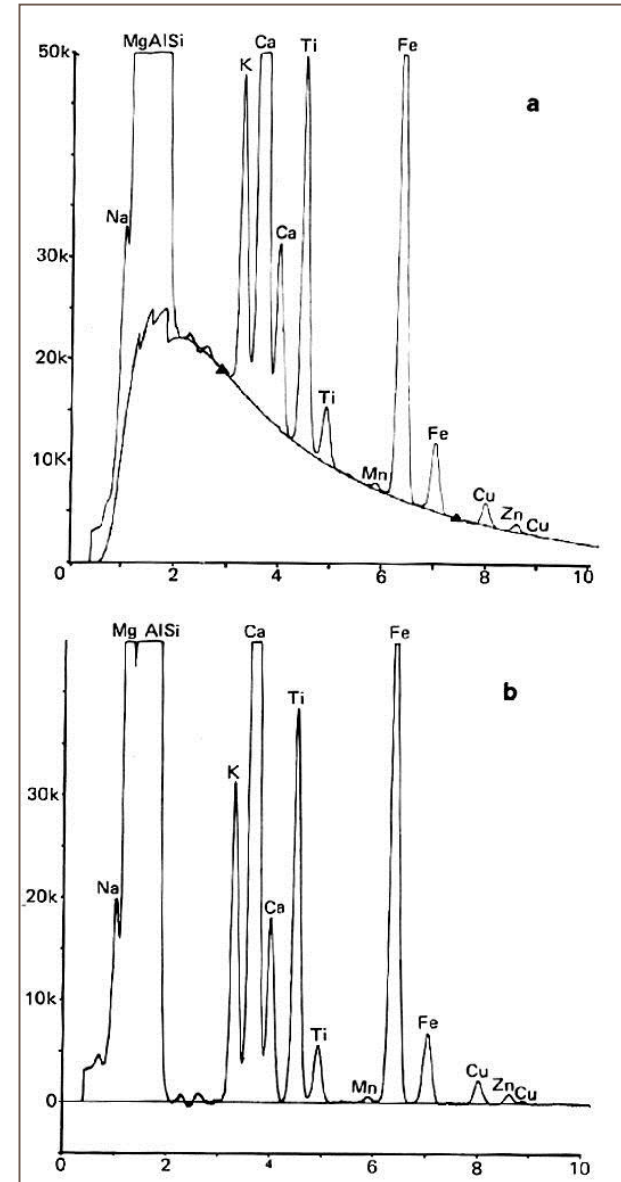
Correction d'absorption

Rendement de détection du détecteur EDS

Nombre atomique moyen de la cible

Paramètres ajustables expérimentalement

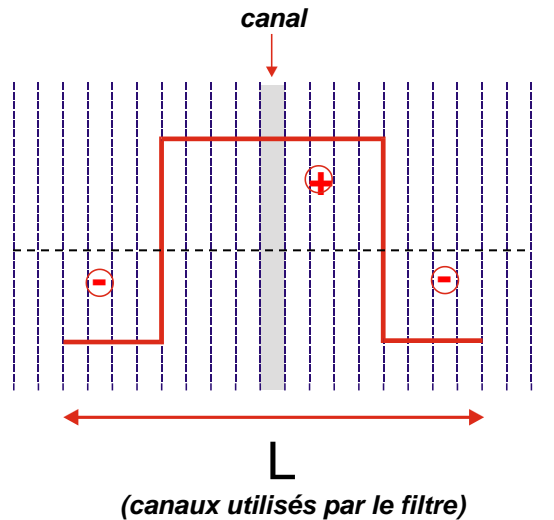
(Ware, Reed, Lifshin)



4 - Traitement des spectres EDS

Suppression du fond continu

B) Filtre numérique passe-bande (« top-hat »)



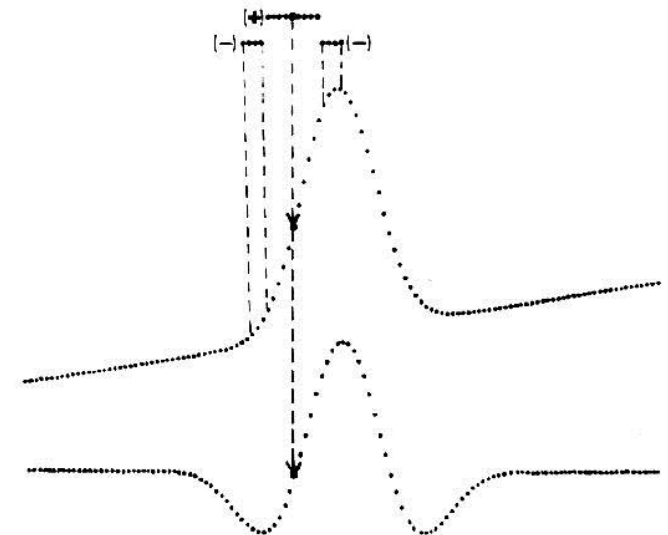
A chaque canal on applique un filtre numérique dit « top-hat » (ou « chapeau haut-de-forme »).

Ce filtre consiste à remplacer pour chaque canal sa valeur par la somme moyennée d'un certain nombre de canaux situés de part et d'autre du canal considéré, diminuée par la somme moyennée de deux zones situées de part et d'autre de la zone centrale.

La longueur totale du filtre est égale au double de la largeur à mi-hauteur de la raie du Mn Ka. Le nombre des canaux de la zone centrale est égale ou légèrement supérieure à la somme des deux zones adjacentes.

Ce filtre est équivalent à une dérivée seconde. Il n'apporte pas de distorsions significatives sur le spectre et préserve l'information.

Il est simple mais manque d'efficacité dans le cas de pics de faibles amplitudes situés au pied de pics intenses.



Application du filtre « top-hat »
sur une raie gaussienne

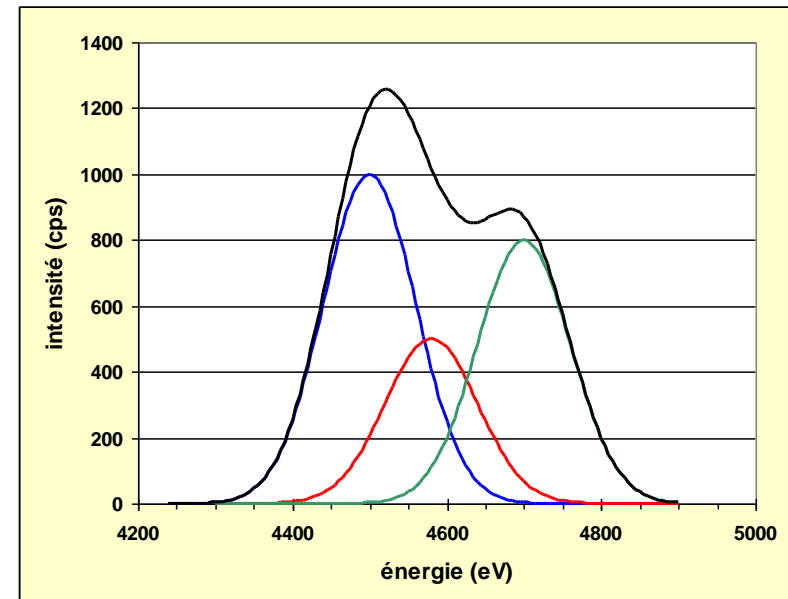
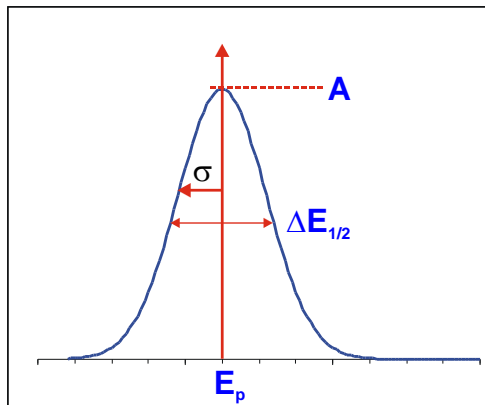
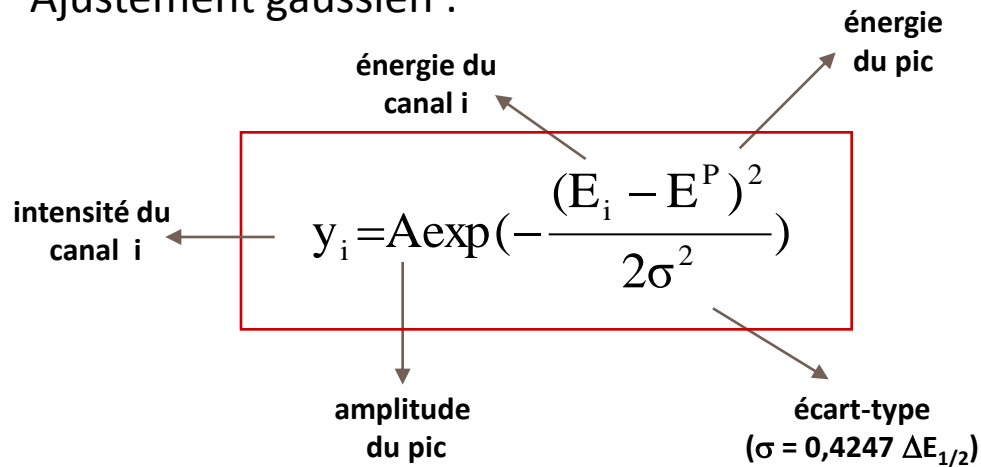
4 - Traitement des spectres EDS

Déconvolution des pics

Permet d'extraire d'une raie multiple ses différents constituants (raies individuelles).

La méthode la plus utilisée consiste à reconstruire les raies individuelles à partir de gaussiennes et à ajuster les paramètres de ces gaussiennes pour obtenir le spectre mesuré. On peut aussi utiliser des spectres réels.

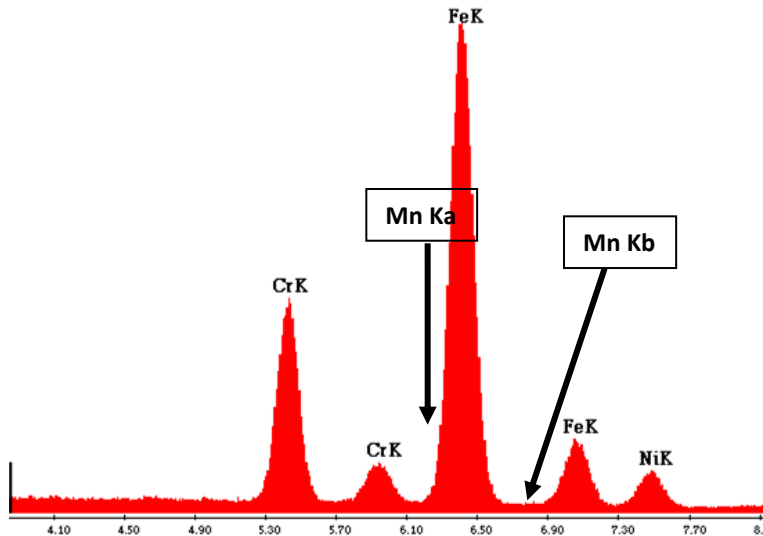
Ajustement gaussien :



On peut aussi utiliser des spectres étalons préalablement enregistrés.

4 - Traitement des spectres EDS

Exemple de déconvolution



Analyse d'un acier inoxydable où il y a interférence entre les raies Cr $K\beta$ et Mn $K\alpha$ et les raies Mn $K\beta$ et Fe $K\alpha$.

Peak deconvolution for sample:

Net integrals:

Al:	K line:	274	L line:	0	M line:	0
Ni:	K line:	22278	L line:	4952	M line:	0
Si:	K line:	4808	L line:	0	M line:	0
Ti:	K line:	556	L line:	0	M line:	0
Mn:	K line:	4905	L line:	1728	M line:	0
Cr:	K line:	76531	L line:	0	M line:	0
Fe:	K line:	155750	L line:	10627	M line:	0
Nb:	K line:	73	L line:	0	M line:	0
Mo:	K line:	40	L line:	10636	M line:	0

Normalized chi squared: 23.63

La qualité de l'ajustement est donnée par un χ^2 normalisé.

Si $\chi^2 = 1$ à 5, ajustement parfait, de 5 à 20, ajustement acceptable, au delà de 50, quelque chose ne va pas...

Pour ne pas oublier un élément, comparer le spectre mesuré avec le spectre synthétique issu de la « déconvolution ».

4 - Traitement des spectres EDS

Artefacts - Chevauchement de pics

Plusieurs transitions peuvent se situer à des énergies très proches, dont la différence est inférieure ou peu supérieure à la résolution du détecteur.

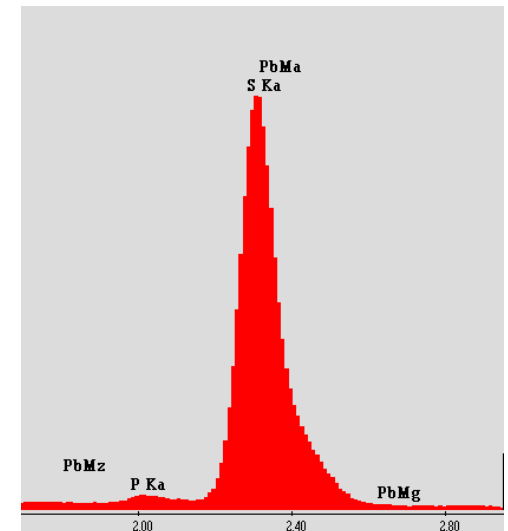
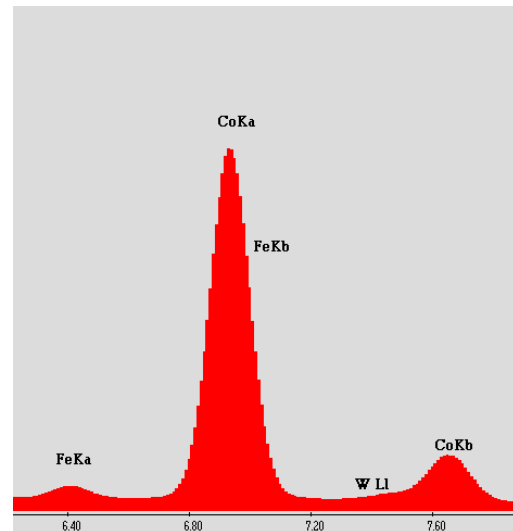
Chevauchement de pics

Quelques exemples :

{	K $K\beta$	-	Ca $K\alpha$
	Cr $K\beta$	-	Mn $K\alpha$
	Mn $K\beta$	-	Fe $K\alpha$
	S $K\alpha$	-	Pb $M\alpha$
	S $K\alpha$	-	Mo $L\alpha$
	Ti $K\alpha$	-	Ba $L\alpha$

Conséquences fréquentes :

- Oubli d'éléments dans l'identification.
- Limitation dans les matériaux pour la métallisation.

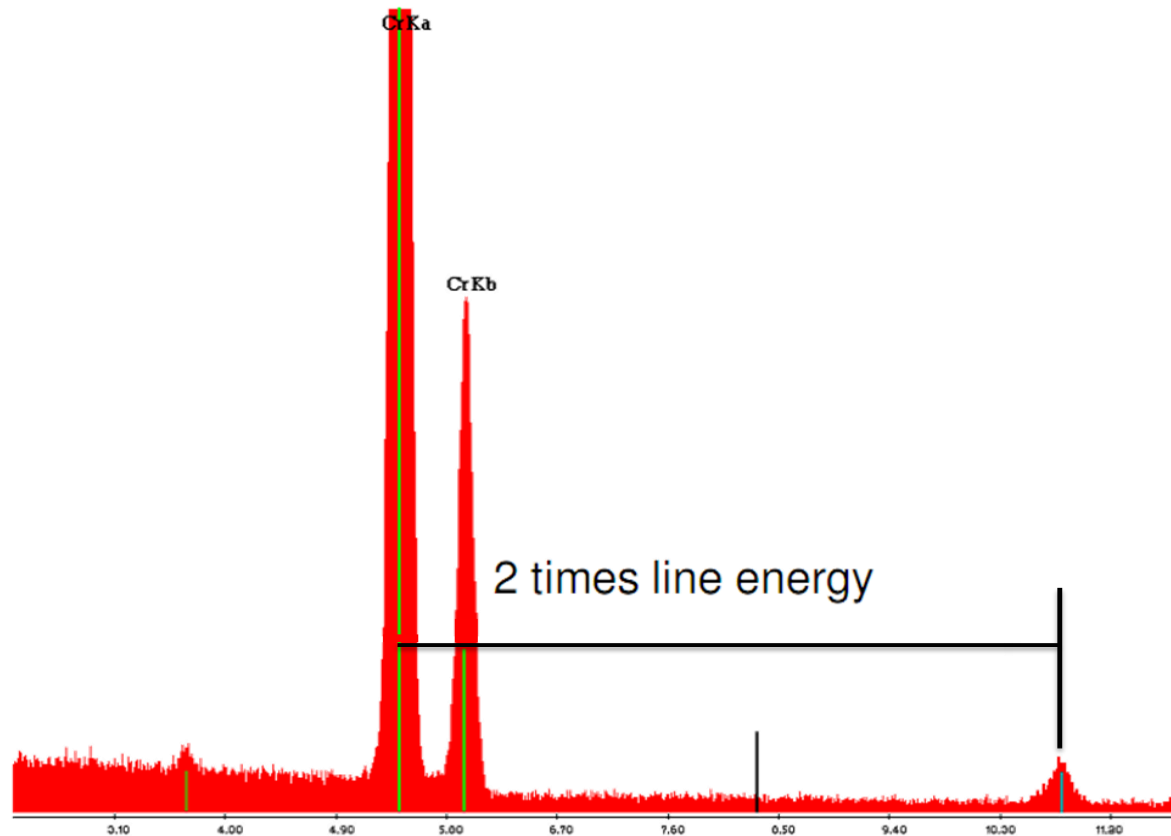


4 - Traitement des spectres EDS

Artefacts - Pic somme

Correspond au comptage simultané de 2 photons A et B par le détecteur, identifiés comme un seul photon d'énergie $E_A + E_B$. Observé en général pour le ou les pics très intenses pour un fort taux de comptage.

$$\text{Sum peak Cr Ka} = 2 \times 5.411 \text{ keV} = 10.822 \text{ keV}$$

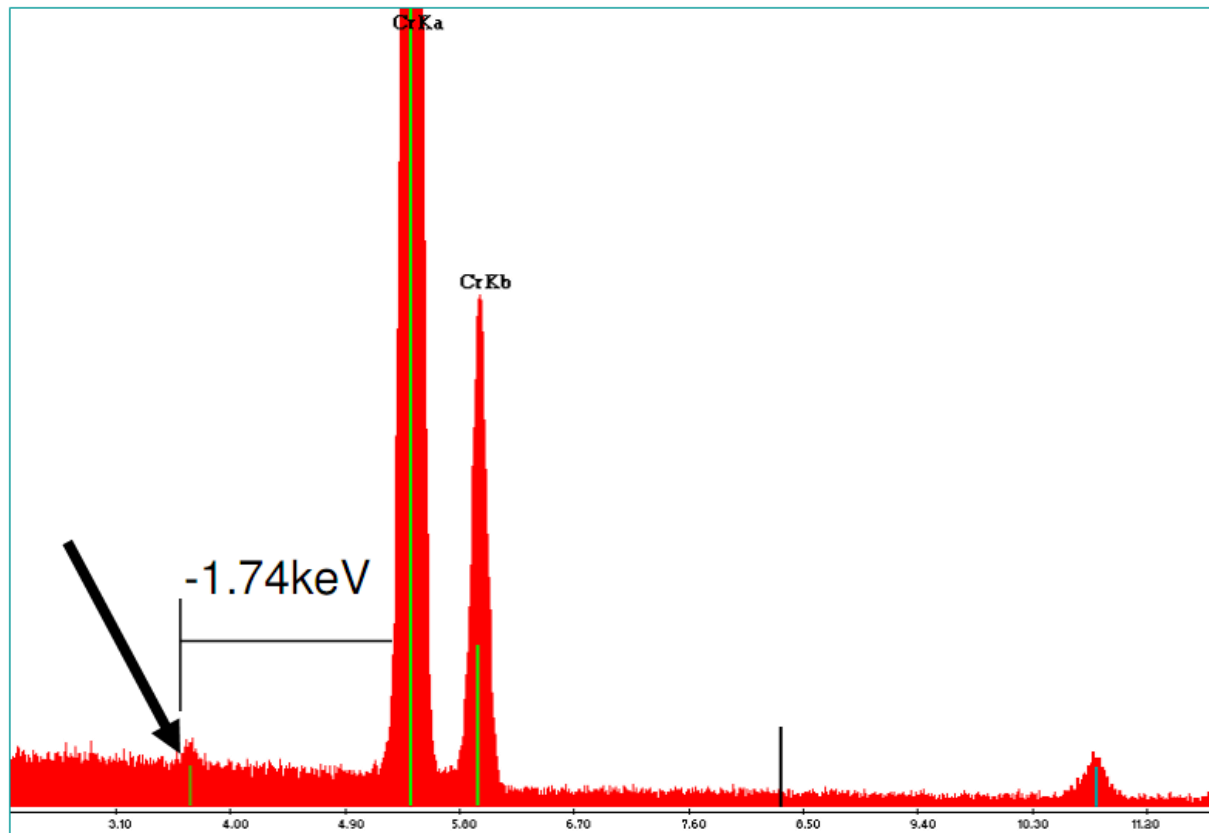


4 - Traitement des spectres EDS

Artefacts - Pic d'échappement

Pour $E > E_{Si\ K}$, quelques photons peuvent entraîner une ionisation de la couche K de Si (cristal), provoquant l'apparition d'un pic parasite à $E - 1.74$ keV.

Escape peak of Cr Ka = 5.411 - 1.740 = 3.671 keV

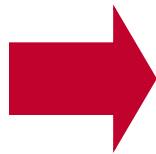


4 - Traitement des spectres EDS

Résumé

Pour effectuer le traitement des spectres EDS, on procède dans l'ordre à :

- l'acquisition du spectre ;
- l'identification des raies et des éléments constituant l'échantillon inconnu ;
- l'exclusion des raies issues d'artefacts (pics sombres, échappement, absorption, etc)
- la suppression du fond continu ;
- la recherche éventuelle d'interférences par « déconvolution ».



On dispose alors pour chaque élément de son intensité X caractéristique

$$I_{K\alpha}^A, I_{K\alpha}^B \dots I_{L\alpha}^S$$

Pour obtenir C_A, C_B, \dots, C_S à partir de ces intensités, il faut faire appliquer un programme dit « de corrections » qui va tenir compte de l'ensemble des phénomènes physiques qui relie l'intensité X détectée au titre massique.

△ L'ensemble des traitements est par défaut très automatisé dans la plupart des logiciels et complètement transparent pour l'utilisateur !

Remerciements

Jacky Ruste, Laurent Maniguet,
Maria Betbeder, Lynh-Thy Tran-Hoang,
et à l'ensemble du conseil du GN-MEBA.

En hommage à François Grillon.