

Une caméra X

L'augmentation des besoins en analyse quantitative et qualitative a conduit à introduire les mesures et l'imagerie par rayons X dans de très nombreux domaines. La variété des technologies disponibles permet de répondre à un grand nombre de besoins et les recherches en cours laissent entrevoir des améliorations dans les caractéristiques techniques des systèmes disponibles. Du simple détecteur au système quasiment sur mesure, le choix est vaste, permettant de couvrir un large spectre d'applications.

Une large gamme de technologies

Plusieurs technologies sont disponibles pour détecter les rayons X puis transformer l'information reçue en image exploitable.

Pour les rayons de faible énergie, typiquement jusqu'à quelques dizaines de KeV, une détection directe est possible via des détecteurs à semi-conducteurs comme les photodiodes en silicium ou en tellure de cadmium (CdTe).

Pour les rayons X d'énergie plus élevée, il est nécessaire d'utiliser, avant le détecteur, un scintillateur capable d'absorber les rayons X et de réémettre des photons. Ce scintillateur est généralement couplé à un capteur CCD. Afin de diriger les photons vers le détecteur, les systèmes utilisent souvent des galettes de fibres optiques ou FOP (*fiber optical plate*). S'il est couplé à un capteur CMOS, on parle alors de *flat panel*.

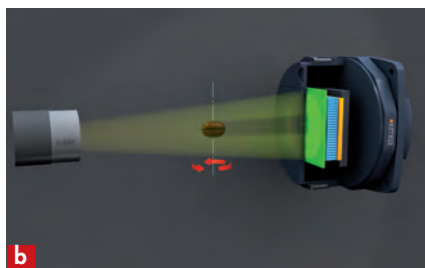
Enfin, pour les très hautes énergies, les systèmes les plus adaptés sont les compteurs proportionnels à gaz fonctionnant sur le principe de l'ionisation de gaz. Chaque particule détectée crée un ion qui est ensuite comptabilisé.

Du détecteur seul au système d'imagerie complet

Les fabricants proposent toute une palette de systèmes allant du détecteur seul au système d'imagerie complet. L'utilisation d'un simple détecteur X, couplé ou non à une électronique de contrôle, permet de quantifier et de qualifier les rayons reçus mais sans visualisation.



a



b

Ximea - Polytec France

Figures a, b. Schéma de principe d'une caméra X avec scintillateur, galette de fibres optiques et capteur CCD, et vue du système commercial correspondant.

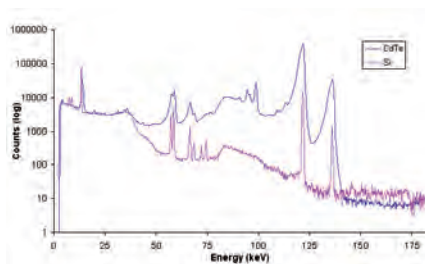
Les systèmes s'orientent ensuite vers les spectromètres qui fournissent le spectre des éléments chimiques détectés, ou vers les caméras qui fournissent une image de la scène observée. Une étape supplémentaire est franchie par les machines d'inspection capables, à partir des informations collectées, de trier par exemple des pièces mécaniques. Dans tous les cas, plus le besoin est précis, plus le fournisseur doit être capable de fournir une solution complète, incluant un logiciel de visualisation et/ou de tri paramétrable.

Les caractéristiques qui déterminent le choix

Plusieurs caractéristiques permettent de déterminer le système le mieux adapté à son application.

La première est la gamme d'énergie dans laquelle vont se situer les mesures : cette gamme détermine en effet la technologie de détecteur la plus appropriée.

La seconde est la résolution, spatiale dans le cas de l'imagerie, spectrale dans le cadre d'une analyse quantitative et qualitative d'éléments chimiques. Pour les systèmes avec scintillateurs, le type et l'épaisseur du scintillateur déterminent, en lien avec le type de capteur, la résolution mais aussi la quantité de rayons X que le système peut supporter. Ainsi, plus un scintillateur est épais, plus il peut absorber de rayons X mais plus les rayons X diffusent et moins la mesure est localisée spatialement. Un arbitrage entre les deux caractéristiques est donc souvent nécessaire.



AMPTek - Optiprim

Comparaison entre deux types de détecteurs de rayons X (Si-PIN et Cd Te) : les photodiodes au silicium offrent une meilleure résolution mais une sensibilité moindre au-delà de 30 KeV.

Pour une caméra, sa dynamique, c'est-à-dire sa capacité à retranscrire, de façon linéaire, les écarts d'intensité de la scène observée, est aussi une donnée importante. Le bruit de courant, qui influe directement sur la résolution en énergie est aussi à prendre en compte : les modèles refroidis permettent de le diminuer. Attention aussi à bien choisir la surface active du détecteur car, si une large surface permet de collecter les rayons sur un plus grand périmètre, elle génère aussi un bruit plus important. Là encore, un arbitrage entre les deux caractéristiques sera nécessaire.

Autre caractéristique importante, l'efficacité de détection, c'est-à-dire le pourcentage de rayons que le système est capable de détecter. La fenêtre placée devant le détecteur, souvent une fenêtre en béryllium, détermine en grande partie cette efficacité. De nouveaux matériaux, comme le nitrure de silicium (Si_3N_4), plus transparents dans la gamme des rayons X, devraient permettre d'augmenter la transmission et donc l'efficacité de détection.

Enfin, le taux de comptage, c'est-à-dire le nombre de coups que le détecteur est capable de compter par unité de temps, un coup étant relié à la détection d'une particule X, détermine la précision du

système. Actuellement, la plupart des systèmes présentent un taux de comptage de l'ordre de 100 000 coups par seconde, les systèmes dits « rapides » pouvant aller jusqu'à 1 million de coups par seconde.

Une large gamme d'applications

Outre les applications radiologiques, qui représentent les applications quasi ancestrales, de nombreuses applications ont été développées et constituent aujourd'hui des marchés importants. L'analyse de la présence et de la concentration d'éléments chimiques est une des applications phares de la détection X. Les domaines concernés vont notamment des préoccupations environnementales aux industries agroalimentaire et pharmaceutique, mais aussi à l'analyse des œuvres d'art et des objets archéologiques. Les techniques radiologiques sont aussi désormais largement utilisées dans le domaine de la sécurité, mais aussi pour le contrôle non destructif industriel. Autre application en plein développement : l'observation astronomique dans laquelle l'analyse X apporte des informations complémentaires aux autres formes d'imagerie.

Quelques fournisseurs de systèmes X

Filiales de fabricants étrangers

Société	Contact
ANDOR	Jean-Michel Laurent – Tél. : +33 6 07 09 18 98 jm.laurent@andor.com
Hamamatsu	Mariam Maaref – Tél. : +33 1 69 53 71 00 mmaaref@hamamatsu.fr
Kappa France (uniquement sur cahier des charges)	Christophe Tourné – Tél. : +33 5 61 27 82 55 c.tourne@kappa.de
Photonic Science Limited	Daniel Brau – Tél. : +33 4 76 93 57 20 daniel@photonic-science.com
Roper Scientific – Princeton Instruments	Philippe Bernhard – Tél. : +33 1 60 86 03 65 philippe.bernhard@roperscientific.fr

Distributeurs

Société	Marque	Contact
Optoprim	AMPTEK	Erwann Maurier – Tél. : +33 1 41 90 61 86 emaurier@optoprim.com
Polytec	XIMEA	Elvis Dzamastagic – Tél. : +33 1 49 65 69 07 E.Dzamastagic@polytec.fr

Polytec

Caméras industrielles et scientifiques

• ximea



Rapide

Compacte

La plus complète



Et encore plus de solutions :

- Smart caméra & multi-caméras
- Caméra miniature
- OEM & Custom
- Caméra rayons X et/ou refroidie
- CCD, CMOS
- USB3/GigE/USB2/FireWire

Polytec France vous propose une solution globale à travers un vaste choix d'éclairages, caméras, optiques et accessoires.

info@polytec.fr Tél : 01 49 65 69 00
www.polytec.fr