

ÉLIMINATION DU RAYONNEMENT PARASITE (RID)

Gestion des interférences dans les
mesures de niveau radiométriques



Introduction

Les process industriels exploitent les mesures radiométriques depuis de nombreuses années. Celles-ci sont devenues incontournables dans les applications de niveau, de densité et de débit massique les plus complexes. Les jauges utilisant des radionucléides sont parfois la seule solution de mesure. Elles offrent d'excellents résultats en environnements hostiles et exigeants et ne souffrent pas des températures élevées, pressions et autres conditions de process difficiles. La plupart du temps, il s'agit de mesures de niveau dans des réacteurs ou tout type de cuves, de mesure de densité, d'identification de phases dans des séparateurs ou de teneur en humidité. Elles peuvent également être utilisées comme alarme de niveau sans contact.

Qu'est-ce qu'une mesure radiométrique ?

Le fonctionnement d'une telle mesure s'appuie sur un concept simple : le principe de l'atténuation de son rayonnement par la matière.

Une mesure radiométrique fait intervenir :

- une source qui émet un rayonnement γ , produit à partir d'un radionucléide,
- une cuve, un réservoir ou un réacteur contenant le produit à mesurer,
- un détecteur de rayonnement γ .

Si rien ou presque ne se trouve sur le trajet du faisceau de rayons, l'intensité du rayonnement restera forte. En présence de produit dans le faisceau, l'intensité du rayonnement sera atténuée. L'irradiation décelée par le détecteur peut permettre alors de calculer la valeur du paramètre process recherché. Ce principe s'applique à la quasi-totalité des mesures radiométriques.

La technologie de mesure radiométrique est très reproductible. Grâce aux principes physiques, aux calculs statistiques et à des logiciels perfectionnés, ces mesures sont extrêmement fiables. Technologie totalement sans contact et non intrusive, la mesure radiométrique est la méthode appropriée aux applications les plus complexes et les plus exigeantes.

Mesure radiométrique

Radioéléments

Les mesures radiométriques n'exploitent pas tous les isotopes naturels et artificiels connus. En applications industrielles, seuls quelques nucléides sont utilisés pour les mesures. L'isotope radioactif est généralement placé dans un blindage solide constitué de plomb et d'une enveloppe en acier, pour une sécurité maximale. Le blindage fait écran au rayonnement émis par l'isotope radioactif, sauf sur la trajectoire qu'il doit suivre. Une petite ouverture dans le blindage appelée canal d'irradiation permet de projeter le faisceau à différents angles sur la tuyauterie ou la cuve, limitant ainsi l'irradiation du personnel dans l'environnement direct, le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable, aussi faible que raisonnablement possible) s'applique en toutes circonstances, pour une sécurité maximale sur le lieu de travail.

Détecteurs

Le détecteur de rayonnement contient soit un cristal minéral, soit un polymère spécial (tel que de l'iodure de sodium) appelé scintillateur. Le scintillateur convertit les photons gamma entrants en éclairs lumineux. Le cristal est couplé optiquement à un tube photomultiplicateur qui convertit la lumière en signaux électriques. Bien que les tubes photomultiplicateurs classiques soient utilisés avec succès depuis des décennies, des versions en silicium (SiPM) sont désormais disponibles et largement utilisées dans les détecteurs industriels. La Fig. 2 schématise le fonctionnement d'un détecteur. Lorsque le faisceau de rayonnement frappe le cristal après avoir traversé les parois de la cuve, la tuyauterie et le produit à mesurer, chaque photon gamma génère un éclair lumineux et les scintillations sont enregistrées par le tube photomultiplicateur. Chaque scintillation est convertie en signal électrique par le photomultiplicateur. Après numérisation, ces signaux sont comptés pour établir le « taux d'impulsions », généralement exprimé en nombre de coups par seconde (cps) ou en fréquence (Hz). Le capteur ou l'unité de traitement intègre les algorithmes permettant de distinguer les différents types de mesure (c.-à-d. niveau ou densité) du produit choisi. Le taux d'impulsions, signal lié au process, est utilisé pour l'affichage de la sortie courant

analogique ou de la connexion à un DCS ou à un autre automate programmable. Le détecteur mesure tout rayonnement γ parvenant au scintillateur, qu'il s'agisse d'un « taux d'impulsions utile » issu de la source ou du rayonnement naturel du bruit de fond de l'environnement. Le traitement du rayonnement parasite occasionné lors de radiographies de soudures et la gestion des variations du rayonnement naturel du bruit de fond sont abordés plus loin. Il existe deux types de détecteur : ponctuel et allongé. Les détecteurs équipés d'un petit scintillateur sont dits ponctuels. Ils exploitent souvent un scintillateur cylindrique de taille réduite (50 mm de diamètre sur 50 mm de hauteur, par exemple). Ils sont généralement utilisés en applications de densité, mais servent également d'alarmes de niveau ou aux mesures de niveau en continu. La taille du scintillateur dépend du type de mesure. Le faible volume utile des détecteurs ponctuels limite l'influence des fluctuations de bruit de fond. Ces détecteurs peuvent être facilement dotés d'un collimateur en plomb qui réduit encore la sensibilité au rayonnement du bruit de fond. L'utilisation d'un détecteur allongé peut être recommandée pour couvrir une plage

Fig. 1 Schéma d'une mesure radiométrique

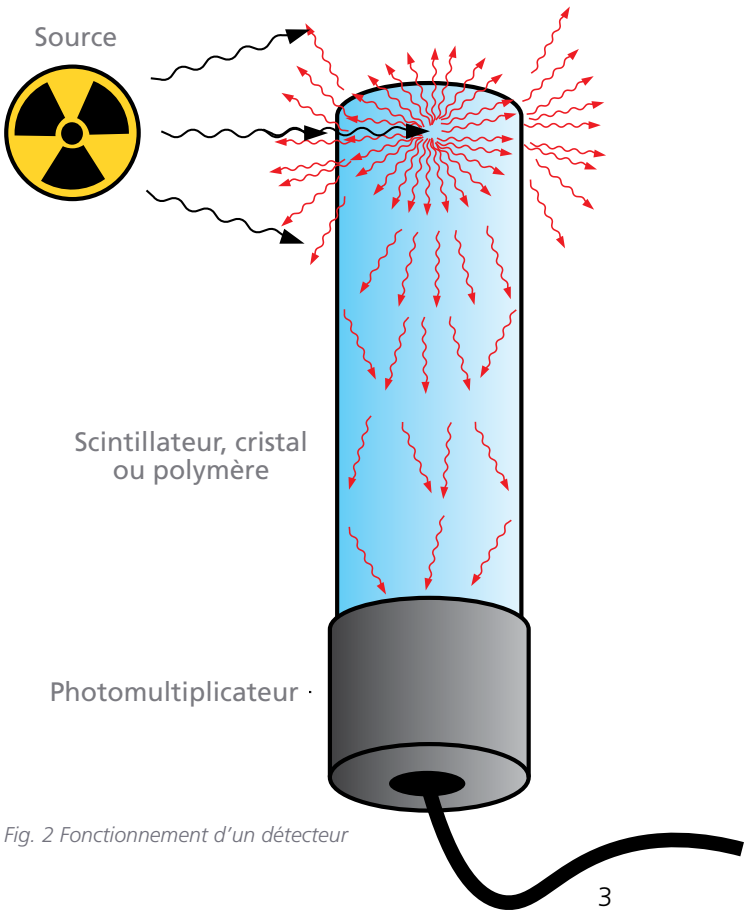
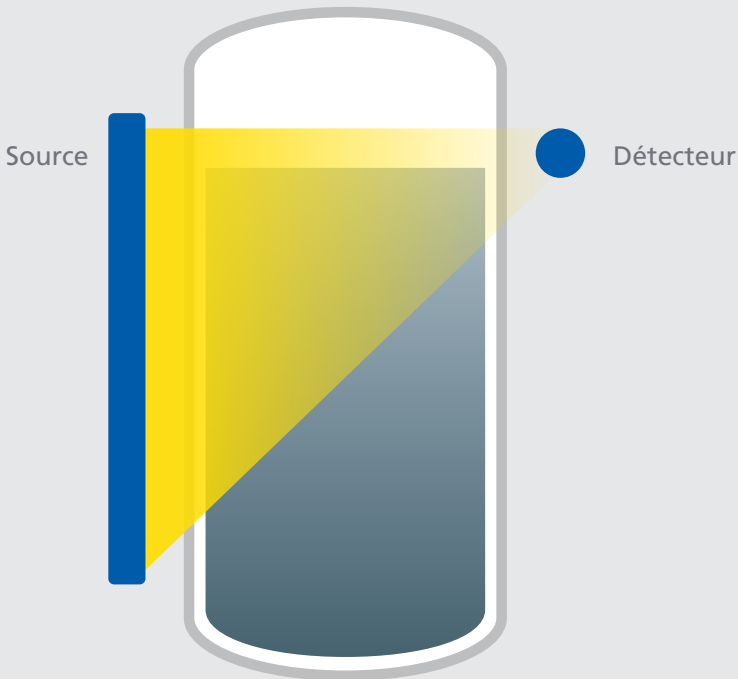


Fig. 2 Fonctionnement d'un détecteur

de mesure plus vaste. En application de mesure de niveau, la source ou le détecteur couvre généralement toute la plage de mesure, qui peut atteindre 8 m pour un détecteur. Le détecteur allongé a pour principal avantage d'être moins coûteux qu'une source allongée, mais cette dernière est technologiquement plus adaptée. Le rayonnement gamma mesuré par un détecteur allongé subit l'influence de la géométrie de son emplacement. Cependant, ce type de détecteur est nettement plus impacté par son volume, l'absence de collimateur, ce qui le rend plus sensible aux variations du rayonnement naturel du bruit de fond, sachant que, suite à des périodes de pluies par exemple, ces fluctuations peuvent être de $\pm 15\%$ par la présence du radon 222 et de ses produits de décroissance.

Etalonnage

Les mesures radiométriques fonctionnent selon le principe de l'atténuation. De manière générale, toute matière interagit avec le rayonnement γ et présente un effet d'atténuation. Dans le contexte du Process Control, cet effet résulte non seulement du produit à mesurer, mais également des parois en acier voire de sa construction interne, de l'isolation, de la structure, etc. Il est donc indispensable de calibrer le système de mesure sur site. Chaque mesure exige de tenir compte des erreurs statistiques. D'autres sources d'erreurs (variations de la phase gaz d'un réacteur) peuvent être traitées avec une mesure supplémentaire (compensation).

Effets de la température et du vieillissement

Ceux-ci peuvent être limités grâce à des méthodes de compensation, avec des algorithmes sophistiqués et des mesures indépendantes de la sensibilité d'un détecteur, par comparaison du signal avec une référence connue. Le système de mesure doit prévoir un contrôle automatique du gain ou une régulation de la haute tension. Les algorithmes utilisés par Berthold reposent sur une analyse spectrale du rayonnement émanant soit du radionucléide primaire utilisé, soit du rayonnement cosmique.

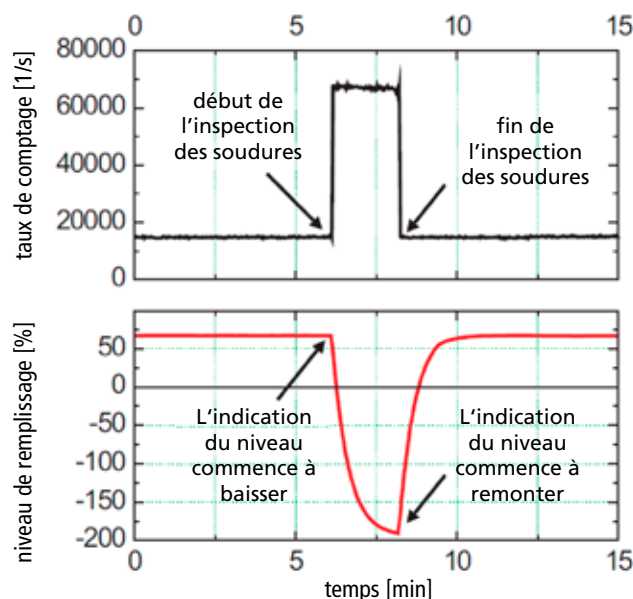
Rayonnement naturel du bruit de fond

Le rayonnement du bruit de fond résulte principalement du rayonnement cosmique ou terrestre. Contrairement au rayonnement cosmique, très constant, le rayonnement du bruit de fond terrestre peut considérablement varier selon la localisation. Le gaz de type radon 222 (Rn-222) et ses produits de décroissance influent sensiblement sur l'intensité du bruit de fond. La pluie, par exemple, peut augmenter provisoirement la concentration en radon et ses produits de décroissance au sol, ce qui impacte le bruit de fond.

Rayonnement parasite

L'inspection des tuyauteries d'un site industriel ou de son infrastructure peut être à l'origine d'interférences imprévisibles. Les sources gamma (iridium 192) utilisées ont une activité 10 000 fois supérieure à celle de la source de l'appareil de mesure. La hausse du rayonnement entraîne une modification rapide du signal mesuré, ce qui produit des erreurs sur la lecture du paramètre de process, avec l'indication d'une chute importante du niveau, par exemple. La conception du détecteur doit tenir compte de ce cas de rayonnement parasite. La perte du signal est susceptible d'être bien plus longue que la perturbation elle-même (saturation). Un tel rayonnement peut endommager le détecteur de manière irréversible.

Fig. 3 Variation du taux de comptage ou du niveau de remplissage lors de l'inspection des soudures



Gestion du rayonnement parasite

Pour réduire ce rayonnement parasite, il est possible de protéger le détecteur avec un blindage en plomb, avec toutefois des conséquences en termes de coût, d'ingénierie mécanique et d'installation. Détecter et supprimer le rayonnement parasite est également possible avec une mesure indépendante et un détecteur distinct (non exposé au rayonnement de la mesure radiométrique). Le coût et la complexité du système ainsi que la probabilité d'erreurs sont à considérer dans ce cas.

Détection de rayonnement parasite (XIP)

Les appareils exploitant la fonction XIP de Berthold détectent le rayonnement parasite et gèlent le signal de mesure pendant la perturbation. Le process n'est ainsi pas affecté par une lecture erronée, toutefois, le résultat n'est pas très fidèle tant que la mesure est gelée. L'opérateur est averti de l'événement XIP. Il est informé de toute condition de process imprévue et peut réagir à la lecture du signal gelé. Une fois la perturbation terminée, la mesure reprend automatiquement son fonctionnement initial. Pendant

les radiographies de soudures, le temps d'exposition au rayonnement est compris entre 2 et 5 minutes. Ceci gèle la mesure un court moment, ce qui peut poser des problèmes dans certaines applications et beaucoup moins dans d'autres.

Chaque appareil fourni par Berthold dispose de la fonction XIP.

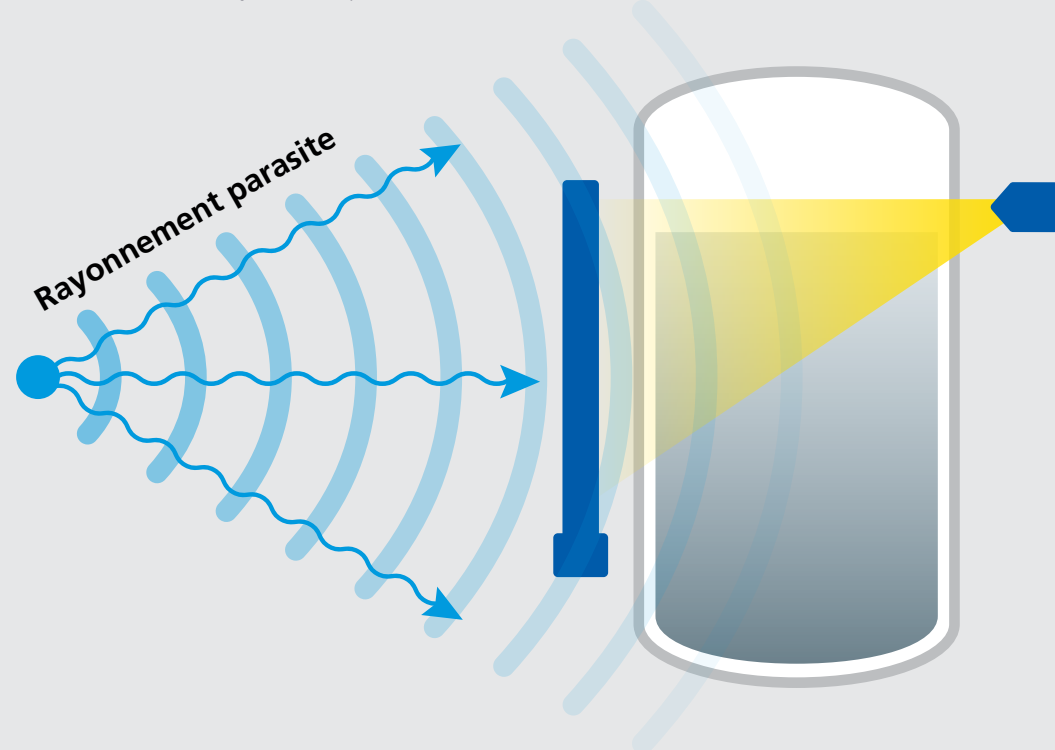
Élimination du rayonnement parasite (RID)

La fonction RID s'impose dans les applications avec variations de process rapides ou dans lesquelles le gel du signal de process n'est pas acceptable. Cette fonction repose sur un algorithme qui sépare l'interférence du taux de comptage réel de la mesure émise par une source de cobalt 60. La mesure se poursuit même en présence d'un rayonnement parasite.

Rôle déterminant du nucléide

Les nucléides utilisés pour les inspections de soudures présentent des propriétés différentes de ceux généralement employés dans les mesures de niveau radiométriques. La fonction RID de Berthold

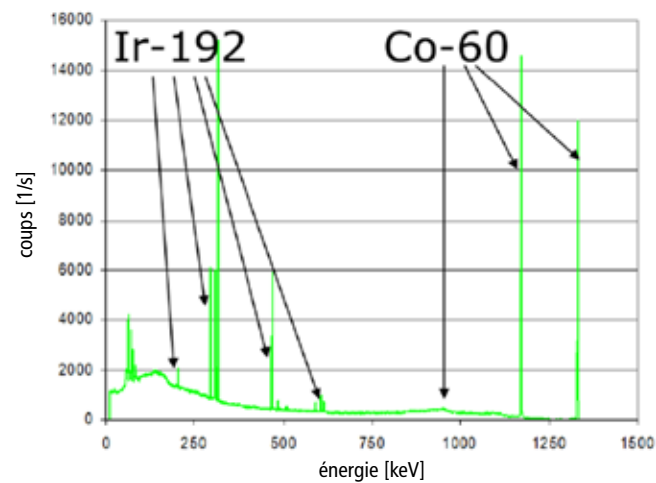
Fig. 4 Exposition du détecteur au rayonnement parasite



utilise ces différences pour supprimer l'influence du rayonnement parasite sur la mesure. La quasi-totalité des radiographies de soudures ou de matériaux utilisent des sources d'iridium 192 ou de sélénium 75. L'énergie de leur rayonnement (<600 keV) est faible par rapport à celle du Co-60 (>1000 keV) couramment employé dans les mesures de niveau.

Les détecteurs Berthold mesurent l'énergie de chaque événement gamma entrant et n'exploitent donc que ceux générés par la source de l'appareil de mesure.

Fig. 5 Spectre d'énergie type des nucléides en usage industriel

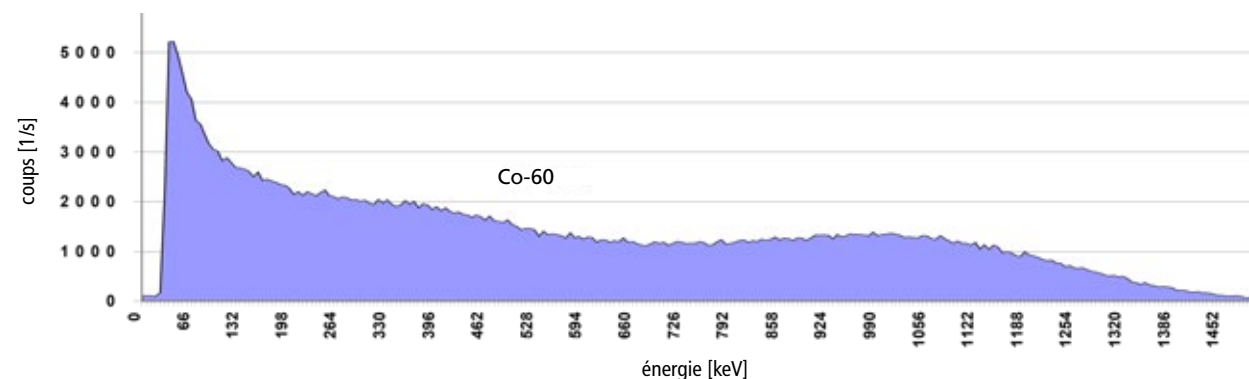


L'iridium 192 et le cobalt 60 présentent leur propre spectre d'énergie (voir Fig. ci-dessous). Les particules gamma ne libèrent pas toute l'intégralité de leur énergie dans le scintillateur.

La quantité d'énergie transformée dépend de la façon dont le photon gamma frappe le scintillateur. Reportez-vous à la Fig. 6 illustrant la réponse en énergie.

Il n'est donc pas si simple de distinguer clairement la

Fig. 6 Réponse en énergie sur un détecteur à scintillations

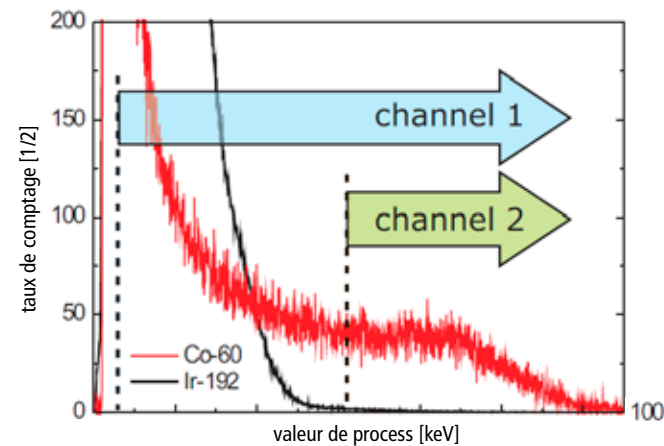


signature en énergie d'un nucléide, le résultat obtenu étant un spectre assez continu.

Contrôle continu

La fonction RID analyse essentiellement l'énergie du rayonnement détecté via deux canaux de mesure (voir Fig. 7).

Fig. 7 Séparation du spectre d'énergie en deux voies de mesure



La voie 1 couvrant tout le spectre, chaque photon gamma reconnu est compté. La voie 2 couvre, elle, uniquement les impulsions de plus haute énergie. Elle n'enregistre pas les impulsions en dessous d'un certain seuil d'énergie, c.-à-d. celles provenant de sources d'inspections de soudures. Toutes les impulsions supérieures au seuil de la voie 2 émanent de la source Co-60. L'appareil de mesure enregistre les résultats des deux voies séparément et les compare.

Si les valeurs des deux voies sont identiques ou conformes au seuil (Fig. 8, points de mesure 1 et 2 ou 1 et 3), le système considère qu'il s'agit d'une condition de fonctionnement normale.

Si elles diffèrent et qu'elles dépassent le seuil configuré,

elles sont automatiquement identifiées comme un événement d'interférence. L'appareil commute la mesure sur la voie 2 (Fig. 8, points de mesure 1 et 4). Le seuil de cette commutation est ajustable dans les paramètres du système.

La précision globale s'en trouve statistiquement diminuée. Toutefois, la mesure de niveau indiquée est correcte et reproductible. Elle garantit la cohérence dans le contrôle du procédé.

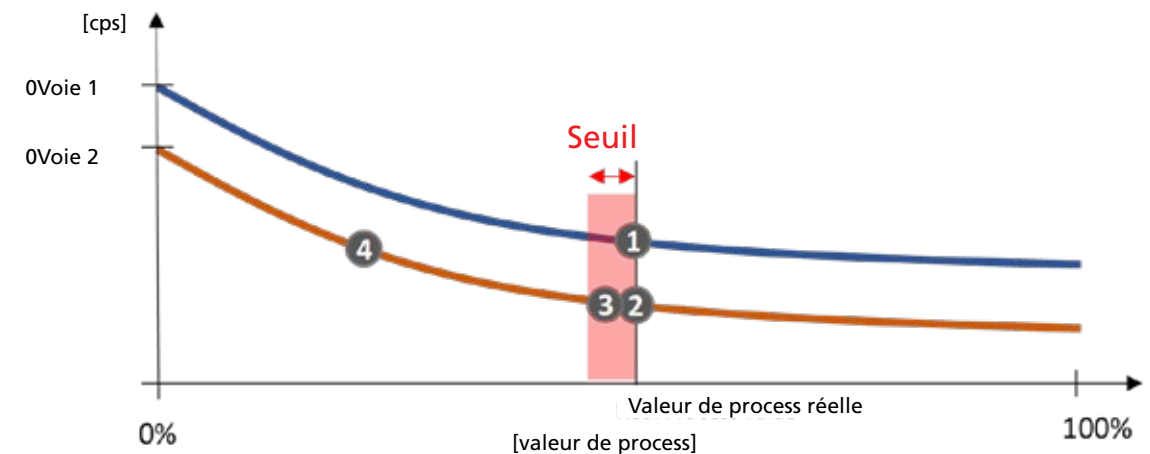
Si l'appareil ne détecte plus de rayonnement parasite, il repasse automatiquement en mode de fonctionnement normal. La fonction RID a pour avantage de fournir une mesure continue et fiable même en présence de rayonnement parasite important.

Il est indispensable de distinguer l'énergie des photons gamma du nucléide utilisée pour la mesure de l'interférence. Berthold associe des sources de cobalt 60 à sa fonction RID. En raison du fonctionnement continu des deux voies, un rayonnement parasite particulièrement long peut compromettre son identification d'événement anormal.

Simplicité d'utilisation

Sur l'appareil de mesure Berthold LB 470RID, la configuration de la fonction RID est facile et intuitive. Il suffit à l'opérateur de cocher une case pour l'activer. Le seuil de commutation sur la voie 2 est pré-réglé. Il peut être modifié en fonction des besoins de l'opérateur.

Fig. 8 Principe de fonctionnement de la fonction RID



Synthèse

Comme expliqué dans le présent document, Berthold propose des systèmes capables de gérer le rayonnement parasite et d'offrir aux clients une mesure stable et fiable qui garantit un process continu, évite les arrêts imprévus et apporte une véritable valeur ajoutée. Débarrassés des problèmes liés au rayonnement parasite, les exploitants réalisent des économies.



L'EXPERT EN MESURE DES RAYONNEMENTS

Berthold Technologies est le pionnier de la mesure radiométrique en industrie. L'entreprise est spécialisée dans cette technologie depuis plus de 70 ans. L'image de Berthold Technologies est associée à son savoir-faire, à la qualité et la fiabilité de ses produits.

Nos solutions sont orientées clients, nous considérons et apprenons votre métier et ses contraintes. Notre expérience, nos connaissances, notre large gamme de produits, sont autant d'atouts pour une collaboration étroite avec les utilisateurs et les prescripteurs sur les besoins de mesure spécifiques, sur la conception, le développement d'applications et de solutions dans tous les secteurs de l'industrie.

Nous sommes présents à vos côtés... dans le monde entier

Les équipes de Berthold technologies sont à votre écoute quel que soit l'endroit où vous vous trouvez. Notre réseau mondial vous garantit une assistance rapide et efficace. Il est disponible dans les délais les plus brefs pour apporter la réponse appropriée à vos demandes et besoins.

BERTHOLD FRANCE SAS

8, route des Bruyères · 78770 Thoiry · France
+33 (0)1 34 94 79 00 · berthold-france@berthold.com · www.berthold.fr

