



## **Le guide de la détection des métaux**

Mise en place d'un programme efficace

**METTLER TOLEDO**

Toute reproduction ou transmission partielle ou totale du présent guide, sous quelque forme que ce soit, par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, notamment la photocopie ou l'enregistrement, et quel qu'en soit l'objet, est strictement interdite sans l'accord écrit préalable de METTLER TOLEDO SAFELINE LIMITED. La présente documentation est fournie avec des droits limités.

Les informations contenues dans ce manuel ont pour but d'aider les producteurs à développer et mettre en œuvre un programme de détection des métaux efficace. METTLER TOLEDO SAFELINE LIMITED ne garantit pas l'exactitude ou l'applicabilité des informations contenues dans le présent document et ne peut donc pas être tenu responsable en cas de dommages matériels et/ou de blessures corporelles, ainsi que pour les pannes et/ou dommages directs ou indirects consécutifs à l'utilisation de ces informations.

■	Introduction	<b>2</b>
■	Introduction à la détection des métaux	<b>6</b>
■	Caractéristiques de conception essentielles	<b>12</b>
■	Facteurs limitant la sensibilité	<b>18</b>
■	Conception des systèmes et applications	<b>26</b>
■	Détection des métaux, inspection par rayons X ou les deux ?	<b>36</b>
■	Raisons d'un programme de détection des métaux	<b>42</b>
■	Mise en place d'un programme efficace	<b>46</b>
■	Prévention de la contamination métallique	<b>48</b>
■	Sélection des points de contrôle	<b>52</b>
■	Sensibilité de fonctionnement	<b>56</b>
■	Installation et mise en service	<b>60</b>
■	Validation, vérification et surveillance des performances	<b>64</b>
■	Traitement des produits suspects et rejetés	<b>76</b>
■	Analyse de données et amélioration du programme	<b>80</b>
■	Données, connectivité et amélioration des performances	<b>84</b>
■	Calcul du coût total de possession des détecteurs de métaux sur la chaîne de production	<b>90</b>
■	Principes de mise en œuvre des procédures adéquates pour le contrôle qualité et la défense juridique	<b>100</b>
■	Compréhension des applications exigeantes pour une meilleure détection des métaux	<b>106</b>
■	Protection anti-explosion pour détecteurs de métaux	<b>112</b>

# Introduction

**La plupart des sites de fabrication et de transformation des pharmaceutique secteurs agroalimentaire et reconnaissent que les systèmes de détection des métaux sont un élément essentiel des programmes de qualité efficaces. Ils prennent une importance croissante en raison d'un marché de plus en plus concurrentiel, qui dépend d'un éventail toujours plus large de facteurs complexes : exigences changeantes des consommateurs, sévérité des normes industrielles, importance croissante des organismes législatifs et réglementaires.**

L'installation de détecteurs de métaux comme équipement autonome ne garantit pas à elle seule que les produits fabriqués seront exempts de contaminants métalliques. L'installation doit faire partie d'un programme complet de détection des métaux. Ce guide a été mis à jour pour intégrer les dernières évolutions en termes de technologie, de tendances et de normes de l'industrie, de lois et d'exigences réglementaires.

Un programme efficace de détection des métaux permet bien évidemment de prévenir les défauts et les rappels de produit. Il permet aussi aux fournisseurs de garder leur certification durement acquise, tout en réduisant les coûts opérationnels totaux.

En cas de réclamation légale, un programme efficace de détection des métaux peut également attester que toutes les précautions raisonnables ont été mises en œuvre au sein du processus de fabrication.

Les exigences relatives aux programmes de détection des métaux ainsi que les avantages de ces programmes sont résumés dans le schéma 1a.

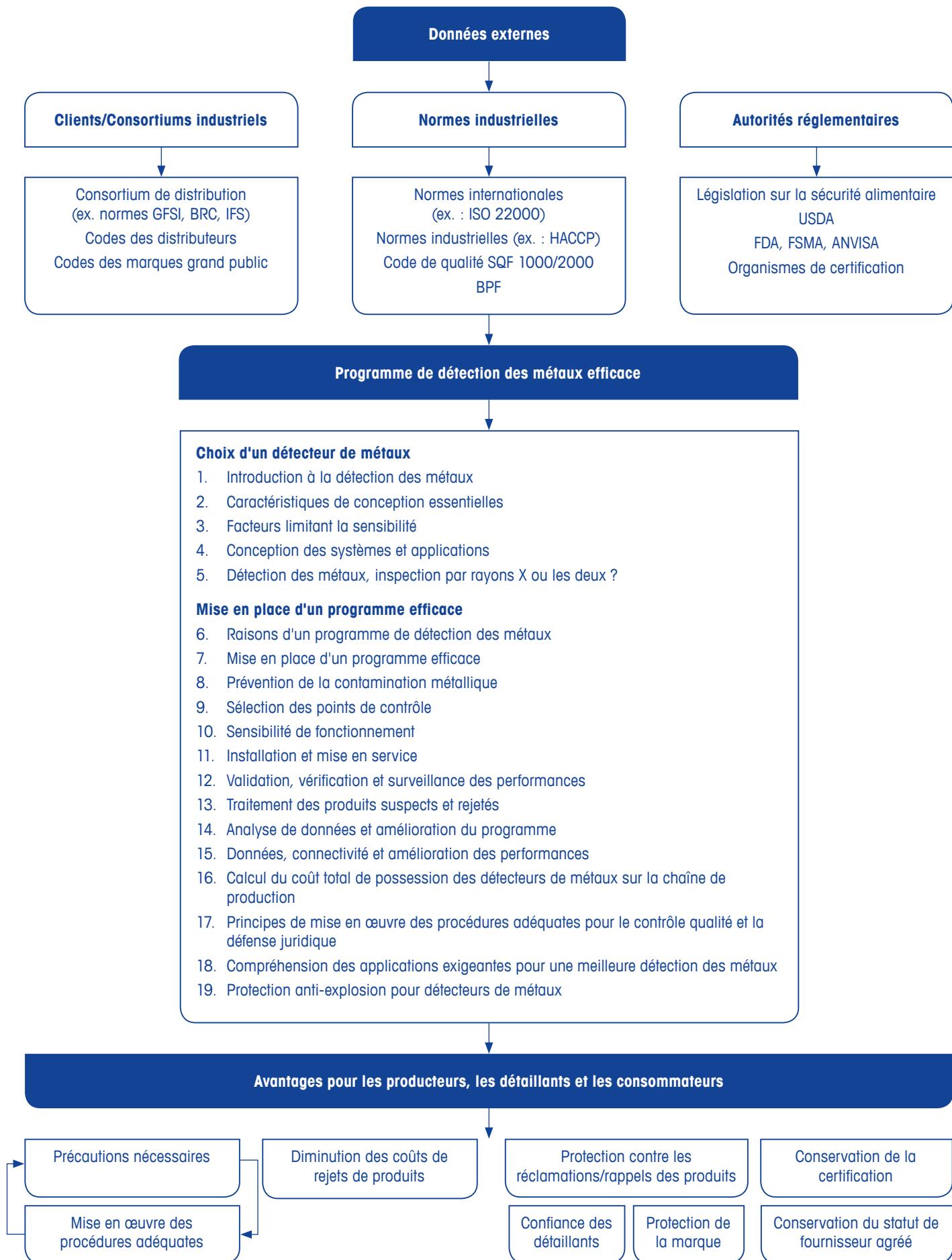


Tableau 1a : Programme efficace de détection des métaux

Ce guide constitue une véritable référence pour ceux impliqués dans la sécurité des aliments, puisqu'il donne un aperçu de tous les aspects de la détection des métaux, des principes élémentaires jusqu'à la mise en place d'un programme complet de détection des métaux.

**Les chapitres 1 à 4** expliquent le fonctionnement des détecteurs de métaux ainsi que leurs principales fonctions. Ces chapitres présentent également les facteurs qui limitent les performances de l'équipement. Ils décrivent aussi comment intégrer les détecteurs de métaux avec des systèmes de rejet efficaces.

**Le chapitre 5** explique de quelle façon les détecteurs de métaux et les systèmes d'inspection par rayons X peuvent être associés ou utilisés séparément pour offrir une protection maximale contre un large éventail de matériaux contaminants potentiels.

**Les chapitres 6 à 15** montrent que le fait d'installer uniquement un détecteur de métaux n'offre pas nécessairement un niveau de protection suffisant contre les contaminants. Pour offrir une protection adéquate, un programme complet de détection des métaux doit être mis en œuvre. Ces chapitres détaillent également les éléments clés de ce programme.

**Les chapitres 16 à 19** donnent des instructions pratiques sur la façon de calculer le coût total de possession d'un détecteur de métaux en ligne et expliquent comment la mise en œuvre des procédures adéquates permettra de dépasser les exigences des normes du secteur agroalimentaire. L'avant-dernier chapitre explique comment contrôler les applications alimentaires les plus exigeantes à l'aide des détecteurs de métaux en ligne les plus modernes. Le dernier chapitre porte sur la protection anti-explosion.

## Remarques

# Introduction à la détection des métaux

Ce chapitre présente de façon générale les composants des systèmes de détection des métaux et leurs principes de fonctionnement.

Les informations qu'il contient servent de base pour la compréhension des chapitres suivants. À la fin du document, vous comprendrez parfaitement la technologie de détection des métaux, les capacités de l'équipement et ses performances.

## 1

## Introduction à la détection des métaux

- 1.1** Sources de contamination métallique
- 1.2** Qu'est-ce qu'un détecteur de métaux ?
- 1.3** Où peut être utilisé un détecteur de métaux ?
- 1.4** Système de bobines équilibrées
- 1.5** Détection des métaux ferreux sous feuille (FIF)
- 1.6** Modes de détection
- 1.7** Pourquoi choisir le détecteur de métaux adapté ?

### 1.1 Sources de contamination métallique

Les sources de contamination métallique sont nombreuses. Même les contrôles les plus stricts ne peuvent pas empêcher un incident occasionnel au cours duquel de petites pièces métalliques s'infiltreront dans les produits destinés à la consommation.

C'est pourquoi l'application de bonnes méthodes de travail permet de réduire les risques d'introduction de contaminants métalliques dans le flux de production. De la même façon, le choix d'un appareil adapté présentant une conception appropriée augmente les chances de détecter et de rejeter de manière fiable toute particule métallique infiltrée dans les produits.

Les principales sources de contamination sont les suivantes :

- **Matières premières**

Parmi les exemples types, on trouve notamment des étiquettes métalliques et des billes de plomb dans la viande, du fil barbelé dans le blé, des filtres dans les produits en poudre, des pièces de tracteur avec les légumes, des hameçons dans le poisson, ainsi que des attaches et des courroies provenant des conteneurs de produits.

- **Effets personnels**

Boutons, stylos, pièces de monnaie, clés, barrettes, épingle, trombones, etc.

- **Maintenance**

Tournevis et autres outils similaires, copeaux et déchets de soudure après une réparation, morceaux de fil de cuivre après un dépannage électrique, divers éléments suite à un mauvais nettoyage ou laissés par négligence, copeaux métalliques après une réparation de tuyaux.

- **Traitements en usine**

Le risque de contamination existe dès lors qu'un produit est manipulé ou inclus dans un processus. Les broyeurs, les mélangeurs, les tranchesuses et les systèmes de transport sont tous des sources potentielles de contamination métallique. Il peut s'agir, par exemple, de protections cassées, d'éclats métalliques issus de fraiseuses, mais aussi de feuilles d'aluminium provenant de produits récupérés.

L'identification des sources de contamination potentielles est une étape essentielle pour développer un programme global de détection des métaux.

## 1.2 Qu'est-ce qu'un détecteur de métaux ?

Il s'agit d'un appareil servant à détecter et écarter toute contamination par des particules de métal parasites. Lorsque cet appareil est correctement installé et utilisé, il permet de réduire la contamination métallique et d'améliorer la sécurité des aliments. Un détecteur de métaux type se compose de quatre éléments principaux :

### 1. Bobine ou tête de détection

Les détecteurs de métaux modernes sont généralement divisés en deux catégories, en fonction de la tête de détection. Ce composant est celui qui identifie la présence de contaminant métallique dans le produit.

- Le premier type de détecteur est doté d'une tête de détection à « bobine équilibrée ». Il est capable de détecter tous les types de contaminants métalliques, tels que les métaux ferreux et non ferreux, ainsi que les aciers inoxydables susceptibles de figurer dans les produits frais et surgelés. Les produits inspectés peuvent être ouverts ou emballés, même dans des films métallisés.
- Le deuxième type de détecteur est équipé d'une tête de détection FIF à aimants permanents, qui permet de déceler des métaux ferreux et des aciers inoxydables magnétiques uniquement dans les produits frais ou surgelés possédant un opercule en aluminium.

Même s'il existe bien évidemment d'autres technologies, ce guide traite principalement des détecteurs à bobines équilibrées et, dans une moindre mesure, des technologies de détection des métaux ferreux sous une feuille d'aluminium (FIF).

Il existe des têtes de détection de pratiquement toutes les tailles, adaptées aux produits contrôlés. Elles peuvent être rectangulaires ou rondes et montées horizontalement, verticalement ou de biais.

Chaque tête de détecteur possède une ouverture par laquelle passe le produit. Lorsque la tête de détection décèle un contaminant métallique, un signal est envoyé automatiquement au système de commande électronique.

### 2. Interface utilisateur/Panneau de commande

L'interface utilisateur, qui est la partie frontale du système de commande électronique, est souvent installée directement sur la tête de détection. Toutefois, elle peut également être installée à distance avec des câbles si la tête de détection est trop petite ou si elle est placée dans un endroit inadapté ou inaccessible.

### 3. Système de transport

Ce système permet de faire passer le produit à inspecter à travers l'ouverture. Le système de transport le plus courant est le convoyeur. Les autres options disponibles sont :

- une glissière en plastique avec le détecteur monté sur un plan incliné ;
- un tuyau non métallique monté horizontalement ou verticalement. Ce type de système de transport est généralement utilisé pour l'inspection de poudres et de liquides.

### 4. Système de rejet automatique

Le système de rejet automatique est souvent monté sur le système de transport. Il a pour but de retirer tous les produits contaminés de la chaîne de production. De nombreux dispositifs de rejets différents sont disponibles, notamment les soufflages d'air, les pousoirs, les volets gravitaires, etc. Le type de dispositif de rejet installé dépend du type de produit inspecté (pour plus d'informations, voir le chapitre 4).

Outre les quatre principaux éléments d'un détecteur de métaux, on peut également trouver :

- un conteneur verrouillable fixé sur un côté du convoyeur afin de récupérer et maintenir à l'écart les produits rejettés ;
- un dispositif de protection entre le détecteur et le système de rejet ;
- une alarme de sécurité qui se déclenche en cas de dysfonctionnement du détecteur de métaux ;
- un système de confirmation de rejet équipé de capteurs et de temporiseurs afin de confirmer le rejet effectif du produit contaminé de la chaîne ;
- un signal lumineux et/ou une alarme sonore pour avertir les opérateurs de certains événements, par exemple, lorsqu'il est nécessaire de tester le détecteur ou de vider le conteneur ;
- plusieurs systèmes à sécurité intégrée pour éléver le niveau de mise en œuvre des procédures adéquates.

## 1.3 Quand utiliser un détecteur de métaux ?

Les détecteurs de métaux peuvent être utilisés à différentes étapes d'un processus de production :

### 1. contrôle de produits en vrac pendant le processus

- élimination des métaux avant qu'ils ne soient découpés en morceaux plus petits ;
- protection des machines contre les détériorations ;
- pas de gaspillage de produits ou d'emballages dû au rejet d'un produit fini à plus forte valeur, plus tard dans le processus.

Il peut s'agir, par exemple, d'un contrôle en vrac des quartiers de viande avant leur découpage, d'ingrédients pour la garniture des pizzas ou de produits céréaliers.

### 2. Contrôle de produits finis

- pas de risque de contamination plus tard dans le processus ;
- conformité aux normes de qualité des détaillants et des marques grand public.

Le contrôle combiné des produits en vrac et des produits finis permet de garantir une protection optimale.

Les contaminants métalliques les plus courants sont les suivants :

- contaminants ferreux (fer) ;
- contaminants non ferreux (cuivre, laiton, aluminium, plomb) ;
- divers types d'acier inoxydable (magnétique et non magnétique).

Sur ces types de contaminants, les métaux ferreux sont généralement les plus simples à détecter, à tel point qu'ils sont également décelables avec des détecteurs relativement simples ou même des séparateurs magnétiques.

Les alliages d'acier inoxydable sont très répandus dans le secteur agroalimentaire mais sont souvent les plus difficiles à détecter, notamment les nuances non magnétiques comme la 316 et la 304.

## Introduction à la détection des métaux

Les métaux non ferreux comme le cuivre, le laiton, l'aluminium et le plomb se situent généralement entre ces deux extrêmes, bien que dans les grands détecteurs de métaux fonctionnant à des fréquences plus importantes, les métaux non ferreux peuvent s'avérer plus difficiles à détecter que l'acier inoxydable non magnétique.

Seuls les détecteurs de métaux utilisant un système de bobines équilibrées à courant alternatif sont capables de détecter de petites particules de métaux non ferreux et d'acières inoxydables non magnétiques.

### 1.4 Système de bobines équilibrées

#### 1.4.1 Principes de fonctionnement élémentaires

Trois bobines sont enroulées sur un support non métallique, parallèlement les unes aux autres (schéma 1.1). La bobine émettrice (celle du milieu) est activée par un courant électrique haute fréquence qui génère un champ magnétique.

Les deux autres bobines servent quant à elles de bobines réceptrices. Ces deux bobines étant identiques et à égale distance de la bobine émettrice, elles reçoivent chacune la même tension induite. Lorsque ces bobines sont connectées en opposition, les tensions s'annulent et le signal de sortie est alors nul.

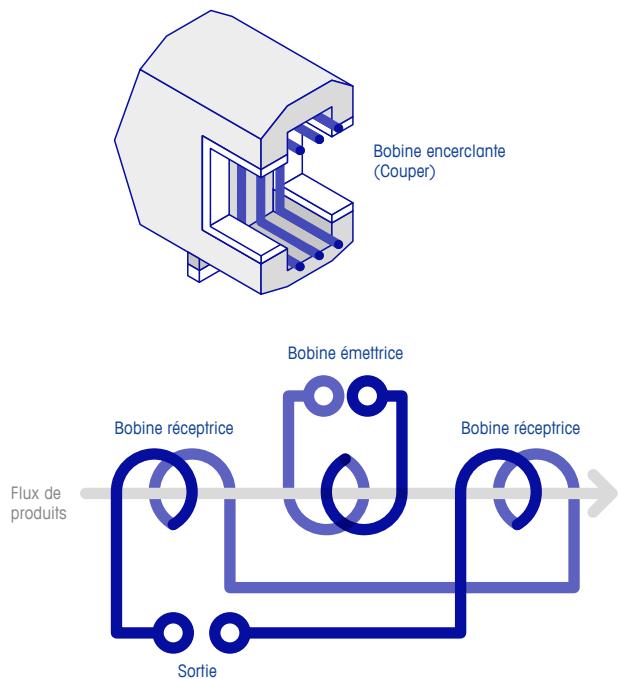


Schéma 1.1

Lorsqu'une particule de métal passe à travers le système de bobines, le champ haute fréquence est perturbé au niveau de la première bobine réceptrice (point A) puis à la deuxième bobine réceptrice (point B). La tension générée change alors dans chaque bobine réceptrice (par nanovolts -  $1 \times 10^{-9}$  volts). Malgré le très faible écart de tension, ce changement d'équilibre produit un signal pouvant être traité, amplifié et ensuite utilisé pour détecter la présence de métaux parasites (schéma 1.2).

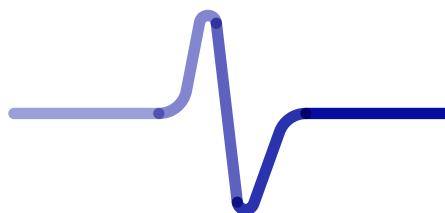


Schéma 1.2

En fait, le système de commande électronique divise le signal reçu en deux éléments distincts, magnétique et conducteur, à 90° l'un de l'autre.

Pour empêcher les signaux électriques extérieurs, les pièces métalliques situées à proximité et toute autre machine de perturber le détecteur, l'ensemble du système de bobines est installé dans un boîtier métallique, qui possède une ouverture au centre pour le passage du produit.

Ce boîtier peut être en aluminium ou en acier inoxydable (en fonction de l'application). En plus de faire écran, elle offre une plus grande solidité et rigidité à l'ensemble, ce qui est fondamental pour le bon fonctionnement du détecteur.

La conception de détecteurs de métaux stables et fiables repose sur plusieurs techniques mécaniques et électriques spéciales. La stabilité de la production en ligne au fil du temps est un facteur clé permettant de comparer les performances des détecteurs de métaux proposés par les différents fabricants.

#### 1.4.2 Techniques mécaniques

Le boîtier métallique agit sur l'équilibre du champ magnétique. Tout mouvement de bobines peut déclencher un faux signal de détection. Aussi microscopique soit-il, ce mouvement peut être suffisant pour rejeter un produit pourtant non contaminé.

L'un des principaux défis pour les fabricants de détecteurs est donc de concevoir un système totalement rigide et stable, qui ne soit pas perturbé par les vibrations des moteurs, des poulies, des systèmes de rejet automatique, des variations de température, des systèmes de transport et des machines situés à proximité.

Il est essentiel de sélectionner le type de matériau adéquat à la fois pour la bobine de tête de détection et pour le boîtier. Pour renforcer la rigidité mécanique, la plupart des fabricants remplissent le boîtier du détecteur avec un matériau spécifique afin d'empêcher tout mouvement des bobines (on parle alors de remplissage).

Cela permet de fabriquer un appareil avec une sensibilité de détection maximale dans des conditions d'usine type. La qualité du remplissage est donc essentielle aux performances du détecteur de métaux.

### 1.4.3 Techniques électroniques

Le mode de construction mécanique réduit les risques de déclenchement de faux signaux dus aux mouvements des bobines et de l'armoire, et garantit une stabilité à long terme dans des environnements difficiles. Cependant, plusieurs facteurs peuvent contribuer à un déséquilibre de la tension. Vous en trouverez ci-dessous quelques exemples :

- variations de température ;
- métal à proximité de l'ouverture ;
- obsolescence des composants électroniques ;
- lentes modifications de la structure mécanique.

Ces facteurs à l'origine de déséquilibres de tension peuvent être supprimés à l'aide de différentes techniques électroniques. Le contrôle automatique d'équilibre surveille en continu les déséquilibres de tension et les corrige immédiatement. L'opérateur n'a alors plus à effectuer d'ajustements réguliers et le détecteur fonctionne de manière optimale en permanence.

De nombreux détecteurs de métaux possèdent aujourd'hui un système à quartz permettant de contrôler la fréquence de l'oscillateur avec une grande précision, évitant ainsi tout décalage. Cependant, une compensation électronique est nécessaire pour éviter les modifications des composants électroniques qui se produisent avec les changements de température.

Le système de contrôle automatique d'équilibre et le système à quartz ne permettent pas, en tant que tels, de détecter des particules métalliques plus petites. En revanche, ils permettent au détecteur de conserver cette sensibilité sans intervention de l'opérateur et sans générer de faux signaux de rejet.

L'automatisation du circuit de contrôle de la compensation de température compense les effets des variations de la température extérieure qui peuvent affecter les performances du détecteur, en éliminant les déséquilibres.

En définitive, pour garantir des performances optimales à long terme, le système de contrôle automatique d'équilibre, le système à quartz, la compensation de température et le remplissage des têtes sont tous des éléments essentiels.

### 1.4.4 Zone sans métal (MFZ)

La plus grande partie du champ magnétique haute fréquence du détecteur est contenue dans le boîtier métallique. La fuite du champ magnétique par l'ouverture du détecteur est inévitable. Cet effet de fuite au niveau de la structure métallique peut influer sur les performances du détecteur, entraînant une fluctuation des capacités de détection.

Pour une détection optimale des métaux, il convient donc de créer une « Zone sans métal » (MFZ pour « Metal Free Zone) autour de l'ouverture du détecteur.

La taille de la MFZ dépend :

- de la taille de l'ouverture (schéma 1.3) ;
- du type de détecteur ;
- à la sensibilité de détection ;

Des éléments métalliques fixes peuvent être placés plus près du détecteur que les éléments métalliques mobiles.

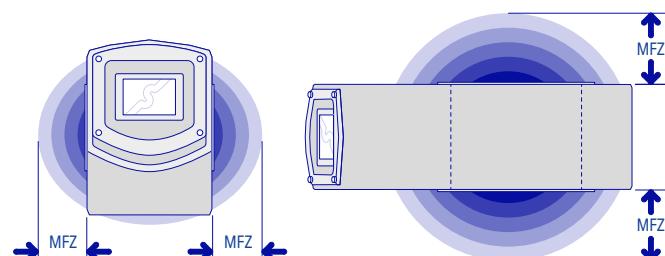


Schéma 1.3

La dimension de cette zone est normalement indiquée dans les consignes d'installation fournies par le fabricant. On compte généralement 1,5 fois la hauteur d'ouverture pour les éléments métalliques fixes et 2 fois pour les éléments mobiles. Si ces recommandations sont respectées au moment de l'installation, les performances du détecteur seront fiables et optimales.

Lorsque l'espace est limité, comme avec un petit convoi, ou lorsque l'appareil est installé entre une balance et une formeuse-remplisseur-scelleuse verticale, il convient d'utiliser la technologie ZMFZ (Zero Metal Free Zone) qui permet de réduire l'espace nécessaire sans perte de sensibilité. Des techniques mécaniques peuvent également être employées, comme l'utilisation de brides d'extension qui permettent de limiter le champ magnétique de fuite.

## 1.5 Détection des métaux ferreux sous feuille d'aluminium (FIF)

Lorsque le produit à contrôler est emballé dans un pack ou une barquette recouvert d'une feuille d'aluminium, les détecteurs de métaux avec système de bobines équilibrées ne peuvent pas être utilisés. Toutefois, il existe un dispositif de détection permettant de supprimer l'effet de la feuille d'aluminium et de déceler les petites particules de métal ferreux et d'acier inoxydable magnétique. Voir le principe de fonctionnement élémentaire aux schémas 1.4 et 1.5.

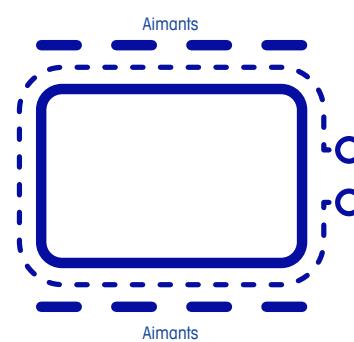


Schéma 1.4 Détecteur de métaux ferreux dans de l'aluminium

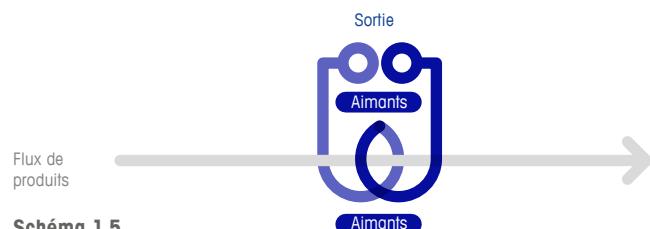


Schéma 1.5

## Introduction à la détection des métaux

À mesure qu'une particule métallique s'approche du détecteur, elle entre dans un puissant champ magnétique qui la magnétise. Lorsque cette particule magnétisée traverse la seule bobine enroulée autour du support, une petite tension est générée, laquelle s'amplifie ensuite.

Les détecteurs de métaux ferreux sous feuille sont beaucoup plus sensibles aux matériaux magnétiques qu'à ceux qui ne le sont pas. En pratique, cette sensibilité est parfois réduite en raison du signal de produit généré par la feuille d'aluminium, qui nuit aux performances.

Les limites de cette technologie sont claires, et sauf si la seule contamination métallique probable (selon les principes HACCP) est ferreuse (ou magnétique), il est recommandé d'envisager une autre solution (ex. : rayons X).

## 1.6 Modes de détection

Lorsqu'une particule métallique traverse un détecteur utilisant un système de bobines équilibrées, elle génère un signal de sortie qui s'amplifie au maximum lors de son passage sous la première bobine. Le signal retombe à zéro lorsque la particule atteint la bobine du milieu, puis s'amplifie de nouveau au maximum lors du passage sous la troisième bobine.

Le signal commence à augmenter lorsque la particule métallique se trouve à une certaine distance de la bobine. Dans le cas d'une pièce métallique volumineuse, la bobine peut réagir avant même l'arrivée de cette pièce sous le détecteur. Le schéma 1.6 illustre un signal généré par une petite et une grande pièce métallique et s'applique à tous les types de détecteurs.

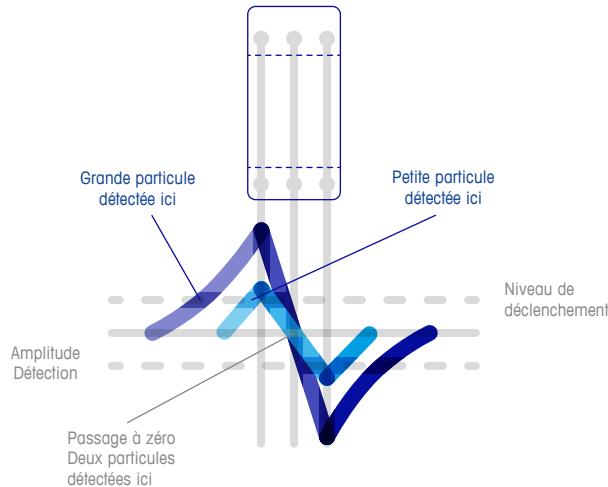


Schéma 1.6

Il existe toutefois deux autres méthodes permettant d'interpréter ou de traiter ce signal de sortie, lesquelles présentent des caractéristiques de détection différentes : l'« amplitude de détection » et la « détection au passage à zéro » (ou zone étroite).

### 1.6.1 Détection d'amplitude

Lorsque le signal généré par la détection d'une particule de métal dépasse le niveau de déclenchement prédéfini, le détecteur fonctionne comme prévu. Le schéma 1.6 illustre une pièce métallique volumineuse dépassant ce niveau et qui est donc détectée plus tôt qu'une petite pièce. Avec cette méthode de détection, une pièce métallique est détectée plus tôt et un plus grand nombre de bons produits sont rejettés.

### 1.6.2 Détection au passage à zéro

Cette méthode permet de détecter un métal lorsque le signal change de polarité (positif à négatif ou inversement). Le schéma 1.6 montre que cela se produit toujours au même point, sous la bobine du milieu et indépendamment de la taille de la pièce métallique. Avec cette méthode, le point de détection peut être déterminé avec précision, quelle que soit la taille du contaminant, et le nombre de produits rejettés est moins important.

### 1.6.3 Plusieurs pièces métalliques

Le principal inconvénient de la méthode de détection au passage à zéro est qu'elle n'est pas infaillible. Dans une chaîne de production type, il arrive souvent qu'aucun contaminant ne soit détecté pendant une longue période et que plusieurs pièces passent ensuite ensemble dans le produit, par exemple lorsqu'une passoire ou un hachoir sont cassés.

Si une pièce métallique en suit une autre et qu'elles sont toutes deux de taille différente, le détecteur utilisant la détection au passage à zéro peut être dupé et ne pas détecter la pièce plus petite.

Le schéma 1.7 illustre le signal généré par une petite pièce A suivie d'une pièce B plus grande. Le détecteur ne voit pas les deux signaux séparés, mais il détecte le signal combiné C formé par les signaux des deux pièces métalliques A et B.

Avant que le signal C puisse changer de polarité (et être détecté), il est amplifié par l'effet d'une deuxième pièce métallique. Par conséquent, la première pièce n'est pas détectée.

Si une troisième grande pièce métallique arrive, les deux premières risquent de ne pas être détectées et ainsi de suite. La détection au passage à zéro montre ainsi l'étendue de ses limites.

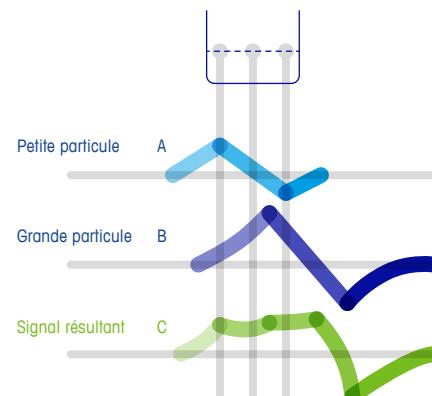


Schéma 1.7

## 1.6.4 Détection inversée

Certains produits emballés contiennent volontairement une pièce de métal au niveau de l'emballage ou dans le produit lui-même. Il peut s'agir d'un composant spécifique ou d'un cadeau. Quelle que soit sa forme ou sa fonction, les détecteurs de métaux permettent de vérifier que cet objet métallique est bien présent dans le produit emballé.

Il suffit généralement d'inverser l'action du temporisateur de rejet de façon à laisser passer les produits avec métaux et à rejeter les produits sans.

Dans ce type d'application, il est important de contrôler le produit avant et après le processus d'ajout afin d'être certain que l'élément détecté au point de sortie correspond bien à l'objet souhaité et non à un contaminant métallique.

## 1.7 Pourquoi choisir le détecteur de métaux adapté ?

### 1.7.1 Conformité

Les détecteurs de métaux peuvent être installés aux points de contrôle critiques (CCP) de vos processus de production, afin de permettre à votre entreprise de se conformer aux principes HACCP (Analyse des risques et maîtrise des points critiques) et de répondre aux exigences plus vastes des réglementations et des normes de sécurité alimentaire (pour plus d'informations, voir chapitre 9).

Cependant, il ne suffit pas d'installer un détecteur de métaux aux points de contrôle critiques. Des tests réguliers des performances des équipements de détection des métaux sont essentiels pour assurer l'efficacité de tout système de gestion de la qualité dans l'industrie agroalimentaire ou pharmaceutique.

### 1.7.2 Réduction des coûts

En sélectionnant les détecteurs de métaux les plus stables et les plus fiables et en les installant aux points adéquats du processus de fabrication, les coûts totaux de possession sont contrôlés et réduits au minimum :

- en éliminant les rejets par erreur et le gaspillage ;
- en réduisant les exigences des procédures de validation des performances régulières.

### 1.7.3 Productivité accrue

Les études montrent qu'en moyenne, les usines perdent entre 28 et 40 % de leur capacité dans les arrêts, les perfs de vitesse, les interruptions et les défauts. Sélectionner un détecteur de métaux simple à configurer et à utiliser offre des performances fiables et stables, avec de faibles besoins de maintenance, et la conception du dispositif facile à nettoyer augmente la productivité en éliminant les temps d'arrêt.

L'efficacité globale des équipements (EGE) constitue un outil important dans les secteurs pharmaceutique, agroalimentaire et de conditionnement. Dans toute activité à prédominance de capital, l'amélioration de l'EGE représente une méthode essentielle pour parvenir à une efficacité accrue, une meilleure qualité et des coûts réduits.

L'adoption de la méthodologie EGE peut offrir des avantages dans les domaines suivants :

- Équipement : temps d'arrêt de l'équipement et coûts d'entretien réduits, meilleure gestion du cycle de vie de l'équipement.
- Personnel : efficacité de la main d'œuvre et productivité accrue via l'amélioration de la visibilité des opérateurs.
- Processus : productivité accrue via l'identification des goulets d'étranglement.
- Qualité : amélioration de la qualité et réduction du volume de rebuts.

De nombreux outils logiciels existent pour capturer les données de performance et afficher graphiquement les performances EGE. Le fait de sélectionner un outil logiciel EGE adéquat est essentiel à la réussite d'un projet EGE. Cependant, il est erroné de penser que cet outil seul peut améliorer l'EGE. Toutes les applications logicielles EGE ne sont que des outils. Si elles sont mal exploitées, elles ne feront que mesurer l'EGE, sans l'améliorer. Pour de plus amples informations sur la mesure, le calcul et les méthodes d'amélioration de l'EGE, consultez le chapitre 15.

### 1.7.4 Compétitivité accrue

À l'heure actuelle, vous pouvez accroître votre productivité en respectant les normes réglementaires, sectorielles et des distributeurs, en réduisant vos coûts et en augmentant votre productivité. Vous pouvez alors protéger votre image de marque et votre réputation, et être en position de gagner des parts de marché.

# Caractéristiques de conception essentielles

En cas de défaillance d'un détecteur de métaux sur un site de fabrication, le fabricant peut faire face à un dilemme : la production doit s'arrêter jusqu'à ce que la visite d'un technicien de maintenance soit planifiée, ou la chaîne de production peut continuer de tourner, avec le risque de laisser passer un produit contaminé par du métal.

Pour éviter ce dilemme, il suffit tout simplement de choisir le détecteur de métaux le plus fiable du marché. Le présent chapitre donne des informations utiles sur les critères et les caractéristiques de conception à prendre en compte pour sélectionner le détecteur de métaux le plus adapté à votre environnement de fabrication spécifique.

## 2.

### Caractéristiques de conception essentielles

- 2.1** Conception électronique des détecteurs
- 2.2** Conception mécanique des détecteurs
- 2.3** Conception du système de convoyeur
- 2.4** Conception d'un système sans convoyeur
- 2.5** Conception des systèmes de rejet
- 2.6** Conception sanitaire
- 2.7** Santé et sécurité
- 2.8** Conception des systèmes à sécurité intégrée

Le fait de sélectionner un détecteur de métaux fiable est une étape majeure pour réduire (voire éliminer) les contaminations métalliques dans les produits fabriqués sur votre chaîne de production. Même si les détecteurs de métaux sont aujourd'hui couramment utilisés, voici quelques conseils afin d'aider les utilisateurs à évaluer ou à comparer les capacités d'appareils de marques différentes.

La dérive, les détections erronées, la complexité de la configuration et les rejets par erreur aléatoires sont des défauts spécifiques aux détecteurs de métaux qui peuvent empêcher la réussite d'un programme de détection des métaux. Bien sûr, lorsque les détecteurs de métaux sont sujets aux erreurs, leur utilisation peut être frustrante pour le personnel de production.

Ces personnes peuvent rapidement ne plus faire confiance au détecteur si ce dernier rejette des produits qui s'avèrent finalement conformes. Il est également frustrant d'utiliser un détecteur de métaux qui requiert une attention de tous les instants pour respecter les niveaux de sensibilité définis.

En revanche, un détecteur de métaux capable de déceler et de rejeter des produits de manière fiable, sans risque de rejets par erreur, rassurera à la fois les opérateurs de la chaîne mais aussi l'équipe dirigeante, tout en garantissant la meilleure protection possible à long terme.

## 2.1 Conception électronique des détecteurs

Les détecteurs de métaux modernes bénéficient d'une technologie de traitement numérique avancée. Ainsi, ils peuvent inclure un large éventail de fonctionnalités pour un coût relativement faible, même si ces dernières ne contribuent pas nécessairement à l'efficacité globale d'un détecteur.

Le risque est que les personnes novices en détection des métaux compareraient les différentes marques uniquement en fonction du nombre de fonctionnalités, et qu'ils sélectionnent l'appareil qui en possède le plus.

Ces personnes peuvent également considérer que plus la sensibilité est élevée, plus le détecteur est efficace, et utiliser ce critère pour évaluer et comparer les systèmes.

Le fait de juger un détecteur de métaux uniquement sur sa gamme de fonctions et/ou ses niveaux de sensibilité ne constitue pas une bonne approche pour choisir le système adéquat. Les utilisateurs un peu plus chevronnés savent, pour leur part, que la sensibilité n'est qu'un facteur de sélection parmi tant d'autres.

### 2.1.1 Stabilité

La stabilité est non seulement le signe distinctif d'un excellent détecteur de métaux, mais ce facteur souligne également la différence entre la sensibilité et les performances. Dans ce contexte, les performances permettent de mesurer les capacités d'un appareil dans les conditions d'utilisation réelles d'une usine.

Un détecteur de métaux stable est capable de fonctionner correctement sans effectuer de rejets par erreur ou de contrôles irréguliers et ne nécessite pas d'ajustements périodiques. La plupart des unités de traitement numériques affichent des niveaux de sensibilité similaires lorsqu'elles sont testées côté à côté en conditions de laboratoire. Cependant, en utilisation prolongée sur une chaîne de production, des différences conséquentes peuvent apparaître.

Un détecteur instable, notamment lorsqu'il est relié à un système de rejet automatique, peut être rapidement au centre des critiques en raison de ses faibles performances.

### 2.1.2 Décalage électronique

Le décalage électronique est une cause courante d'instabilité. Il se produit avec le temps en cas de variations de température et d'usure des composants électroniques, ce qui modifie la sensibilité du détecteur et génère ensuite de fausses alarmes ou des signaux intempestifs.

Pour réduire la dérive électronique, la stabilité de la fréquence et de la phase des circuits électroniques haute précision est essentielle. Le degré de stabilité requis est proportionnel au niveau de sensibilité.

Certaines fonctions, comme le système de contrôle de fréquence à quartz et le système de contrôle automatique d'équilibre suffisent à éliminer ce décalage, tout en conservant en permanence le niveau de sensibilité souhaité.

### 2.1.3 Répétabilité

Outre les rejets par erreur, un décalage peut modifier le niveau de détection avec le temps. L'utilisateur sera alors beaucoup plus confiant si le détecteur décèle l'échantillon test chaque fois que celui-ci est utilisé pendant plusieurs semaines ou mois.

De plus, un détecteur présentant une fiabilité très élevée évite de réinspecter les produits, identifie tous les contaminants métalliques et empêche de les transmettre en aval sur la chaîne de production.

### 2.1.4 Réglages et utilisation faciles

Un détecteur dont la procédure de réglage est complexe ou imprécise sera probablement mal réglé. Le réglage doit être une procédure simple et rapide. Après une formation initiale, l'utilisateur doit pouvoir régler tous les paramètres sans consulter le manuel d'utilisation.

Une procédure de réglage logique associée à une interface homme-machine (IHM) intuitive permet d'éviter de mémoriser des séquences spéciales. Ces deux éléments permettent également d'effectuer correctement les modifications, une fois la formation initiale dispensée.

Plusieurs marques mettent en avant les fonctions de réglage automatique de leurs détecteurs. Toutefois, il convient de tenir compte de la réelle simplicité et de la précision des réglages initiaux. Les détecteurs les plus modernes peuvent afficher des représentations visuelles des signaux de produits complexes, qui peuvent aider à comprendre le processus de réglage automatique.

Le réglage automatique de ces détecteurs de métaux peut donner des résultats aussi précis qu'un réglage effectué par un utilisateur expérimenté. Si ce n'est pas le cas, les performances de détection peuvent être fortement affectées. Les détecteurs de métaux peuvent être réglés avec un seul passage de produit. Cependant, plusieurs passages permettront un réglage plus représentatif des conditions de production réelles. Les plus grandes marques de détecteurs utilisent désormais des algorithmes logiciels qui permettent un réglage automatique équivalent à un réglage effectué par un opérateur expérimenté.

Plus il y a de réglages, plus le risque d'erreur augmente pour un produit donné. Afin de réduire le nombre de réglages nécessaires, il est possible de grouper des produits similaires et d'effectuer un réglage commun grâce à des fonctions spécifiques disponibles sur certains détecteurs.

Ces regroupements permettent de faciliter l'utilisation des systèmes et d'affiner leur configuration. Les derniers détecteurs MSF (multifréquence simultanée) vont encore plus loin en proposant un réglage de produit unique qui permet d'inspecter des produits très différents, à des niveaux de sensibilité supérieurs aux systèmes concurrents à fréquence simple, double ou triple.

## 2.1.5 Bruit électrique et immunité aux radiofréquences

Si le détecteur de métaux ne dispose pas d'une protection efficace contre le bruit électrique et les radiofréquences, de faux signaux risquent de se déclencher et d'entraîner la méfiance de l'opérateur. De plus, la vérification des rejets par erreur cause des pertes de temps et d'argent.

Dans les sites de fabrication, les interférences à radiofréquence peuvent être nombreuses : éclairage fluorescent, appareils mobiles, variateurs, entraînements à fréquence variable, etc. Ces équipements peuvent interférer avec le fonctionnement des systèmes de détection des métaux.

## 2.1.6 Composants électroniques modulaires

Certains détecteurs de métaux intègrent un module électronique universel dont la conception permet un remplacement rapide des pièces (pièces défectueuses ou obsolètes remplacées par des pièces neuves).

Le principal avantage de ce type de module est qu'il réduit les coûts de maintenance et limite au minimum les arrêts de production lors des procédures de maintenance et/ou de réparation.

Sur les chaînes de production où les temps d'arrêt sont inacceptables, il est important d'utiliser des détecteurs équipés d'un module électronique unique conçu pour les remplacements rapides.

## 2.1.7 Contrôle autonome et surveillance de condition

Tout en cherchant constamment à améliorer la disponibilité et l'efficacité globale des équipements (EGE), de nombreux producteurs souhaitent désormais réduire les temps d'arrêt et limiter les procédures de tests planifiés.

Les détecteurs de métaux possédant des fonctions de contrôle automatique et de surveillance continue offrent un réel avantage, car ils permettent d'identifier très tôt une panne potentielle du système. Des mesures préventives peuvent ainsi être mises en place afin d'éviter d'avoir systématiquement recours à des opérations de maintenance ou à des tests fréquents.

Pour que ces fonctionnalités soient utiles, il est important que les paramètres clés soient surveillés en permanence via le circuit opérationnel du détecteur, que les signaux soient traités de manière séquentielle ou en parallèle.

Il est également essentiel que le système alerte les utilisateurs de façon précoce en cas de modification inattendue. De plus, le système doit déclencher une alarme en cas de modification inacceptable dans les paramètres surveillés.

## 2.2 Conception mécanique des détecteurs

### 2.2.1 Protection de l'environnement

Le choix d'un détecteur de métaux doit tenir compte des exigences sanitaires du produit et de l'environnement dans lequel l'appareil est utilisé. Si le produit est à haut risque, le détecteur doit être conçu de façon à supporter des conditions difficiles, ainsi que des opérations régulières de stérilisation et de nettoyage approfondi.

Les producteurs de viande, de volailles, de produits laitiers et assimilés constatent souvent que le détecteur de métaux utilisé ne supporte pas les lavages fréquents à grande eau. Un système d'un seul tenant sans joint apparent est idéal. Les défaillances sont d'autant plus problématiques que la réparation d'un détecteur imprégné d'eau est coûteuse en temps et en argent.

Si les conditions de production sont signalées au fournisseur du système de détection avant l'achat, le système sera conçu pour rester performant dans les zones exposées à l'eau ou à la vapeur.

Si le détecteur de métaux doit être utilisé dans un environnement potentiellement explosif (comme une meunerie), il doit être homologué par un organisme certifié et indépendant. De plus, le fabricant doit détenir l'autorisation de fabriquer et de commercialiser ce type de systèmes.

### 2.2.2 Stabilité de l'équilibre et immunité aux vibrations

La plupart des détecteurs de métaux fonctionnent sur le principe du système à bobines équilibrées. Par conséquent, il est essentiel de maintenir la stabilité mécanique du détecteur pour que ses performances soient constantes.

En effet, le moindre mouvement de la structure mécanique, comme une expansion due à la température, un choc mécanique, une vibration etc. peut déséquilibrer le système de bobines et provoquer ainsi de faux signaux ou un décalage.

Pour empêcher et compenser ces mouvements, la conception et la construction du détecteur doivent être irréprochables sur le plan mécanique comme au niveau de ses composants électroniques.

Les systèmes sujets aux vibrations, ou ceux nécessitant un équilibrage manuel régulier, n'ont pas leur place sur une chaîne de production automatisée. Une structure électronique fiable, comme un système de contrôle automatique d'équilibre, une conception mécanique performante et des techniques de remplissage avancées suffisent à réduire les risques potentiels de panne.

## 2.3 Conception du système de convoyeur

La conception du convoyeur, qui achemine le produit vers le détecteur, doit respecter certains critères stricts afin d'éviter d'interférer de quelque manière que ce soit avec le détecteur.

Le convoyeur d'un détecteur de métaux est bien plus qu'un convoyeur de transport modifié. La conception du convoyeur et du dispositif de rejet automatique aura un impact majeur sur l'efficacité globale du programme de détection des métaux.

Sauf si des mesures spéciales sont prises ou si des modifications techniques sont apportées, le détecteur de métaux peut devenir instable en raison des courants de Foucault dans le châssis ou de l'accumulation d'électricité statique sur la bande de convoyeur. Ces facteurs peuvent causer des interférences et altérer la sensibilité du détecteur.

Les détecteurs de métaux émettent un signal haute fréquence. De faibles courants de Foucault circulent alors tout autour de la structure métallique du convoyeur. S'ils restent constants, ces courants ont peu d'effet sur le détecteur. Toutefois, si la structure du convoyeur possède une jointure irrégulière de résistance variable, même à grande distance du détecteur, les courants de Foucault varient. Cela crée un signal intermittent qui peut être capté par le détecteur et déclencher un faux signal.

Les contacts entre métaux sont à l'origine des boucles de courant de Foucault. Elles peuvent être créées par des supports ou des boulons du convoyeur, des roulements et des arbres de poulie, des protections et le mécanisme d'entraînement de la chaîne, ou encore par des supports de rejet et des colliers métalliques.

Pour obtenir des performances optimales et fiables, il est recommandé d'installer des structures entièrement soudées. Ces structures doivent comporter :

- des zones sans métal ;
- des rouleaux et des poulies correctement isolés ;
- des traverses soudées ;
- des supports de tête de détecteur isolés.

La bande du convoyeur doit être exempte de toute pièce métallique et fabriquée conformément aux normes avec des jointures adaptées, sans contaminants. Tous les matériaux anti-statiques sont à éviter.

Si ces problèmes ne sont pas résolus à la source, le détecteur risque de rejeter progressivement de plus en plus de produits par erreur. La solution la plus simple, mais qui doit absolument être évitée, est de réduire la sensibilité du détecteur. Cependant, cela peut aller à l'encontre des niveaux de sensibilité spécifiés.

Pour en savoir plus sur la conception des convoyeurs, le mode d'acheminement des produits et les types de bandes recommandées, voir le chapitre 4.

## 2.4 Conception d'un système sans convoyeur

La conception des détecteurs de métaux sans convoyeur doit être traitée avec la même importance. Sont concernés les détecteurs destinés à contrôler les poudres sèches et les produits granulaires en vrac, les applications d'emballage verticales ainsi que les détecteurs sur pipeline utilisés pour les liquides, les pâtes et les bouillies.

Si la structure des supports et les systèmes de rejet sont mal conçus, l'ensemble des performances du détecteur et l'efficacité du programme de détection des métaux seront inévitablement affectés.

## 2.5 Conception du système de rejet

L'inefficacité des systèmes de rejet est probablement le principal point faible de la plupart des détecteurs. Elle se caractérise par une mauvaise détection des articles contaminés ainsi que le rejet par erreur de certains produits de la chaîne de production. Un système correctement élaboré doit être infaillible et capable de rejeter tous les produits contaminés, quelles que soient les circonstances et indépendamment du nombre de produits concernés ou de l'emplacement du métal (pour plus d'informations, voir chapitre 4).

## 2.6 Conception sanitaire

Tous les détecteurs de métaux doivent être conçus en analysant attentivement l'environnement au sein duquel ils fonctionneront. Leur conception doit également prendre en compte les procédures de nettoyage prévues.

Les principes de conception sanitaire doivent s'appliquer à tous les aspects du système, dans le but d'éliminer les pièges à saleté et d'assurer un nettoyage facile. La conception doit répondre aux critères suivants :

- élimination des cavités et des zones propices au développement de bactéries ;
- obturation de toutes les sections creuses ;
- élimination des rebords et des surfaces horizontales, si possible ;
- structure ouverte, formes soudées continues afin de faciliter l'accès et le nettoyage ;
- disposition sanitaire des câbles électriques, des gaines et des conduits pneumatiques.

## 2.7 Santé et sécurité

La santé et la sécurité sont des critères essentiels. La conception et la fabrication des détecteurs de métaux doivent être certifiées conformes aux réglementations et aux normes applicables au moment de la vente.

Par exemple, la marque CE relative aux normes de sécurité en vigueur concernant les appareils réduit le risque de blessure d'un employé. De tels accidents peuvent donner lieu à des indemnisations coûteuses.

## 2.8 Conception d'un système à sécurité intégrée

Les conséquences d'un système défaillant doivent être prises en compte. Par exemple, un dispositif de rejet qui ne supprime pas un produit contaminé ou une défaillance du détecteur de métaux.

Nous recommandons d'équiper le détecteur de dispositifs à sécurité intégrée afin de neutraliser les risques associés à un dysfonctionnement du système. Par exemple :

- Des systèmes de confirmation de rejet peuvent être employés pour confirmer que les produits défectueux ont bien été rejetés dans le bac prévu à cet effet.
- Les systèmes intégrés de surveillance de condition permettent d'avertir préococement des changements d'état ou de performances du détecteur de métaux.

Ce guide aborde les nombreux aspects relatifs à la sécurité intégrée. La liste suivante sert de référence rapide pour accéder à ces informations.

**Sections concernées : 1.2, 4.1.9, 4.1.10, 4.2, 4.3.1, 4.4.6, 4.5.3, 9.3, 12.2, 12.6.2, 12.10, 13.2, 17.6**

## Remarques

# Facteurs limitant la sensibilité

Le niveau de sensibilité et les capacités de fonctionnement des détecteurs de métaux font souvent l'objet de confusion et d'informations erronées. De nombreux facteurs peuvent affecter les performances de sensibilité. Pour que les données de sensibilité prennent un sens, elles doivent être correctes et précises dans leur environnement d'application. Ce chapitre présente les facteurs à prendre en compte pour s'assurer que les systèmes de détection des métaux sont réglés avec les niveaux de sensibilité adéquats, tout en offrant des performances conformes aux besoins opérationnels.

## 3

## Facteurs limitant la sensibilité

- 3.1** Facteurs limitant la sensibilité
- 3.2** Type de métal
- 3.3** Forme de métal et effet d'orientation
- 3.4** Dimensions de l'ouverture et position du métal dans l'ouverture
- 3.5** Conditions environnementales
- 3.6** Vitesse de contrôle
- 3.7** Inspection de produits secs non conducteurs
- 3.8** Inspection de produits humides – Présentation détaillée
- 3.9** Compensation de produit automatique
- 3.10** Suppression du signal de produit

## 3.1 Facteurs limitant la sensibilité

Sur la plupart des marchés, la sensibilité d'un instrument est généralement indiquée par le diamètre de la plus petite sphère détectable, composée d'un métal spécifique.

Cette sphère doit être détectée avec fiabilité lorsqu'elle est placée au centre de l'ouverture du détecteur. Des sphères métalliques de précision sont utilisées à cette fin, car elles sont disponibles en plusieurs métaux et en plusieurs diamètres.

De plus, leur forme sphérique est régulière, quelle que soit leur orientation dans le détecteur. Elles ne sont pas soumises à l'effet d'orientation (pour en savoir plus, voir la section 3.3.).

Les fabricants de détecteurs de métaux japonais déterminent la sensibilité des détecteurs à l'aide de sphères et de matériaux similaires. Ces sphères sont généralement inspectées sur la bande de convoyeur et non au centre de l'ouverture du détecteur. Avec cette méthode de mesure, la sphère est plus proche de la paroi d'ouverture, ce qui augmente le niveau de sensibilité (voir plus bas dans ce chapitre). Le taux de sensibilité obtenu est donc supérieur à celui obtenu par d'autres méthodes, qui mesurent les performances au centre de l'ouverture ou dans les conditions les moins favorables.

Au moment de comparer les performances des détecteurs de métaux, il est important de s'assurer que la mesure de sensibilité est effectuée de la même façon.

De nombreux facteurs influencent la sensibilité réelle d'un détecteur de métaux, à savoir :

- le type de métal ;
- la forme et l'orientation du métal ;
- les dimensions de l'ouverture et position du métal dans l'ouverture ;
- conditions environnementales ;
- la vitesse d'inspection ;
- les caractéristiques du produit et la fréquence de fonctionnement.

C'est pourquoi il convient d'être vigilant lorsque l'on compare des détecteurs de métaux en s'appuyant uniquement sur les spécifications ou les informations d'une brochure commerciale.

Une fois le détecteur de métaux installé dans l'environnement et pour l'application prévus, le résultat est parfois différent de celui indiqué dans les spécifications. De fait, les tests de sensibilité réalisés en laboratoire ne sont pas toujours complètement fiables au regard des performances réellement réalisables.

Les tests de produit « *in situ* » sont essentiels pour déterminer la sensibilité du détecteur de métaux sur la chaîne de production. Ces tests en ligne de fabrication doivent donc être effectués pour vérifier que les performances de sensibilité établies officiellement sont répétables, sans risque de rejet par erreur dans l'application et l'environnement d'exploitation prévus.

## 3.2 Types de métaux

Les métaux peuvent généralement être classés comme suit : métaux ferreux, non ferreux et acier inoxydable. La sensibilité du détecteur de métaux varie en fonction du type de métal à détecter. La capacité de détection dépend de la perméabilité magnétique du contaminant métallique (sa capacité à se magnétiser) ainsi que de la conductivité électrique du contaminant.

Si le contaminant est un métal ferreux, il est magnétique et possède une bonne conductivité électrique. Il sera donc détecté facilement. Les métaux non ferreux comme le cuivre, le laiton, le bronze phosphoreux et l'aluminium ne sont pas magnétiques, mais sont de bons conducteurs électriques. Ainsi, ils sont relativement faciles à détecter dans les applications sèches, mais moins détectables dans les applications humides, car ils ne sont pas magnétiques. L'acier inoxydable peut avoir différents degrés de magnétisme, de magnétique à austénitique (totalement non magnétique), et sa conductivité est variable. Le tableau 3a résume les principales caractéristiques des différents types de métaux.

Type de métal	Perméabilité magnétique	Conductivité électrique	Facilité de détection
Ferreux (acier chromé)	Magnétique	Bonne	Facile à détecter <sup>1</sup>
Non ferreux (laiton, plomb cuivre)	Non magnétique	Généralement bonne ou excellente	Relativement facile <sup>2</sup>
Acier inoxydable (différents types)	Généralement non magnétique	Généralement faible	Relativement difficile

Tableau 3a : caractéristiques des différents types de métaux.

Remarques :

<sup>1</sup> Généralement, métal le plus facile à détecter dans les applications sèches et humides, en raison de ses propriétés magnétiques

<sup>2</sup> Relativement facile à détecter dans les applications sèches ; cependant, plus difficile à détecter dans les applications humides en raison de ses propriétés non magnétiques.

Lorsque des métaux non ferreux et des aciers inoxydables sont détectés, ils doivent être quantifiés étant donné qu'il existe plusieurs types de matériaux dont la détectabilité varie. Par exemple, le laiton est détectable plus facilement que le bronze phosphoreux alors que ce sont tous deux des métaux non ferreux.

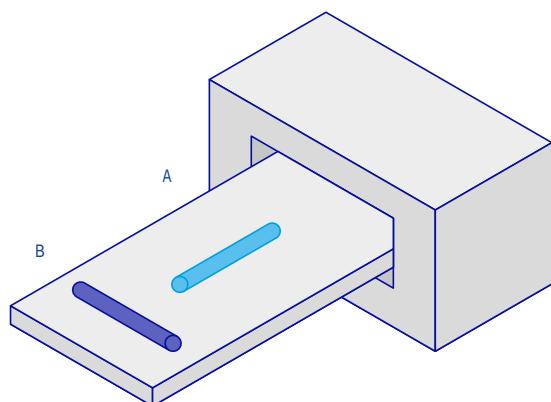
Dans les secteurs agroalimentaire et pharmaceutique, les deux nuances d'acier inoxydable les plus courantes sont la 304 et la 316. Ce sont également les plus difficiles à détecter, car non seulement ces aciers ne sont pas magnétiques, mais en plus ils sont très mauvais conducteurs électriques.

## 3.3 Forme du métal et effet d'orientation

Si un morceau de métal non sphérique, comme un éclat (fine pièce métallique provenant d'une machine en fonctionnement) ou un fil passe par le détecteur de métaux, la qualité de la détection dépendra de son orientation. Cela s'appelle « l'effet d'orientation ». Il s'applique à tous les autres dispositifs utilisés pour détecter les contaminants métalliques, et pas seulement les détecteurs de métaux à haute fréquence.

Le schéma 3.1 montre que les performances de détection de fils contaminants d'un détecteur varient en fonction du type de métal composant le fil ainsi que de l'orientation du fil.

Les contaminants ferreux sont faciles à détecter lorsqu'ils sont placés parallèlement au sens de déplacement « A ». Cependant, ils sont bien plus difficiles à détecter que l'acier inoxydable lorsqu'ils sont positionnés à 90° (perpendiculairement) au sens de déplacement « B ». Les métaux non ferreux se comportent exactement de façon inverse (voir schéma 3.1).



	A	B
Ferreux	Facile	Difficile
Non ferreux	Difficile	Facile
Acier inoxydable	Difficile	Facile

Schéma 3.1

## Facteurs limitant la sensibilité

L'effet d'orientation ne se manifeste que lorsque le diamètre du fil est inférieur à la sensibilité sphérique du détecteur. Par exemple, lorsque la sensibilité du détecteur est réglée sur 1,5 mm de diamètre, seuls les fils d'un diamètre inférieur à 1,5 mm sont soumis à l'effet d'orientation. Si la sensibilité passe à 1 mm, seuls les fils de moins d'1 mm de diamètre poseront problème. Si le diamètre correspond à environ 1/3 de la sphère détectable, le fil peut être indétectable, quelle que soit sa longueur.

Le tableau 3b compare la capacité d'un détecteur à isoler quatre échantillons de fil différents, à des sensibilités diverses. La colonne de gauche montre les quatre sensibilités différentes.

Si la sensibilité est réglée sur 1,5 mm de diamètre, le morceau de fil de cuivre étamé doit mesurer 9 mm de long pour être détecté. Avec une sensibilité de 2,0 mm, la détection est garantie à partir d'une longueur de fil de 26 mm. Nous constatons qu'une faible modification de la sensibilité du détecteur (en termes de diamètre sphérique) modifie fortement la sensibilité de détection des fils.

Ainsi, si un fil est identifié comme contaminant potentiel, il est recommandé de régler le détecteur sur la sensibilité maximale. Cependant, à mesure que les niveaux de sensibilité augmentent, les problèmes de « dérive » sont plus importants ; sur certains détecteurs, les rejets par erreur augmentent jusqu'à un niveau inacceptable. La conception des détecteurs de métaux prend alors d'avantage d'importance (pour plus d'informations, voir chapitre 2).

Sensibilité sphérique	Trombone en acier Dia. 0,95 mm (0,037 po)	Fil de cuivre étamé Dia. 0,91 mm (0,036 po)	Fil de cuivre étamé Dia. 1,37 mm (0,054 po)	Fil en acier inoxydable – EN58E (304) Dia. 1,6 mm (0,063 po)
• 1,2 mm	— 1,5 mm de long	— 3,5 mm de long		
• 1,5 mm	— 3 mm de long	— 9 mm de long	— 3 mm de long	— 8 mm de long
• 2,0 mm	— 6 mm de long	— 26 mm de long	— 8 mm de long	— 24 mm de long
• 2,5 mm	— 11mm de long	— 55mm de long	— 18 mm de long	— 64 mm de long

Tableau 3b : niveaux de sensibilité avec différents diamètres de bille et différentes longueurs de fils

### 3.4 Dimensions de l'ouverture/ position du métal dans l'ouverture

Les détecteurs à grande ouverture sont moins sensibles que les appareils à petite ouverture. La largeur et la hauteur d'ouverture ont toutes deux une influence sur la sensibilité du détecteur, même si les écarts de hauteur ont un effet plus important. Le schéma 3.2 montre un détecteur de métaux standard. Le centre géométrique (position 1) est l'endroit le moins sensible du détecteur. Les coins (position 3) sont les endroits les plus sensibles. Tous les autres points (position 2) ont une sensibilité qui se situe entre ces deux valeurs. Ce phénomène est appelé « courbe de sensibilité » et dépend de la conception et du montage du système de bobines.

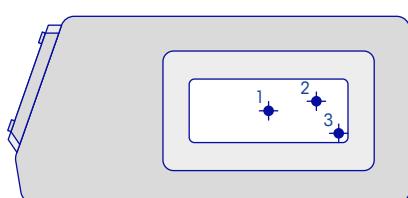


Schéma 3.2

Généralement, la taille de bille détectable au centre de l'ouverture rectangulaire est d'environ 1,5 à 2,0 fois supérieure à la taille de bille détectable aux coins de l'ouverture. Cet écart peut varier en fonction du fabricant et du modèle. L'écart de détection est représenté sur le schéma 3.3. Sur les détecteurs dotés d'une ouverture circulaire, la sensibilité est maximale le long des parois du détecteur, et minimale au centre géométrique de l'ouverture.

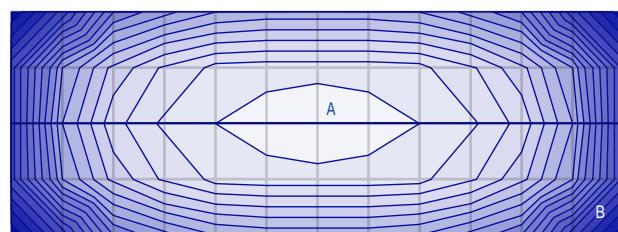


Schéma 3.3

## 3.5 Conditions environnementales

Les détecteurs de métaux peuvent être influencés, à des degrés divers, par des conditions environnementales défavorables comme les interférences électriques dans l'air, les vibrations d'atelier et les fluctuations de température. Ces perturbations sont encore plus importantes lorsque la sensibilité du détecteur est élevée.

Les fours, les tunnels de congélation et les nettoyages à grande eau chaude créent tous un choc thermique qui déclenche des signaux de rejet par erreur. À moins d'utiliser des techniques de conception adaptées pour éliminer ce problème, la seule solution reste de réduire la sensibilité du détecteur. C'est pourquoi on constate que les tests réalisés en laboratoire ne sont pas réalistes lorsque l'on compare les capacités des différents détecteurs.

## 3.6 Vitesse d'inspection

La vitesse d'inspection (maximale et minimale) est rarement un facteur limitatif pour les détecteurs de métaux, notamment dans les applications dotées d'un convoyeur. La limite supérieure de vitesse d'inspection varie d'un constructeur à l'autre, mais est toujours déterminée par la hauteur d'ouverture maximale du détecteur.

La vitesse maximale est généralement d'environ 4 m/s (26 pi/s) pour une ouverture de 125 mm (5"). Il est toutefois possible d'effectuer de légères modifications pour rehausser ce seuil. Les performances limites sont généralement atteintes lorsque l'on tente d'effectuer des contrôles sur des pipelines pneumatiques à une vitesse supérieure à 35 m/s (115 pi/s).

Une sensibilité uniforme sur toute la plage de vitesse est plus importante qu'une large plage de vitesse d'inspection. Ce critère n'est pas respecté sur tous les détecteurs. Le schéma 3.4 illustre un détecteur A conservant la même sensibilité sur une très large plage de vitesse, tandis que celle du détecteur B dépend davantage de la vitesse réelle.

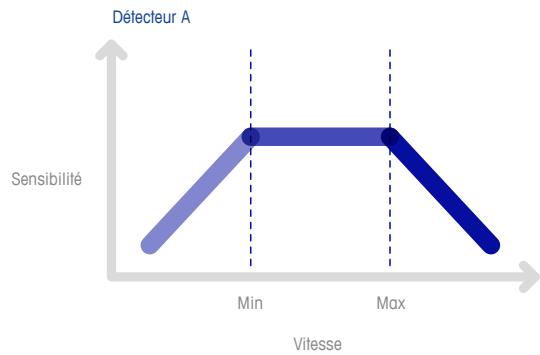


Schéma 3.4

## 3.7 Inspection de produits secs non conducteurs

Les produits secs, comme les confiseries et les céréales, sont relativement simples à contrôler. Il est possible de calculer les performances de fonctionnement prévues pour ces produits en s'appuyant sur des graphiques de sensibilité. Les détecteurs fonctionnant à des fréquences ajustées élevées ou très élevées (généralement autour de 800-900 kHz) offrent des niveaux de sensibilité globale très hauts et sont particulièrement performants pour détecter des contaminants en acier inoxydable.

L'inspection de produits humides ou conducteurs (viande fraîche, fromage, poisson et aliments sous film métallisé) répond à des critères différents. Un produit humide crée ce qu'on appelle un « effet de produit » qui doit être éliminé avant le début de l'inspection. Notons que l'effet de produit tend à réduire la sensibilité du détecteur dans une proportion difficile à mesurer. Dans la plupart des cas, si une valeur de sensibilité doit être établie précisément, un test de produit est requis.

### 3.7.1 Inspection de produits secs – Présentation détaillée

Lorsqu'un produit humide passe par le détecteur de métaux, il renvoie un signal qui peut être réactif ou résistant, en fonction des caractéristiques du produit (voir section 3.8 Inspection de produits humides). Cependant, si le produit est sec, il est probable qu'il ne soit ni conducteur ni magnétique. Il renvoie donc un signal négligeable, proche de zéro (ou de l'angle de phase zéro). Ce phénomène est expliqué dans les schémas vectoriels et le schéma 3.5. Le schéma 3.5 montre le signal (vecteur) généré par le produit sec, représenté par la zone colorée en vert.



Schéma 3.5

## Facteurs limitant la sensibilité

En fonction de l'application et de l'installation, il est possible que des vibrations ou des signaux vibratoires excessifs doivent être compensés pour que la détection des métaux soit performante. Dans le schéma 3.6, le signal de vibration (vecteur) est représenté par la flèche bleu foncé. Notez que le signal vibratoire est aligné sur le point de phase zéro, le long de l'axe de réaction. La position du signal de vibration est définie sur le point de phase zéro lors de l'installation et de la configuration du détecteur de métaux.

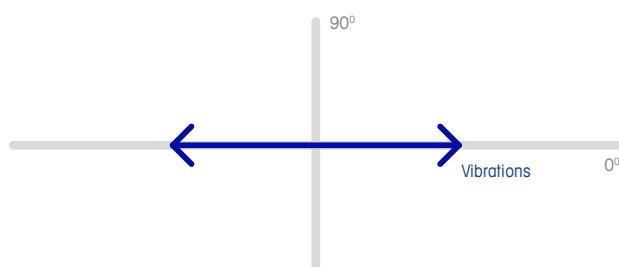


Schéma 3.6

Nous utilisons le même schéma vectoriel pour expliquer comment les signaux sont renvoyés par les métaux et pourquoi les métaux ferreux sont généralement plus faciles à détecter que l'acier inoxydable.

Comme nous l'avons vu plus tôt, il existe deux types de signaux générés par les différents métaux passant entre les bobines d'un détecteur de métaux : les signaux réactifs et les signaux résistifs. Ils dépendent de la conductivité et de la perméabilité magnétique du métal.

Lorsque les particules sont petites, le signal déclenché par le métal ferreux est principalement réactif, tandis qu'il est avant tout résistif avec un acier inoxydable. Le schéma 3.7 est un diagramme vectoriel de signaux générés par différents métaux passant dans le détecteur. Ce schéma montre que :

1. les signaux sont à leur niveau maximal lorsque le produit passe à travers la première bobine ;
2. les signaux reviennent à zéro lorsque le produit passe à travers la bobine centrale ;
3. les signaux reviennent à leur niveau maximal lorsque le produit passe à travers la troisième bobine ;
4. les signaux ont des angles de phase variables qui dépendent principalement du type de métal (composants réactifs ou résistifs).

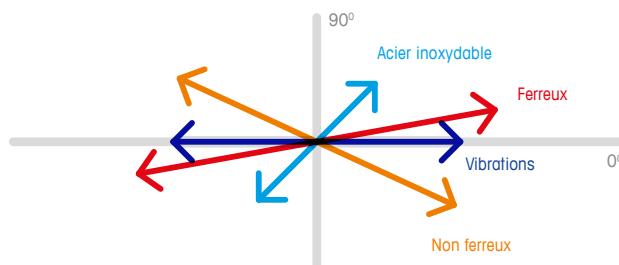


Schéma 3.7

En fonction de la fréquence d'utilisation du détecteur de métaux et de la taille de son ouverture, les signaux renvoyés par les métaux ferreux sont plus importants que les signaux renvoyés par les pièces en métal non ferreux ou en acier inoxydable de même taille, et les signaux causés par les vibrations suivent l'axe de réaction horizontal.

Pour accroître la capacité de détection du détecteur et réduire l'impact des vibrations, des circuits spéciaux permettent d'amplifier les signaux à des niveaux différents, selon la phase. Cette technique est appelée « détection sensible à la phase » (PSD). Voir le schéma 3.8.

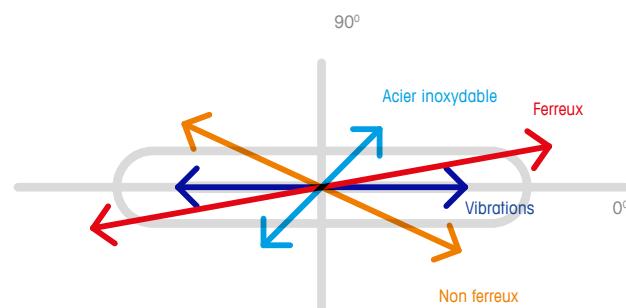


Schéma 3.8

La PSD est représentée par une longue forme ovale de couleur grise, appelée « enveloppe de détection ». Pour qu'un signal soit détecté, il doit sortir de l'enveloppe de détection. L'enveloppe de détection occupe le même espace que les signaux de vibration. Ainsi, le signal de vibration doit être important pour traverser l'enveloppe de détection et être détecté. À l'inverse, les signaux de métaux ferreux, non ferreux et d'acier inoxydable sont détectés à de faibles niveaux, ce qui correspond à des conditions de fonctionnement optimales.

Généralement, il est relativement facile d'obtenir des hauts niveaux de sensibilité lors de l'inspection de produits secs. En utilisant des détecteurs à très haute fréquence ou fréquence ajustée, avec une taille d'ouverture adaptée aux produits inspectés, les niveaux de sensibilité obtenus seront excellents, notamment pour la détection de l'acier inoxydable.

Le tableau 3c montre le niveau de sensibilité standard pour l'inspection de produits secs, avec une technologie à fréquence ajustée ou à haute fréquence.

Taille de l'ouverture	Métaux ferreux	Métaux non ferreux (laiton, cuivre et aluminium)	Acier inoxydable (série 316) non magnétique
350 mm x 50 mm	0,50 mm	0,40 mm	0,60 mm
350 mm x 125 mm	0,70 mm	0,70 mm	0,90 mm
350 mm x 200 mm	0,85 mm	0,95 mm	1,10 mm

Tableau 3c : Niveaux de sensibilité standards pour inspection de produits secs avec détection ultra-haute fréquence ou fréquence ajustée.

## Facteurs limitant la sensibilité

Dans le schéma 3.9, vous constatez que le signal de vibration (flèche bleu foncé) et le signal de produit (vecteur noir) restent dans l'enveloppe de détection et sont par conséquent indétectables. Cependant, les signaux métalliques apparaissent tous en dehors de l'enveloppe de détection. Ils sont donc détectés par le système. La taille réelle détectable dépend principalement de la taille, de la conception et de la fréquence d'utilisation du détecteur de métaux, ainsi que de sa capacité à fonctionner dans l'environnement voulu.

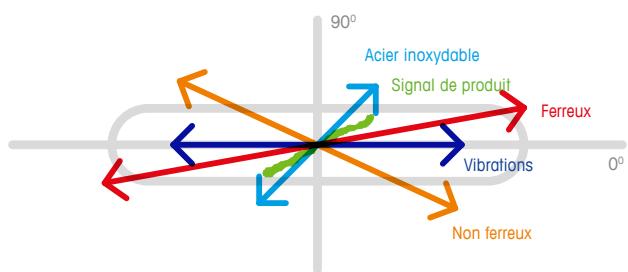


Schéma 3.9

### 3.8 Inspection de produits humides – Présentation détaillée

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, lorsqu'un produit humide (ou conducteur) traverse un détecteur de métaux, il émet un signal qui peut être principalement réactif ou résistif. En fonction du produit, ce signal peut être important et complexe. Voir le schéma 3.10.

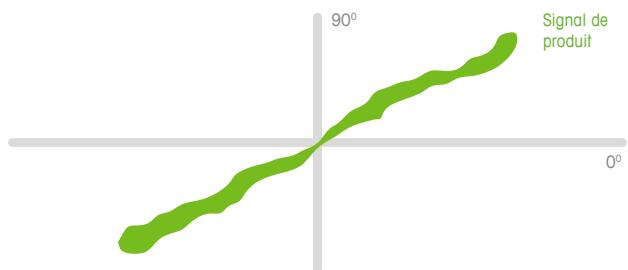


Schéma 3.10

Pour détecter les métaux efficacement, le détecteur doit ignorer ce signal tout en étant capable de détecter les pièces métalliques de taille infime et fonctionner correctement dans l'environnement de production prévu (résister aux effets négatifs externes comme les vibrations d'atelier).

Le schéma 3.11 montre un détecteur de métaux réglé pour inspecter des produits secs (la PSD est réglée sur le point de phase zéro) mais qui inspecte un produit humide. Le signal envoyé sort clairement de l'enveloppe de détection et déclencherait donc sur le détecteur un rejet par erreur inacceptable.

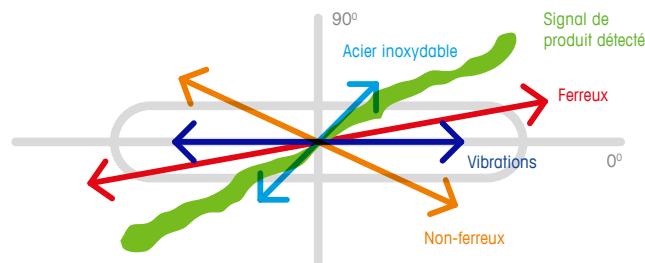


Schéma 3.11

Si l'on réduit la sensibilité du détecteur, tous les signaux deviennent plus faibles jusqu'à ce que le signal produit ne sorte plus de l'enveloppe, rendant l'inspection impossible. Dans une application avec un petit effet de produit, il s'agit de l'option la plus courante. Cependant, la réduction de la sensibilité affecte clairement les performances opérationnelles du détecteur de métaux, de façon plus ou moins marquée.

Une autre solution est illustrée au schéma 3.12. L'enveloppe de détection peut être pivotée numériquement jusqu'à ce qu'elle soit alignée avec le signal de produit. Cela s'appelle la « compensation de produit » ou le « déphasage » du signal de produit, qui peut être effectué par l'utilisateur lors de la configuration du détecteur de métaux. Le signal de produit ne sort plus de l'enveloppe, ce qui permet de procéder de nouveau à une inspection normale.

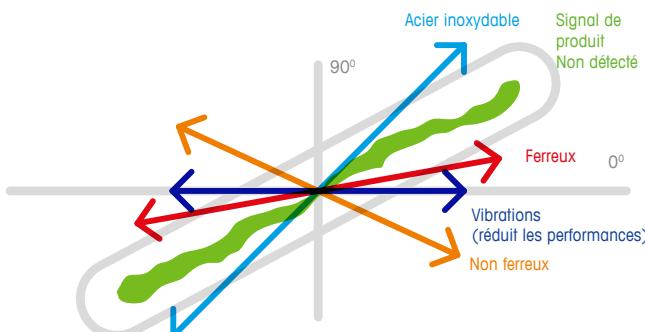


Schéma 3.12

Toutefois, la compensation de produit peut présenter des inconvénients. Il est fréquent que le signal renvoyé par le produit ait un angle de phase similaire à celui renvoyé par l'acier inoxydable, ce pourquoi les deux signaux sont très proches. Pour que l'acier inoxydable soit détecté, le signal renvoyé par le métal doit être supérieur à celui renvoyé par le produit. Cela signifie que les signaux renvoyés par l'acier inoxydable doivent être suffisamment importants pour sortir de l'enveloppe. Ainsi, le détecteur est moins sensible à ces types de métaux. Dans le même temps, les signaux faibles générés par les vibrations peuvent traverser l'enveloppe et être détectés. Une sensibilité excessive aux vibrations est souvent un facteur limitatif lors d'un contrôle avec compensation de produit.

## Facteurs limitant la sensibilité

Pour garantir une détection des métaux fiable et efficace, il est souvent nécessaire de réduire la sensibilité opérationnelle, associée à la compensation d'effet de produit.

La phase exacte des produits ne peut pas être calculée à partir des données de teneur en sel, de niveau d'humidité ou de pH. Ainsi, les sensibilités de détection ne peuvent pas être calculées. Il est essentiel de tester le produit pour déterminer la sensibilité du détecteur à différents métaux lorsque l'effet de produit est important. Ce service est généralement proposé par les constructeurs des détecteurs de métaux.

### 3.9 Compensation de produit automatique

L'ajustement de la phase de produit est une étape essentielle pour obtenir des performances optimales, et qui nécessite beaucoup d'expérience. Si différents produits ou différentes tailles de paquets doivent être contrôlés sur la même chaîne de production, le réglage du détecteur pour chaque nouveau produit peut prendre beaucoup de temps.

Les détecteurs de produit les plus modernes possèdent une fonction de configuration automatique ou d'apprentissage qui permet de régler les paramètres des produits à inspecter. Ces procédures de routine peuvent être simples (la phase de l'enveloppe de détection est prédéfinie) ou très complexes (la sensibilité et la fréquence doivent être réglées). Ces appareils sont appelés des machines à fréquence multiple.

Lors des procédures de configuration automatique, il convient généralement de faire passer par l'ouverture un paquet, ou plusieurs paquets un par un, dans un temps limite. Généralement, ces procédures fonctionnent bien. Cependant, il faut parfois procéder à des réglages manuels après la configuration (notamment dans les applications de produits humides), pour prendre en compte les écarts dus à l'effet de produit. Les détecteurs les plus sophistiqués du marché intègrent des procédures intelligentes qui prennent en compte l'effet de produit lors de la configuration, pour optimiser les performances et limiter les incidents de configuration. Pour ce faire, le détecteur laisse passer des quantités de produit plus importantes, et configure l'enveloppe de détection de façon plus efficace et plus complexe afin de compenser l'effet de produit.

Cependant, la sensibilité qu'il est possible d'atteindre dépend majoritairement du signal de produit, et les résultats seront probablement différents de ceux obtenus lors de l'inspection de produits secs. Voir tableau 3d.

Taille de l'ouverture	Métaux ferreux	Métaux non ferreux (laiton, cuivre et aluminium)	Acier inoxydable (série 316) non magnétique
350 mm x 50 mm	De 0,8 à 1,2	De 1,0 à 1,5	De 1,5 à 2,0
350 mm x 125 mm	De 1,2 à 1,8	De 1,8 à 2,5	De 2,0 à 3,0
350 mm x 200 mm	De 1,5 à 2,2	De 2,2 à 3,0	De 2,5 à 4,0

Tableau 3d : Niveaux de sensibilité standards avec détection multifréquence

### 3.10 Suppression du signal de produit

Plus récemment, une nouvelle technique a été développée pour compenser l'effet de produit de façon bien plus efficace. Plutôt que de simplement masquer le signal, cette nouvelle technique tente de supprimer ou de réduire le signal de produit et améliore ainsi considérablement la sensibilité atteignable.

Cette nouvelle technique appelée « suppression du signal de produit » exploite des algorithmes logiciels avancés pour réduire l'ampleur du signal de produit actif (schéma 3.13), en modifiant le signal au lieu de simplement le masquer. Pour ce faire, le détecteur de métaux fonctionne simultanément avec 2 fréquences actives, ou plus. Les détecteurs de ce type sont dotés de la technologie MSF (Multi Simultaneous Frequency). En exploitant des données de signal de produit dérivées de plusieurs fréquences actives simultanées, ces nouveaux détecteurs de métaux MSF utilisent simultanément des fréquences hautes et basses.

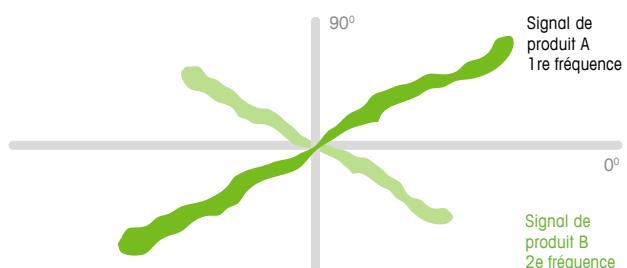


Schéma 3.13

## Facteurs limitant la sensibilité

Le signal de produit en résultant (schéma 3.14) est considérablement réduit et des morceaux de métal bien plus petits sont désormais détectables, avec une sensibilité en ligne bien plus proche de celle obtenue avec les produits secs (schémas 3.13, 3.14 et 3.15, tableau 3e).

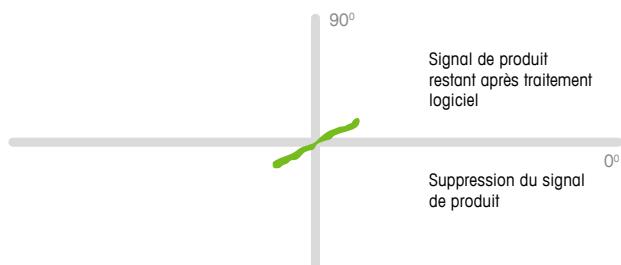


Schéma 3.14

Taille de l'ouverture	Métaux ferreux	Métaux non ferreux (laiton, cuivre et aluminium)	Acier inoxydable (série 316) non magnétique
350 mm x 50 mm	De 0,6 à 0,8 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,0 à 1,2 mm
350 mm x 125 mm	De 1,0 à 1,2 mm	De 1,0 à 1,5 mm	De 1,2 à 1,8 mm
350 mm x 200 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 2,0 à 2,5 mm

Tableau 3e : Niveaux de sensibilité standard avec détection à multifréquence simultanée et suppression du signal de produit

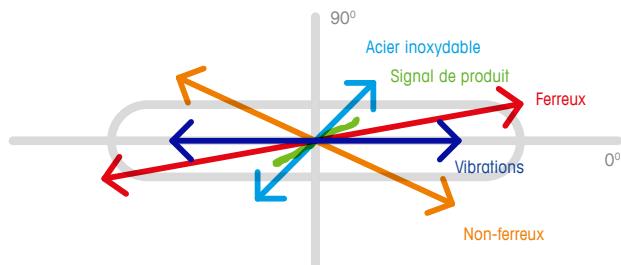


Schéma 3.15

Cette technologie permet également de prendre en compte les écarts de produit qui sont généralement la cause de taux élevés de rejets par erreur ou d'une réduction de la sensibilité des détecteurs. Une fois le produit configuré sur un détecteur, la technologie de suppression de signal de produit est appliquée à chaque produit passant dans le détecteur.

Les composants électroniques intégrés permettent d'ajuster les légers écarts de l'effet de produit, ce qui réduit fortement le taux de rejets par erreur.

Le tableau 3e dresse la liste des sensibilités standards lorsque la technologie MSF est associée au logiciel de suppression du signal de produit (PSS). Les résultats sont visibles lors de l'inspection de produits humides/frais comme la viande, la volaille, le poisson, les produits fromagers et les produits surgelés ou congelés, ainsi que ceux emballés en film métallisé.

# Conception des systèmes et applications

Maintenant que nous avons vu les caractéristiques des détecteurs de métaux fiables dans le chapitre précédent, nous allons expliquer :

- les différents types de détecteurs de métaux disponibles ;
- l'emplacement d'installation adéquat des détecteurs ;
- les réglages adéquats des détecteurs en fonction de l'application, des meilleures pratiques et des codes de pratique validés. Il est essentiel de prendre son temps pour sélectionner un détecteur de métaux adapté. Cela évite d'apporter d'importantes modifications après l'installation et simplifie les tests de validation.

## 4

## Conception des systèmes et applications

- 4.1 Systèmes de convoyeur
- 4.2 Satisfaction des exigences des distributeurs et de l'industrie alimentaire
- 4.3 Inspection de liquides, de bouillies et de pâtes dans un pipeline
- 4.4 Inspection de poudres en vrac et de solides en chute libre
- 4.5 Applications d'emballage vertical

Ce chapitre fournit des conseils pratiques pour choisir un appareil et explique comment le respect des meilleures pratiques et l'utilisation de fonctions de sécurité peuvent contribuer à éviter la mise sur le marché de produits contaminés.

### 4.1 Systèmes convoyeurs

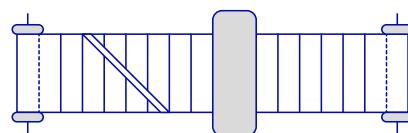
#### 4.1.1 Types de tapis

Plusieurs facteurs sont à prendre en considération lors du choix d'un convoyeur à bande. Il existe un risque d'accumulation de charges électrostatiques, et ce notamment lors du transport sur des plaques de protection ou des rouleaux en plastique.

De même, des bandes antistatiques spéciales peuvent être problématiques dès lors qu'elles possèdent des additifs ou des matériaux en carbone conducteurs, ce qui nuit aux performances du détecteur, principalement lorsque la jointure de la bande traverse l'ouverture.

Quel que soit le type de bande utilisé, la jointure doit être exempte de tout métal et conçue de telle façon qu'elle empêche toute accumulation de résidus de produit ou de graisse. L'utilisation d'une jointure vulcanisée ou collée à 45°, ou d'une jointure en dents de scie permet de réduire au maximum cet effet (schéma 4.1). Les attaches en métal ou les jointures cousues et lacées sont totalement proscrites.

Jointure vulcanisée



Jointure en dents de scie

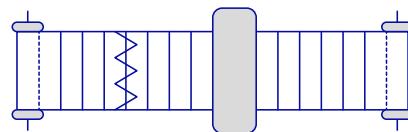


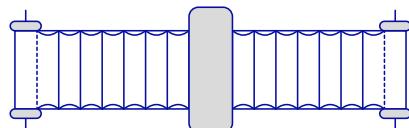
Schéma 4.1

Le matériau de la bande lui-même doit être entièrement exempt de métaux, car les petites particules de métal présentes dans le matériau sont très difficiles à détecter lorsqu'elles se détachent. Les fabricants qui conçoivent des bandes de grande qualité et sans métal se doivent d'utiliser des détecteurs de métaux pour contrôler leurs matières premières et les produits finis.

Une large gamme de systèmes de tapis sont disponibles, adaptés à toutes les applications. Vous en trouverez ci-dessous quelques exemples :

- bandes latérales plates, incurvées, cannelées et moulées souples ;
- bandes plastiques modulaires et solides ainsi que les bandes en uréthane à section circulaire (ronde) installées sur des rouleaux à gorges. Idéales dans les environnements où les produits risquent de se renverser et où des nettoyages à grande eau sont fréquemment nécessaires (schéma 4.2) ;
- courroies continues « double passage » (schéma 4.3) ; offrent plusieurs avantages dans de nombreuses applications, dont celui d'être remplaçables rapidement. Toutefois, étant donné que la surface de la bande passe sur un rouleau, ces bandes ne sont pas adaptées au transport de produits humides ou gras.

Bande latérale



Bande en uréthane à section circulaire

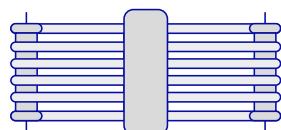


Schéma 4.2

Bande sans fin à double passage

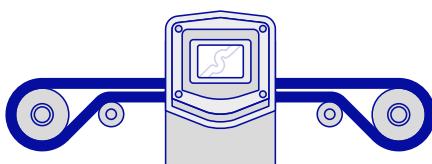


Schéma 4.3

## 4.1.2 Transfert de produits

Les produits conditionnés doivent toujours passer sous le détecteur de métaux dans le même sens et être centrés par rapport à l'ouverture du détecteur. L'espacement minimum idéal doit être équivalent à la longueur d'un produit.

Il convient également d'accorder une attention toute particulière au transport sur le convoyeur lorsque les rouleaux d'extrémité sont grands ou le produit petit. En effet, si la distance D entre les rouleaux dépasse de moitié la longueur du produit, la fiabilité du transfert ne pourra pas être garantie. Pour résoudre ce problème, il suffit généralement d'utiliser de petits rouleaux intermédiaires non motorisés ou de placer une plaque d'appui entre les deux rouleaux concernés (schéma 4.4).

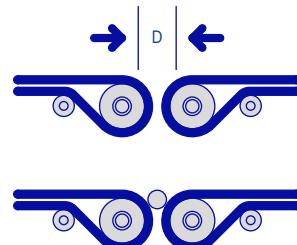


Schéma 4.4

Rouleau libre

Avec un ou deux bords plats, il est possible de transporter de très petits éléments, sur des chaînes où l'enregistrement de produits doit être effectué, comme des rangées de confiseries à la sortie d'une enrobeuse (machine recouvrant les confiseries de chocolat, schéma 4.5).

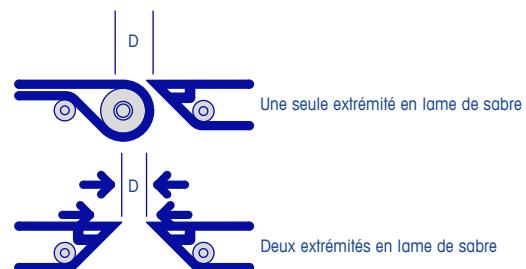


Schéma 4.5

Les produits gras, comme les pâtes brutes ou la viande, et les produits en vrac, comme les cacahuètes, peuvent être transportés en cascade. Pour optimiser la sensibilité et éviter les rejets par erreur, il est important de présenter les produits de façon régulière et non par gros blocs (schéma 4.6).

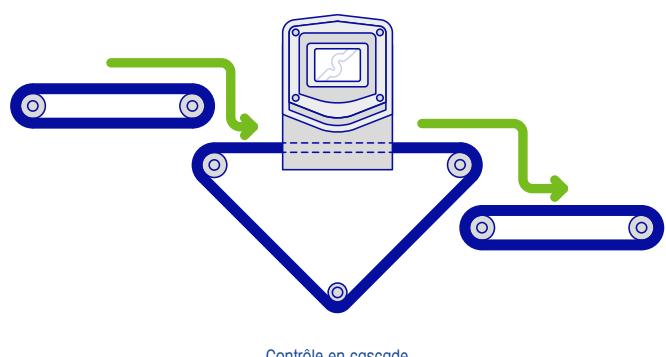


Schéma 4.6

Lorsqu'il s'agit de contrôler des pots et des bouteilles, le détecteur peut être positionné le long du convoyeur. Des guides de produits peuvent être utilisés pour dévier les récipients de la chaîne vers le système de détection, puis pour ramener les produits conformes vers la ligne principale. En cas de contamination, un mécanisme de rejet de produit pneumatique peut être actionné afin de rejeter les produits concernés de la chaîne (schéma 4.7).

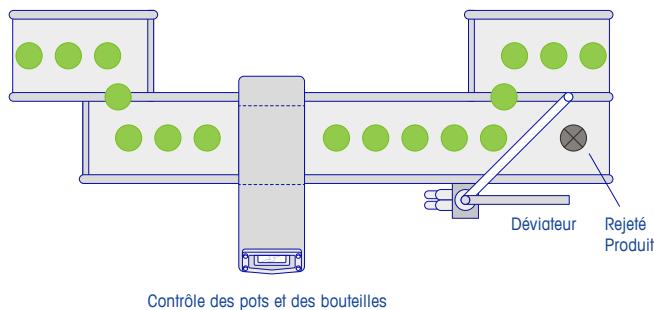


Schéma 4.7

### 4.1.3 Vitesse de transport

Pour identifier plus facilement les produits contaminés, il est souvent utile d'accélérer la vitesse de transport du produit dans le détecteur afin d'augmenter l'espacement entre les produits.

Lorsque les paquets sont très rapprochés, le détecteur peut être dans l'incapacité de déterminer quel est l'emballage contaminé. Deux ou trois paquets doivent alors être rejettés pour être sûr d'éliminer le bon. Si l'on augmente la vitesse du détecteur, l'espacement entre les produits augmente, ce qui permet d'identifier chacun d'eux et de les rejeter si nécessaire.

Lorsqu'il s'agit de contrôler des produits en vrac, il est possible de réduire la hauteur du produit en accélérant la vitesse de transfert de produit entre le convoyeur de chaîne de production et le convoyeur du détecteur. Cela permet de réduire au maximum le volume de produit rejeté et d'utiliser une ouverture de détecteur plus basse afin d'augmenter la sensibilité (schéma 4.8).

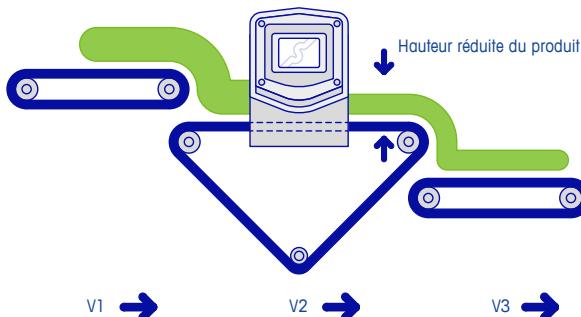


Schéma 4.8

Lors de l'installation de systèmes sur une chaîne pouvant fonctionner à différentes vitesses, il n'est pas toujours nécessaire de faire varier la vitesse du détecteur. Le coût et la complexité de cette procédure peuvent souvent être évités en réglant le détecteur de façon à ce qu'il fonctionne à la vitesse maximale normale de la chaîne.

### 4.1.4 Systèmes de rejet automatique

Le choix du système de rejet le plus adapté dépend de plusieurs facteurs. C'est pourquoi il convient toujours de demander l'avis du fabricant du détecteur. Certains types de systèmes courants et leurs applications générales sont décrits ci-après :

#### Soufflage d'air

Ce dispositif permet d'éjecter un produit vers la zone de rejet (schéma 4.9).

Il est idéal pour des produits distincts et légers, alignés sur une seule rangée et acheminés sur une bande étroite. Il est recommandé d'utiliser un synchronisateur avec ce dispositif pour s'assurer que le souffle soit dirigé vers le centre du produit, quel que soit l'emplacement du contaminant (pour en savoir plus, voir la section 4.1.8).

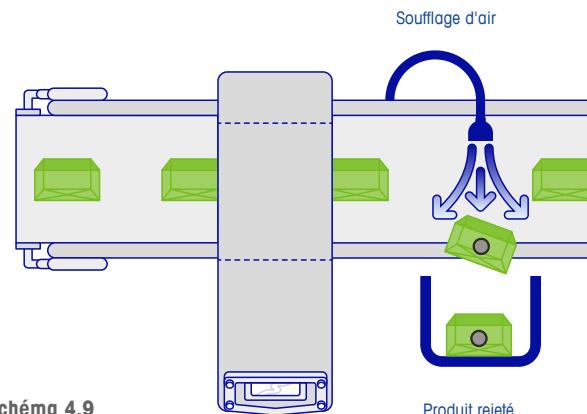


Schéma 4.9

#### Poussoir

Ce mécanisme, qui fonctionne à vitesse élevée, permet de pousser un produit dans la zone de rejet (schéma 4.10). La vitesse de la bande peut être rapide, mais si les produits sont très proches les uns des autres, le temps de remise en place du poussoir doit être extrêmement court.

Ce type de rejet convient parfaitement pour les paquets distincts de poids léger ou moyen, et qui sont espacés et transportés sur une bande étroite. Le poussoir doit toujours être synchronisé pour que le bras frappe systématiquement le centre du produit, quel que soit l'emplacement du contaminant. En revanche, ce mécanisme n'est pas adapté aux produits en vrac ou fragiles.

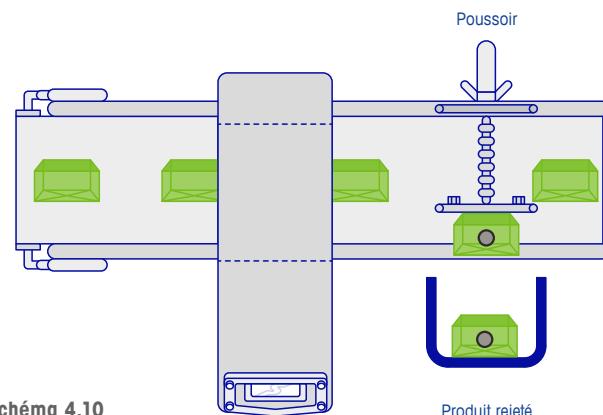


Schéma 4.10

### Balai/bras éjecteur

Ce bras se déplace en travers de la bande afin d'écartier des produits (schéma 4.11).

Il convient aux produits distincts de poids léger ou moyen, qui ne sont pas acheminés de manière aléatoire sur une bande étroite (pouvant mesurer généralement jusqu'à 350 mm de large). Il faut veiller à ce que le produit contaminé entre correctement dans le bac de rejet, car il y pénètre généralement en diagonale.

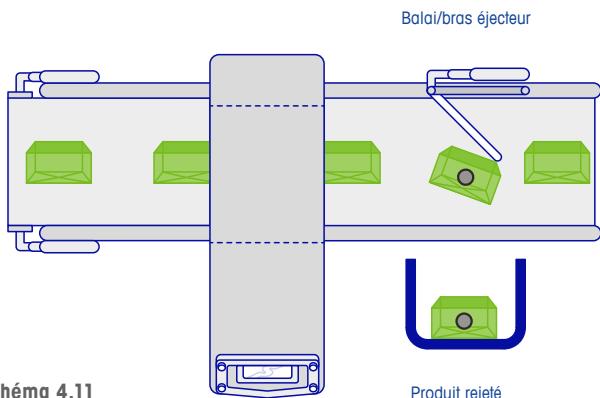


Schéma 4.11

### Battant/Déversoir

Ce système nécessite un point de chute, après la bande située en hauteur (schéma 4.12), ou bien une partie inclinée où figure un battant. Le point de pivotement peut varier en fonction de l'application.

Ce type de rejet est adapté aux petits éléments distincts en vrac (secs ou gras) transportés sur une large bande plate ou inclinée.

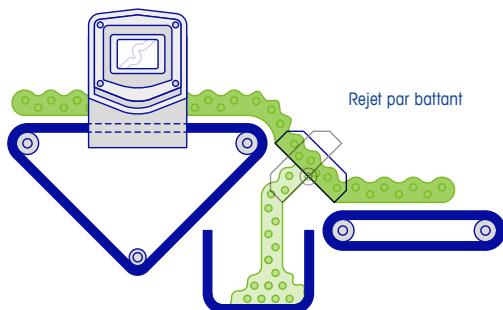


Schéma 4.12

### Bandé rétractable

Le rouleau d'extrémité recule afin de créer un espace dans lequel le produit contaminé tombe (schéma 4.13). Une fois le produit rejeté, ce rouleau reprend sa position initiale plus rapidement que la bande afin d'éviter tout risque de blocage de produit. Il est possible d'utiliser un rouleau d'extrémité à bord plat pour faciliter le transport des petits éléments.

Ce type de rejet est très fiable dans la plupart des applications. Lorsque plusieurs produits sont alignés sur la largeur du convoyeur, il convient d'utiliser un mécanisme de rejet à bande rétractable.

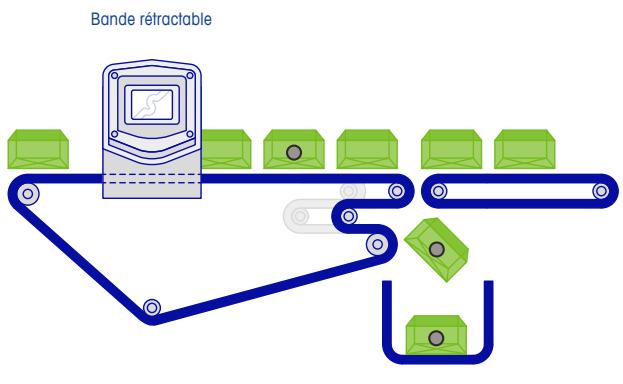


Schéma 4.13

### Tapis à direction inversée

Il en existe deux types (schémas 4.14 et 4.15). Si un métal est détecté, le flux du convoyeur est inversé pendant un court instant afin de faire tomber le produit contaminé dans le conteneur prévu à cet effet.

Ce type de rejet convient aux produits secs ou gras en vrac, ou lorsque plusieurs éléments aléatoires sont présents.

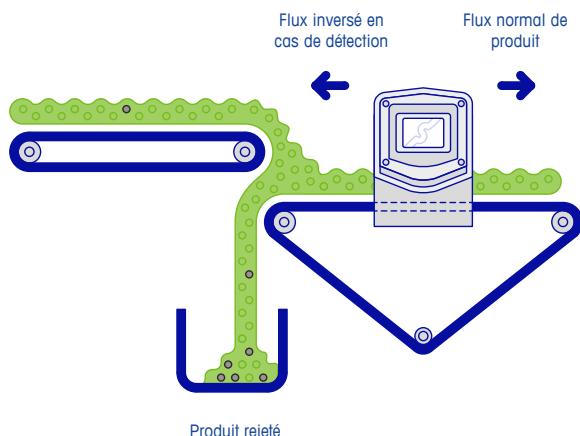


Schéma 4.14

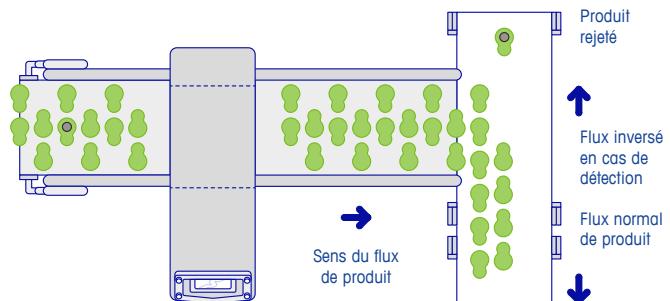


Schéma 4.15

### 4.1.5 Arrêt du convoyeur après déclenchement d'alarme

Lorsque l'utilisation d'un rejet automatique est impossible ou peu pratique, la plupart des fabricants et des chaînes de distribution acceptent d'envisager un système d'alarme simple avec arrêt. Ces systèmes sont principalement utilisés pour les paquets volumineux, où le rejet est difficile.

Lorsqu'un métal est détecté, le convoyeur s'arrête immédiatement et tous les produits sont retirés de la bande pour être contrôlés. Le système doit également être équipé d'une alarme sonore et/ou visuelle. En outre, le convoyeur ne doit pouvoir être redémarré qu'à l'aide d'une clé détenue par une personne désignée, ou par une commande de réinitialisation (en option).

Ces solutions sont généralement considérées comme étant très risquées, puisqu'elles dépendent entièrement de la compétence de l'opérateur.

### 4.1.6 Emballages dans du film métallisé

Pour détecter du métal dans un paquet enveloppé d'un film métallisé, il est nécessaire de supprimer le signal généré par la fine couche d'aluminium présente sur le film plastique (voir section 18.2.6).

Il est préférable que l'espace entre le produit et l'ouverture soit d'environ 50 à 60 mm tout autour pour obtenir des niveaux de sensibilité très élevés.

### 4.1.7 Emballage dans des feuilles d'aluminium

Lorsque le matériau d'emballage inclut une feuille d'aluminium, il est possible de recourir à un détecteur de métaux utilisant un système de bobines équilibrées avant l'emballage, ou un détecteur de métaux ferreux sous feuille (FIF) après l'emballage. Toutefois, étant donné que les aciers inoxydables et les métaux non ferreux sont indétectables avec un détecteur FIF, ce système est recommandé uniquement lorsqu'aucune autre solution n'est possible.

### 4.1.8 Synchronisation du rejet

Un laps de temps est généralement requis entre le moment de la détection et le moment du rejet, pour permettre au produit contaminé d'être transféré vers le point de rejet.

Cela peut varier de quelques fractions de seconde pour les applications rapides, où le détecteur et le système de rejet sont proches l'un de l'autre, à 30 secondes lorsque le rejet est programmé à un point distant, soit manuellement ou automatiquement.

Un deuxième synchronisateur est également nécessaire pour contrôler le temps de fonctionnement du système de rejet. Il est généralement réglable entre 0,5 et 10 secondes. Lorsqu'un bras pousseur est utilisé, le rejet se fait très rapidement. En revanche, avec un système à bande rétractable, le système requiert plusieurs secondes pour retirer de la bande lente les éléments plus grands. Ces deux synchronisateurs sont généralement disponibles en série auprès du fabricant du détecteur.

Il est essentiel que les synchronisateurs puissent être réinitialisés immédiatement, et que le détecteur soit toujours opérationnel pendant la synchronisation. Le détecteur doit être capable de déceler une deuxième particule contaminante dans le paquet suivant et de réajuster le synchronisateur pour que ce deuxième paquet soit également rejeté. En cas de flux continu de contaminants métalliques, le système de rejet doit constamment rester opérationnel jusqu'à ce que tous les produits contaminés soient éliminés.

#### Applications à vitesse variable/de type arrêt-reprise

Il est plus difficile de régler précisément le rejet et la synchronisation si le convoyeur fonctionne à vitesse variable ou s'il s'arrête alors qu'un produit se trouve entre le détecteur et le système de rejet. Le temps pour qu'un article atteigne la position de rejet étant variable, il est impossible d'utiliser une méthode de synchronisation simple.

La solution normale consiste à utiliser un encodeur de vitesse capable de contrôler le déplacement de la bande et la position du produit sur cette dernière. Le registre à décalage est un dispositif qui émet un signal de sortie après avoir reçu un nombre prédéterminé d'impulsions d'entrée. Ces impulsions peuvent être transmises rapidement ou être espacées et transmises sur une période prolongée.

Les impulsions d'entrée sont produites par un encodeur fixé à l'arbre de l'un des rouleaux du convoyeur. Il est normalement composé d'un disque métallique doté de dents ou percé d'orifices. Chaque fois qu'une dent du disque cache le dispositif photoélectrique ou passe près du capteur de proximité, une impulsion est générée. Dans l'exemple illustré (schéma 4.16), chaque rotation du disque génère 15 impulsions.

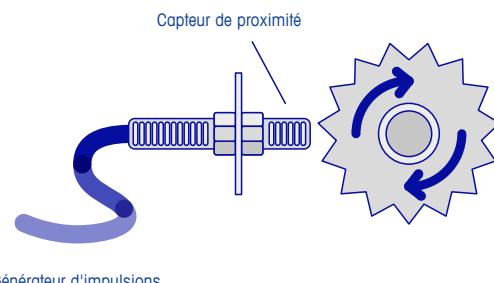


Schéma 4.16

Plus il y a de dents, plus le nombre d'impulsions générées par rotation est élevé, ce qui entraîne une reconnaissance plus précise du produit.

Les signaux générés par des particules métalliques multiples ou consécutives sont enregistrés dans le registre à décalage et traités successivement. Chaque produit contaminé est ensuite rejeté.

### 4.1.9 Photo-synchronisation

Sur le schéma 4.17, le rejet est effectué avec un bras pousseur sans photo-synchronisation et le synchronisateur est réglé de façon à rejeter avec précision la particule métallique située au centre du paquet. Si la particule se trouve à l'avant ou à l'arrière d'un paquet, le système de rejet risque de fonctionner trop tôt ou trop tard, voire même de manquer le paquet contaminé ou de pousser les paquets voisins, et de causer un blocage de la chaîne (voir les schémas 4.18 et 4.19).

Avec un dispositif de soufflage d'air ou un bras directeur, il serait possible d'ajuster les synchroniseurs afin qu'ils se déclenchent tôt et pendant une durée prolongée. Toutefois, ces deux méthodes risqueraient de rejeter plusieurs paquets non contaminés et d'en pousser d'autres.

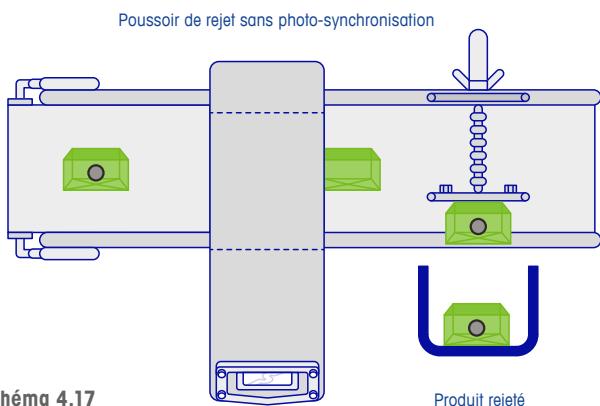


Schéma 4.17

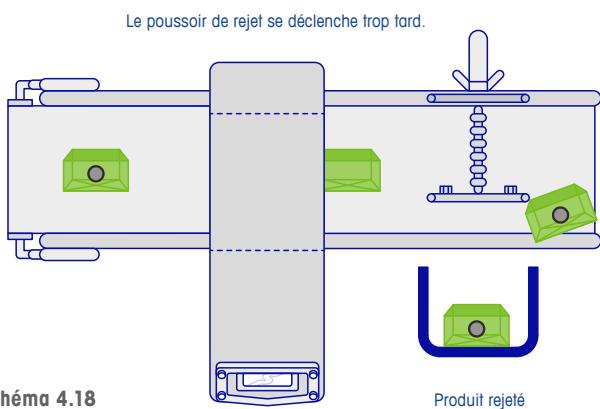


Schéma 4.18

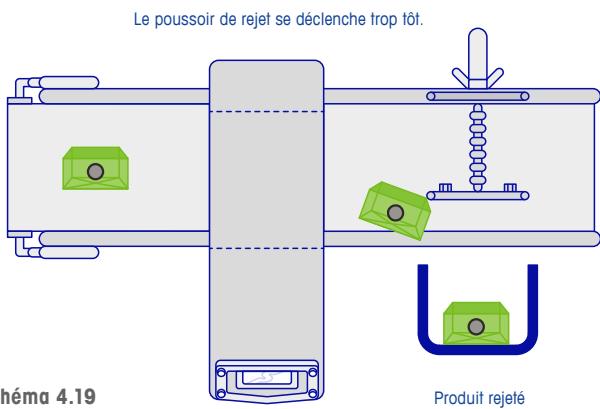


Schéma 4.19

Avec un système de rejet à bras pousseur ou à soufflage d'air, la meilleure solution consiste à contrôler avec précision la position du paquet contaminé et à déclencher le système de rejet lorsque le paquet atteint la bonne position. Cette technique est appelée « photo-synchronisation ». Elle garantit un rejet efficace, indépendamment de l'emplacement, de la taille et du type de métal présent dans le paquet.

### 4.1.10 Problèmes communs de rejet et conception à sécurité intégrée

L'inefficacité des systèmes de rejet est probablement le principal point faible de la plupart des détecteurs. Elle se caractérise par une mauvaise détection des contaminants métalliques ainsi que le rejet par erreur de certains produits de la chaîne. Un système correctement spécifié doit être infaillible et capable de rejeter tous les produits contaminés, quelles que soient les circonstances et indépendamment du nombre de produits concernés ou de l'emplacement du métal.

Les problèmes d'application courants à prendre en considération lors de la spécification d'un détecteur de métaux sont les suivants :

- **dispositif de rejet inadapté à l'application** p. ex. soufflage d'air pour des paquets de 2 kg (paquet trop lourd)
- **rejet non photo-synchronisé**. Le problème potentiel est lié à l'emplacement du métal dans le produit. Plus les paquets sont longs, plus le risque est élevé. Si ce type de système n'est pas utilisé, des paquets non contaminés risquent d'être rejettés ou des éléments contaminés risquent de ne pas être rejettés correctement et de bloquer ainsi la chaîne ;
- **incapacité du système à retirer des paquets contaminés consécutifs**. Quand plusieurs éléments contaminés consécutifs apparaissent sur la chaîne, le système de rejet doit être capable d'éjecter avec précision chacun de ces éléments, sans bloquer la chaîne ;
- **incapacité du système de rejet à fonctionner à basse pression, volume d'air insuffisant** ;
- **produits en aval remontant dans le détecteur** ;
- **changement de la vitesse du convoyeur sans le changement de synchronisation du rejet au niveau de l'encodeur** ;
- **augmenter les caractéristiques du tapis**.

En faisant appel à un fournisseur unique pour le convoyeur, le système de rejet et le détecteur de métaux, ces différents problèmes peuvent être traités dès la conception, si nécessaire.

## 4.2 Satisfaction des exigences des détaillants et de l'industrie alimentaire

Le détecteur de métaux peut inclure des dispositifs de contrôle supplémentaires simples afin de garantir le bon fonctionnement du système de rejet, le rejet précis des paquets contaminés et la sécurité intégrée du détecteur en cours d'utilisation. L'application des critères de conception suivants est généralement considérée comme une bonne pratique qui satisfait la plupart des exigences des distributeurs et de l'industrie alimentaire :

- système de rejet automatique pour écarter efficacement les articles non conformes de la chaîne de production ;
- bac de rejet verrouillable (avec contrôle de verrouillage de porte, en option) qui reçoit les produits rejetés. Seuls les personnes autorisées et compétentes ont accès au bac de rejet. En effet, si un produit est rejeté dans un conteneur ouvert ou simple d'accès, il risque facilement de retourner sur la chaîne de production par erreur ;
- dispositif d'avertissement indiquant que le bac de rejet est plein ;
- séparation complète entre la tête de détection et le conteneur de produits rejetés ;
- indicateur sonore et visuel de l'état du système (ex.: défaillance de la tête de détection, défaillance de réinitialisation, etc.) ;
- cellule photoélectrique qui détecte chaque paquet passant dans le détecteur (afin de faciliter la synchronisation du système de rejet, quel que soit l'emplacement du métal dans le paquet) ;
- système de sécurité pour arrêter le tapis automatiquement dans les cas suivants :
  - bac de rejet plein
  - perte de pression d'air
  - défaut du système de confirmation des rejets, etc.
- erreur de confirmation de rejet, qui indique lorsque les produits n'ont pas été correctement rejetés.
- capteur de confirmation de rejet pour confirmer le fonctionnement du système de photo-synchronisation
- codeur de l'arbre du rouleau d'entraînement pour gérer les systèmes de vitesse variable et de marche/arrêt
- détecteur d'accumulation pour empêcher les produits de remonter à travers le détecteur de métaux

Le redémarrage du système doit requérir un mot de passe de sécurité ou une clé détenue par une personne désignée. Des procédures adéquates doivent être en place afin qu'en cas d'arrêt du détecteur de métaux, pour tout motif, tous les produits concernés puissent être enlevés et réinspectés.

## 4.3 Inspection des liquides, des bouillies et des pâtes dans un pipeline

Pour contrôler les liquides et les bouillies pompées, il suffit de remplacer une courte section du pipeline par un tuyau non métallique de qualité alimentaire et de le faire passer ensuite dans un détecteur de métaux (schéma 4.20). Le choix du tuyau peut dépendre :

- du type de raccordement de tuyauterie requis ;
- du type de produit et de sa viscosité ;
- de la nature du produit ;
- de la température du produit ;
- de la pression prévue dans le tuyau.

L'installation doit être conçue de manière à ce que le tuyau ne subisse pas le poids des pipelines en acier inoxydable entrants et sortants.

Lorsqu'un métal est détecté, le produit contaminé peut être détourné par une vanne sanitaire à trois voies. Il est également possible d'arrêter la pompe et d'éliminer le contaminant manuellement. Le choix de la vanne dépend du type de produit (présence de solides), de sa température et de sa viscosité.

Certaines vannes se prêtent davantage à des produits de faible viscosité comme le jus. Si la procédure de nettoyage du tuyau implique de faire passer un bouchon de nettoyage à l'intérieur de la canalisation, il convient de choisir une vanne « à deux voies » qui permette son passage.

Parmi les produits types contrôlés dans des pipelines, on trouve notamment le chocolat liquide, les crèmes glacées, les soupes et les mélanges à base de viande.

Il convient d'envisager ce type d'application lorsqu'une ouverture relativement petite à sensibilité élevée s'avère plus efficace que le contrôle de l'emballage final. Cela est d'autant plus vrai si le matériau d'emballage final contient du métal, comme sur une chaîne de mise en boîtes.

Un produit pompé est rarement totalement homogène. Il est fréquent que des vides et des bulles se forment.

En conditions normales, le produit passe à travers les bobines du détecteur et l'effet de produit tend à masquer les signaux. Le détecteur peut être ajusté pour générer des relevés haute sensibilité. (schéma 4.20). Avec les détecteurs de métaux classiques à bobine équilibrée, si un vide ou une bulle apparaît lorsque le produit traverse la première bobine (schéma 4.21), le détecteur décèle une différence importante et le produit risque d'être rejeté par erreur.

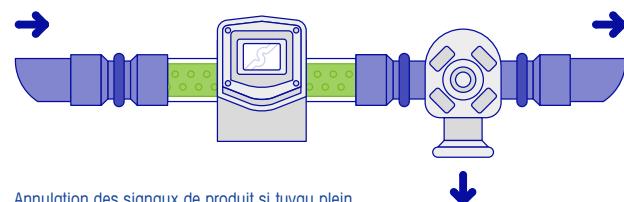
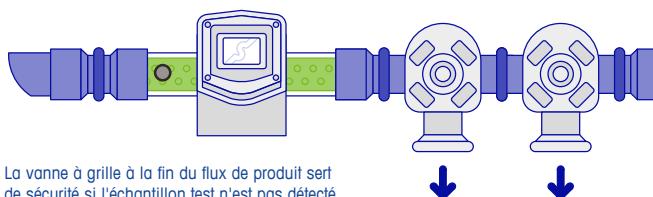


Schéma 4.20



La vanne à grille à la fin du flux de produit sert de sécurité si l'échantillon test n'est pas détecté.

Schéma 4.21

La technologie MSF et la suppression du signal de produit permettent de réduire cet effet et d'éliminer quasiment tout risque de rejet par erreur.

La vitesse du produit dans le tuyau détermine en fait la position de la vanne de rejet par rapport au détecteur de métaux. Étant donné que la vanne offre un temps de réponse minimum pour détourner un produit, il convient d'augmenter la distance entre la vanne et le détecteur, et ce proportionnellement à la vitesse du produit et au temps de réponse de la vanne.

Pour les produits susceptibles de durcir en cas d'arrêt du pompage, comme le chocolat liquide, le tuyau peut être équipé d'un système de chauffage à eau chaude (les fils électriques chauffants ne peuvent pas passer dans un détecteur).

### 4.3.1 Systèmes de pipeline à sécurité intégrée

Les critères de conception suivants sont généralement considérés comme de bonnes pratiques qui satisfont la plupart des exigences des détaillants et de l'industrie alimentaire :

- un système de rejet capable d'isoler un amas de produit susceptible de contenir un contaminant métallique ;
- rejet du produit contaminé vers un conteneur sécurisé adéquat ;
- un indicateur sonore et visuel indiquant que le produit a été rejeté ;
- système de confirmation des rejets qui interrompt le flux de produit en cas de panne du système de rejet. Le redémarrage du système doit requérir un mot de passe de sécurité ou une clé détenu par une personne désignée.

### 4.3.2 Considérations relatives aux tests

Le système doit comporter un accès et un emplacement où récupérer l'échantillon test afin que le détecteur et le système de rejet puissent être testés rapidement et de manière fiable. Si possible, une trappe d'accès doit être installée pour introduire un échantillon de test en amont du détecteur de métaux.

L'emplacement et la conception de la trappe d'accès doit permettre à l'échantillon de se déplacer à une vitesse normale dans le système de détection de métaux. Si le produit n'est pas détecté, le système doit également prévoir un moyen de récupérer l'échantillon, via une grille de blocage ou une vanne ouverte.

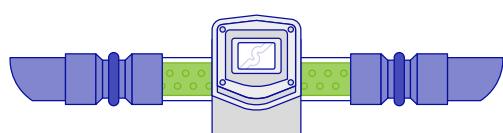


Schéma 4.22

## 4.4 Inspection de poudres en vrac et de solides en chute libre

Toutes les poudres et tous les produits granulaires qui s'écoulent librement, comme les cacahuètes, le riz, les gélules en plastique, le lait en poudre et les fèves de cacao, peuvent être contrôlés en chute libre par un détecteur spécifique et détournés si nécessaire par un système d'aiguillage rapide (schéma 4.23).

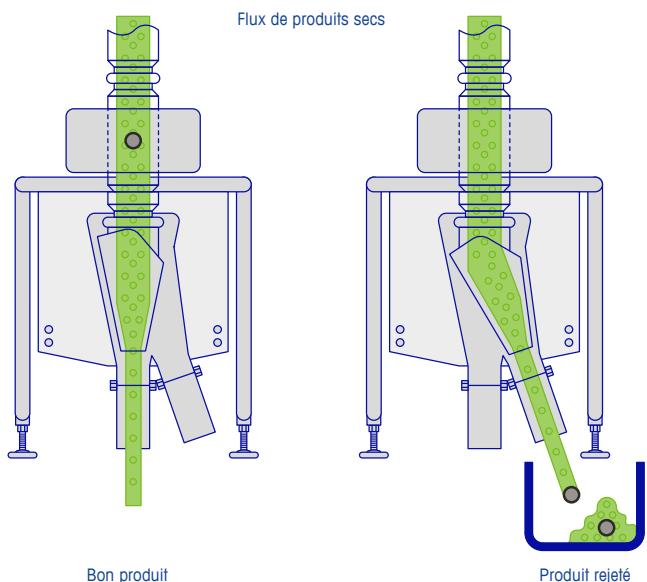


Schéma 4.23

En conditions de fonctionnement normales, le produit tombe par gravité. Avec les volumes relativement élevés qui peuvent passer par la petite ouverture du détecteur, il est possible d'atteindre un haut niveau de sensibilité.

Le détecteur et le système de rejet automatique doivent être montés sur un châssis solide et être suffisamment espacés pour que le contaminant métallique soit toujours rejeté. Le système de rejet doit également être conçu de façon à éviter tout risque d'écoulement du produit au niveau de la zone de rejet.

Dans certaines applications, comme avec les poudres fines, des particules de produit risquent de s'accumuler dans le système de rejet et de s'écouler, entraînant de ce fait une perte de produit inacceptable. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser un système de rejet hermétique.

Dans un système à chute libre, le flux de produit peut être continu ou par lots. Les systèmes de ce type ne sont pas adaptés lorsque le produit est susceptible de remonter dans le tuyau et de circuler lentement.

Le système doit répondre à une vitesse fixe, quelle que soit la fréquence de fonctionnement. Il doit être capable de se mettre en position de rejet plus rapidement que le temps nécessaire à une particule métallique pour passer du détecteur au système de rejet.

La hauteur totale du système est souvent un frein à l'utilisation de systèmes en chute libre, notamment lorsque l'espace disponible est réduit.

Les facteurs limitatifs suivants ont un lien direct avec la hauteur totale du système.

#### 4.4.1 Hauteur de chute initiale du produit

La hauteur de chute du détecteur est normalement mesurée à partir du point où le produit commence à tomber jusqu'au rebord supérieur du détecteur. Cette hauteur détermine la rapidité du produit au niveau du point de contrôle. Dans l'idéal, la hauteur de chute doit être réduite au maximum. Pour ce faire, l'appareil doit être installé le plus près possible du point de chute initial, sans empiéter sur la zone sans métal (voir section 1.4.4).

La hauteur de chute maximale doit être d'environ 800 mm pour un diamètre d'ouverture de 150 mm. Toutefois, elle peut varier selon les spécifications réelles du détecteur. Plus la hauteur de chute augmente, plus le détecteur doit être éloigné de la vanne de rejet afin de laisser le temps à la vanne de se mettre en position.

#### 4.4.2 Ouverture du détecteur

La taille de l'ouverture détermine la sensibilité opérationnelle du système (en fonction de la fréquence de fonctionnement), la cadence maximale du système et la hauteur totale minimale du système. Une technologie spécifique (comme la MFZ) permet de réduire cette distance au minimum. La taille de l'ouverture détermine également la distance que doit parcourir le bras pour rejeter un produit.

#### 4.4.3 Temps de réponse du système

Ce délai correspond à la vitesse à laquelle répond le relais ou la sortie à semi-conducteur, le solénoïde d'air ou le vérin pneumatique. Il prend également en compte le temps requis pour remettre le dispositif en position de rejet.

#### 4.4.4 Angle de rejet

L'angle de rejet ne doit pas être trop grand pour éviter tout blocage ou tout chevauchement du produit. Plus la longueur du battant est réduite, plus l'angle de rejet augmente. Un angle compris entre 25 et 30° constitue généralement le maximum pour la plupart des produits.

#### 4.4.5 Conception du système de rejet

Le temps de réponse peut être rallongé par des facteurs comme l'accumulation de produits au niveau du dispositif de rejet, ou une chute de pression d'air ou l'obsolescence des roulements. Il est donc nécessaire de conserver une marge de sécurité suffisante pour que le métal soit rejeté avec une fiabilité totale.

#### 4.4.6 Systèmes à chute de gravité à sécurité intégrée

Les critères de conception suivants sont généralement considérés comme de bonnes pratiques qui satisfont la plupart des exigences des détaillants et de l'industrie alimentaire :

- dispositif de rejet capable d'isoler le produit susceptible de contenir un contaminant métallique ;
- indicateur sonore et visuel de l'état du système (ex. : en cas de rejet d'un produit) ;
- système de confirmation des rejets qui interrompt le flux de produits en cas de panne du système de rejet. Le redémarrage du système doit requérir un mot de passe de sécurité ou une clé détenue par une personne désignée. Cependant, une réinitialisation contrôlée du bouton poussoir est plus fréquemment utilisée ;
- fonction de sécurité intégrée (dispositif de sécurité en cas de coupure de courant) ;
- indicateur sonore et visuel de l'état du système (ex. : en cas de rejet d'un produit).

#### 4.4.7 Considérations relatives à l'électricité statique

La chute des poudres sèches et des grains peut générer de l'électricité statique. L'accumulation de charges statiques importantes peut nuire aux performances du détecteur de métaux, voire même représenter un danger. Certains produits sont plus sensibles que d'autres aux conditions environnementales, comme l'humidité. Afin d'empêcher l'accumulation de charges statiques importantes, il convient de prendre les mesures suivantes :

- tout métal situé à proximité du détecteur (tuyaux, rebords, supports) doit être mis à la terre correctement ;
- les tubes de transport en plastique doivent être conçus dans du plastique conducteur de qualité alimentaire (homologation de la FDA) et doivent être mis à la masse ;
- le détecteur doit avoir un seul point de mise à la terre.

#### 4.4.8 Considérations relatives aux tests

Le système doit comporter une trappe de dépose et un dispositif de rétention des échantillons test, pour que le détecteur et le système de rejet puissent être testés rapidement et de manière fiable. L'échantillon test doit pouvoir être introduit par le point où le produit commence à tomber, pour que la vitesse de l'échantillon soit identique à celle du produit.

Une grille de sécurité doit également être installée dans le flux normal de produit, sous la vanne lorsque celle-ci est en position d'acceptation, afin que l'échantillon test puisse être récupéré en toute sécurité si le contaminant n'est pas détecté ou si la vanne ne fonctionne pas.

Cette grille doit pouvoir être insérée et retirée rapidement avant et après le test. Il est recommandé d'utiliser une grille test dans la position rejet de la vanne afin de faciliter la récupération de l'échantillon test lorsque celui-ci est rejeté.

## 4.5 Applications d'emballage vertical

L'installation d'un détecteur de métaux directement sur ou dans une machine d'emballage ou de transformation peut présenter plusieurs avantages à la fois pour l'utilisateur et le fournisseur de la machine d'origine :

- réduction des coûts ;
- amélioration de la sensibilité ;
- élimination des inconvénients de l'emballage métallique ;
- pas de pièces d'usure mobiles.

Lorsque la zone d'installation est confinée, une technologie spéciale (comme la ZMFZ - Zero Metal-Free Zone technology) peut être utilisée. Les structures et composants métalliques peuvent ainsi être placés à proximité immédiate du détecteur, sans provoquer d'interférences.

### 4.5.2 Formeuse-remplisseuse-scelleuse verticale

Il est possible d'installer un détecteur ZMFZ entre une balance, comme une peseuse multitiète, et une formeuse-remplisseuse-scelleuse verticale (schéma 4.24). L'utilisation d'un détecteur large, de 175 mm / 200 mm (7" / 8") par exemple, est souvent nécessaire et requiert une zone sans métal plus large. Cela peut rendre l'installation difficile voire impossible en raison du manque de place.

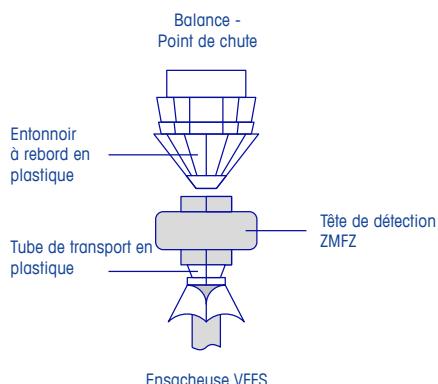


Schéma 4.24

Grâce à la technologie brevetée ZMFZ, un niveau de sensibilité élevé peut être conservé, sans entraîner de rejets par erreur, dans un petit espace. Cette technologie facilite également l'installation des détecteurs et évite tout risque de rupture du produit.

Taille de l'ouverture	Métaux ferreux	Métaux non ferreux (laiton, cuivre et aluminium)	Acier inoxydable (série 316) non magnétique
150 mm	De 0,6 à 0,8 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,0 à 1,2 mm
200 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,0 à 1,2 mm	De 1,2 à 1,5 mm
250 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 1,5 à 1,8 mm	De 1,8 à 2,0 mm

Tableau 4a : Plages de sensibilité standard dans les applications d'emballage verticales

### 4.5.3 Dispositifs de rejets et de sécurité intégrée pour les applications d'emballage verticales

Les critères de conception suivants sont généralement considérés comme de bonnes pratiques qui satisfont la plupart des exigences des détaillants et de l'industrie alimentaire :

- système de rejet capable d'isoler le produit susceptible de contenir un contaminant métallique. Si le système de rejet n'est pas utilisable, la machine d'emballage doit être capable de former un double paquet et de s'arrêter ;
- indicateur sonore et visuel indiquant que la machine d'emballage s'est arrêtée ;
- système de confirmation des rejets qui interrompt le flux de produits si le système de rejet tombe en panne ou si la machine d'emballage ne s'arrête pas. Le redémarrage du système doit requérir un mot de passe de sécurité ou une clé détenue par une personne désignée. Cependant, sous des conditions contrôlées, une réinitialisation du bouton-poussoir peut être une pratique recommandée.

# Détection des métaux, inspection par rayons X ou les deux ?

La qualité et la sécurité des produits agroalimentaires et pharmaceutiques dépendent de la mise en œuvre des procédures adéquates lors du processus de production, afin d'exclure les contaminants des produits finis.

## 5

## Détection des métaux et/ou inspection par rayons X ?

- 5.1 Capacités des détecteurs de métaux et des systèmes d'inspection par rayons X
- 5.2 Effets de produit
- 5.3 Effets d'emballage
- 5.4 Quelle technologie – détection des métaux, inspection par rayons X ou les deux ?

Les fabricants agroalimentaires doivent respecter les réglementations visant à empêcher la contamination, telles que la Food Safety Modernization Act (FSMA), la Global Food Safety Initiative (GFSI) et les normes British Retail Consortium (BRC), Food Safety System Certification 22000 (FSSC22000) et International Feature Standard for Food (IFS).

Les fabricants pharmaceutiques sont soumis à des exigences de conformité spécifiques. Le choix de l'équipement de protection et d'inspection influe largement sur la qualité et la sécurité des produits, ainsi que sur la confiance des consommateurs. Les fabricants doivent décider s'ils souhaitent installer un système d'inspection par rayons X, un système de détection des métaux ou les deux. Ce chapitre compare les deux types de systèmes.

## 5.1 Capacités des détecteurs de métaux et systèmes d'inspection à rayons X

Les systèmes de détection des métaux et d'inspection par rayons X peuvent être installés aux points de contrôle critiques (CCP) afin d'inspecter les matières premières entrantes avant leur traitement, ou à de nombreux autres points du processus de fabrication. Les systèmes d'inspection peuvent également être installés à la fin de la chaîne de production ou d'emballage.

Comme évoqué au chapitre 1, les détecteurs de métaux modernes sont capables d'identifier tous les métaux, ferreux (chrome, acier, etc.) ou non ferreux (laiton, aluminium, etc.), ainsi que les aciers inoxydables magnétiques et non magnétiques dans les produits agroalimentaires et pharmaceutiques.

Les détecteurs de métaux et les systèmes d'inspection par rayons X permettent d'inspecter des produits emballés ou non, notamment de grands récipients rigides comme les pots en verre, les bouteilles et les récipients en plastique. La technologie par rayons X est fréquemment utilisée pour inspecter les boîtes métalliques et les produits emballés sous feuille d'aluminium. Cependant, la dernière technologie de détection de métaux (voir chapitre 3 sur la technologie de multifréquence simultanée) permet aujourd'hui d'inspecter les produits emballés dans du film métallisé et d'obtenir des niveaux de détection similaires à ceux d'un système à rayons X.

Les détecteurs de métaux et systèmes d'inspection à rayons X peuvent être utilisés pour inspecter les liquides, les pâtes et les bouillies dans les applications de pipeline.

Pour inspecter les produits chutant par gravité ou en chute libre, les détecteurs de métaux sont l'unique choix possible. Les produits circulant par gravité, en poudre ou en granulés ne se déplacent pas à la même vitesse. Ils accélèrent au fur et à mesure qu'ils glissent, et la direction de déplacement n'est pas uniforme, car ils s'entrechoquent entre eux. Les systèmes d'inspection par rayons X ne constituent pas une bonne solution pour traiter ce type de produits. Les produits sont généralement secs et non conducteurs. Les niveaux de sensibilité obtenus avec un détecteur de métaux sont donc très élevés.

## 5.2 Effet de produit

L'effet des produits testés dépend de la technologie d'inspection choisie. Les détecteurs de métaux et les systèmes d'inspection par rayons X ont des capacités d'inspection différentes, qui ont un impact direct sur la sensibilité.

Depuis longtemps, il est très difficile de détecter les contaminants infimes avec un détecteur de métaux dans les produits présentant une teneur élevée en humidité, car le signal généré par le produit (effet de produit) masque le signal généré par le contaminant. Cependant, la récente technologie MSF permet de réduire considérablement cet effet et facilite grandement l'inspection de ces produits humides, avec un niveau de sensibilité disponible bien supérieur.

L'efficacité de l'inspection par rayons X peut également être affectée par certaines caractéristiques des produits inspectés. La capacité d'un système d'inspection par rayons X à identifier les contaminants dépend de différents facteurs, tels que la densité du produit, sa profondeur et son homogénéité. Par exemple, si un système à rayons X est utilisé pour inspecter un produit contenant des cristaux de sel libres (ex. : gâteaux apéritif), les performances du système à rayons X peuvent être limitées par rapport à un produit similaire sans cristaux de sel, en raison de la densité des cristaux. Les produits contenant des ingrédients à textures diverses peuvent aussi limiter les performances des systèmes à rayons X. Plus le produit est homogène, meilleure est la sensibilité globale du système.

## 5.3 Effets d'emballage

Le matériau d'emballage d'un produit peut avoir un impact variable sur les niveaux de détection, selon la technologie d'inspection utilisée.

Un large éventail de matériaux d'emballage est actuellement utilisé dans les secteurs agroalimentaire et pharmaceutique :

- barquettes ou suremballages en plastique ;
- papier ;
- film métallisé ;
- feuille d'aluminium ;
- verre ;
- conserves métalliques ;
- pots en céramique ;
- doypacks ;
- cartons/tubes composites.

L'une des applications où l'inspection par rayons X excelle par rapport aux technologies de détection des métaux traditionnelles est l'inspection de produits emballés dans des feuilles d'aluminium. En raison du fonctionnement du système d'inspection par rayons X, l'impact de ce matériau d'emballage sur les niveaux de détection est négligeable.

### 5.3.1 Emballages dans du film métallisé

Les produits emballés dans du film métallisé peuvent généralement être inspectés efficacement par les détecteurs de métaux fonctionnant à basse fréquence (selon l'épaisseur du film). Cependant, comme nous l'avons vu à la section 5.2, une nouvelle technologie est aujourd'hui disponible auprès de quelques fabricants de détecteurs de métaux. Elle permet d'obtenir des niveaux de sensibilité similaires à ceux obtenus avec les systèmes à rayons X, avec des capacités de détection parfois supérieures.

Cependant, pour certaines applications, il est préférable d'inspecter ces produits à l'aide d'un détecteur de métaux à boucle. Par exemple, dans le secteur des produits à grignoter, ces détecteurs à boucle sont la solution privilégiée en raison de leurs niveaux de sensibilité élevés et des coûts d'investissement et de possession relativement faibles.

### 5.3.2 Emballage dans des feuilles d'aluminium

Les emballages en aluminium (tels que les feuilles et les barquettes) représentent un défi plus important pour les détecteurs de métaux. Les détecteurs dotés de la technologie de bobines équilibrées ne peuvent pas inspecter ces produits ; il est donc nécessaire d'avoir recours à une autre technologie appelée « détection de métaux ferreux sous feuille métallique ». L'inconvénient de cette technologie est son incapacité à détecter les métaux non magnétiques. Cette solution n'est donc pas adaptée et nous recommandons de choisir un système à rayons X.

L'une des applications où l'inspection par rayons X excelle par rapport aux technologies de détection des métaux traditionnelles est l'inspection de produits emballés dans des feuilles d'aluminium. En raison du fonctionnement du système d'inspection par rayons X, l'impact de ce matériau d'emballage sur les niveaux de détection est négligeable.

### 5.3.3 Contaminants en aluminium dans les emballages non métalliques

L'aluminium est un métal léger et un bon conducteur d'électricité. Puisque sa densité est inférieure aux autres métaux (fer, acier inoxydable), la sensibilité du système d'inspection à rayons X est réduite. Dans ce cas, la taille minimale de détection des contaminants en aluminium est deux fois supérieure à celle des contaminants ferreux ou en acier inoxydable. Cependant, l'aluminium est un excellent conducteur et peut souvent être détecté à des tailles plus réduites grâce aux technologies de détection des métaux, qui sont alors plus adéquates.

### 5.3.4 Contaminants métalliques dans les emballages non métalliques

En termes de coût, les détecteurs de métaux sont la solution la plus avantageuse pour détecter les contaminants métalliques, une fois l'ensemble des facteurs pris en considération. Cependant, si vous cherchez à détecter les contaminants métalliques et les corps étrangers non métalliques, les systèmes d'inspection par rayons X sont plus indiqués. En cas de doute, il est toujours préférable de procéder à un test du produit.

### 5.3.5 Contaminants non métalliques dans tout type d'emballage

L'inspection par rayons X constitue la seule solution et offre la possibilité de détecter des contaminants non métalliques tels que le verre, la pierre, les os calcifiés et les plastiques et caoutchoucs haute densité.

### 5.3.6 Limitations de la taille du produit

Les détecteurs de métaux et les systèmes d'inspection par rayons X peuvent être conçus pour s'adapter à n'importe quelle taille de produit. Pour les produits de plus grande taille, la hauteur de l'ouverture doit être augmentée. Plus la hauteur de l'ouverture et le volume du produit sont importants, plus la sensibilité est faible.

## 5.4 Choix technologique : détection des métaux, contrôle par rayons X ou les deux ?

La détection des métaux et l'inspection par rayons X offrent des capacités différentes. Pour les évaluer entièrement, il convient de commencer par un audit HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Cet audit permet de comprendre les exigences des clients ou liées à la conformité et imposées par la GFSI et/ou les principaux groupes de distribution.

Cet audit HACCP permettra de déterminer les risques de contamination encourus au cours de votre processus de fabrication et les types de contaminants susceptibles d'être rencontrés. Des points de contrôle critiques doivent être définis pour limiter les risques ; l'équipement de contrôle des produits doit être installé à ces points pour maintenir le risque de contamination à des niveaux acceptables.

Si l'audit HACCP détermine que le métal est le seul contaminant susceptible d'être découvert, alors le détecteur de métaux est la meilleure solution. Si, néanmoins, d'autres contaminants tels que le verre, la pierre, les os calcifiés ou les plastiques et caoutchoucs haute densité risquent d'être présents, l'inspection par rayons X représente la seule solution appropriée. En raison de l'effet d'emballage et de l'effet de produit mentionnés précédemment, nous conseillons d'effectuer des tests de produit pour déterminer la technologie la plus appropriée.

Dans la plupart des cas, une seule de ces deux solutions convient : la détection de métaux ou l'inspection par rayons X. Cependant, il arrive aussi parfois qu'il soit nécessaire d'installer les deux systèmes à différents CCP de la même chaîne de production.

L'approche HACCP et ses principes sont expliqués au chapitre 9 : Sélection des points de contrôle.

### 5.4.1 Exigences d'installation et de tests

Les systèmes de détection des métaux et d'inspection par rayons X peuvent être fournis avec toute une série d'appareils de gestion des produits, notamment des dispositifs de rejet entièrement automatiques. Les systèmes de détection des métaux et d'inspection par rayons X nécessitent également des tests de performance périodiques, à intervalles réguliers. L'installation, la mise en service et la formation sont décrites plus en détail dans les chapitres 11 et 12. Les récents progrès de la technologie de détection des métaux et le développement de l'analyse prédictive permettent de prolonger l'intervalle entre deux tests planifiés du détecteur de métaux, ce qui peut s'avérer très attractif pour le client, qui peut ainsi améliorer l'efficacité générale de ses équipements (EGE).

### 5.4.3 Chaînes de production à vitesse variable/rapide

Les deux systèmes conviennent pour les chaînes de production rapides et à vitesse variable. Les détecteurs de métaux détectent les contaminants dans les produits à basse et haute vitesse, notamment les convoyeurs fonctionnant à 400 m/min (même s'il existe peu de processus faisant appel à des convoyeurs atteignant de telles vitesses).

Les systèmes d'inspection par rayons X peuvent surveiller des lignes de convoyeurs avançant à des vitesses de 120 m/min. La détection des métaux et la technologie d'inspection par rayons X peuvent atteindre des volumes/vitesses d'inspection encore plus élevées dans les applications pompées et en vrac. Le choix de la technologie dépend de plusieurs facteurs, tels que les types de contaminants, le type de produit et le matériau d'emballage. La vitesse n'est généralement pas un facteur décisif.

### 5.4.4 Espace limité

Une tête de détection des métaux prend beaucoup moins de place qu'une unité d'inspection par rayons X et donc, lorsque l'espace d'installation est limité et que le contaminant probable est le métal, un détecteur de métaux peut être la meilleure solution. Si des produits emballés sont inspectés, les deux systèmes auront en principe besoin d'un système de convoyeur et d'un système de rejet automatisé. Dans certaines situations, les différences de longueur du système dans son ensemble peuvent être très faibles. Certains fournisseurs de détecteurs de métaux proposent ce qu'on appelle la technologie ZMFZ (Zero Metal Free Zone). Cette technologie permet de réduire considérablement la taille globale du système de détection des métaux ; l'encombrement des systèmes de détection des métaux sur la chaîne est fréquemment inférieur à 1 000 mm.

### 5.4.5 Normes industrielles et codes de pratique

Des changements récents des normes de sécurité pour les produits alimentaires et pharmaceutiques imposent aux fabricants l'adoption croissante de systèmes de détection des métaux et d'inspection par rayons X. De plus en plus de distributeurs principaux mettent en place leurs propres codes de pratique, qui contiennent des conseils spécifiques en matière d'inspection des produits. Ces normes incluent la Global Food Safety Initiative (GFSI) et les normes British Retail Consortium (BRC), Food Safety System Certification 22000 (FSSC22000) et International Featured Standard for Food (IFS). En outre, les fabricants pharmaceutiques sont soumis à des exigences spécifiques en matière de conformité.

### 5.4.6 Un choix simplifié

Avec le développement qu'ont connu les technologies de détection des métaux et d'inspection par rayons X, il ne s'agit plus simplement de choisir l'une ou l'autre. Ce chapitre représente un bon point de départ pour choisir la technologie appropriée, mais il ne peut pas fournir toutes les réponses à vos questions. Il existe souvent une zone d'indécision qui nécessite une discussion plus approfondie avec des experts en inspection de produits.

Si le coût est votre seul critère de décision, la détection des métaux constitue la solution la plus adaptée. Toutefois, les décisions en matière de sécurité des produits sont rarement aussi simples. Les performances de chaque solution sont affectées par la taille du produit à inspecter, et il est important de comparer les frais sur la durée de vie du produit plutôt que sur le seul coût en capital initial.

Le type de produit et les contaminants potentiels influent également sur votre choix, et il convient de prendre en compte l'audit HACCP et les CCP sur votre chaîne de production. Il arrive que la solution réside dans l'installation de plusieurs systèmes de détection en différents CCP d'une même chaîne de production.

Par exemple, un détecteur de métaux ou un système d'inspection par rayons X de produits en vrac placé au début de la chaîne de traitement peut retirer les contaminants métalliques ou non métalliques volumineux avant qu'ils n'atteignent les mécanismes délicats en aval, où ils pourraient endommager la machine ou se fragmenter en plusieurs contaminants plus petits, plus difficiles à détecter.

Un système d'inspection par rayons X installé en bout de chaîne peut détecter une plus large gamme de contaminants et mener des contrôles de qualité confirmant l'intégrité des emballages et le contrôle de son contenu avant que le produit ne quitte l'usine.

Il existe une zone de chevauchement entre les deux technologies dans laquelle l'une ou l'autre peuvent être utilisées indifféremment. Il ne s'agit pas de savoir quelle technologie est la meilleure, mais celle qui convient le mieux à votre application ou à votre budget.

## Détection des métaux, inspection par rayons X ou les deux ?

### 5.4.7 Tableau récapitulatif

Le tableau qui suit résume les différences clés entre les deux technologies :

	Détection des métaux	Inspection par rayons X
<b>Formats de produit</b>	Produits emballés, produits sur convoyeur, produits en vrac, produits s'écoulant librement et à emballage vertical (notamment les produits en poudre et en granulés), liquides, pâtes et bouillies pompées, produits en bobine	Produits emballés, produits sur convoyeur, produits en vrac, liquides, pâtes et bouillies pompées, produits en bobine
<b>Détection des contaminants</b>	Détection de l'ensemble des contaminants métalliques, notamment les métaux ferreux, non ferreux (y compris l'aluminium) et l'acier inoxydable magnétique ou non magnétique	Détection des contaminants denses tels que les métaux ferreux, non ferreux et l'acier inoxydable, ainsi que d'autres contaminants tels que le verre, la pierre, les os, les plastiques et certains caoutchoucs haute densité
<b>Contaminants détectables</b>	Les contaminants doivent être austénitiques (magnétisables) ou électroconducteurs	Les contaminants doivent être de haute densité ou présenter une masse atomique élevée
<b>Contaminants aluminium</b>	Facilement détectés	Détectable, mais pas aussi facilement que d'autres métaux
<b>Contrôles qualité</b>	Détection des contaminants métalliques	Détection des contaminants denses et contrôles qualité simultanés : mesure de masse, inspection du scellage, vérification du niveau de remplissage, comptage des éléments, détection des produits manquants ou abîmés, et emballage
<b>Texture de produit</b>	Aucun effet	Peut limiter les performances
<b>Produit conducteur</b>	Peuvent être inspectés	Peuvent être inspectés
<b>Produits emballés sous film métallisé</b>	Peuvent être inspectés	Peuvent être inspectés
<b>Produits emballés dans des feuilles d'aluminium</b>	Ne peuvent pas être inspectés efficacement	Peuvent être inspectés
<b>Effets de la taille de l'emballage</b>	Plus l'emballage est important, moins le niveau de sensibilité est élevé	Plus l'emballage est important, moins le niveau de sensibilité est élevé
<b>Taille de l'ouverture augmentée</b>	La sensibilité peut baisser et les coûts augmenter modérément	La sensibilité peut baisser et les coûts augmenter de façon significative
<b>Longueur de convoyeur courte</b>	Longueurs de convoyeur et espace limités pour l'insertion	Une longueur de convoyeur courte peut nécessiter des dispositifs de protection spécifiques contre les rayonnements
<b>Chaînes à cadence élevée</b>	Fonctionne à des cadences élevées	Fonctionne à des cadences élevées
<b>Chaînes à cadences variables</b>	Fonctionne à des cadences variables	Fonctionne à des cadences variables
<b>Production par chute de gravité</b>	Peuvent être inspectés	Ne peuvent être inspectés

Tableau 5a

## Remarques

# Raisons d'un programme de détection des métaux

L'achat d'un détecteur de métaux peut représenter un investissement important pour de nombreuses entreprises. Dès lors, il est important de s'assurer de sa fiabilité, de son adéquation à l'application prévue et de son fonctionnement optimal. Si vous respectez ces principes, le système de détection de métaux pourra générer un bon retour sur investissement (RSI) en réduisant les coûts et en optimisant la sécurité des produits.

## 6

## Raisons d'un programme de détection des métaux

- 6.1 Réduction au maximum de la contamination métallique
- 6.2 Réduction des coûts
- 6.3 Protection du client et du consommateur
- 6.4 Protection de la marque et de sa réputation
- 6.5 Certification
- 6.6 Implication des employés
- 6.7 Mise en œuvre appropriée et respect des réglementations
- 6.8 Codes des marques grand public et des distributeurs
- 6.9 Références

Pour qu'un détecteur de métaux soit le plus efficace possible, il doit faire partie d'un programme élargi de réduction des contaminants métalliques, conçu pour :

1. détecter les contaminants dans les produits ;
2. mener des actions préventives adéquates lorsqu'une contamination est détectée ;
3. prendre des mesures adéquates qui empêchent les contaminations métalliques à la source.

L'investissement dans un détecteur de métaux correctement conçu (et son installation) peut se justifier par les avantages suivants, traités plus en détail dans ce chapitre :

- réduction des contaminations métalliques ;
- réduction des coûts ;
- protection du client et du consommateur ;
- protection de l'image de marque et de la réputation ;
- certification ;
- implication des employés ;
- mise en œuvre des procédures adéquates et respect des réglementations ;
- conformité aux codes des marques grand public et des distributeurs.

## 6.1 Réduction de la contamination métallique

Il arrive encore que des clients se plaignent de la présence de métaux dans les produits même lorsque des détecteurs de métaux sont utilisés. Généralement, ces réclamations ne sont pas dues à une défaillance du système à rayons X, mais sont associées à un manque d'efficacité des contrôles, à des méthodes de travail défaillantes, à un système mal conçu ou mal réglé.

De nombreuses contaminations ne résultent pas de la présence de minuscules pièces de métal mais d'éléments plus gros comme des rondelles, des boulons, des éclats de lames ou de protections. Ces éléments sont détectables par les détecteurs les moins perfectionnés.

Le programme de détection de métaux élaboré doit permettre de traiter tout l'éventail de ces problèmes, même s'il doit aussi viser à éviter les incidents de contamination en premier lieu.

Les contaminations peuvent être éliminées à l'aide des éléments suivants :

- bonnes pratiques de fabrication ;
- programmes préalables ;
- sélection de l'équipement adéquat et utilisation d'échantillons de test certifiés ;
- tests efficaces ;
- parfaite compréhension de l'impact des normes industrielles, des exigences des clients et de la législation sur les processus des fabricants.

## 6.2 Réduction des coûts

Les coûts de mise en place et de gestion d'un programme de détection des métaux efficace sont nettement inférieurs à ceux d'une panne.

En effet, lorsqu'un produit contaminé est identifié avant son expédition, cela implique inévitablement des pertes onéreuses au niveau des produits, des emballages et de la production, mais aussi un risque que la machine soit endommagée. Ces coûts peuvent être particulièrement élevés lorsqu'ils aboutissent à une perte de productivité, notamment sur les chaînes de production automatisées à haut rendement.

Toutefois, ils peuvent facilement être éclipsés par le mécontentement des clients, un rappel de produits, une mauvaise publicité ou encore une action en justice si des contaminants sont découverts dans les produits après leur expédition.

Le temps consacré et l'argent dépensé pour réduire les contaminations métalliques en premier lieu permettent de réduire le gaspillage en interne, les pertes de production et les réclamations des clients. Cette démarche proactive est plus rentable que la résolution des contaminations une fois qu'elles se sont produites, et qui ont des conséquences coûteuses.

En plus de réduire les cas de contamination et les coûts d'incident, un programme de détection des métaux correctement mis en œuvre permet d'augmenter la satisfaction du client et du consommateur, améliore la rentabilité du fabricant et protège au mieux son image de marque.

## 6.3 Protection du client et du consommateur

Bien que les techniques de fabrication modernes s'évertuent à éliminer toute introduction de contaminants métalliques dans les produits, il est inévitable que des processus ou des procédures échouent à un moment donné, provoquant ainsi la contamination de certains produits.

Les fabricants et leurs employés ont pour obligation, vis-à-vis de leurs clients et des consommateurs finaux, de réduire au maximum les risques de contamination afin de garantir une qualité de produit permanente et de leur assurer que toutes les mesures sanitaires possibles ont été prises.

Dans le cas où un tel engagement ne serait pas respecté, les relations entre le détaillant/client et le fabricant risquent de se détériorer et d'entraîner la perte éventuelle d'opportunités commerciales.

## 6.4 Protection de la marque et de sa réputation

Une marque connue est un gage de sécurité et de qualité pour les clients. Une image de marque efficace, visible et mémorable conduit souvent le consommateur à renouveler son achat et constitue un appui essentiel pour optimiser les ventes et justifier les prix des produits de grande qualité pratiqués par les fabricants et les distributeurs.

Une entreprise n'a donc pas comme seule responsabilité de protéger l'utilisateur final ; elle doit également protéger sa marque et sa réputation. Une marque est une ressource importante qu'il convient de gérer en conséquence et de protéger contre toute forme de mauvaise publicité.

Lorsqu'un consommateur découvre un produit contaminé, l'impact peut être désastreux pour l'entreprise et conduire à la détérioration de l'image de la marque ainsi qu'au rappel souvent coûteux du produit. Lorsqu'une enquête est menée dans une entreprise suite à une réclamation d'un client, tout document capable de prouver le bon fonctionnement du programme de détection des métaux constituera une aide précieuse.

## 6.5 Certification

Il est fort probable que tout audit effectué par le client/détaillant ait pour objet les détecteurs de métaux, étant donné l'importance qu'ils revêtent en termes de sécurité dans le processus de fabrication. En outre, la présence de détecteurs de métaux atteste de la mise en œuvre de bonnes pratiques de fabrication et de sécurité des produits. Au cours des différentes procédures d'audit actuelles ou futures, les documents suivants seront inévitablement sollicités :

- contrôles internes de la sécurité des aliments et des systèmes de management ;
- audits de clients ;
- contrôles du système de management de la qualité (ex. : ISO9001:2000) ;
- les contrôles du système de management de la sécurité des aliments (ex. : ISO22000:2005, codes de qualité SQF1000/2000) ;
- les contrôles réglementaires (ex. : FDA, USDA, IFS [International Food Standard], BRC [British Retail Consortium]).

## 6.6 Implication des employés

Les procédures formalisées et les pratiques opérationnelles relatives à la sécurité des produits et à la protection de la marque permettent de garantir la qualité globale dans l'ensemble de l'entreprise de fabrication. Des sessions de formation chez les clients et des séminaires de présentation peuvent renforcer l'application de ces procédures et de ces pratiques opérationnelles. Ces formations peuvent être organisées et mises en œuvre par le fabricant de détecteur de métaux ou l'un de ses représentants.

## 6.7 Mise en œuvre des procédures adéquates et respect des réglementations

Il n'existe actuellement aucune loi à grande échelle obligeant les fabricants à installer un détecteur de métaux ou à mettre en place un programme de détection des métaux. Toutefois, dans tout procès intenté suite à une contamination métallique dans un produit alimentaire ou pharmaceutique, les fabricants peuvent être appelés à prouver que les processus utilisés ont été appliqués correctement. Tout manquement peut être lourd de conséquences.

Il est plus facile de prouver que les procédures/processus ont été correctement mis en œuvre avec un système de documentation d'entreprise, qui évalue continuellement les risques liés à la sécurité des aliments et affecte des ressources pour les réduire au maximum.

En l'absence de législation précise sur la détection de métaux, plusieurs organismes de réglementation ont établi des normes et des codes de pratiques auxquels les fabricants doivent se conformer. Ils préconisent un contrôle universel de tous les produits alimentaires et assimilés au moyen d'un système de détection de métaux. Plusieurs exemples figurent ci-dessous.

**« Toute entreprise est tenue d'effectuer une analyse des risques de chaque produit qu'elle fabrique afin d'évaluer le risque de contamination métallique dans ses produits. Si cette analyse révèle un risque de contamination, l'entreprise doit utiliser un détecteur de métaux. »**

### Directives de la BRC (British Retail Consortium)

**« Des mesures efficaces doivent être prises afin d'éviter toute présence de métal ou d'autre matériau étranger dans les aliments. Il est donc recommandé d'utiliser des tamis, des collecteurs, des détecteurs de métaux électroniques ou tout autre moyen efficace adapté. »** Food and Drug Administration (FDA).

### GMP : 21CFR 110.80(b)(8)

Certaines de ces normes commencent à avoir une influence sur le choix du fournisseur ainsi que sur la spécification des normes de détection des métaux pour les fabricants. Elles requièrent généralement des contrôles dans le cadre d'un programme documenté portant sur les mesures de protection et de sécurité.

## 6.8 Codes des marques grand public et des distributeurs

Les chaînes de grande distribution ainsi que les propriétaires de marques grand public jouent également un rôle majeur en développant leurs propres codes de pratique, lesquels doivent impérativement être appliqués par leurs fournisseurs. Si ces codes peuvent varier considérablement selon les régions, la mise en œuvre d'un programme de détection de métaux formel est de plus en plus souhaitée par les clients avant la conclusion d'un accord avec un fournisseur

## 6.9 Références

Pour plus d'informations, reportez-vous aux liens suivants :

**ANVISA – Agence nationale de Vigilance Sanitaire brésilienne**  
<http://portal.anvisa.gov.br/contact-us>

**British Retail Consortium (BRC)**  
<http://www.brc.org.uk>

**Codex Alimentarius**  
<http://www.codexalimentarius.net>

**Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA)**  
<http://www.efsa.europa.eu/>

**Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)**  
<http://www.fao.org/>

**EFSIS (Services d'inspection européens pour la sécurité alimentaire)**  
<http://www.fsis.usda.gov>

**Agence des normes alimentaires au Royaume-Uni (FSA)**  
<http://www.food.gov.uk/>

**Loi sur la modernisation de la sécurité des aliments (FSMA, Food Safety Modernization Act)**  
<http://www.fda.gov/food>

**Global Food Safety Initiative (GFSI)**  
<http://www.mygfsi.com>

**Analyse des risques et points de contrôle critiques (HACCP)**  
<http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/HACCP/>

**Comité international d'entreprises à succursales (CIES)**  
<http://www.life-sciences-france.com/>

## Raisons d'un programme de détection des métaux

**International Food Standard (IFS),**

<http://www.ifs-certification.com>

**Norme ISO 22000:2005 - Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires**

<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso22000.htm>

**Code 2000 du programme SQF (Safe Quality Food, alimentation saine et de qualité)**

<http://www.sqfi.com/standards>

**Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA)**

<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>

**Food and Drug Administration (FDA)**

<http://www.fda.gov>

**Organisation mondiale de la Santé (OMS)**

<http://www.who.int/fr/>

**Organisation mondiale pour la Sécurité Alimentaire (WFSO)**

<http://www.worldfoodsafety.org/>

# Mise en place d'un programme efficace

Lorsqu'un fabricant a pris la décision de mettre en place ou d'améliorer un programme de détection des métaux existant, il est important de s'assurer que le plan soit appliqué le plus efficacement possible. Ce chapitre délivre des conseils pratiques sur l'élaboration d'un programme efficace.

## 7

## Mise en place d'un programme efficace

- 7.1** Exigences relatives au programme
- 7.2** Éléments clés et contrôles
- 7.3** Documentation du programme
- 7.4** Compétences, sensibilisation et formation

### 7.1 Exigences relatives au programme

L'adoption d'un programme de détection des métaux doit être une décision stratégique pour l'entreprise. Si tel n'est pas le cas, le programme risque de perdre de son importance jusqu'à devenir inefficace.

Son élaboration ainsi que sa mise en œuvre doivent tenir compte :

- des divers besoins et objectifs de l'entreprise ;
- de la gamme de produits fabriqués ;
- des processus employés ;
- de la taille et de la structure de l'entreprise.

Le programme doit être proactif plutôt que réactif et il doit être utilisé pour éviter toute contamination plutôt que pour la détecter alors qu'elle s'est déjà produite.

Le but est de contrôler l'ensemble du processus, de la qualité des ingrédients fournis jusqu'au traitement des réclamations des clients et des consommateurs.

### 7.2 Éléments clés et contrôles

Il est important que les personnes chargées de définir et de documenter le programme de détection maîtrisent parfaitement les principes élémentaires de fonctionnement et les capacités des détecteurs, afin d'éviter toute désillusion une fois l'équipement en marche (voir les chapitres 1 à 4).

Il est impératif de commencer par identifier clairement la solution de détection la mieux adaptée afin que tous les efforts consacrés ensuite à la mise en œuvre du programme fournissent les résultats escomptés.

Après avoir assimilé les principes élémentaires de fonctionnement et choisi la solution appropriée, il est important de comprendre les points et les éléments clés à mettre en œuvre pour garantir l'efficacité du programme.

Les contrôles spécifiques à effectuer dans le cadre de ce programme doivent reposer sur une analyse des risques et de leur fréquence, de la nature de l'activité et de son volume.

Le tableau 7a répertorie les éléments clés à prendre en compte ainsi que le numéro du chapitre dans lequel chaque élément est abordé plus en détail :

Élément clé	Chapitre
Prévention de la contamination métallique	8
Selection des points de contrôle	9
Sensibilité de fonctionnement	10
Installation et mise en service	11
Validation, vérification et surveillance des performances	12
Traitement des produits suspects et rejetés	13
Analyse de données et amélioration du programme	14
Données, connectivité et amélioration des performances	15

Tableau 7a : Éléments d'un programme efficace de détection des métaux

## 7.3 Documentation du programme

Le programme de détection des métaux doit être documenté comme un ensemble de politiques et de procédures contrôlées. La portée et les caractéristiques de ces procédures doivent être adaptées à la taille et à la complexité de l'entreprise, ainsi qu'à ses différents canaux de communication.

Au sein d'une petite entreprise, par exemple, tous les contrôles nécessaires peuvent être regroupés dans une seule et même procédure opérationnelle. En revanche, dans une plus grande structure, il est plus judicieux d'intégrer les différentes exigences au système de gestion de la sécurité alimentaire ou de la qualité déjà existant.

Les programmes de détection de métaux les plus efficaces sont élaborés, documentés, mis en œuvre et gérés dans le cadre d'un système de gestion structurée de la sécurité alimentaire. Ils doivent être pris en compte dans les activités de gestion globale de l'entreprise.

Une documentation pertinente et adaptée est également un aspect essentiel en cas d'enquête dans l'entreprise suite à une plainte de consommateur. La documentation peut alors apporter la preuve que les mesures de sécurité adéquates ont été mises en œuvre dans les processus de production.

### 7.3.1 Politique de détection des métaux

Les cadres dirigeants sont chargés de définir et de documenter cette politique d'entreprise. Cette politique doit répondre aux critères suivants :

- être conforme au rôle de l'entreprise par rapport à sa position dans la chaîne de production alimentaire ;
- être conforme aux exigences réglementaires en vigueur, mais aussi aux exigences de qualité et de sécurité des aliments des détaillants, des clients ou de l'entreprise ;
- être communiquée, mise en œuvre et conservée à tous les niveaux de l'entreprise ;

- être révisée comme il se doit afin de conserver une parfaite adéquation à l'application ;
- reposer sur des objectifs mesurables ;
- indiquer les mesures à prendre en cas de rejet de produits et de défaut du détecteur.

### 7.3.2 Responsabilités et autorité

Pour garantir le bon fonctionnement et la maintenance de son programme de détection des métaux, la direction doit s'assurer que les responsabilités sont clairement définies et communiquées au sein de l'entreprise.

L'ensemble du personnel doit pouvoir signaler les situations potentiellement dangereuses relevées par le programme efficace de détection des métaux, et savoir à qui s'adresser pour les résoudre.

### 7.3.3 Procédures écrites

Pour que le programme soit efficace, les procédures doivent être :

- adaptées aux besoins de l'entreprise en termes de sécurité des aliments ;
- adaptées à la taille et au type du site de fabrication ;
- adaptées à la nature des produits fabriqués ou manipulés ;
- appliquées à l'ensemble du système de production, sous la forme de programmes généraux ou propres à un produit/une chaîne opérationnelle ;
- approuvées par les responsables de la sécurité des aliments.

### 7.3.4 Rapports

Des rapports doivent être rédigés et conservés afin de prouver que les procédures ont été appliquées conformément aux exigences définies et que le programme de détection des métaux a été mis en œuvre correctement.

Que ce soit au format papier ou électronique, ils doivent être lisibles, identifiables et accessibles facilement.

Une procédure écrite doit définir les systèmes requis pour garantir une maintenance et un contrôle des rapports adéquats, en spécifiant les critères :

- identification ;
- stockage ;
- protection ;
- de récupération ;
- de délai de conservation ;
- de mise au rebut.

## 7.4 Compétences, sensibilisation et formation

Le personnel, dont les activités ont un impact sur l'efficacité du programme, doit avoir suivi une formation appropriée, être compétent et avoir suffisamment d'expérience.

Il doit être capable de mesurer la pertinence et l'importance de ses activités, et d'évaluer la contribution de celles-ci à la sécurité des aliments.

Tous les documents relatifs à l'enseignement suivi, aux formations, aux compétences et à l'expérience doivent être conservés.

# Prévention de la contamination métallique

Le succès d'un processus de production est total uniquement lorsque toutes les pièces métalliques sont supprimées de la chaîne. Cependant, aucun système de détection n'est fiable à 100 %. Les ingrédients contaminés, le manque de maintenance préventive, les pratiques opérationnelles défaillantes lors de l'installation et des opérations quotidiennes sont des causes fréquentes de contamination métallique. Ce chapitre donne des instructions pratiques pour empêcher la contamination métallique en premier lieu.

## 8

## Prévention de la contamination métallique

- 8.1** Ingrédients contaminés
- 8.2** Procédures de maintenance
- 8.3** Bonnes pratiques de fabrication

### 8.1 Ingrédients contaminés

L'inspection des matières premières des fournisseurs à leur arrivée sur le site de production permet de détecter et d'éliminer facilement les grandes pièces métalliques avant qu'elles soient divisées en de nombreux fragments plus difficiles à détecter au cours du processus de production.

D'autres grandes pièces métalliques (lames brisées ou autres éléments de grande taille) peuvent également s'infiltre dans la chaîne de production alimentaire du fabricant, entraînant une contamination métallique supplémentaire.

La meilleure approche consiste donc à imposer la mise en œuvre de deux programmes de détection de métaux distincts : un sur la chaîne de production du fabricant, et un autre appliqué aux matières premières livrées par les fournisseurs externes.

Tous les fournisseurs peuvent alors garantir la qualité irréprochable des produits qu'ils fournissent, en appliquant leur propre programme efficace de détection des métaux.

Les contrats avec les fournisseurs ou les spécifications concernant chaque ingrédient doivent clairement établir les niveaux de sensibilité de fonctionnement. Ils doivent aussi inclure les éventuelles précautions prises par le fournisseur en fonction du produit, par exemple :

- les produits en poudre doivent passer par un détecteur de métaux ;
- les carcasses de viande ne doivent pas porter d'étiquette métallique ;
- les emballages ne doivent pas porter d'agrafes.

## 8.2 Procédures de maintenance

Il existe un risque inhérent de contamination métallique chaque fois qu'un produit passe d'un processus de production à un autre. Les appareils tels que broyeurs, mélangeurs, mixeurs, tranchesuses, tamis et systèmes de transport sont des sources potentielles de contamination s'ils ne sont pas entretenus comme il se doit.

Il existe également un risque de contamination lors des opérations d'entretien régulières ou de la mise en service de nouvelles installations. Pour garantir l'efficacité d'un programme de détection des métaux, il est donc essentiel d'effectuer une maintenance préventive dans des conditions contrôlées.

Les procédures de maintenance doivent permettre de s'assurer des points suivants :

- La sécurité et la qualité des produits ne doivent pas être menacées lors des opérations de maintenance et de mise en service des installations.
- Un programme de maintenance planifiée documenté est en place dans toute l'entreprise.
- Des consignes relatives aux tâches à effectuer dans le cadre du programme de maintenance planifiée sont communiquées au personnel de maintenance (procédures de démontage et de remise en état).
- Le personnel est formé de façon à pouvoir appliquer ces consignes. Cette formation doit être dispensée par le fabricant de l'appareil ou par du personnel de l'entreprise ayant suivi la formation du fabricant.
- Tous les techniciens et sous-traitants extérieurs doivent respecter les normes sanitaires et les pratiques de fabrication de l'entreprise.
- Des dispositions doivent être prises pour s'assurer que les tâches sont réalisées dans les temps et signalées comme il se doit si elles ne sont pas effectuées pour quelque raison que ce soit.
- Un test complet est réalisé sur tous les systèmes ayant subi une réparation, une opération de maintenance ou un réglage.
- Des mesures sont prises pour la gestion des pièces détachées et le remplacement de l'appareil.

Il est important de signaler les risques potentiels, comme le dysfonctionnement d'une machine, dès qu'ils sont identifiés. Pour ce faire, la personne à notifier doit être clairement désignée. Une fois les risques signalés auprès des personnes concernées, il est essentiel que des mesures correctives soient prises rapidement.

De plus, les procédures de maintenance doivent être révisées à la lumière de ces événements récents. Les modifications apportées permettront d'éviter de nouveaux incidents. Ces démarches sont nécessaires pour que les procédures et les méthodes de travail évoluent en permanence et restent efficaces.

### 8.2.1 Programme de maintenance préventive planifiée

Ce programme doit avoir pour but de limiter l'usure de l'appareil, susceptible d'entraîner une contamination métallique ou de réduire les performances sur la chaîne. Pour qu'un tel programme soit efficace, le niveau et la fréquence de maintenance doivent être définis en fonction des éléments suivants :

- Historique des défaillances dans l'usine ;
- Recommandations relatives à l'appareil du fournisseur ;
- Conditions de lubrification ;
- Importance de l'appareil dans le processus de fabrication ;
- Évaluation des risques concernant les emplacements critiques où peuvent se produire une contamination métallique ;
- Appareil sujet à l'usure, comme les roulements, les tranchesuses, les lames de hachoir, les récipients mélangeurs, les tamis, etc. ;
- Modélisation prédictive (si appropriée).

### 8.2.2 Documentation et rapports

Les opérations de maintenance et toutes les mesures correctives doivent être consignées. Ces informations peuvent servir à évaluer l'efficacité du programme de maintenance planifiée et la résolution des incidents.

Les informations de maintenance doivent être indiquées, de préférence, sur l'appareil même. Elles comprennent généralement la dernière et la prochaine date de révision, ainsi que le nom de l'opérateur.

### 8.2.3 Bonne pratique technique

Les résidus métalliques, comme les copeaux, la limaille, etc. résultent des réparations, des modifications ou de l'installation de l'appareil. Même s'il existe toujours un risque que ce métal pénètre et contamine le produit, il est possible de le réduire considérablement. Pour cela, le personnel de maintenance doit avoir suivi une formation sur la sécurité des aliments et les conditions sanitaires, et réaliser ses différentes tâches conformément aux bonnes pratiques techniques.

Voici un exemple de bonne pratique technique :

- Dans la mesure du possible, les opérations techniques doivent être réalisées en dehors des zones de production, de préférence dans un atelier. Toute opération de soudage, perçage et rivetage sur un équipement utilisé pour la production ou sur tout équipement à proximité immédiate est totalement proscrite si un dispositif sanitaire adapté n'a pas été mis en place. Pour les tâches importantes ou l'installation de nouveau matériel, il peut être nécessaire d'utiliser des protections du sol au plafond.
- Les ateliers doivent rester propres et rangés ; pour ce faire, ils doivent être balayés ou aspirés au moins une fois par jour, en privilégiant le nettoyage avant de partir. Les pièces et équipements techniques doivent être stockés en hauteur pour faciliter le nettoyage. L'équipement utilisé dans l'atelier doit également être maintenu en bon état de marche et il doit lui aussi être nettoyé régulièrement.

- À l'aide des méthodes adéquates (aimants, aspirateurs, etc.), tout équipement entretenu ou réparé en atelier doit être méticuleusement nettoyé afin d'éliminer les éventuels résidus avant son retour en zone de production.
- Si l'atelier se trouve dans la zone de production, il convient de placer un paillasson adapté (ou tout autre moyen similaire) tout autour de l'atelier et d'afficher une note claire invitant le personnel à s'essuyer les pieds avant de quitter l'atelier.
- Le personnel chargé d'effectuer les réparations sur les chaînes de production doit disposer d'une caisse à outils fermée pour les écrous, boulons, vis, etc. Il convient d'utiliser des plateaux magnétiques ou d'autres réceptacles clairement identifiés afin de récupérer les fixations et autres éléments déposés ou remplacés lors des opérations techniques. Les caisses à outils doivent rester propres et ne pas contenir de pièces inutiles susceptibles de représenter un risque pour la production.
- Une fois la réparation, l'installation et la mise en service effectuées dans la zone de production, l'équipement et la zone alentour doivent être contrôlés l'un après l'autre pour vérifier si le nettoyage a été réalisé conformément aux procédures validées. Le rapport créé doit indiquer que le personnel désigné a vérifié la propreté des chaînes de production de façon à ce qu'elles soient prêtes à l'emploi et que la production puisse reprendre comme prévu.
- Il est déconseillé d'utiliser des solutions temporaires, comme une bande adhésive ou du fil de fer, pour réparer l'équipement. Les raccords endommagés et les vis manquantes/desserrées doivent être réparés immédiatement et de manière définitive. Tous les débris métalliques et autres contaminants potentiels doivent être éliminés aussitôt et de manière sûre. Les fixations manquantes d'un équipement doivent impérativement être retrouvées et/ou remplacées. Il est conseillé d'utiliser des écrous nylstop ou des fixations similaires à chaque fois que c'est possible (un écrou nylstop est doté d'un insert de collier en nylon à visser).
- Pour tout équipement de transformation alimentaire, il convient d'utiliser, dans la mesure du possible, des écrous, des boulons, des rondelles, des mailles, etc. en acier inoxydable magnétique.
- Ne jamais mettre de trombones ou d'agrafes sur les documents utilisés dans les zones de production.
- Ne pas utiliser de punaises sur les tableaux d'affichage.
- Interdire les barrettes à cheveux, les montres et les bijoux dans les zones de production (avec certaines exceptions parfois pour les alliances simples).
- Adopter des vêtements de protection sans poches extérieures .
- Le personnel doit utiliser uniquement des pansements détectables afin de les retrouver plus facilement s'ils sont perdus pendant des processus de production.
- Le personnel doit également utiliser uniquement des crayons, des filets à cheveux, des casques antibruit et des accessoires détectables, afin de les retrouver plus facilement s'ils sont perdus.
- Veiller à ce que les récipients de produits soient couverts en permanence.
- Les convoyeurs qui transportent des conteneurs ouverts doivent être couverts jusqu'à ce que ces derniers soient fermés.

### 8.3 Bonnes pratiques de fabrication

Les effets personnels et les éléments fonctionnels, tels que les outils et les pièces, présentent un risque réel de contamination en cas d'absence ou de non-respect des bonnes pratiques de travail. Le temps consacré à identifier les risques potentiels, à définir de bonnes pratiques de travail et à sélectionner l'équipement adéquat permet de limiter au maximum le risque de contamination.

Des politiques claires et concises doivent être mises en place et communiquées régulièrement au personnel pour que celui-ci reste informé en permanence des procédures adaptées et s'assurer qu'il les mette toujours en pratique.

Quelques exemples de bonnes pratiques de fabrication sont fournis à titre d'exemple ci-après. Même s'il existe évidemment beaucoup plus de mesures de contrôle spécifiques liées à des secteurs, des entreprises et des processus de fabrication spécifiques, ces pratiques démontrent que certains risques peuvent facilement être oubliés :

## Remarques

# Sélection des points de contrôle

L'approche HACCP (Analyse des risques et points de contrôle critiques) est une méthode systématique et préventive permettant de protéger les produits contre les risques biologiques, chimiques et physiques. Elle est mise en œuvre dans le contexte des processus de production qui peuvent poser un problème de sécurité du produit. Le HACCP donne des instructions permettant de réduire les risques à un niveau acceptable.

## 9.

## Sélection des points de contrôle

- 9.1 Analyse des risques
- 9.2 Détermination des points de contrôle critiques (CCP)
- 9.3 Établissement des limites critiques
- 9.4 Établissement des processus de surveillance
- 9.5 Établissement des mesures correctives
- 9.6 Établissement de procédures pour la conservation de rapports documentées
- 9.7 Vérification
- 9.8 Sites relatifs à la méthode HACCP

Les techniques HACCP sont censées apporter une contribution essentielle lors de l'établissement d'un programme efficace de détection des métaux et une analyse des risques constitue une aide précieuse pour identifier les sources potentielles de contamination.

De plus, l'analyse des risques fournit les informations nécessaires pour définir des points d'inspection, tout en offrant également des conseils quant à la solution de détection des métaux la mieux adaptée aux risques ayant été identifiés.

Le but de ce chapitre n'est pas d'enseigner les principes fondamentaux de la méthode HACCP, mais plutôt de fournir des conseils pratiques sur l'emplacement des systèmes de détection des métaux et sur l'utilisation de ce guide dans le cadre du processus HACCP. Pour en savoir plus sur ce processus, veuillez consulter les liens utiles figurant à la fin de ce chapitre.



Tableau 9a : 7 étapes principales de l'analyse HACCP

## 9.1 Réalisation d'une analyse des risques

Toute entreprise est tenue d'effectuer une analyse des risques de chaque produit qu'elle fabrique, afin d'évaluer le risque de contamination métallique possible au cours du processus de production.

L'une des bonnes pratiques consiste à identifier et à évaluer tous les risques susceptibles de se produire, y compris les risques associés aux processus et aux installations utilisés.

Une analyse approfondie des risques doit identifier les sources potentielles de contamination et les types de métaux susceptibles d'être détectés. Ces informations sont très utiles lors du choix du système approprié de détection des métaux. Prenons l'exemple d'un producteur de quiches aux lardons et aux oignons ; l'analyse des risques peut révéler les problèmes potentiels suivants :

- Contamination dans la préparation de lardons et d'oignons due à des lames cassées
- Contamination du mélangeur due à la charcuterie et au mélange de pâte
- Chute des têtes de remplissage dans les quiches
- Copeaux de métal provenant des plateaux en aluminium
- Tamis endommagé par les ingrédients secs

Voilà un simple exemple de la manière dont l'analyse des risques peut identifier les risques de contamination potentielle ; elle doit indiquer le type de métal susceptible de causer la contamination potentielle. Une fois la contamination métallique identifiée et le système de détection des métaux défini pour le contrôle, ce point de contrôle critique (CCP) doit être inclus dans le plan HACCP.

## 9.2 Détermination des points de contrôle critiques (CCP)

Lors de la détermination des points de contrôle critiques (CCP), il est important de veiller à ce que les contaminants soient identifiés et rejetés le plus tôt possible dans le processus de fabrication.

Cette approche représente non seulement une bonne pratique de fabrication, mais elle respecte également les programmes HACCP.

L'analyse HACCP n'a pas pour unique objet de tester le produit final afin de garantir que l'aliment est sans danger. Elle est intégrée au processus de fabrication et s'appuie sur des contrôles de processus afin d'empêcher ou de réduire la présence de risques connus dans un produit alimentaire à un niveau acceptable.

Si la contamination est sciemment admise tout au long du processus de fabrication, il y a un risque que l'équipement de transformation ne se détériore progressivement. Une telle situation peut également entraîner la division des contaminants en morceaux plus petits, rendant ainsi leur détection plus difficile en fin de chaîne de production. Les coûts qui en résultent risquent donc d'être plus élevés en raison du nombre de procédures nécessaires jusqu'à l'arrivée du produit en fin de chaîne.

Un contrôle impliquant des manipulations supplémentaires n'est jamais totalement sûr. Dans la mesure du possible, le système de détection des métaux doit être aligné sur le flux de production normal afin d'éviter toute confusion sur ce qui a été contrôlé, ainsi que tout écart dans le processus de contrôle.

Toute fin de chaîne de production doit, au minimum, être considérée comme un point de contrôle critique. Le point idéal se trouve immédiatement après le point d'emballage, dans le flux de production principal, car le risque d'insertion de contaminants métalliques après ce point est considérablement réduit.

Si le point de contrôle critique mentionné ci-dessus ne peut pas être défini à cet endroit, le système de détection des métaux doit être placé le plus près possible du point d'emballage final, dans le flux de production principal. Dans ce cas, le fournisseur peut être tenu d'obtenir l'accord de son client.

Lorsque la détection des métaux dans des paquets finis, comme les conserves, s'avère compliquée, il convient d'utiliser des systèmes de contrôle alternatifs (voir le chapitre 4) après accord du client. Ces systèmes de contrôle comprennent les systèmes de rejet/de détection métallique sur pipeline.

Si les bons produits doivent être retirés manuellement du convoyeur pour être ensuite emballés par les opérateurs, il convient d'utiliser un dispositif de protection adapté entre le détecteur et le point de rejet. Cette protection doit être suffisamment longue pour couvrir le convoyeur et le système de rejet, afin d'empêcher les opérateurs de retirer des produits à emballer avant qu'ils soient passés par le système de rejet.

## 9.3 Établissement des limites de contrôle

Après avoir identifié les points de contrôle critiques, il est important de définir les limites critiques. Dans le cas d'un système de détection des métaux, cela concerne la sensibilité de l'équipement, le fonctionnement du système de rejet et toutes les fonctions de sécurité intégrées. Le chapitre 3 de ce guide décrit les facteurs limitant la sensibilité et le chapitre 10 explique comment définir et documenter le niveau de sensibilité réel.

## 9.4 Établissement des processus de surveillance

Après avoir déterminé les limites de sensibilité, il est important de vérifier régulièrement si le système de détection des métaux détecte et rejette correctement les produits contaminés à un niveau de sensibilité supérieur ou égal à celui spécifié. Le chapitre 13 de ce guide fournit des conseils pratiques sur les vérifications et les tests réguliers.

## 9.5 Établissement des mesures correctives

Si le processus de surveillance révèle que le point de contrôle critique n'est pas en phase avec les limites critiques définies, il convient de déterminer clairement les mesures correctives à prendre. Le chapitre 14 de ce guide délivre des conseils sur les mesures à prendre en cas d'échec du système de détection des métaux ou de contamination métallique détectée.

## 9.6 Établissement de procédures pour la conservation de rapports documentées

Une conservation efficace et précise des rapports est essentielle à la mise en place d'un système HACCP. Les directives du Codex imposent que la documentation et la conservation de rapports soient adaptées à la nature et à la taille de l'activité, et qu'elles soient suffisantes pour que l'entreprise puisse vérifier que les contrôles HACCP sont en place et maintenus. Bien qu'il nécessite des efforts considérables, le programme de conservation de rapports met à disposition des références permettant de suivre l'historique de fabrication d'un produit fini. Les rapports des études de validation et de vérification doivent être conservés afin de justifier que ces études ont été réalisées correctement. Ces rapports peuvent être utilisés comme des outils pour alerter l'opérateur de problèmes potentiels avant que ceux-ci ne conduisent à une violation d'une limite critique ; ils peuvent également servir à prouver que les procédures adéquates ont été suivies.

## 9.7 Vérification

Le programme HACCP doit être pris en compte dans le cadre de la validation et de la vérification du système de détection des métaux. La validation peut être définie comme l'évaluation de l'état scientifique et technique du plan ou de l'opération ; elle confirme également que les risques, les limites critiques, la surveillance et les mesures correctives ont été correctement traités. Une nouvelle validation est souvent nécessaire lorsque les méthodes ou processus de fabrication changent : le plan HACCP va-t-il garantir la production d'aliments sûrs ? Le fabricant d'origine de l'équipement (ou son représentant) peut apporter une aide précieuse au cours du processus de validation, en garantissant que les spécifications adéquates de l'équipement sont définies (voir les chapitres 2 à 4), mais aussi en proposant des services professionnels d'installation et de mise en service (voir le chapitre 12 pour plus d'informations).

Le plan HACCP et sa mise en œuvre doivent être vérifiés chaque année. La vérification peut être définie comme l'évaluation du strict respect ou non du plan, mais aussi comme la confirmation que la procédure de surveillance est bien suivie. Il s'agit alors d'appliquer des méthodes, des procédures et des tests (et d'autres évaluations en plus de la surveillance) visant à déterminer la conformité par rapport au plan convenu. Le fabricant d'origine de l'équipement (ou son représentant) peut proposer ses conseils relatifs aux meilleurs moyens de vérifier le système de détection des métaux, mais il peut aussi fournir des services de vérification : le plan HACCP fonctionne-t-il, produit-il des aliments sûrs ? (voir le chapitre 12 pour plus d'informations).

S'il s'agit d'une contamination courante, il convient d'en informer le fabricant du détecteur (de préférence lors d'une visite sur site) et de lui fournir également toutes les autres informations pertinentes, car cela peut avoir une incidence sur le type de détecteur le plus adapté à l'application.

Enfin, votre plan HACCP doit toujours être actualisé et refléter toutes les modifications apportées. Dans le plan HACCP, une modification concerne tout ce qui est différent de la dernière réalisation de l'étude. Une révision doit être planifiée et déclenchée. Les déclencheurs peuvent inclure les éléments suivants, sans toutefois s'y limiter :

- changement de matières premières ;
- introduction d'un nouveau produit sur la chaîne ;
- changement de fournisseur de matières premières ;
- modification de la disposition, de l'environnement ou de l'équipement ;
- rappels de produits ou modifications de la législation.

## 9.8 Sites relatifs à la méthode HACCP

### HACCP – site néerlandais

<http://www.foodsafetymanagement.info>

### Food Standard Agency (Agence des normes alimentaires)

<http://myhaccp.food.gov.uk/>

### Comparaison des principes HACCP

<http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/00-014R/HACCPPrinciples.pdf>

### Sept principes HACCP de l'USDA

<http://www.fsis.usda.gov/oa/background/keyhaccp.htm>

### Guide HACCP de la FDA

<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/HACCP/>

### Codex de l'OMS sur les principes HACCP

<http://www.who.int/foodsafety/publications/haccp-principles/en/>

## Remarques

# Sensibilité de fonctionnement

Ce chapitre, qui vient compléter le chapitre 3 sur les facteurs limitant la sensibilité, insiste sur la nécessité d'une sensibilité de fonctionnement optimale et fournit des conseils pratiques pour définir les niveaux de sensibilité de fonctionnement dans l'entreprise.

## 10

### Sensibilité de fonctionnement

- 10.1** Nécessité d'une sensibilité de fonctionnement optimale Performances de sensibilité
- 10.2** Spécification de la sensibilité de détection
- 10.3** Spécification d'un niveau de sensibilité
- 10.4** Documentation du niveau de sensibilité

### 10.1 Nécessité d'une sensibilité de fonctionnement optimale

Dans l'idéal, les systèmes de détection des métaux doivent être configurés pour offrir une sensibilité maximale ; dans le même temps, ils doivent rester stables et fiables, afin de garantir une protection optimale du consommateur. Le but global est d'améliorer la capacité de détection des métaux autant que faire se peut.

Une légère baisse de la sensibilité de fonctionnement peut nuire gravement aux performances d'un système de détection des métaux, ce que n'apprécient guère de nombreux utilisateurs.

Lorsqu'un fil est identifié comme un contaminant potentiel, il est préférable de régler le détecteur sur le niveau de sensibilité le plus élevé, afin de minimiser l'impact induit par l'effet d'orientation décrit au chapitre 3.

Les codes des marques grand public et des détaillants exigés par des organisations externes peuvent imposer les sensibilités de fonctionnement, mais celles-ci doivent toujours être considérées comme les normes minimales acceptables. En revanche, l'application effective de normes plus rigoureuses est considérée comme une bonne pratique de fabrication.

Il est également important que le système de détection des métaux fonctionne durablement de manière fiable et efficace, au niveau de sensibilité programmé. Dans le cas contraire, les opérateurs risquent de mettre en doute l'efficacité du point de contrôle et de diminuer le réglage de sensibilité afin d'éviter tout rejet par erreur.

En fin de compte, la sensibilité et la fiabilité maximales atteignables dépendent toutes deux de la qualité et de la fiabilité du type de détecteur (voir le chapitre 2 et le tableau 3b pour plus d'informations).

## 10.2 Détermination de la sensibilité de fonctionnement

La sensibilité maximale atteignable dépend de la taille et du type de produit, ainsi que du matériau d'emballage. Elle doit être choisie conjointement avec le représentant du fabricant du détecteur de métaux.

Au moment de déterminer la sensibilité de fonctionnement (ou de comparer les capacités des différents détecteurs), les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- Le niveau de sensibilité doit pouvoir être maintenu en permanence sans aucune intervention de l'opérateur. Un détecteur instable nécessitant une attention constante n'a aucun intérêt
- Le détecteur ne doit pas rejeter de produits non contaminés à cause de signaux de rejet par erreur générés par le produit lui-même, par des vibrations locales de l'équipement et/ou par toute autre perturbation

Pour obtenir le meilleur niveau de sensibilité pour les produits conditionnés, les matériaux d'emballage doivent être exempts de composants métalliques, comme des agrafes ou des contaminants métalliques que l'on peut trouver dans le carton recyclé de moindre qualité.

Le niveau de sensibilité maximal doit être spécifié et défini pour chaque réglage du produit.

Si le signal provenant de l'échantillon test est fort par rapport au point de déclenchement du détecteur de métaux (seuil de détection), on peut considérer que la marge de détection est bonne. Pour le vérifier, il suffit d'observer le niveau de détection sur l'interface utilisateur du détecteur de métaux, à condition que la représentation du signal de détection affichée à l'écran soit suffisamment précise.

## 10.3 Détermination d'un niveau de sensibilité

Le fabricant de produits doit trouver le bon équilibre entre la nécessité d'appliquer une sensibilité de fonctionnement maximale et l'aspect pratique de sa mise en œuvre. De ce fait, le niveau de performances nécessaire doit reposer sur une évaluation des risques à partir de laquelle le fabricant de produits prend une décision.

La définition de la sensibilité se fait généralement à un ou plusieurs niveaux :

- Pour l'entreprise ;
- pour un produit spécifique ;
- pour un groupe de produits ou une chaîne de production spécifique.

Les producteurs de petits produits secs, comme les confiseries, peuvent définir un niveau de sensibilité relativement facilement. En revanche, la définition d'un tel niveau devient beaucoup plus difficile lorsque de nombreux effets de produit entrent en ligne de compte.

### Niveau de sensibilité applicable à toute l'entreprise

Pour certains producteurs, il est normal d'appliquer un niveau de sensibilité commun à leurs nombreuses chaînes de production et ce, quel que soit le produit. Ce niveau de sensibilité commun s'applique à de nombreux détecteurs différents affichant des types, des âges et des niveaux de fiabilité variables, et provenant également de fabricants divers.

Dans ce cas, un niveau de sensibilité commun présente un inconvénient : la sensibilité n'est pas optimisée pour une application ou un produit donné ; pire encore, le niveau de sensibilité de l'entreprise dépendra probablement du dénominateur commun le plus faible, soit la pire sensibilité ou le détecteur le moins efficace.

Toutefois, en acceptant d'appliquer un niveau de sensibilité minimal pour le contrôle des produits finis, le détecteur ne risque pas d'être installé au mauvais endroit sur la chaîne de production, comme lorsqu'il s'agit de contrôler des produits finis plutôt que de contrôler chaque élément individuel à placer dans une boîte ; un détecteur plus grand est nécessaire pour contrôler de plus gros paquets, d'où une moins bonne sensibilité en raison de sa taille.

### Niveau de sensibilité applicable à un produit spécifique

Afin d'optimiser la sensibilité de fonctionnement, le niveau de sensibilité doit être défini pour un produit spécifique, même s'il est préférable que le nombre de réglages pour les différents produits reste limité dans l'idéal. En effet, plus il y a d'options, plus l'opérateur risque de commettre une erreur de réglage.

### Niveau de sensibilité applicable à un groupe de produits/une chaîne de production

Lorsque les produits sont similaires, le niveau de sensibilité est généralement défini pour un groupe de produits ou pour des chaînes de production individuelles.

La détermination de ce niveau pour un produit/groupe et/ou une chaîne de production peut aider à identifier les détecteurs moins performants.

Une technologie plus récente permet de regrouper plusieurs produits sur un paramétrage unique ou sur un nombre minimal de paramétrages. Tout en évitant le risque de choisir le mauvais produit au cours des changements de produit, cette approche groupée permet de maintenir/d'améliorer l'EGE, car le temps qui s'écoule entre deux changements de produit ne dépasse pas le minimum absolu.

## 10.4 Documentation du niveau de sensibilité

Le niveau de sensibilité est déterminé par la taille minimale de la bille détectable. Il doit être défini par le diamètre nominal de la bille et le type de matériel (ex. : 1 mm de diamètre, acier inoxydable 316). Comme nous l'avons évoqué au chapitre 3, il est important de préciser le type de matériau réel (par exemple, métal ferreux, métal non ferreux ou acier inoxydable), et pas simplement le nom générique (par exemple, métal), du fait des différences qui existent en termes de perméabilité magnétique et de conductivité électrique pour chaque type de matériau dépendant de la classification du nom générique.

La taille minimale de la bille détectable doit tenir compte de la hauteur de l'ouverture du détecteur de métaux et du type de produit/d'application. Les types de produits/d'applications classiques sont les suivants :

- produit sec ;
- produit surgelé ;
- produit frais/conducteur ;
- produit humide/décongelé ;
- produit emballé sous film métallisé.

Le niveau de sensibilité doit être documenté de manière formelle (contrôle et autorisation) et communiqué comme il se doit à l'ensemble de l'entreprise. Il doit également être mis à disposition du personnel qualifié chargé des vérifications.

### 10.4.1 Niveaux de sensibilité des détaillants

Les détaillants et les codes de marques grand public définissent souvent des niveaux de sensibilité minimum que leurs fournisseurs doivent respecter pour leurs produits. Le tableau 10a décrit les niveaux de sensibilité d'un important détaillant pour les produits secs, humides et emballés avec un film métallisé.

Hauteur du produit	Ferreux	Non ferreux (laiton)	Acier inoxydable (316)
Jusqu'à 25 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm
De 25 mm à 75 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,5 mm
De 75 mm à 125 mm	2,5 mm	3,0 mm	4,0 mm
De 125 mm à 175 mm	3,0 mm	3,5 mm	4,5 mm

Tableau 10a : Exemple de niveaux de sensibilité d'un important détaillant

Les progrès technologiques, et plus précisément le développement de la fréquence simultanée multiple (MSF) ultrarapide, ont permis d'améliorer considérablement la capacité de détection des produits secs (tableau 10b) et des produits humides/emballés sous film métallisé (tableau 10c).

Hauteur du produit	Ferreux	Non ferreux (laiton)	Acier inoxydable (316)
Jusqu'à 25 mm	De 0,5 à 0,6 mm	De 0,6 à 0,8 mm	De 0,8 à 1,0 mm
De 25 mm à 75 mm	De 0,6 à 0,8 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,0 à 1,2 mm
De 75 mm à 125 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,0 à 1,2 mm	De 1,2 à 1,5 mm
De 125 mm à 175 mm	De 1,0 à 1,2 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 1,5 à 1,8 mm

Tableau 10b : Niveaux de sensibilité classiques pour les produits secs en utilisant la fréquence simultanée multiple ultrarapide

Hauteur du produit	Ferreux	Non ferreux (laiton)	Acier inoxydable (316)
Jusqu'à 25 mm	De 0,8 à 1,0 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 1,5 à 1,8 mm
De 25 mm à 75 mm	De 1,0 à 1,2 mm	De 1,5 à 1,8 mm	De 1,8 à 2,2 mm
De 75 mm à 125 mm	De 1,2 à 1,5 mm	De 1,8 à 2,2 mm	De 2,2 à 2,5 mm
De 125 mm à 175 mm	De 1,5 à 2,0 mm	De 2,2 à 2,8 mm	De 2,5 à 3,0 mm

Tableau 10c : Niveaux de sensibilité classiques pour les produits humides/emballés sous film métallisé en utilisant la technologie MSF

## Remarques

# Installation et mise en service

**Lorsqu'un fabricant a décidé d'investir dans un détecteur de métaux, il doit s'assurer que cet équipement est correctement installé. En outre, le détecteur doit être correctement mis en service, entretenu et contrôlé tout au long de sa durée de vie. Ces activités doivent être consignées de façon objective et stockées pour être utilisées ultérieurement.**

## 11

## Installation et mise en service

- 11.1** Installation
- 11.2** Validation, vérification et maintenance du système

### 11.1 Installation

L'endroit et l'environnement prévus pour l'installation d'un détecteur de métaux peuvent potentiellement avoir un effet néfaste sur ses performances opérationnelles ; les instructions d'installation du fabricant doivent donc être consultées avant et pendant l'installation, pour que les performances de l'appareil soient optimales. Cela permet également de minimiser le risque de rejets par erreur pendant le fonctionnement.

Les instructions fournies par le fabricant du système sont plus complètes que celles de ce guide. Toutefois, les principes généraux donnés ici sont applicables à la plupart des systèmes de détection des métaux. Ils aident à choisir un équipement, à connaître ses caractéristiques et à l'installer.

#### **Voici quelques conseils de base :**

##### **Comment soulever et déplacer des détecteurs**

Il peut être tentant de déplacer le détecteur par le biais de l'ouverture, qui semble être l'emplacement idéal pour un levage en toute simplicité, mais les surfaces intérieures de l'ouverture ne sont généralement pas des éléments structurels et elles ne peuvent pas supporter le poids total du détecteur. Ainsi, pour éviter tout dommage, il ne faut jamais passer d'élingues de levage ni de supports dans l'ouverture du détecteur lors du transport ou de la manipulation.

##### **Accès à l'équipement**

L'équipement doit être positionné de manière à ce l'on puisse facilement accéder de chaque côté de la machine pour la nettoyer, l'utiliser et en assurer la maintenance sans aucun problème. De plus, les opérations de routine ne doivent pas nécessiter de démontage.

##### **Zone sans métal**

La zone sans métal du détecteur doit rester exempte de tous métaux. De surcroît, les recommandations spécifiques fournies par le fabricant du détecteur de métaux au sujet des pièces métalliques fixes et mobiles doivent être suivies à la lettre. Si ces recommandations sont respectées au moment de l'installation, les performances du détecteur de métaux seront optimales et fiables.

## Vibrations et chocs mécaniques

Dans la mesure du possible, les systèmes de détection des métaux ne doivent pas être installés dans un emplacement sujet à des vibrations ou des chocs mécaniques, ou à proximité de ceux-ci. S'il est impossible de faire autrement, il convient alors de prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter ces effets.

## Interférences électromagnétiques

Le bruit électrique généré par les installations électriques alentours peut nuire aux performances d'un système, jusqu'à entraîner un dysfonctionnement, comme des rejets par erreur. Cela peut s'avérer coûteux et se traduire par la perte de confiance de l'opérateur. Par conséquent, dans la mesure du possible, les systèmes ne doivent pas être installés à proximité d'appareils pouvant être à l'origine d'interférences électromagnétiques, comme des radio-émetteurs. Tous les onduleurs et les variateurs de vitesse situés à proximité du détecteur doivent être installés conformément aux instructions du fabricant.

Dans la mesure du possible, il est également déconseillé de laisser les câbles des onduleurs, des variateurs de vitesse, etc., à proximité des câbles du détecteur ou du détecteur lui-même. Enfin, il convient de veiller tout particulièrement à ce que le détecteur ne soit pas installé à proximité d'appareils générant des interférences électromagnétiques dans la même plage de fréquences que le détecteur.

## Source d'alimentation propre

Les câbles d'alimentation peuvent générer des perturbations en cas de changement important de la charge secteur qui alimente le système. Ces perturbations peuvent nuire aux performances du système, jusqu'à entraîner un dysfonctionnement, comme des rejets par erreur. Pour une alimentation optimale, un détecteur de métaux doit être raccordé à une source qui alimente uniquement les appareils à faible puissance ; de plus, il ne doit pas être connecté à d'autres sources d'alimentation délivrant des charges de courant variables.

## Conformité de l'installation

Tous les aspects de l'installation du détecteur de métaux doivent être conformes à la législation en vigueur dans le pays où l'appareil est installé.

## Mise en service du système

Avant toute utilisation opérationnelle, le système de détection des métaux installé doit être mis en service. Cette opération permet de vérifier si :

- l'installation est conforme aux recommandations du fabricant ;
- le système fonctionne comme prévu ;
- l'ensemble du personnel concerné est formé à l'utilisation du système et aux mesures de sécurité associées.

Le Tableau 11a donne une liste des divers points à contrôler lors de la mise en service du système. :

## Liste de contrôle

Documentation disponible (système et support)	✓
Système installé en bon état	✓
Bonne installation du système	✓
Validation du fonctionnement de l'appareil dans l'installation prévue	✓
Fiabilité des fonctionnalités de détection et de rejet au niveau de sensibilité spécifié	✓
Formation de base des opérateurs (fonctionnement, entretien et maintenance)	✓

Tableau 11a

Il est recommandé de faire appel à un technicien du fabricant d'origine ou à l'un de ses représentants pour effectuer la mise en service. L'expérience acquise au cours d'autres installations permet aux techniciens d'identifier précocement les problèmes potentiels, pour pouvoir mettre en place des mesures correctives lors du processus de mise en service.

Tout doit être documenté afin de démontrer que tous les principaux aspects du détecteur installé ont été validés avant l'utilisation opérationnelle. Cette validation doit être considérée comme spécifique à l'emplacement et à l'environnement de l'équipement.

Une nouvelle validation doit être effectuée en cas de changement important dans l'installation ou autour de celle-ci, ou encore si l'équipement est déplacé dans un autre lieu. Les aspects opérationnels du détecteur de métaux devront être validés à nouveau avant de pouvoir utiliser des produits nouveaux ou modifiés dans l'installation existante. Enfin, cette nouvelle validation devra également être documentée à des fins de traçabilité du processus.

## 11.2 Validation, vérification et maintenance du système

Lorsqu'un détecteur de métaux est livré, il doit être accompagné d'un ensemble de documents de validation des performances permettant de prendre en charge l'installation et la configuration initiales. Ces documents, ou packs d'installation (IPac), sont conçus pour garantir que l'équipement peut être correctement installé et entretenu tout au long de sa durée de vie utile. Ainsi, l'équipement peut afficher des performances d'exploitation optimales, avec la disponibilité maximale possible. Le programme de maintenance préventive doit prévoir une maintenance et des contrôles de performances réguliers, effectués par un personnel qualifié.

Les IPac peuvent soutenir le processus d'audit en :

- respect des seuils de vos points de contrôle critiques ;
- vous donnant les outils nécessaires pour surveiller les performances aux points de contrôle critiques ;
- proposant une approche systématique de la conservation des documents et du processus de documentation ;
- garantissant le bon fonctionnement de votre système dans l'immédiat et à plus long terme.

En général, la vérification doit avoir lieu tous les 6 à 12 mois en moyenne, et elle doit idéalement être effectuée par un technicien qualifié conformément à un contrat de maintenance. Un technicien expérimenté est plus apte à identifier les éventuels problèmes liés à l'équipement et au programme, et il peut proposer des solutions de manière plus précoce.

Un certificat de vérification des performances doit être émis pour chaque équipement audité. Au fil du temps, ces certificats finissent par constituer un journal complet de vérification des performances des systèmes, utile pour certifier la mise en œuvre appropriée et la mise en conformité réglementaire avec les demandes de vos clients. Le système aide également les auditeurs externes à évaluer les mesures de sécurité déployées, ainsi que le respect des normes en vigueur. Les procédures s'en trouvent simplifiées et vous êtes sûr de répondre en permanence aux critères de validité des audits. Consultez le chapitre 12 pour plus d'informations sur la validation, la vérification et la surveillance des performances.

### 11.2.1 Maintenance de la bande

Certaines substances (fragments de métal, liquides, etc.) peuvent adhérer à la bande de convoyeur ; si elles sont décelées par le détecteur de métaux, elles vont probablement entraîner des défections inattendues, donnant souvent l'impression d'un fonctionnement erratique ou incorrect. Pour réduire ce risque :

- les opérations créant des fragments de métal (comme le soudage, le perçage ou la découpe de métaux) ne doivent pas être effectuées à proximité du convoyeur, sans quoi des fragments de métal risquent d'entrer en contact avec le convoyeur ;
- le tapis du convoyeur doit être nettoyé régulièrement ;
- si une bande doit être remplacée, il ne faut pas utiliser une bande antistatique (consultez le chapitre 4.1.1 pour plus d'informations).

## Remarques

# Validation, vérification et surveillance des performances

Ce chapitre indique les éléments essentiels de la procédure de validation et de vérification. D'une entreprise à l'autre, la définition et l'usage des termes employés peuvent varier. Quelle que soit la terminologie, les instructions doivent être parfaitement claires pour s'assurer que la validation, la vérification et la surveillance sont continues et intégrées au plan HACCP de l'entreprise.

## 12

## Validation, vérification et surveillance des performances

- 12.1** Procédure de validation
- 12.2** Procédure de vérification
- 12.3** Nouvelles installations
- 12.4** Analyse prédictive
- 12.5** Surveillance du système (test)
- 12.6** Fréquence des tests
- 12.7** Nombre de tests
- 12.8** Sensibilité du détecteur et méthodes de test du dispositif de rejet
- 12.9** Produits rejetés lors des tests normaux
- 12.10** Tests des systèmes à sécurité intégrée/systèmes convoyeurs
- 12.11** Routines de vérification et de surveillance des performances
- 12.12** Résultats des tests

### 12.1 Procédure de validation

Tous les équipements de détection des métaux doivent être validés lors de leur installation par le fabricant ou son représentant. Ils doivent montrer, à l'aide de preuves objectives, que les exigences pour l'utilisation ou l'application spécifique prévue sont respectées. Si des modifications substantielles se produisent par la suite, une nouvelle validation de la machine doit être effectuée.

### 12.2 Procédure de vérification

Tout système de détection des métaux doit être vérifié régulièrement (en général, tous les 6 à 12 mois) afin de prouver l'exercice de la mise en œuvre appropriée. De plus, la vérification permet de garantir que :

- Le système continue de fonctionner conformément au niveau de sensibilité spécifié
- Le détecteur continue de rejeter les produits contaminés en cas de détection de contaminants.
- Tous les dispositifs d'avertissement/de signalisation supplémentaires sont efficaces (par exemple, conditions d'alarme, confirmation des rejets)
- Les systèmes à sécurité intégrée installés fonctionnent correctement
- Toutes les normes de sécurité en vigueur sont respectées

La procédure de vérification doit permettre de s'assurer que le niveau de sensibilité défini par l'entreprise pour la chaîne et les produits, ainsi que les politiques de détection des métaux, sont respectés. Tous les équipements de détection des métaux doivent être vérifiés indépendamment les uns des autres, une fois par an au minimum.

#### 12.2.1 Audits de vérification

Lorsque des audits des systèmes de détection des métaux sont réalisés par des techniciens qualifiés, ils peuvent apporter un service supplémentaire très utile. Ces audits prennent en charge le programme complet de détection des métaux en garantissant que l'équipement est conforme aux recommandations du fabricant et aux bonnes pratiques. Les experts en détection des métaux sont souvent capables d'identifier des problèmes potentiels, et de proposer des solutions, avant même que l'utilisateur ne les constate.

La vérification des performances doit être effectuée par le fabricant de l'équipement ou son agent agréé, qui peut justifier de ses compétences en fournissant des certificats de formation valides et à jour, en rapport avec l'équipement concerné (arque et modèle). Le certificat doit désigner l'individu concerné, et pas seulement l'organisation qu'il représente. Si ce n'est pas possible, une entreprise indépendante, capable de justifier de ses compétences, peut réaliser la procédure.

### 12.2.3 Procédures régulières et intégrées liées aux performances

Un système de détection des métaux doté des procédures régulières et intégrées de surveillance et de vérification des performances peut faciliter la réalisation et la consignation des procédures de test. Des tests peuvent ainsi être demandés automatiquement à une fréquence prédéfinie.

Il suffit à l'opérateur agréé d'entrer un numéro d'accès personnel dans le détecteur pour réaliser un test avec les échantillons appropriés. Si l'équipement n'est pas testé à la fréquence prédéfinie, plusieurs issues différentes peuvent se profiler. Il est possible d'imprimer des documents prouvant la réalisation du test sur une imprimante locale ; il est également possible de les télécharger vers un ordinateur central si le détecteur est relié à un réseau.

### 12.2.4 Preuves documentées

Des copies des certificats de formation/justificatifs de compétences de tout le personnel extérieur doivent être jointes à l'ensemble des certificats de validation des performances émis pour chaque détecteur de métaux vérifié.

### 12.2.5 Vérification annuelle

La vérification annuelle ne doit pas être une simple répétition des tests de validation planifiés chaque jour et réalisés par chacune des sites, elle doit être bien plus approfondie. Ces vérifications doivent être conformes aux exigences HACCP générales et intégralement documentées, mais elles doivent aussi inclure au minimum les éléments suivants :

- paramètres initiaux de création, fournis par les fabricants des détecteurs de métaux, non accessibles pour l'utilisateur ;
- vérifications de l'installation électrique et mécanique ;
- vérifications des fonctionnalités du système, notamment le respect des limites critiques spécifiées ;
- vérifications des informations relatives au produit ;
- vérifications des fonctionnalités à sécurité intégrée ;
- vérifications des pièces de test des clients ;
- vérification que le personnel de la chaîne est formé et qualifié pour mettre en œuvre les SOP relatifs aux tests locaux de vérification et de surveillance.

Une synthèse des tests de vérification doit être réalisée et une indication des performances depuis le dernier test, ainsi que toute dégradation potentielle au cours de l'année précédente et de l'année suivante, doivent être commentées.

Outre les éléments ci-dessus, le technicien chargé des tests doit vérifier comment le système est vérifié et surveillé, en interrogeant un membre du personnel de production (au hasard) quant à la réalisation des tests réguliers des détecteurs de métaux, tels que détaillés dans les SOP des sites de fabrication afin de surveiller les points de contrôle critiques (CCP).

### 12.3 Nouvelles installations

Les nouvelles installations de détecteurs de métaux doivent être validées par le fabricant et le processus de vérification et de surveillance les concernant doit être mis en œuvre avant le début de la production. Une fois l'installation terminée, les documents seront conservés et la fréquence normale de vérification et de surveillance sera respectée.

### 12.4 Analyses prédictives

Pour déterminer de manière plus fiable si le système de détection des métaux continue de déceler et de rejeter des produits contaminés conformément au niveau de sensibilité spécifié, il convient de vérifier en permanence si les principaux paramètres de fonctionnement du détecteur de métaux ont changé ou non. Si la stabilité de ces paramètres peut être vérifiée continuellement grâce à la surveillance des conditions, il est possible de réduire la fréquence de test au-delà de la période existante, avec l'avantage supplémentaire d'accroître l'efficacité globale des équipements (EGE) pour les utilisateurs.

Certains détecteurs de métaux commercialisés offrent ce type de fonctions de surveillance continue (voir la section 2.1.7). Toutefois, en termes d'utilisation, il est important de s'assurer que le système alertera automatiquement les utilisateurs en cas de changement inattendu du paramètre surveillé. Le système doit initier un test de vérification et une alarme d'arrêt en présence d'un changement inacceptable. Toutefois, si le système ne quitte pas les spécifications tant que l'alerte automatique n'est pas activée, les avantages peuvent être considérables pour l'utilisateur.

### 12.5 Surveillance du système (tests)

Si le système de détection des métaux poursuit ses détections et ses rejets conformément au niveau indiqué, l'objectif du test vise à garantir qu'il n'y a eu aucun changement notable du niveau de performances du détecteur depuis le dernier test réussi. Ces changements pourraient en conséquence induire des modifications des éléments suivants :

- paramètres de la machine ;
- signal de produit ;
- fonctionnalité des détecteurs de métaux.

Le choix des types adéquats de contaminants métalliques pour les tests est important, car la signification d'un changement des paramètres, du signal de produit ou de la fonctionnalité de détection des métaux de la machine peut varier en fonction du type de contamination métallique.

Par exemple, il est possible que la phase d'un produit change de telle façon que la sensibilité aux aciers inoxydables soit maintenue tandis que la sensibilité aux métaux ferreux est perdue. Toutefois, si le test est effectué uniquement sur les aciers inoxydables, aucun indicateur ne relèvera la perte de sensibilité aux contaminants ferreux.

Des conseils sont parfois donnés sur la taille des billes non ferreuses et en acier inoxydable qui peuvent être détectées en fonction de la taille réelle des billes ferreuses détectées. Par exemple :

- 1,5 fois la taille de bille ferreuse = taille de bille en acier inoxydable détectable (à 300 kHz)**
- 1,2 fois la taille de bille ferreuse = taille de bille en acier inoxydable détectable (à 800 kHz)**

Toutefois, ce type de généralités doit être pris avec précaution. En effet, les chiffres réels dépendent en grande partie de l'application et même lorsque l'on dispose d'informations relatives à l'application en question, les hypothèses et les rapprochements nécessaires peuvent limiter la précision des informations fournies.

En réalité, la relation entre deux types de contaminants est complexe et basée sur :

- la taille des billes de test ;
- matériau ;
- la fréquence de fonctionnement du détecteur de métaux ;
- le paramètre de phase du détecteur de métaux (à savoir, s'il s'agit d'un produit conducteur ou non).

C'est pourquoi la meilleure pratique consiste à effectuer des tests de surveillance avec les trois types de contaminants : métal ferreux, métal non ferreux et acier inoxydable (en supposant qu'ils représentent tous des sources potentielles de contamination).

Toutefois, si cette méthode n'est pas jugée adaptée, un compromis consiste à effectuer un test sur la contamination ferreuse pour les applications utilisant des produits secs (y compris sur les métaux non ferreux à fréquences plus élevées) et un test sur les aciers inoxydables pour les produits humides/conducteurs.

La motivation de cette procédure recommandée réside dans le fait que ces tests ont plus de chances de faire ressortir les changements de phase et de sensibilité qui affectent la détection. En fin de compte, le degré de compromis dépend des éléments suivants :

- stabilité du détecteur de métaux ;
- uniformité du produit ;
- niveau de contrôle sur l'intervention de l'opérateur, à savoir les changements de paramètres.

Peu importe les directives, rien ne remplace les connaissances acquises sur le terrain et les tests effectués sur le produit même. À partir de l'évaluation des risques déjà réalisée (voir le chapitre 9), il est possible d'identifier les types de contaminants potentiels dans une unité de production. Dès lors, deux questions deviennent essentielles :

- quels types de contaminants sont les plus difficiles à détecter ?
- quel est le pire emplacement pour détecter chaque contaminant donné ?

Ces informations permettront d'élaborer la procédure de test la plus efficace pour n'importe quelle application.

Finalement, les exigences minimales des tests sur les types de contaminants doivent viser à satisfaire tout code client externe, tout code détaillant ou toute politique spécifique de l'entreprise (exigences de test).

### 12.5.1 Types d'échantillons test à utiliser

Les échantillons test peuvent être utilisés seuls (sans le produit) afin d'évaluer le fonctionnement d'un système de détection des métaux. Toutefois, pour surveiller les performances réelles lors de la production, les échantillons doivent être placés de préférence dans le produit ou fixés solidement sur le produit emballé.

Ces échantillons test sont en fait des roulements à billes de précision enfermés dans un support non métallique/non conducteur. Ces roulements sont disponibles en différents matériaux, afin de représenter les sources potentielles de contamination.

Il est recommandé d'acheter ces échantillons auprès des fournisseurs de détecteurs de métaux qui les fabriquent conformément à un système de qualité certifié, de type ISO9001:2000.

En plus d'être certifiés, les échantillons test doivent être marqués de façon permanente de la taille de la bille, du matériau et du numéro de référence propre au lot. Ces informations permettent de retracer le produit jusqu'au lot de fabrication du fabricant d'origine de roulements à bille de précision. La certification doit également stipuler :

- le numéro de référence ;
- le diamètre nominal de la bille ;
- matériau ;
- la norme de fabrication à laquelle se conforme l'échantillon test.

Certains des échantillons test les plus courants sont répertoriés dans le tableau 12a et illustrés dans le schéma 12.1.

Type de support générique	Application type
Carte test	Bandes transporteuses avec produits emballés individuellement
Bâton test	Convoyeurs avec des produits en vrac ou conditionnés individuellement
Tablette test	Applications pharmaceutiques et nutraceutiques
Bille de test	Contrôle en chute libre de poudres et de granulés
Tige de test	Contrôle en chute libre de poudres et de granulés, et contrôle de liquides, pâtes et bouillies (si la récupération de l'échantillon test est difficile)

Tableau 12a : échantillons test courants disponibles

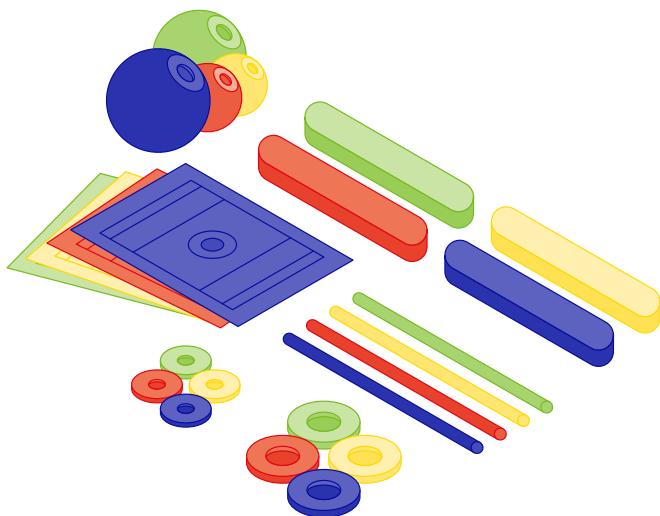


Schéma 12.1

Certains fournisseurs de détecteurs de métaux peuvent fournir des échantillons test spécifiques à des applications, ainsi que des conseils sur le type de support d'échantillon test le mieux adapté à une application donnée.

La procédure de surveillance doit définir précisément les échantillons test à utiliser, notamment le type de matériau réel (par exemple, ferreux, non ferreux, laiton, aluminium et acier inoxydable 316), et pas seulement un nom générique (par exemple, acier inoxydable), principalement à cause des différences existantes en termes de perméabilité magnétique et de conductivité électrique (voir la section 3.2).

Les échantillons test doivent toujours faire l'objet d'un contrôle visuel avant chaque utilisation, en vue de vérifier leur état. En cas de doute quant à l'intégrité d'un échantillon test, il doit être remplacé.

## 12.5.2 Positionnement des échantillons test

L'emplacement privilégié de l'échantillon test est la position dans laquelle il a le moins de chances d'être décelé, soit à l'avant, au milieu ou à l'arrière de l'emballage, position qui aura été identifiée au cours de la phase de mise en service. Il est donc important que cet emplacement soit clairement défini dans les procédures et dans les niveaux de sensibilité définis par l'entreprise.

Positionné à l'avant, au milieu ou à l'arrière de l'emballage, l'échantillon test doit toujours passer aussi près que possible du centre géométrique de l'ouverture, soit la position la moins sensible. Dans la plupart des cas, cette zone est bien plus difficile à contrôler que le pire emplacement existant dans le paquet test/produit ou sur celui-ci.

L'emplacement des échantillons test est important pour tester correctement le système de rejet et la temporisation. D'autres conseils sur l'emplacement des échantillons test sont également fournis pour chacune des méthodes de test traitées dans la section 12.8 de ce guide.

## 12.5.3 Utilisation efficace de paquets de test

Les paquets test sont généralement utilisés sur les chaînes d'inspection de produits emballés (schéma 12.2) et les exigences suivantes doivent être définies et incluses dans la procédure de test :

- méthode de vérification permettant de s'assurer que les paquets ne contiennent pas de contaminant avant d'introduire/ de fixer les échantillons test ;
- méthode d'élaboration du paquet test, y compris l'emplacement de l'échantillon test dans/sur le paquet test ;
- fréquence à laquelle les paquets test doivent être élaborés, en fonction de la nature, de la durabilité et de la durée de conservation du produit ; dans l'idéal, les paquets test doivent avoir été élaborés récemment pour chaque lot de production, car le vieillissement du produit risque d'affecter la sensibilité et de ne pas être représentatif du produit réel fabriqué ;
- méthode d'étiquetage des paquets test (avec des rubans de couleur, par exemple), afin de ne pas les introduire par erreur dans la chaîne d'approvisionnement.

Il est possible d'utiliser des paquets test non alimentaires pour tester les systèmes de sécurité d'un détecteur. Toutefois, ils doivent être représentatifs en termes de taille, de forme et de poids des produits alimentaires circulant sur la chaîne.

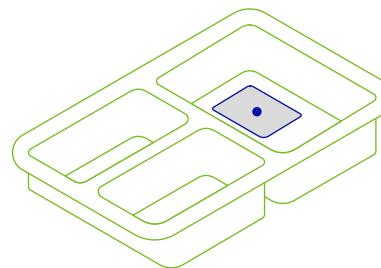


Schéma 12.2

## 12.6 Fréquence des tests

La fréquence planifiée des tests dans le cycle de fabrication doit être clairement indiquée dans les procédures. Il convient également de mettre en œuvre des tests de vérification lors des étapes suivantes :

- au début et à la fin de la période de travail d'une équipe/production quotidienne ;
- à intervalles réguliers pendant le cycle de production (si nécessaire) ;
- au changement de lots de production ;
- au changement de réglages des machines ;
- après un arrêt pour réparation.

Chacune des étapes citées ci-dessus est définie plus précisément aux sections 12.6.1 – 12.6.5.

### 12.6.1 Début et fin de la période de travail d'une équipe/production quotidienne

Il convient d'envisager la réalisation de tests au début et à la fin de la période de travail d'une équipe/production quotidienne. Cela permet de s'assurer que le système de détection des métaux détecte les problèmes et les rejette conformément au niveau de sensibilité, mais également que tous les systèmes d'avertissement supplémentaires fonctionnent correctement, comme l'indicateur signalant que le bac de rejet est plein.

En outre, lorsque des fonctions à sécurité intégrée font partie des spécifications du système, elles doivent être contrôlées au début de chaque période de travail. En cas de panne, celle-ci doit être résolue avant le début de la période de travail/production quotidienne.

### 12.6.2 Intervalles réguliers au cours du cycle de production

La fréquence des tests pendant un cycle de production doit être définie dans la procédure et elle dépend finalement de la probabilité d'échec du test et de ses conséquences. Les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- période de quarantaine ;
- codes de pratiques des marques grand public, des clients et des distributeurs (le cas échéant) ;
- marge de détection ;
- conception des systèmes à sécurité intégrée ;
- surveillance automatique du système.

#### Période de quarantaine

La période de quarantaine fait référence au temps que passe le produit sur site après le dernier test réussi. Au besoin, il est possible d'empêcher l'expédition de ce produit.

La période de test doit toujours être plus courte que la période de quarantaine ; ainsi, en cas d'échec du test, le produit fabriqué depuis le dernier test réussi se trouve toujours dans les locaux de l'entreprise. Il peut donc être facilement identifié et isolé en attendant d'être traité (consultez le chapitre 13 pour plus d'informations).

#### Codes de pratique des marques grand public, des clients et des distributeurs

Il arrive que les codes de pratiques des marques grand public, des clients et des distributeurs spécifient une fréquence de tests qui doit être respectée.

#### Marge de détection

Lorsque la marge de détection est correcte (voir le chapitre 11) et qu'il est certain que le système est sécurisé en cas de problème, il est possible de réduire la fréquence des tests de performances. En effet, même en cas de changements mineurs au niveau de la phase et de la sensibilité, le détecteur de métaux continue de déceler efficacement les échantillons test spécifiés. De telles décisions ne peuvent être prises que si la marge de détection est mesurable et les risques acceptables.

En pratique, le niveau de sensibilité peut s'appliquer à de nombreux détecteurs différents, qui peuvent varier en fonction du fabricant, de leur type, de leur âge, de leur fiabilité et d'autres facteurs encore. Par conséquent, la marge de sécurité peut ne pas être la même pour tous les détecteurs et tous les produits.

#### Conception des systèmes à sécurité intégrée

Des systèmes robustes à sécurité intégrée associés à un contrôle d'accès strict contribuent efficacement à réduire la probabilité d'échec des tests et, par conséquent, leur fréquence. Ainsi, si les opérateurs de la chaîne de production ne sont pas autorisés à modifier les paramètres (par exemple, pour ajuster la sensibilité), la probabilité d'échec des tests est moins importante. De même, si le système de détection des métaux demande automatiquement un test à chaque changement de produit, cela limite la probabilité d'utiliser les mauvais réglages pour un produit.

#### Tests automatiques du système

Des systèmes de tests automatiques peuvent être utilisés en plus des tests manuels lorsque des contaminants physiques rendent les tests difficiles, notamment pour les applications en col-de-cygne, à chute de gravité et sur canalisation. Toutefois, ces systèmes ne doivent pas remplacer totalement les tests manuels.

Bien que les systèmes de test automatique puissent détecter une diminution de sensibilité du détecteur de métaux, ils ne sont pas en mesure d'identifier les problèmes de temporisation ou du système de rejet.

Les tests automatiques ne peuvent pas fonctionner de manière continue tant que la détection de métal dans chaque paquet est compromise. Le signal déclenché par la bille de test génère une interférence ou peut, dans certains cas, annuler le signal de tout autre contaminant réel.

Ces dispositifs n'ont pas été largement adoptés par le secteur agroalimentaire, malgré leurs avantages indéniables, puisqu'ils peuvent soutenir la volonté du client de prendre en charge l'EGE.

### 12.6.3 Changements de production

Dès qu'il y a un changement du type de produit qui passe par le système de détection des métaux, il faut prendre en compte la réalisation d'un test de vérification pour confirmer la détection et le rejet conformément au niveau de sensibilité. C'est d'autant plus important lorsque le changement du type de produit nécessite de sélectionner des réglages différents dans le système de détection des métaux.

### 12.6.4 Changements de réglages

Dès qu'il y a un changement dans les réglages du système de détection des métaux, un test de vérification doit être réalisé pour confirmer la détection et le rejet conformément au niveau de sensibilité.

### 12.6.5 Après un temps d'arrêt pour réparation

Si des opérations de maintenance ou des réparations ont été réalisées sur la chaîne de production pendant un temps d'arrêt, le système de détection des métaux et le système de rejet doivent être de nouveau vérifiés lorsque la production est relancée.

Une bonne pratique consiste à utiliser une procédure régulière et intégrée de vérification des performances (voir la section 12.2.3) lorsque les trois circonstances suivantes se produisent :

- Lorsqu'un test de performances doit être effectué, et...
- Avant la reprise du fonctionnement normal, et...
- En cas de mise hors tension/sous tension

## 12.7 Nombre de tests

Le nombre de tests à réaliser doit être fondé sur le niveau de confiance établi au cours de la mise en service initiale, lorsque les capacités du système de détection des métaux ont été établies pour la première fois.

Si les capacités de détection sont à la fois suffisantes et reproductibles, cette confiance aura inévitablement des répercussions sur la nécessité d'effectuer un test de vérification de la production. Autrement dit, à quoi cela sert-il de procéder à d'autres tests si la marge de détection relevée pendant un seul test est déjà bonne ?

De même, si un échantillon test est le seul élément détecté au cours d'un test, la répétabilité peut alors être mise en doute. D'autres tests doivent être effectués pour améliorer la confiance. Toutefois, si après trois tests, on obtient une détection marginale et deux bons passages, quelle signification statistique peut-on tirer au niveau d'une chaîne ayant un flux de production élevé ?

Statistiquement, le nombre de passages marginaux serait sans doute plus élevé et la détection peut-être inefficace ; dans ce cas, la capacité de détection du détecteur n'est probablement pas suffisante et il s'avère nécessaire d'augmenter la fréquence des tests.

Dans le cadre de tests de production, le niveau pratique maximal doit être de trois tests par échantillon test, type de matériau et position.

Toutefois, lorsque la machine a donné de bons résultats à la mise en service, la pratique acceptable peut se limiter à un test par échantillon test, type de matériau et position.

Le nombre de tests à réaliser pour chaque type de matériau d'échantillon test dépend en fait de leur signification statistique au sein de l'entreprise. Le nombre de tests à réaliser dépend également de la signification statistique pour satisfaire toutes les exigences externes.

Certains fabricants de systèmes de détection des métaux proposent des logiciels de test à passages multiples au sein de leurs procédures de tests régulières et automatisées.

## 12.8 Méthodes utilisées pour tester la sensibilité et le système de rejet du détecteur

Les méthodes de test à utiliser doivent être détaillées précisément dans les procédures de test. Elles varient selon la conception du système de détection des métaux et l'application réelle.

Outre la nécessité de s'assurer que le détecteur fonctionne conformément au niveau de sensibilité requis, il est important de tester le bon fonctionnement du système de rejet, afin de contrôler s'il est toujours capable de rejeter les produits contaminés.

Par exemple, il arrive souvent que la vitesse du convoyeur soit modifiée pour diverses raisons. Dans ce cas, si la tempérisation du rejet n'est pas ajustée en conséquence, le système risque de rejeter des produits non contaminés. De même, l'alimentation en air d'un dispositif de soufflage peut facilement être déconnectée et permettre ainsi à des produits pourtant contaminés de poursuivre leur route sans être rejettés. Par conséquent, il est plus efficace d'élaborer une méthode permettant de tester simultanément les éléments (détecteur et système de rejet) du système de détection des métaux.

Comme preuve de la réussite du test, tous les paquets test/échantillons test doivent être détectés et rejettés dans l'emplacement prévu à cet effet.

En cas d'échec d'une partie du test, le produit ayant été fabriqué depuis le dernier test satisfaisant doit être isolé. Ce produit doit ensuite être revérifié à l'aide d'un détecteur qui fonctionne (consultez le chapitre 13 pour plus d'informations).

### 12.8.1 Test des convoyeurs avec des produits ou des paquets distincts

Le test doit être réalisé avec, au moins, un échantillon test placé à l'avant de l'un des paquets test, un échantillon test placé au milieu de l'un des paquets test et un échantillon test placé à l'arrière d'un autre paquet test. Les paquets test doivent être acheminés sur la chaîne de production et traverser le détecteur de métaux l'un après l'autre.

(N.B. Les tests ci-dessus supposent que le système est conforme au système validé d'origine.)

Cette méthode de test représente généralement le pire des scénarios. Elle permet de vérifier si le système de détection des métaux peut détecter et rejeter des produits contaminés, sans tenir compte des éléments suivants :

- La position de la contamination dans le produit ;
- La capacité du système à détecter les contaminants consécutifs.

Si le test est réalisé avec trois types de matériaux contaminants différents :

- L'échantillon 1 doit être placé à l'avant
- L'échantillon 2 doit être placé à l'arrière
- L'échantillon 3 doit être placé au milieu

Si le test est réalisé avec un seul type de matériau (par exemple, métal ferreux uniquement, conformément au détecteur de Métaux FERROUS pour film Aluminium), il faut alors utiliser deux paquets :

- La pièce de test numéro un doit être placée à l'avant du premier paquet test
- La pièce de test numéro deux doit être placée à l'arrière du second paquet test

Il convient également de prendre les précautions nécessaires pour que tous les paquets test ou échantillons test non rejetés ne se perdent pas dans le flux de produits.

Pour les paquets plus petits ou triangulaires, comme les sandwiches, le positionnement d'échantillons test à l'avant et à l'arrière risque de ne pas être pratique. Dans ce cas, les échantillons doivent être placés au meilleur endroit possible, de façon à ce qu'ils passent le plus près possible du centre de l'ouverture du détecteur de métaux.

Lorsque le convoyeur est ajusté sur la vitesse de fonctionnement normale de la chaîne de production, tous les paquets test doivent être placés sur la chaîne de production, comme indiqué sur le schéma 12.3 (test avec métaux ferreux, non ferreux, aluminium et acier inoxydable).

L'espacement entre les paquets doit refléter la distance normale entre les produits se déplaçant sur la chaîne et les paquets doivent être placés de manière à traverser le faisceau du capteur de photo-synchronisation (faisceau du capteur de paquets), si ce capteur est installé. Pour les produits distincts non emballés, l'échantillon test doit être placé dans le produit (ou fixé solidement sur celui-ci), aux emplacements spécifiés.

Avec un système d'alarme destiné à arrêter la bande si nécessaire, chaque paquet doit passer sur la chaîne. Pour que le test soit réussi, le paquet test doit être détecté et le convoyeur doit s'arrêter. En outre, le convoyeur ne doit pouvoir être redémarré qu'à l'aide d'une clé détenue par une personne désignée.

La séquence de test doit être répétée pour chaque test à réaliser. Comme expliqué précédemment, les types de contaminations à tester (et le nombre de tests à effectuer) dépendent de divers facteurs. En fin de compte, les types de contaminants à tester, et le nombre de tests à effectuer, dépendent des risques que l'entreprise est prête à prendre.

## 12.8.2 Test des convoyeurs avec des produits en vrac

Des précautions doivent être prises afin d'éviter tout risque de perte d'échantillons test en cas de non-détection ou de non-rejet, et ce notamment si le produit est acheminé directement vers une autre machine de traitement après le système de détection des métaux.

Les échantillons test spécifiés doivent être placés à égale distance dans le flux de produits, au centre du tapis. La séquence de test doit être répétée pour chaque test à réaliser.

## 12.8.3 Test des réglages

Certaines normes et certains codes de conduite liés au détaillant exigent que ce type de test soit réalisé. Le test des réglages comprend 3 paquets contaminés et 2 paquets test non contaminés, tel qu'illustré au bas des deux images du schéma 12.3. En théorie, les 3 paquets contaminés sont rejetés et les 2 paquets non contaminés sont acceptés. Toutefois, dans la plupart des cas, du fait de la vitesse de la chaîne et de la proximité des paquets, le détecteur ne peut pas faire la différence entre des paquets consécutifs contaminés et non contaminés. De plus, si la détection d'amplitude est opérationnelle, les paquets non contaminés sont rejetés. Dans ce cas, le propriétaire du code peut exiger un rapport écrit de la part du fabricant de l'équipement, qui indique que celui-ci fonctionne comme prévu.

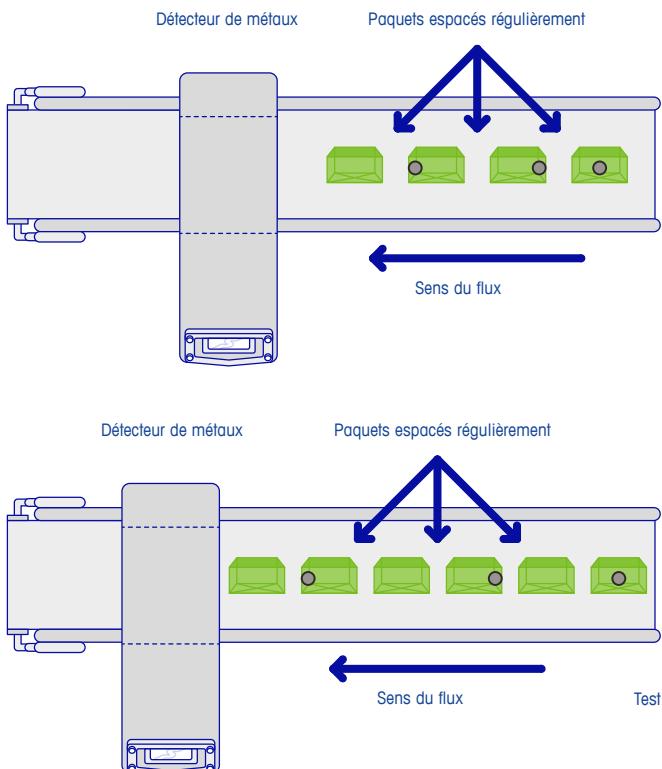


Schéma 12.3

## 12.8.4 Test des applications d'emballage verticales (chute libre)

Dans l'idéal, les échantillons test doivent être placés indépendamment les uns des autres dans le flux de produits et le système de rejet doit être surveillé pour vérifier s'il récupère ou retire correctement la contamination.

Il est important de vérifier si le type d'échantillon test spécifié peut être récupéré s'il n'est pas détecté ou rejeté correctement. Dans ce cas, l'échantillon test spécifié peut être introduit dans le flux de produits pour vérifier le bon fonctionnement du dispositif de rejet, par exemple :

- paquet double réalisé ;
- alarme sonore et/ou visuelle activée ;
- arrêt de la chaîne.

Si cette procédure de vérification n'est pas possible, le système doit être testé en insérant un échantillon test aussi près que possible du centre de l'ouverture. Puis la réponse du détecteur de métaux et du système de rejet doit être observée.

Dans ce dernier cas, il convient de connaître le gradient de sensibilité du détecteur de métaux et d'en tenir compte, parce que le test est effectué sur une partie plus sensible du détecteur que la partie contenant le produit (la pire sensibilité se situe au centre de l'ouverture).

Le test doit être répété le nombre de fois spécifié et avec chaque type de contaminant métallique.

## 12.8.5 Tests des applications avec canalisations (liquides, bouillies et pâtes)

Dans l'idéal, les échantillons test doivent être placés indépendamment les uns des autres dans le flux de produits et le système de rejet doit parvenir à dévier l'échantillon test vers la zone de rejet.

Si l'équipement est correctement placé, un accès doit avoir été prévu pour introduire l'échantillon, ainsi qu'un dispositif pour le récupérer si celui-ci n'est pas rejeté. Si tel est le cas, l'échantillon test spécifié doit être placé dans le flux de produits ; il faut également confirmer que l'échantillon test est bien dévié vers la zone de rejet (schéma 12.4).

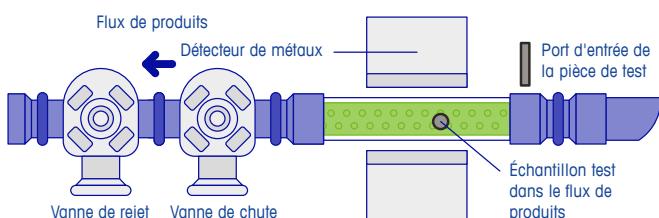


Schéma 12.4

Dans le cas contraire, le système doit être testé en introduisant une tige de test entre la canalisation et l'ouverture du détecteur. La tige de test doit se situer le plus près possible du centre de l'ouverture. Dans le même temps, la réponse du détecteur de métaux et du système de rejet doit être observée (schéma 12.5). Le test doit être répété le nombre de fois spécifié, pour chaque type de contaminant métallique.

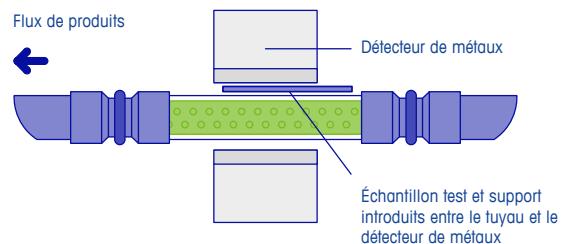


Schéma 12.5

## 12.8.6 Test des systèmes d'inspection en chute libre (poudres et produits granulaires en vrac)

Dans l'idéal, les échantillons test doivent être placés indépendamment les uns des autres dans le flux de produits, à l'endroit où le produit commence à tomber, et le système de rejet doit être observé pour voir s'il parvient à dévier l'échantillon test vers la zone de rejet.

Si l'équipement est correctement placé, un accès doit permettre d'introduire l'échantillon et des grilles de sécurité doivent se trouver après le dispositif de rejet. L'objectif de l'accès et des grilles de sécurité vise à afin de récupérer l'échantillon test si celui-ci n'est pas décelé par le détecteur ou s'il n'est pas correctement rejeté par le dispositif de rejet.

Si les dispositifs ci-dessus ont été inclus, l'échantillon test spécifié peut être inséré dans le flux de produits. Une fois l'échantillon test inséré, il est possible de vérifier qu'il est bien dévié vers la zone de rejet. Une fois le test terminé, les grilles de sécurité doivent être retirés afin de ne pas perturber le flux de produits.

Si aucun accès n'est prévu, il convient d'en créer un au-dessus du détecteur de métaux afin d'offrir un point d'accès pour l'introduction de l'échantillon test.

L'emplacement du point d'accès doit être aussi proche que possible de la position où le produit commence à tomber, afin de garantir que l'échantillon test aura la même vitesse que le produit.

Si l'échantillon test n'est pas rejeté, une méthode permettant sa récupération sera également nécessaire.

Le test doit être répété le nombre de fois spécifié et avec chaque type de contaminant métallique.

Grâce aux dernières évolutions, les systèmes à chute libre peuvent désormais inclure un système de test automatique qui permet d'effectuer régulièrement des tests de surveillance des performances sans interrompre la production. Tout cela est possible grâce à l'utilisation d'un système intégré qui fait circuler et récupère un échantillon test par le biais de l'ouverture.

## 12.9 Rejet du produit pendant un test normal

Si les conditions sont bonnes et si la pièce de test a été récupérée, le produit rejeté lors des procédures normales de tests peut être à nouveau inséré dans le flux de produits.

Ce produit doit être placé sur la partie de la chaîne de production située avant le système de détection des métaux, pour qu'il puisse être de nouveau inspecté par le détecteur de métaux.

Une fois placé sur la chaîne de production, le produit rejeté lors des procédures normales de tests doit être considéré comme un produit standard à inspecter normalement.

## 12.10 Test des systèmes à sécurité intégrée/systèmes de convoyeur

Une méthode de test doit être prévue pour chaque système à sécurité intégré associé au système de détection des métaux.

Voici des exemples de systèmes à sécurité intégrée courants qui peuvent être ajoutés au système de détection des métaux (voir le schéma 12.6). Ces systèmes à sécurité intégrée peuvent également être inclus dans des méthodes de tests associées.

### Dispositifs de soufflage d'air ou bras pousseur avec confirmation des rejets

Le test doit être effectué en faisant passer un paquet test dans la chaîne, en coupant temporairement l'alimentation de l'électrovanne du dispositif de rejet. Il doit en résulter que le système de rejet ne fonctionne pas, entraînant alors l'arrêt de la bande de convoyeur.

Lors de la configuration initiale de ce test, il est important de repérer la position où s'arrête le paquet test. En effet, si le paquet ne s'arrête pas sur le tapis du système de détection des métaux, le convoyeur en aval doit être relié au circuit d'arrêt du système de confirmation des rejets.

Cette procédure a pour objectif de garantir qu'un paquet contaminé par du métal peut facilement être récupéré pour vérification après qu'une défaillance du système en cours de production a entraîné un arrêt du tapis.

### Indicateur signalant que le bac de rejet est plein

Pour vérifier si cet indicateur fonctionne, il suffit de recouvrir le faisceau pendant un moment et d'observer si le tapis s'arrête.

### Technologie de surveillance des conditions

Celle-ci fournit un avertissement en amont si des tendances défavorables sont susceptibles d'entraîner un risque de temps d'arrêt.

### Accès opérateur à haute sécurité et consignation des événements

L'accès à toutes les commandes du système de détection des métaux est protégé par un mot de passe, via un système de connexion hautement sécurisé, à double niveau, par nom d'utilisateur et mot de passe individuel. Les données capturées et affichées sur l'écran comprennent la date, l'heure et le nom de la connexion individuelle.

### Contrôle de l'état de la porte du bac de rejet

Cette fonctionnalité assure que les fonctions « Verrouiller » et « Déverrouiller » sont contrôlées au travers de l'interface opérateur du détecteur de métaux via un système de connexion protégé par mot de passe.

### Capteur d'entrée des paquets

Il s'agit d'un élément essentiel pour un fonctionnement et une temporisation optimaux du dispositif de rejet. Il garantit que les bons paquets contaminés sont éliminés de la chaîne de production quelque soit la taille et la position du contaminant en question.

### Interrupteur de réinitialisation à clé

Tous les systèmes à sécurité intégrée qui entraînent l'arrêt du convoyeur doivent être connectés à un interrupteur de réinitialisation à clé, lui-même connecté au bouton de redémarrage. Seuls les détenteurs autorisés de la clé doivent pouvoir redémarrer le système une fois les défaillances identifiées puis corrigées.

### Mécanisme de rejet automatique des paquets contaminés

Un choix de systèmes de rejet est disponible en fonction de la cadence de la chaîne, de la vitesse des paquets, de leur poids, de leurs dimensions et de la nature du matériau d'emballage. Les dispositifs de rejet sont normalement des dispositifs pneumatiques et ils sont contrôlés via une entrée du détecteur de métaux et du capteur d'entrée des paquets.

### Capteur de confirmation des rejets

Certaines conditions de défaut du système de détection des métaux peuvent permettre aux produits contaminés par les métaux de passer au travers du système sans être rejetés. Pour réduire ce risque, un système de confirmation de rejet doit être utilisé.

### Capteur de confirmation de rejet

L'ajout d'un capteur de confirmation de rejet permet une surveillance en temps réel du capteur d'entrée des paquets. À son tour, le capteur d'entrée des paquets contrôle les performances du capteur de confirmation de rejet. Par conséquent, les capteurs se contrôlent mutuellement de manière constante. Si une défaillance de l'un des deux capteurs se produit, l'alarme du système se déclenche en l'espace de 3 paquets, ce qui permet d'effectuer la mesure corrective nécessaire.

### Bac de rejet avec capteur verrouillé au bac

Les systèmes de détection des métaux comportant un système de rejet automatique doivent inclure un bac de rejet verrouillable. Dans certains scénarios, le bac de rejet peut avoir été laissé déverrouillé par inadvertance, les produits contaminés risquant ainsi d'être pris dans le bac et remis sur la chaîne de production après le détecteur de métaux.

(Consultez le chapitre 17 pour une description plus détaillée des fonctions à sécurité intégrée.)

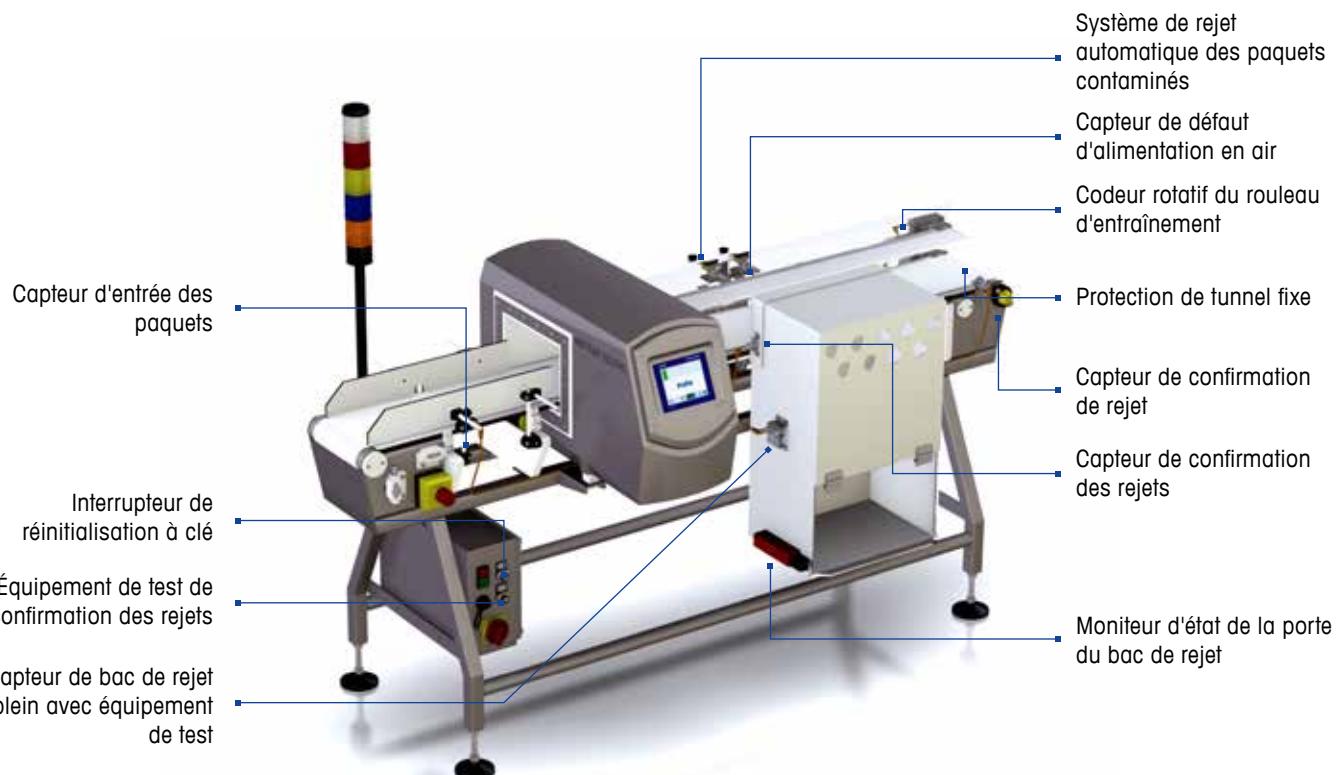


Schéma 12.6

## 12.11 Procédures régulières de surveillance et de vérification des performances

Un système de détection des métaux doté des procédures régulières et intégrées de surveillance et de vérification des performances peut faciliter la réalisation et la consignation des procédures de test. Des tests peuvent ainsi être demandés automatiquement à une fréquence prédéfinie.

Il suffit à l'opérateur agréé d'entrer un numéro d'accès personnel dans le détecteur pour réaliser un test avec les échantillons appropriés. Si l'équipement n'est pas testé à la fréquence prédéfinie, plusieurs issues différentes peuvent se profiler.

Il est possible d'imprimer des documents prouvant la réalisation du test sur une imprimante locale ; il est également possible de les télécharger vers un ordinateur central si le détecteur est relié à un réseau.

## 12.12 Résultats des tests

Tous les résultats des tests, y compris les tests des dispositifs à sécurité intégrée, doivent être consignés pour prouver que toutes les exigences de la procédure de surveillance des tests ont été respectées. Ces rapports doivent notamment indiquer :

- La référence unique du détecteur de métaux (ex.: numéro de série, nombre de points de contrôle critiques)
- Le produit en cours de fabrication
- La date et l'heure du test
- Les échantillons de test utilisés
- Le nom de la personne qui a réalisé le test
- Les résultats du test du détecteur et du dispositif de rejet
- Les résultats du test des systèmes à sécurité intégrée

- Le détail des défauts et les mesures correctives prises (le cas échéant)
- les références de la chaîne de production.

Si une partie ou l'ensemble du test de vérification échoue, il convient d'en identifier immédiatement la cause et de résoudre le problème avant de relancer la production.

Tous les produits fabriqués depuis le dernier test réussi doivent être considérés comme suspects et traités en conséquence (voir le chapitre 13). Le détail des défauts et les mesures correctives consécutives doivent figurer dans la fiche d'enregistrement du test.

La consignation précise des résultats des tests est primordiale : en cas de réclamation d'un client ou d'audit, un fabricant doit pouvoir utiliser ces informations pour prouver que les procédures ont été correctement appliquées et que les systèmes de détection des métaux fonctionnaient correctement et conformément au niveau de sensibilité spécifié. (Pour consulter un exemple de fiche d'enregistrement type ou de fiche d'enregistrement numérique et USB, voir les schémas 12.7, 12.8 et 12.9). Traditionnellement, tous les rapports de tests étaient consignés manuellement, mais des solutions/systèmes modernes proposent d'autres méthodes de collecte des données (voir le chapitre 15 pour plus d'informations).

## **Fiche d'enregistrement pour la surveillance manuelle des systèmes de détection des métaux**

Schéma 12.7 : exemple d'une fiche d'enregistrement de surveillance type à remplir manuellement.

DÉBUT DU CONTRÔLE DES PERFORMANCES	
Date	: 03/08/2008
Heure	: 09:11:17
ID de la chaîne	: 0002
Nom de l'utilisateur du compte	: JEAN MARTIN - AQ
RÉGLAGES COURANTS	
Nom	: 500 g de mozzarella
Sensibilité	: 896/653
Phase	: 0,71
Rejet activé	: 300 ms
Temps Retard	: 450 ms
RÉSULTAT DES TESTS	
Matériaux	: FERREUX
Dimension	: 1.0 mm
Détection	: OUI
Intensité du signal (déclenchement en %)	: 231
Relais d'éjection	: OUI
Résultat	: TEST RÉUSSI
Matériaux	: ACIER INOX



**Schéma 12.9 : exemple d'une fiche de gestion des données type remplie numériquement par un logiciel ERP comme ProdX.**

### Schéma 12.8 : exemple d'une fiche d'enregistrement de données type remplie yig l'USB

## Remarques

# Traitement des produits suspects et rejetés

Si un détecteur de métaux échoue à un test planifié, les produits inspectés par ce système depuis le dernier test doivent être considérés comme suspects. De même, les produits rejetés par le détecteur de métaux lors d'opérations de contrôle habituelles doivent être traités comme des produits contaminés jusqu'à ce que la preuve de leur non-contamination soit apportée. Dans les deux cas, un processus clairement défini est requis pour répondre aux exigences de sécurité, du point d'identification jusqu'à l'origine de la contamination, pour parvenir à une résolution finale.

## 13

### Traitement des produits suspects et rejetés

- 13.1** Plus qu'un détecteur de métaux
- 13.2** Produits validés et rejetés
- 13.3** Mesures à prendre en cas d'échec à un test planifié
- 13.4** Traitement des produits rejetés
- 13.5** Mesures correctives et préventives
- 13.6** Défaillance du détecteur de métaux

Ce chapitre vise à fournir des conseils pratiques pour le traitement de produits spécifiquement rejetés par les systèmes de détection des métaux. Les aspects plus généraux du traitement des produits rejetés (identification et traçabilité, destruction des produits, rappel de produits, etc.) ne sont intentionnellement pas abordés.

#### **13.1 Plus qu'un simple détecteur de métaux**

Bien que l'installation d'un système de détection des métaux puisse réduire les risques, la possibilité qu'une contamination métallique arrive jusqu'au consommateur final est encore trop élevée dans certains cas. Recherchez des points de défaillance du système et des procédures plutôt que des défaillances du détecteur de métaux comme cause principale. La mise en œuvre renforcée des procédures appropriées détaillées au chapitre 17 permet d'élèver le niveau de contrôle et de gestion du système d'inspection. Ainsi, le point de contrôle critique (CCP) offre non seulement une détection des métaux hautes performances, mais également un niveau supérieur de la fonctionnalité à sécurité intégrée, qui améliore les capacités et les performances du système dans son ensemble.

## 13.2 Autorisation et rejets

L'accès aux produits rejetés est réservé aux membres du personnel qualifiés et autorisés. Seules ces personnes peuvent entreprendre des vérifications et effectuer des évaluations sur ces produits. De plus, des contrôles appropriés doivent être mis en place afin d'éviter tout risque de mélange entre produits rejetés et produits non défectueux. Pour conserver ce niveau de contrôle pendant la production, certaines fonctions supplémentaires doivent faire partie intégrante du système global de détection des métaux sur convoyeur.

- **Contrôle de l'accès de la porte du bac de rejet.** Cela permet de garantir que les fonctions « Verrouiller » et « Déverrouiller » sont contrôlées par le biais de l'interface opérateur du détecteur de métaux, via un système de connexion protégé par un mot de passe. Ce système est préférable à un système d'accès par clé, qui peut faire l'objet d'abus ou d'un manque de contrôle.
- **Moniteur d'état de la porte du bac de rejet.** Les systèmes de détection des métaux comportant un système de rejet automatique doivent inclure un bac de rejet verrouillable. Dans certains scénarios, le bac de rejet peut avoir été laissé déverrouillé par inadvertance, les produits contaminés risquant ainsi d'être pris dans le bac et remis sur la chaîne de production après le détecteur de métaux. Les détecteurs de métaux avancés doivent disposer d'une fonctionnalité de verrouillage du bac, qui permet d'accéder au bac de rejet pendant un laps de temps prédéfini uniquement. Si le bac est laissé déverrouillé et que le temps d'ouverture prédéfini est dépassé, le signal généré fait retentir une alarme et arrête le convoyeur.
- **Capteur de confirmation des rejets.** Certaines conditions de défaut du système de détection des métaux peuvent permettre aux produits contaminés par les métaux de passer au travers du système sans être rejetés. Pour réduire ce risque, un système de confirmation des rejets doit être utilisé. Il prend la forme d'un capteur situé dans ou en face de l'entrée du bac de rejet. Lorsqu'un métal est détecté, le système peut être configuré pour que le capteur de confirmation des rejets envoie un signal supplémentaire indiquant que le paquet ou un certain nombre de paquets a été rejeté. En cas d'absence de confirmation, l'alarme du système se déclenche et le convoyeur est arrêté.
- **Capteur de confirmation de rejet.** L'ajout d'un capteur de confirmation de rejet permet une surveillance en temps réel du capteur d'entrée des paquets. À son tour, le capteur d'entrée des paquets contrôle les performances du capteur de confirmation de rejet. Par conséquent, les capteurs se contrôlent mutuellement de manière constante. Si une défaillance de l'un des deux capteurs se produit, l'alarme du système se déclenche, ce qui permet d'effectuer la mesure corrective nécessaire. Le bon fonctionnement de ces capteurs permet d'éviter l'échec du rejet. Le capteur de confirmation de rejet agit également comme une vérification de secours par rapport aux performances du système de confirmation des rejets principal.

## 13.3 Mesures à prendre en cas d'échec d'un test planifié

Si un système de détection des métaux ne parvient pas à détecter ou à rejeter un échantillon test lors d'un test planifié périodique, la production doit être arrêtée.

Le produit fabriqué depuis le dernier test réussi doit être considéré comme suspect. Il doit alors être identifié et isolé du reste du processus de production, en attendant d'être examiné de nouveau.

Il est impératif d'identifier la cause de l'échec du test et :

- S'il s'avère que cet échec est dû à des vibrations ou à une modification des conditions de production, il convient de mettre en place des procédures pour éviter qu'un tel problème ne se reproduise. Lorsqu'il est possible de régler le détecteur de métaux pour qu'il retrouve son fonctionnement normal, il convient de procéder ainsi et de le noter dans la fiche d'enregistrement du test.
- En revanche, s'il s'apparaît qu'une erreur du système est à l'origine de l'échec, il est essentiel de réparer le détecteur avant de relancer la production.

Dans chacun des cas ci-dessus, le système de détection des métaux doit passer un nouveau test avant que la production ne puisse reprendre.

Le produit suspect doit être inspecté de nouveau à l'aide d'un système de détection des métaux fiable. Celui-ci doit afficher le même niveau de sensibilité que le système de détection des métaux utilisé sur la chaîne de production. Le produit conditionné doit passer un par un dans le système de détection des métaux, avec la même orientation.

Le produit ayant réussi le nouveau contrôle peut être considéré comme acceptable, contrairement aux produits rejetés par le nouveau contrôle, qui seront traités comme des éléments contaminés et soumis à une vérification plus poussée.

Pour les produits surgelés ou ayant subi un changement de température, les conditions initiales du contrôle ne pourront pas toujours être reproduites. Dans ce cas, il est important d'établir des procédures définissant de quelle manière ces produits pourront être contrôlés et vérifiés (état de congélation à maintenir, par exemple).

## 13.4 Traitement des produits rejetés

Tout produit rejeté au cours du processus de production normal doit être considéré comme contaminé et donc soumis à une vérification.

L'évaluation du produit rejeté doit avoir lieu dès que possible. Dans l'idéal, cette évaluation doit se dérouler dans l'heure qui suit le rejet, mais impérativement pendant la séquence de production, avant que le lot de produits ne quitte le site. L'idéal est de procéder à une vérification dès que le rejet se produit.

L'identification de la contamination par simple inspection visuelle a peu de chances d'aboutir. La meilleure méthode de recherche de contaminants consiste à utiliser le système de détection des métaux qui a rejeté le produit. Si ce n'est pas possible, on convient d'avoir recours à un système de détection des métaux hors ligne ayant une sensibilité identique ou supérieure.

Les produits conditionnés doivent passer un par un dans le système de détection des métaux, orientés de la même manière que lors du premier contrôle. Ils doivent ensuite passer à nouveau dans le détecteur à trois reprises, avec des orientations différentes, afin de garantir que le contrôle est aussi complet que possible.

La meilleure pratique implique la destruction de tout produit rejeté par un système de détection des métaux après la deuxième phase de contrôle, qu'il ait été rejeté de nouveau ou non.

Toutefois, sur le plan économique, cette méthode est difficilement viable, notamment si le producteur fait face à un grand nombre de produits rejetés par erreur. Dans ce cas, le producteur doit s'engager à prendre toutes les mesures nécessaires pour garantir que sa production est conforme au niveau de sensibilité spécifié, ou des solutions de détection des métaux plus avancées, moins sujettes aux rejets par erreur, doivent être recherchées.

Pour un produit rejeté à quelque moment du contrôle que ce soit, il est essentiel d'identifier l'origine de la contamination.

Les matériaux d'emballage doivent être retirés ; seul le produit rejeté doit être de nouveau soumis à un contrôle par le système de détection des métaux. Si le produit est encore rejeté et si l'origine de la contamination n'est pas déterminée, il faut découper le produit en petites parties jusqu'à ce que la contamination soit identifiée.

Une fois le contaminant extrait, le produit restant doit être de nouveau testé afin de s'assurer que tout risque de contamination est écarté.

La recherche et l'identification de chaque élément de contamination métallique dans le produit rejeté sont primordiales car :

- Si l'origine est identifiée, des mesures peuvent être prises pour éviter que le problème ne se reproduise, par exemple en faisant appel à des fournisseurs d'ingrédients bruts.
- Une identification correcte de la contamination peut permettre d'anticiper le dysfonctionnement d'une pièce de la machine.
- En constatant ces résultats, les opérateurs de la chaîne savent qu'ils peuvent se fier au système de détection des métaux.

## 13.5 Mesures correctives et préventives

Des procédures sont indispensables pour définir clairement les mesures correctives et préventives à envisager dès lors qu'une contamination métallique est confirmée. Des procédures doivent également préciser à qui il incombe de déterminer la raison de la contamination, mais également de maintenir à l'écart les produits ou de décider de leur destruction.

Si la contamination métallique est confirmée, une analyse immédiate des risques doit être effectuée pour en déterminer l'origine ; cette analyse doit également évaluer la possibilité d'une contamination d'autres produits.

Toute contamination détectée doit être montrée au personnel de la chaîne ; cela permettra de démontrer l'efficacité du système de détection des métaux. Les contaminants doivent ensuite être conservés et stockés pour référence.

La localisation et la conservation des contaminants présentent un autre avantage : si un produit présente des éclats de lame ou d'écran, il est alors possible de rassembler les éléments détectés et de reconstituer le composant de façon à vérifier que tous les fragments ont été retrouvés.

Des procédures doivent définir clairement dans quelles circonstances la production doit être interrompue. Cette décision doit se fonder sur les éléments suivants :

- la fréquence des contaminations ;
- la nature du danger ;
- le type de métal ;
- la taille du contaminant.

L'exemple du tableau 13a décrit les exigences d'un grand détaillant :

### La production doit être arrêtée dans les circonstances suivantes :

Si la présence de plus d'un contaminant métallique est détectée sur une chaîne de production en moins de 24 heures.

Si la présence de plusieurs contaminants métalliques de même type est détectée au sein d'une usine en moins de 24 heures.

Tableau 13a

Les détecteurs de métaux très récents peuvent être programmés pour effectuer automatiquement ces actions.

Les résultats des recherches doivent être consignés pour référence ultérieure et analyse. Ces résultats doivent comporter les éléments suivants :

- détails de la contamination détectée ;
- origine de la contamination ;
- actions entreprises pour éviter toute contamination à l'avenir.

## 13.6 Défaut du Système de détection des métaux

Parfois, l'activation d'un défaut lors d'un processus de production normal entraîne une situation d'arrêt de la production. Dans ce cas, il est nécessaire de prendre les mesures correctives nécessaires et de tester à nouveau le système.

Une fois le défaut corrigé et le système de nouveau testé, tous les produits présents dans le flux du processus interrompu doivent être rassemblés pour repasser par le système de détection des métaux. Cela inclut tous les systèmes un aval (le cas échéant).

## Remarques

# Analyse de données et amélioration du programme

La réussite du programme de détection des métaux repose sur une collecte de données et une analyse de tendances efficaces. Grâce à ces informations, il est possible de construire un programme de détection des métaux performant et d'évaluer les économies réalisées ou les bénéfices dégagés.

## 14

## Analyse des données et amélioration du programme

- 14.1 Analyse des données
- 14.2 Coût des rejets par erreur
- 14.3 Amélioration du programme

Ce chapitre répertorie les ressources types à analyser quant à l'efficacité opérationnelle du programme de détection des métaux ; certains avantages de cette pratique sont également énoncés.

### 14.1 Analyse de données

Les données peuvent être collectées, analysées et exploitées de diverses manières. La méthode la plus efficace pour effectuer cette collecte et cette analyse varie d'une entreprise à l'autre ; elle dépend des besoins et des capacités de chaque structure.

Toutefois, il est important de veiller à l'intégrité des données source, mais il faut également que les conclusions de l'analyse soient claires, pour que l'ensemble de l'entreprise adhère au projet.

Une fois les données analysées et les mesures à prendre établies, ces informations doivent être communiquées aux personnes chargées de fournir les données d'origine ; cela permet d'assurer la continuité du flux de données.

Si l'utilisation des données se révèle insatisfaisante, la structure peut être amenée à s'interroger sur leur valeur, ce qui pourrait induire un attachement réduit et une efficacité limitée pour la collecte et l'enregistrement de données.

À chaque fois que c'est possible, un facteur de coût doit être inclus dans les données collectées pour analyse. Cela permet d'accélérer le processus d'établissement et de hiérarchisation des améliorations à apporter.

## 14.2 Coût des rejets par erreur

Le coût des rejets par erreur ne se limite pas au coût du produit ; il doit également inclure tous les coûts associés pour établir et consigner les motifs de rejet d'un produit. Nombre de nouvelles normes et lois en font une exigence à respecter, le coût de leur prise en charge doit donc être inclus. De ce fait, le système de détection des métaux risque de fonctionner selon une sensibilité réduite, avec davantage de métal non détecté, ce qui, en retour, pourrait induire une augmentation des réclamations des clients. Il est impératif d'utiliser des détecteurs de métaux très récents pour réduire les rejets par erreur.

La présence d'un facteur de coût dans les données d'analyse permet également de justifier les dépenses de capitaux supplémentaires qu'implique la correction des défauts. Par exemple, les réclamations des clients coûtent 6 000 € sur une période donnée, alors que les rejets par erreur coûtent 14 000 € en perte de production sur la même période.

## 14.3 Amélioration du programme

Cette section fournit quelques exemples d'analyses qui peuvent s'avérer précieuses dans le cadre de l'examen et de l'optimisation du programme de détection des métaux. Les mêmes principes peuvent être appliqués à une multitude de sources de données.

### 14.3.1 Réclamations des clients

Toute réclamation d'un client relative à une contamination métallique doit faire l'objet d'une enquête pour en déterminer la cause. À ce titre, les documents portant sur le programme, ainsi que les rapports générés, seront d'une très grande utilité. De plus, ils pourront même servir de preuve pour se défendre en cas de réclamation injustifiée.

L'enquête doit :

- identifier la cause du défaut ;
- identifier toute surveillance inefficace des points de contrôle critiques (CCP) ;
- mettre en évidence tout nouveau point de contrôle critique non identifié ;
- établir si la particule métallique détectée est inférieure au réglage de la sensibilité du système de détection des métaux.

Des mesures correctives et préventives doivent être prises en fonction de ces détections et les futurs programmes de détection des métaux doivent être améliorés en conséquence.

Le nombre de réclamations et leurs causes associées doivent faire l'objet d'un suivi pour s'assurer que des améliorations ont été apportées (schéma 14.1) ; toutes les causes récurrentes sous-jacentes doivent également être identifiées et éliminées. Ces mesures peuvent induire des améliorations par étapes dans la réduction des réclamations, avec le but ultime de les éliminer.

Tendance des réclamations des clients



Schéma 14.1

### 14.3.2 Audits du système de management et de sécurité alimentaire

Généralement pilotés par le service qualité interne d'une entreprise, par des organismes de régulations externes ou par les clients eux-mêmes, ces audits apportent un point de vue indépendant sur l'efficacité du programme de détection des métaux.

Ces informations, qu'il s'agisse d'un avis officiel de non-conformité ou d'une observation concernant une possibilité d'amélioration, sont très utiles. L'analyse des conclusions de ces audits peut confirmer l'efficacité du programme ou identifier les faiblesses auxquelles le système doit remédier.

### 14.3.3 Cas de détection

Les cas de détection concernent des contaminations métalliques réelles ou des rejets par erreur résultant d'interférences à l'intérieur du détecteur de métaux. Ils pourraient être dus à des facteurs comme le bruit électrique. Les rejets par erreur peuvent également être causés par des interférences extérieures provenant de l'installation ou de son environnement, comme une boucle de terre, un empiètement sur la zone sans métal, etc.

Il est important de recueillir régulièrement des informations concernant ces cas de détection et de les convertir dans un tableau de tendances afin d'identifier les causes récurrentes.

En analysant le type de contamination et la fréquence des cas de détection, par chaîne ou par machine, il est possible de déterminer des facteurs de cause particuliers, comme la qualité des fournisseurs pour l'approvisionnement en ingrédients bruts. D'autres facteurs de cause sont possibles, comme :

- l'inefficacité de certains employés ou de certaines méthodes de travail ;
- la mauvaise configuration du détecteur de métaux ;
- une variation excessive du produit ou une variation de la capacité des détecteurs de métaux à l'appréhender ;
- une mauvaise conception du système de détection des métaux ;
- des vibrations ;
- des interférences électriques et atmosphériques ;
- des procédures d'entretien inappropriées (schéma 14.2).

Il convient de distinguer clairement les rejets observés au cours du processus de production normal de ceux survenus lors des tests de routine.

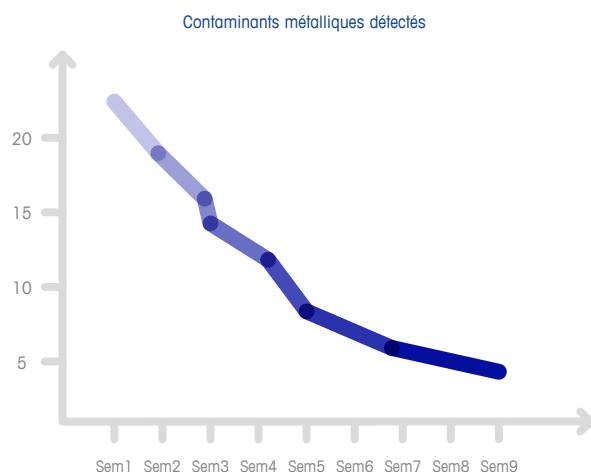


Schéma 14.2

### 14.3.6 Généralités

Il existe de nombreuses autres sources de données pouvant donner lieu à des analyses extrêmement utiles. Il faut évidemment privilégier les domaines affichant un fort potentiel de rentabilité et de réduction des risques.

L'analyse des données du programme identifie des causes similaires qui, étudiées de façon isolée, auraient revêtu une importance moindre. Néanmoins, lorsque ces causes récurrentes sont évaluées en termes de fréquence d'occurrence, elles peuvent devenir une motivation pour prendre les mesures nécessaires afin d'éviter leur occurrence à l'avenir.

### 14.3.4 Tests de surveillance des performances

Les résultats des tests de surveillance des performances doivent être intégrés de manière régulière. Si les tests sont effectués très souvent (toutes les 30 minutes, par exemple) et présentent un taux de réussite optimal sur une longue période, la réduction de leur fréquence peut alors être envisagée. Les paramètres de conception des systèmes de sécurité, de contrôle d'accès, de surveillance des données / de l'utilisation et de marge de détection (voir section 12.6.1) doivent être pris en compte.

D'importants avantages EGE peuvent également découler de la réduction de la fréquence des tests, notamment lorsque l'application comprend un système de rejet avec alarme d'arrêt, comme un détecteur de métaux Throat, ou ces détecteurs de métaux qui rejettent de grands nombres de produits au cours du test, comme les applications à large bande de moulage / d'enrobage du chocolat.

Dans tous les cas, il est indispensable d'accorder une attention particulière au respect des normes externes et des codes de pratique, et de se limiter à des risques connus et acceptables.

L'analyse des rejets par erreur peut permettre d'identifier les installations ou les équipements en mauvais état qui ont perdu leur fiabilité. Ce type d'analyse peut également repérer les systèmes qui ne sont plus adaptés aux normes de sensibilité en vigueur. Elle peut également servir à justifier la mise en place d'un système de détection des métaux plus moderne et plus performant.

### 14.3.5 Rapports de maintenance

Si l'analyse des rapports de maintenance préventive et de réparation montre qu'une pièce n'est que rarement concernée par des travaux de maintenance, il est possible de réduire la fréquence des vérifications de maintenance, tant que cette initiative n'est pas contraire aux recommandations des fabricants et n'ignore pas l'évaluation des risques. À l'inverse, si l'analyse fait apparaître des réparations répétées, il faut augmenter la fréquence des tests.

## Remarques

# Données, connectivité et amélioration des performances

La collecte de données (pour la traçabilité et validation des performances), la conformité réglementaire et la mise en œuvre effective de toutes les précautions appropriées sont des conditions essentielles dans les entreprises modernes.

Toutefois, la collecte efficace de données à partir de vos processus de production peut constituer un véritable défi. Les détecteurs de métaux perfectionnés peuvent exploiter plusieurs méthodes de collecte de données pour s'assurer que les informations collectées permettent de répondre aux exigences changeantes des entreprises ou de ses clients.

## 15

## Données, connectivité et amélioration des performances

- 15.1 Comprendre l'intérêt de la connectivité
- 15.2 Supports de connectivité
- 15.3 Systèmes SCADA
- 15.4 Technologie OPC
- 15.5 Logiciels de gestion de données
- 15.6 Productivité accrue
- 15.7 Langage PackML et calculs EGE

Comme les simples imprimantes portables à brancher sont quelque peu dépassées désormais, les méthodes de collecte des données par USB constituent aujourd'hui la norme minimale pour les solutions électroniques les plus avancées également disponibles, dans le but de satisfaire vos exigences. Dans un milieu où rien n'est laissé au hasard, les fabricants doivent pouvoir accéder en temps réel aux données de production depuis les machines et auprès des opérateurs au niveau de l'atelier. Ces données prennent alors une valeur inestimable lorsqu'elles sont mises à disposition grâce aux systèmes de management dans toute l'entreprise, auprès des services à distance et sur les différents sites de production. Comme ces informations sont très largement accessibles, toutes les personnes impliquées dans le fonctionnement quotidien d'une organisation ne sont qu'à un clic des données essentielles susceptibles d'assurer la réussite de leur mission.

### 15.1 Intérêt de la connectivité

Grâce à la collecte des données, votre entreprise est en mesure de satisfaire les exigences de l'analyse des risques et des points de contrôles critiques (HACCP) et de répondre aux nécessités plus vastes imposées par les normes et réglementations GFSI externes dans le domaine de la sécurité alimentaire (telles qu'évoquées au Chapitre 8).

Lors de l'installation de systèmes de management d'usine, l'intégration d'un équipement de détection des métaux peut induire de nombreux avantages. Avec un système de management d'usine intelligemment conçu, les fonctions suivantes sont disponibles :

- **Gestion à distance**

- Par exemple, modification des informations de produits, redéfinition des compteurs, etc.

- **Surveillance à distance**

- Surveillance des opérations de traitement (données de rejet, tests de performance, comptage de paquets, etc.)
- Surveillance des conditions de fonctionnement, des erreurs et des avertissements
- Communication des alertes et des avertissements
- Exportation des alertes et des avertissements vers d'autres périphériques (messagerie électronique, bippeur, assistants numériques personnels, etc.)

## • Collecte et enregistrement des données

- Enregistrement des données de performance, des procédures de test, etc.
- Données assurant la traçabilité des produits
- Éléments attestant de la conformité et du respect des normes industrielles

## 15.2 Supports de connectivité

Les données provenant des systèmes de détection des métaux peuvent être capturées et stockées par de nombreuses technologies différentes, mais les deux méthodes les plus populaires sont décrites ci-après.

### 15.2.1 Communications série

Cette méthode traditionnelle consiste à relier un câble de données à un port série (RS232 ou RS422) et à transmettre les données à l'ordinateur ou à un autre périphérique de stockage par l'intermédiaire du câble (schéma 15.1). Cette méthode de collecte des données dotée d'un niveau d'entrée très basique est une option relativement simple à mettre en œuvre, mais la collecte des données réelles implique des personnes en soutien du processus, ce qui peut induire des coûts supplémentaires et poser des problèmes en termes de sécurité.

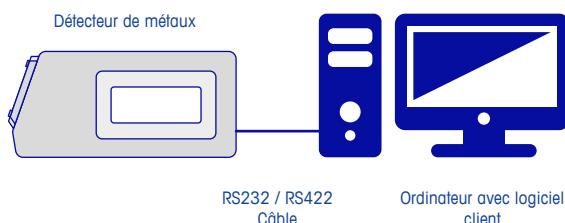


Schéma 15.1

### 15.2.2 Communications Ethernet

Les sites de fabrication modernes disposent généralement de réseaux Ethernet pour le transfert et l'échange de données concernant le traitement et la fabrication. Les systèmes de détection des métaux peuvent être connectés à ces réseaux au moyen d'un module d'interface Fieldbus (FIM) installé avec la solution de détection des métaux. Il est alors possible de se connecter à de nombreux périphériques dotés de protocoles standard du secteur (EtherNet IP, Modbus TCP et Profinet IO), tels que des automates programmables (PLC) et des systèmes d'exécution de la production (MES). Les données de détection des métaux peuvent ensuite être consultées sur des ordinateurs en réseau ou d'autres périphériques sécurisés (schéma 15.2) situés n'importe où dans l'usine ou l'entreprise.

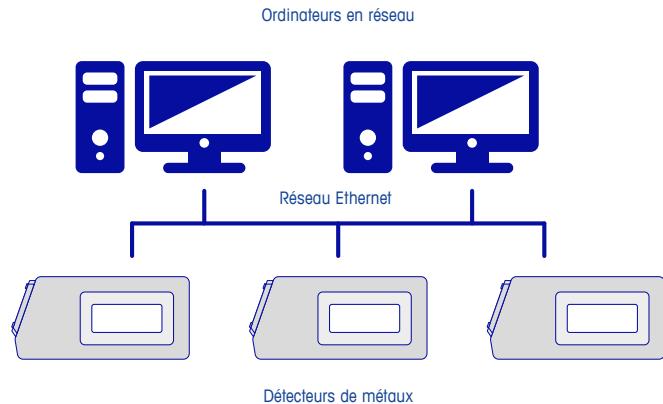


Schéma 15.2

## 15.3 Systèmes SCADA

Les systèmes de management d'usine SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, système d'acquisition et de contrôle de données) sont de plus en plus utilisés sur les sites de fabrication. Ces systèmes avancés et hautement personnalisables servent à fournir des données à partir de processus multiples sur une interface unique, soit par communication directe avec chaque partie des équipements, soit par communication avec la technologie OPC.

## 15.4 Technologie OPC

Dans la plupart des usines de fabrication, il est souvent préférable de collecter les données à partir de multiples processus et applications, puis de consulter ces données sur le même écran d'ordinateur ou la même interface. Toutefois, cette demande peut susciter des difficultés, étant donné que les différents équipements de traitement sont susceptibles de communiquer en utilisant des langages différents.

La norme OPC DA (et plus récemment UA) connaît un développement extrêmement rapide dans le domaine de l'échange de données de contrôle des processus.

L'introduction de la technologie de serveurs OPC DA (et UA) permet de distiller, en un seul langage uniforme et commun, des communications provenant de multiples équipements de traitement et d'emballage dotés de formats logiciels différents. Ces données peuvent être transférées vers de nombreux systèmes SCADA et autres solutions logicielles de management d'usine, afin d'offrir une visibilité totale sur les informations d'exploitation. Les systèmes de détection des métaux avancés peuvent être équipés d'une connectivité Ethernet, pour les intégrer aux réseaux de données de communication d'usine\*, offrant ainsi une collecte exhaustive des informations de procédés critiques.

La technologie OPC présente les avantages suivants pour votre entreprise :

- compatibilité avec les systèmes SCADA, ERP et MES ;
- simplification du système de communication ;
- utilisation d'une technologie unique avec de nombreux processus de production ;
- engagement d'une solution standard et fiable ;
- dépendance moindre aux solutions multiconstructeurs ;
- solution rentable (intégration au système, prise en charge et formation).

\* Cela suppose que l'application adéquate est également installée sur l'ordinateur/serveur OPC DA (ou UA) hôte.

## 15.5 Logiciel de gestion des données

Sur les sites de fabrication dont les infrastructures de connectivité ne permettent que le déploiement d'une solution logicielle préconçue, les entreprises peuvent quand même bénéficier d'une amélioration des niveaux de collecte des données et de traçabilité.

Des logiciels propriétaires comme les solutions ProdX et FreeWeigh.Net peuvent être facilement déployés dans une infrastructure informatique standard ; ils sont conçus pour permettre la surveillance et la création de rapports en temps réel sur tous les équipements d'inspection de produits auxquels ils sont connectés. Ce type de logiciels prend en charge les éléments suivants :

- **Collecte et stockage des données de qualité et des rapports de visibilité des processus** émis par vos systèmes d'inspection. Les données peuvent être analysées et présentées à l'aide de divers modèles de rapports afin de répondre aux besoins de conformité. Les informations peuvent également être exportées au format CSV ou XML afin de les analyser dans d'autres systèmes externes de gestion de données.
- **Collecte de données des procédures de vérification des performances (PVR)** pour répondre aux exigences de conformité. Désormais, la collecte manuelle de ces données issues des points CCP fait partie du passé. Ce type de logiciels peut collecter et regrouper les données des procédures de vérification des performances, et fournir les enregistrements attestant que toutes les mesures requises ont été mises en œuvre.
- **Surveillance des rejets en temps réel.** Au sein de ces logiciels, des écrans spécifiques de surveillance vous permettent de suivre tous les produits qui ont été rejettés de chaque dispositif, chaîne de production, zone ou site. La comptabilisation précise de tous les produits non conformes est primordiale pour garantir la qualité requise.
- **La sécurité du système et la gestion des utilisateurs** sont des ingrédients essentiels pour garantir un système sûr et fiable. Ces systèmes disposent souvent d'une méthode pratique et flexible d'administration des utilisateurs. Il est également possible d'utiliser la fonction Windows Active Directory et de confier l'administration des utilisateurs au service informatique.
- **Modification ou ajustement des réglages d'équipements d'inspection de produits à distance.** Les réglages d'équipements peuvent être enregistrés pour utilisation future. Les délais de réglage sont ainsi considérablement réduits. Il est également possible de définir des réglages sur un dispositif d'inspection, puis de les affecter à un autre pour réduire encore davantage les délais de configuration.
- **Avertissement précoce des problèmes menaçant votre chaîne de production.** Le logiciel doit surveiller l'état de chaque équipement d'inspection de produits et afficher les données via des icônes de couleur faciles à interpréter. Les avertissements précoce permettent de déclencher des actions correctives afin d'éviter des temps d'arrêt coûteux.
- **Surveillance des événements en cours pour améliorer la productivité.** Garder une longueur d'avance sur vos processus d'inspection en surveillant les activités, les avertissements et les alarmes qui se produisent sur chaque équipement permet d'optimiser la disponibilité de manière proactive.

Les systèmes de détection des métaux avancés compatibles avec des logiciels de contrôle statistique de la qualité (SQC) tels que ceux mentionnés plus haut peuvent prendre encore plus de valeur dans un environnement agroalimentaire ou pharmaceutique.

Les puissants programmes logiciels de contrôle statistique de la qualité peuvent générer des rapports sur tous les aspects du contrôle qualité de l'emballage et du remplissage, ils peuvent permettre de limiter les temps d'arrêt et ils peuvent faire partie d'un cadre d'amélioration continue des processus.

## 15.6 Amélioration des performances de production

Les systèmes de détection des métaux avancés peuvent désormais être fournis avec la fonction de langage PackML (Packaging Machinery Language) et générer des rapports sur l'efficacité globale des équipements (EGE) en temps réel. Ces nouvelles fonctions contribuent à améliorer la productivité en transmettant directement les données EGE à l'appareil ou à un système d'exécution du management (MES) via divers protocoles de communication.

### 15.6.1 Langage PackML

Le langage PackML est structuré selon trois catégories d'informations : États, Modes et PackTags. Les États sont les conditions vraiment fondamentales rencontrées sur une chaîne de production. Ils permettent à l'automate programmable (PLC) de contrôler et aux autres équipements de la chaîne de connaître l'état du système de détection des métaux. Les Modes sont des formes courantes d'activité opérationnelle. Les PackTags fournissent la définition qui permet la communication des Modes, États et autres données d'administration (comme les calculs de rendement) à des dispositifs ou systèmes externes.

D'une part, l'approche du modèle d'état PackML simplifie l'intégration entre deux machines ; d'autre part, elle permet la communication de données pertinentes depuis la production vers les bureaux. Les PackTags sont des éléments de données nommés qui permettent l'échange de données interopérables en architecture ouverte, sur des machines de conditionnement, depuis l'atelier vers les bureaux de la direction. L'interopérabilité entre les machines de conditionnement et les systèmes de niveau supérieur que permet le modèle d'état PackML constitue une manière simple d'intégrer une chaîne de conditionnement et de fournir des données EGE provenant de chaque machine aux systèmes d'informations de l'entreprise. Les données peuvent être assez granulaires, ce qui permet un processus de production hautement transparent, raison pour laquelle les utilisateurs finaux s'y intéressent de plus en plus. Fondé sur une norme éprouvée du secteur, le langage PackML présente les avantages suivants pour l'utilisateur final :

- une apparence cohérente pour l'opérateur et le technicien ;
- une fondation pour une intégration verticale et horizontale ;
- une entrée/sortie des informations standard pour n'importe quelle machine de conditionnement configurée TR88.00.02 (auparavant PackML v3.0) ;
- la fonctionnalité « Plug and Play » pour la ligne de conditionnement ;
- des spécifications d'utilisateur final plus cohérentes ;
- un temps d'intégration logicielle plus court ;
- en fin de compte, l'efficacité des composants matériels et logiciels réutilisables.

## 15.6.2 Efficacité globale des équipements

L'efficacité globale des équipements (EGE) est une méthode standard reconnue de mesure et d'évaluation des performances sur une chaîne de production. Le rapport entre la production réelle divisée par la production maximale théorique (indiqué sous forme de pourcentage) est exprimé par trois facteurs principaux : la disponibilité, les performances et la qualité.

**Production acceptable réelle**

= EGE %

**Production maximale potentielle**

Chaque équipement de la chaîne de production, système de détection des métaux compris, influence le pourcentage EGE global.

Trois facteurs principaux, à savoir la disponibilité, les performances et la qualité, sont pris en compte.

- Disponibilité % – disponibilité réelle / disponibilité planifiée
- Performances % – production réelle / production planifiée
- Qualité % – bons produits réels / total de produits fabriqués

Le tableau 15a donne des exemples de l'impact de l'utilisation quotidienne d'une solution de détection des métaux sur le calcul de l'EGE d'une chaîne de production.

## 15.7 Langage PackML et calculs EGE

Le développement du langage PackML se concentre sur la mesure de l'EGE de la chaîne de production et identifie un certain nombre d'états de machine standard qui contribuent à la mesure de l'EGE. Ces données de machine sont associées à des données provenant d'autres équipements sur la chaîne de production pour produire l'EGE de la chaîne globale.

Le tableau 15b donne des exemples de l'impact de l'utilisation quotidienne de dispositifs d'inspection de produits sur le calcul de l'EGE d'une chaîne de production.

Pour obtenir une amélioration continue, les responsables de chaîne de production doivent évaluer l'EGE sous tous les angles. Une solution de détection des métaux peut les aider. Des outils d'analyse intégrés sophistiqués fournissent des données en temps réel sur l'EGE de la chaîne de production et du système de détection des métaux. Ces données peuvent être facilement extraites car les avancées permettent d'en disposer dans différents formats et le système complet se connecte facilement au réseau de la chaîne de production géré par un automate programmable ou un système SCADA/MES.

Les responsables peuvent consulter les performances de leur chaîne à tout moment. Ils ont à portée de main les données nécessaires à une étude approfondie des changements essentiels possibles pour rapprocher leur EGE d'un objectif de classe mondiale.

Impact des systèmes de détection des métaux sur l'EGE	Impact sur la disponibilité %	Impact sur les performances %	Impact sur la qualité %	Systèmes de détection des métaux classiques, fonctionnalités pour minimiser l'impact
Temps d'arrêt de la chaîne de production dû à une panne ou un défaut du système de détection	Oui	Oui	Non	La construction robuste, l'équilibrage automatique, la protection optimale contre le bruit et les vibrations, et la surveillance des conditions réduisent les temps d'arrêt potentiels du détecteur
Système de détection arrêté en raison d'un changement de produit	Oui	Oui	Non	Le groupement intuitif de produits accélère le changement de produit
Rejets par erreur en raison d'une mauvaise configuration	Non	Non	Oui	Une configuration automatique précise et optimale élimine pratiquement les rejets par erreur
Temps de production perdu et produits détruits lors du test de vérification des performances	Oui	Oui	Non	L'analyse prédictive* et les tests PVR optimisés réduisent la fréquence des tests de vérification des performances
Emballages rejetés dus à une contamination métallique	Non	Non	Oui	La fréquence variable, multiple et ultrarapide assure les niveaux de sensibilité les plus élevés et les plus fiables

\* Les fonctionnalités d'analyse prédictive surveillent l'impact de toute modification des niveaux de sensibilité d'un détecteur de métaux. Un avertissement précoce est souvent émis avant que ces niveaux de performances ne descendent en dessous d'une spécification définie en usine. En association avec les fonctionnalités de surveillance des conditions, qui surveillent les paramètres critiques du détecteur de métaux, ces fonctionnalités peuvent être utilisées pour limiter le nombre de tests du système. Réduire la fréquence des tests peut accroître l'efficacité de l'opérateur et les capacités de la chaîne de production.

Tableau 15a : impact des systèmes de détection des métaux sur l'EGE

Impact de l'inspection de produits (PI) sur l'EGE	Impact sur la disponibilité	Impact sur la performance	Impact sur la qualité
Emballages rejetés dus à une contamination			■
Emballages rejetés en raison du non-respect de la spécification			■
Défauts successifs des emballages	■	■	■
Dispositif PI arrêté pour changement de produit	■	■	
Perte de temps de production et de produit due aux tests PVR*	■	■	
Rejets par erreur dus à des réglages incorrects			■
Arrêt des chaînes de production dû à une panne ou un défaut du dispositif PI	■	■	

\*La procédure de validation des performances régulière (PVR) est une fonctionnalité logicielle de nos détecteurs de métaux et de nos machines à rayons X, pour laquelle l'utilisateur peut configurer un intervalle s'écoulant avant d'alerter un opérateur lorsqu'il est temps d'effectuer un test de performances.

Tableau 15b : impact de l'inspection de produits sur l'EGE

## Remarques

# Calcul du coût total de possession (CTP) des équipements de détection des métaux en ligne

Des investissements sains sont la base des succès futurs d'une entreprise. Pour garantir leur bonne rentabilité, il faut les planifier et les mettre en œuvre soigneusement. Les décisions prises par rapport à ces investissements doivent reposer sur des stratégies bien élaborées plutôt que sur des hypothèses et des décisions impulsives.

## 16

## Calcul du coût total de possession des détecteurs de métaux sur la chaîne de production

- 16.1 Justification de l'investissement
- 16.2 Prise en compte des objectifs opérationnels
- 16.3 Importance des calculs corrects
- 16.4 Investissements basés sur un modèle d'entreprise solide
- 16.5 Vérification des coûts
- 16.6 Prise en compte du CTP au fil des années
- 16.7 Tirer parti des économies potentielles
- 16.8 Détection des métaux – Un investissement bien réfléchi et rentable
- 16.9 Le fournisseur comme soutien indispensable

Sur la base de ces principes, le processus d'évaluation du coût total de possession (CTP) a été élaboré aux États-Unis il y a plus d'une vingtaine d'années et il est depuis utilisé par de très nombreuses sociétés dans le monde entier. L'évaluation du CTP permet de comprendre plus précisément les véritables coûts induits par la possession des équipements, bien au-delà de leur simple prix d'achat. De plus, le CTP est utile pour comparer les offres de différents fournisseurs ; il peut également servir de justification à la décision finale d'investissement.

Il est important que la méthode d'évaluation du CTP soit toujours orientée vers le cas individuel de l'entreprise et du secteur dans lequel celle-ci opère. Ceci s'applique également pour les équipements d'inspection de produits, notamment les détecteurs de métaux.

Ce chapitre traite des questions suivantes, en rapport avec le CTP :

- définition des raisons fondamentales pour les décisions d'investissement ;
- compréhension des avantages de l'évaluation du CTP ;
- identification des coûts critiques liés aux équipements dynamiques d'inspection de produits ;
- comment économiser de l'argent en spécifiant le bon équipement de détection des métaux sur la chaîne ;
- calcul du délai de retour sur investissement (RSI) d'un équipement ;
- comment se faire aider par le fournisseur d'équipements de détection des métaux.

## 16.1 Définition des raisons pour les décisions d'investissement

Tout investissement dans une usine et ses équipements doit être réalisé en se basant sur des principes clairs et fondamentaux. Dans les secteurs agroalimentaire et pharmaceutique, les systèmes de détection des métaux sont considérés comme des composants efficaces et inestimables pour garantir que seuls des produits de qualité optimale sont proposés aux clients et aux consommateurs finaux ; pourtant, l'installation d'équipements de détection des métaux, et les coûts inhérents à cette installation, ne garantissent pas automatiquement la fabrication de produits de meilleure qualité.

Une compréhension claire des cibles d'exploitation et des exigences apporte une contribution essentielle aux principes de base qui sous-tendent les décisions d'investissement. Ces principes sont étroitement liés aux connaissances apportées par l'évaluation du CTP, en d'autres termes, le coût total de possession de l'investissement par rapport à sa durée de vie utile et aux revenus devant être générés grâce à l'investissement.

## 16.2 Prise en compte des objectifs opérationnels

Les objectifs opérationnels doivent être clairement définis avant d'introduire un programme d'inspection de produits. Les objectifs opérationnels constituent la base des premières démarches vers l'investissement, comme des demandes de devis clairement formulées aux fournisseurs potentiels.

Voici quelques objectifs opérationnels classiques :

- Introduction d'un nouveau système ;
- Amélioration des délais de production selon un pourcentage donné, pour améliorer la protection de la marque ;
- Conformité avec les normes nationales ou internationales, telles que la GFSI (Global Food Safety Initiative) ;
- 100 % de produits doivent être inspectés à l'avenir ;
- Réduction du taux de gaspillage dû au sur/sous-remplissage selon un pourcentage donné ;
- Réduction des rejets par erreur selon un pourcentage donné ;
- Réduction des coûts d'assurance qualité selon un pourcentage donné ;
- Augmentation des performances de la chaîne (précision et/ou sensibilité).

Chaque coût doit être mesuré à l'aide de données traçables et chaque objectif doit être présenté en fonction de ses implications financières pour l'entreprise.

## 16.3 Importance des calculs corrects

Les décideurs se doivent d'assurer le suivi des investissements et de les estimer avec précision. Les coûts d'acquisition ne présentent généralement aucun problème ; en fait, leur planification dans le cadre d'une décision d'investissement est habituellement simple et rapide. Toutefois, les calculs doivent inclure les coûts décisifs sur la totalité de la durée d'utilisation, ce qui requiert une approche systématique de l'évaluation.

Certaines composantes de coûts peuvent largement dépasser le prix d'achat. Les machines doivent être entretenues, alimentées en électricité ou en matériaux complémentaires, et les salariés doivent être formés, souvent sur une durée de vie de la machine qui peut facilement dépasser dix ans.

Lorsque c'est possible, tous les coûts en rapport avec le nouvel achat doivent être pris en compte et le CTP peut permettre aux entreprises d'identifier ces coûts, depuis le début du processus d'achat jusqu'à la fin du processus d'élimination.

### L'évaluation du CTP comme base des décisions liées au management et aux projets

Un investissement réalisé pour un service spécifique au sein d'une entreprise peut parfois affecter différentes parties de l'organisation. De plus, les décisions d'investissement peuvent être en concurrence avec d'autres priorités financières, ce qui oblige à différer d'autres projets. Par conséquent, des conflits peuvent émerger entre la gestion d'entreprise et la gestion de projets.

Toutefois, les informations fournies par le CTP permettent d'établir un budget précis, sur toute la durée de vie utile d'un investissement, afin de clarifier, notamment pour les hauts responsables, les attentes financières qui seront satisfaites par l'investissement. Dès lors, les décisions sont plus faciles à prendre et les conflits entre services peuvent être évités.

### L'évaluation du CTP comme protection contre les coûts cachés

Le processus de sélection exige la transparence en matière de coûts. L'un des principaux motifs d'introduction des évaluations du CTP vise à améliorer la sélection des fournisseurs. Une décision d'investissement basée exclusivement sur un bon prix d'achat peut avoir des répercussions financières désastreuses au fil du temps.

Les coûts masqués ne se révèlent qu'en cours d'exploitation et peuvent transformer un équipement apparemment bon marché en problème majeur. Si la conception de l'équipement rend les modifications difficiles et coûteuses, ou si des arrêts fréquents sont nécessaires aux fins de maintenance, les coûts peuvent monter en flèche. Avec les évaluations du CTP, les facteurs de coûts cachés peuvent souvent faire la différence avant même de parvenir à une décision d'investissement. Lorsque tous les coûts liés à un investissement sont pris en compte, il est possible de réduire les coûts cachés et de se protéger des effets négatifs qu'ils peuvent avoir.

## 16.4 Investissements fondés sur un modèle économique solide

Les secteurs d'activité et les entreprises se distinguent les uns des autres à bien des égards, mais une règle s'applique à tous : un modèle économique solide doit être créé avant de faire un investissement. Le calcul du CTP apporte des éléments solides sur le coût total de possession au management et aux décideurs.

Il convient de prendre en compte le contexte spécifique à chaque secteur et chaque société.

Spécifiquement pour la technologie d'inspection de produits, il est essentiel, dans le cadre du calcul du CTP, de souligner les économies résultant d'un investissement. Le CTP est également important lors de l'évaluation des différents coûts liés au système et au processus. Seule cette procédure permet d'avoir une vision précise du coût total de possession et d'évaluer de façon précise le délai de retour sur investissement.

## 16.5 Détermination des coûts

Le CTP révèle les coûts d'un investissement tout au long de son cycle de vie ; toutes les dépenses liées directement ou indirectement à l'investissement doivent donc entrer dans son calcul.

### Coûts directs

Normalement, les coûts directs sont faciles à déterminer puisque ce sont les coûts de suivi pouvant être attribués directement à un investissement, par exemple :

- coûts d'approvisionnement ;
- coûts de mise à jour des logiciels ;
- coûts d'exploitation de la machine (énergie, air comprimé, etc.) ;
- coûts liés aux pièces d'usure ;
- coûts liés à la formation ;
- coûts des contrats d'entretien, de maintenance et d'étalement ;
- coûts de main-d'œuvre (opérateur de la chaîne, ingénieur qualité, opérateur et tests).

### Coûts indirects

Les coûts indirects sont plus difficiles à déterminer, puisqu'ils ne peuvent pas être imputés précisément à un investissement et qu'ils apparaissent généralement si la productivité est entravée suite à l'investissement. Par exemple :

- temps d'arrêt provenant de carences dans la maintenance, les réparations, etc., ce qui rend le système indisponible ;
- paramètres machine incorrects entraînant de faibles performances ou des arrêts de production ;
- en cas de panne, les collègues d'autres services sont mis à contribution afin de résoudre le problème ;
- coûts liés aux rejets par erreur ;
- coûts liés à la gestion des rejets par erreur (FSMA) ;
- temps d'arrêt de la production en raison de tests ;
- produits gâchés en raison de tests ;
- coûts associés au changement de produit.

L'examen de l'évaluation du CTP offre une excellente base pour la prise de décision en faveur d'un investissement et d'un fournisseur spécifique. Même si ces décisions se fondent sur des facteurs quantifiables, il ne faut pas oublier que d'autres facteurs non monétaires et plus subtils jouent également un rôle dans la prise de décision. Voici quelques exemples de ces facteurs :

- réputation d'un fournisseur d'équipements ;
- offres de service ;
- qualité du service ;
- disponibilité des consommables et des pièces de rechange.

Il est souvent difficile de quantifier les coûts indirects.

Lorsqu'aucune valeur n'est disponible, il convient de faire des estimations quand l'occasion se présente. Mais il est très important de prendre en compte ces coûts, et leur identification peut révéler des domaines au sein de l'entreprise où d'autres améliorations peuvent être apportées pour limiter ces dépenses.

Le tableau 16a, à la fin de ce chapitre, répertorie les considérations essentielles liées aux coûts pour le calcul du CTP d'une installation classique.

## 16.6 Prise en compte du CTP sur plusieurs années

Lors de l'examen d'une analyse du CTP, les 12 premiers mois, et les années suivantes, sont essentiels. Le CTP d'un équipement d'inspection de produits distingue les coûts de l'investissement initial (la première année) des coûts des années suivantes. La première année qui suit l'achat supporte les coûts les plus lourds : prix d'achat, installation, formation, kits de pièces de rechange et intégration dans la chaîne de production, tous à l'origine d'un impact significatif. Dans certains cas, les frais de consultants externes ou la mise au rebut des machines obsolètes doivent également être pris en considération.

Les années suivantes supportent leurs propres coûts : outre les coûts d'exploitation et de maintenance, des temps d'arrêt non planifiés et de coûteuses extensions de garantie peuvent grever le budget. Si une certification officielle est requise, les coûts d'évaluation de conformité et de tests officiels doivent être pris en compte. Il ne faut pas oublier que la durée de vie utile d'une machine peut maintenant être de dix ans, voire davantage.

### Coûts imputables à la mise en œuvre d'un programme d'inspection de produits

Lors de la prise en compte des coûts d'investissement initiaux, les éléments suivants ne doivent pas être oubliés :

- **Prix d'achat** : une base est fournie par les devis émis par les différents fabricants démarchés.
- **Installation/mise en service (activités initiales d'exploitation)** : les devis pertinents indiquent les coûts externes d'assistance par les prestataires de services, les consultants ou les installateurs. Les coûts internes sont déterminés par les tarifs ou taux horaires en interne. La donnée essentielle est le délai total requis entre l'arrêt de la chaîne de production pour l'installation (intégration de la solution d'inspection) et la reprise de la production.
- **Documents de validation** : les coûts de la validation et de la certification (en fonction de la norme alimentaire mondiale GFS, par exemple) peuvent être communiqués par le fabricant concerné.
- **Coûts des vérifications officielles** : un fournisseur compétent indiquera tous les frais à supporter pour les vérifications officielles, depuis l'assistance jusqu'aux tests officiels.
- **Formation au système avec le fournisseur ou sur place** : les coûts sont quantifiables car la formation est proposée directement par le fournisseur de l'équipement.
- **Coûts d'achat des pièces de rechange** : un fournisseur compétent peut faire des déclarations appropriées concernant les pièces de rechange qui pourraient être nécessaires au cours de la première année et des années suivantes.
- **Offres de service** : un certain nombre de fournisseurs proposent des contrats de service qui comprennent divers services, comme les inspections, les visites de maintenance et les pièces de rechange. Le délai de réponse des différentes offres de service doit également être pris en compte, comme les services inclus, les remises de prix sur les pièces de rechange et les possibilités de télédiagnostic. Le télédiagnostic et la maintenance à distance réduisent les coûts, car les anomalies peuvent être détectées plus tôt. Ainsi, cela permet de préparer l'intervention des techniciens et de corriger plus rapidement les problèmes.

- **Intégration à la chaîne de production** : le coût de l'intégration peut varier selon les circonstances et il convient d'être vigilant pour savoir s'il s'agit de l'ajout d'un nouvel équipement ou du remplacement/de l'extension d'un équipement existant. Les responsables de production peuvent être utiles et peuvent indiquer leurs capacités ainsi que les potentiels d'optimisation.
- **Élimination de l'ancien équipement** : sur demande, un fournisseur peut s'en charger et proposer un prix ferme.

Lors de l'examen des coûts pour les années suivantes, les éléments suivants doivent être pris en compte :

- **Coûts d'exploitation** : le coût de l'énergie et des matériaux supplémentaires peut varier considérablement. Le fournisseur doit avoir l'information technique correspondante sous la main.
- **Coûts de maintenance** : le fournisseur peut préciser les intervalles de maintenance et les dépenses. Un fournisseur compétent doit être en mesure d'inclure les coûts moyens de réparation dans son offre.
- **Temps d'arrêt non planifiés** : une vue d'ensemble de la situation passée et des calculs qui ont été faits auparavant est le guide le plus utile. Dans de nombreux cas, ils constituent le poste de dépense le plus important, notamment lorsque la chaîne ne peut fonctionner si l'équipement d'inspection n'est pas opérationnel ou fonctionnel conformément aux spécifications.
- **Garantie/extension de garantie** : le fournisseur propose les devis et les tarifs correspondants.
- **Mises à jour logicielles/matérielles** : le fournisseur communique les informations sur la périodicité des mises à jour et leurs coûts.
- **Frais de personnel** : temps requis pour la création/mise en place des nouveaux produits et l'échange des configurations de produits (transfert). Les solutions des différents fournisseurs dans ces circonstances présentent des différences majeures. Une estimation doit être réalisée quant à la fréquence à laquelle les nouveaux produits doivent être configurés sur la chaîne de production ou la fréquence à laquelle les configurations de produit doivent être changées.
- **Coûts des tests** : ils comprennent non seulement les frais de personnel associés au temps passé à réaliser le test, mais également les coûts des produits détruits en raison du test.
- Temps d'arrêt non planifiés
- Temps d'arrêt planifiés (tests réels)
- Inefficacité de la productivité, résultant d'une perte de production due à l'arrêt ou au ralentissement de la chaîne lorsque le test des performances planifié est réalisé.

Généralement, les fournisseurs d'équipements sont convaincus que leur système est le plus rapide et le plus facile à configurer. Toutefois, les fournisseurs doivent indiquer précisément aux fabricants quelles étapes sont nécessaires, pour que les fabricants puissent déterminer eux-mêmes si l'opération prend du temps et nécessite une intervention importante du personnel, ou si elle permet de gagner du temps et de réaliser des économies.

Les contrats de service incluent des éléments qui doivent faire l'objet d'une attention particulière, notamment :

- si le contrat comprend ou non l'ensemble des visites et des services nécessaires ;

- si le contrat comprend ou non un seul paiement forfaitaire (quel que soit le nombre d'interventions d'entretien qui s'avèrent nécessaires) ;
- si le contrat comprend ou non également le coût des pièces de rechange et des pièces d'usure ;
- si le contrat englobe ou non également l'ensemble des frais de déplacement et le salaire horaire des techniciens.

Le tableau 16b, à la fin de ce chapitre, constitue une aide utile pour vous permettre de comprendre quels coûts continus font partie du calcul du CTP.

## 16.7 Économies potentielles à réaliser

Pour chaque réalisation d'un investissement, le coût est toujours d'une importance cruciale pour le management et les décideurs. Toutefois, la prise en compte des économies, notamment sur la durée de vie entière de l'équipement, peut être décisive si l'on envisage d'investir dans un nouveau système. Il est utile de considérer les différentes économies potentielles et de leur permettre d'influer sur le calcul du CTP.

## 16.8 Détection des métaux : un investissement bien réfléchi peut être extrêmement rentable

Le choix du bon modèle et type de détecteur de métaux peut être à l'origine d'économies considérables. Les données de production montrent que la majorité des économies proviennent de la réduction du gaspillage (faux rejets), de la réduction des coûts d'exploitation (changements de produit et tests de performances) et de l'augmentation du temps de fonctionnement grâce à une efficacité globale des équipements (EGE) améliorée et à la rapidité des services et dépannages.

### Économies :

Les économies annuelles d'une marque/d'un modèle à l'autre peuvent atteindre 35 000 \$.

### Économies potentielles :

- Choisir un détecteur de métaux plus fiable et moins sensible au décalage électronique
- Choisir un détecteur de métaux moins sensible aux influences externes qui peuvent entraîner le rejet d'un bon produit
- Choisir un fabricant affichant un pourcentage de taux de fonctionnement de 0,01 % de mieux que son principal concurrent
- Choisir un fabricant dont la vitesse d'intervention pour l'entretien et de résolution immédiate est au minimum inférieure de deux heures à celle du meilleur fournisseur suivant (plus la différence de délai est grande, plus les économies sont importantes)
- Choisir un détecteur de métaux dont la fréquence de tests peut être égale à la moitié de celle d'un autre modèle/d'une autre marque
- Choisir un détecteur de métaux qui peut être configuré pour réduire/supprimer les interventions d'opérateurs à chaque changement de produit

**Exemple pratique : vitesse de chaîne de 100 ppm, 20 heures/jour, 250 jours/an. Coût d'exploitation standard de 40,00 € par heure.**

- A) Un détecteur de métaux classique affiche un taux de rejets par erreur d'un paquet sur 5 000 paquets produits (99,98 % d'efficacité). Cela équivaut à 6 000 paquets rejetés par erreur chaque année. Supposons un coût du produit/paquet de 1,00 € ; cela équivaut à un coût annuel de 6 000,00 €. Comparons-le à un détecteur de métaux affichant un taux de rejets par erreur d'un paquet sur 10 000 paquets produits (99,99 % d'efficacité). Les économies atteignent 3 000,00 € par an.
- B) Un détecteur de métaux doté d'un taux de fonctionnement de 99,8 % (0,2 % de temps d'arrêt) est arrêté pendant 10 heures par an. Si les coûts de la perte de production sont de 2 000,00 € par heure, le coût de l'arrêt atteint 20 000 €. Si un autre détecteur de métaux affiche un temps de fonctionnement de 99,9 % (0,1 % de temps d'arrêt), les coûts d'arrêt représentent 10 000 € par an, soit 10 000 € d'économies. Si l'organisation B dispose d'un délai de réponse/résolution immédiate inférieur de deux heures à celui de l'organisation A, elle peut économiser 4 000,00 € de plus.
- C) Le seul coût important associé à l'équipement de détection des métaux est celui relatif aux tests obligatoires de vérification de performances (PV), qui doivent être fréquents. Prenons l'exemple d'un test PV nécessitant 10 minutes (déplacement, dialogue, test et documentation), effectué toutes les deux heures. Cela équivaut à un coût annuel de 16 666,66 €. Prenons en comparaison un détecteur de métaux équipé d'une technologie adéquate à sécurité intégrée, qui rend acceptable le risque lié à une réduction de la fréquence de test de deux heures à quatre heures. Cela représente une économie de 8 333,33 € par an, chiffre qui ne prend pas en compte le coût des produits gaspillés. Dans certains cas, ce coût peut être équivalent, voire supérieur, aux coûts du temps associé aux tests.
- D) De nombreux détecteurs de métaux inspectent plusieurs types de produits sur la même chaîne de production. L'opérateur doit donc modifier la configuration de l'équipement à chaque changement de produit. Prenons une chaîne de production intégrant trois produits différents, chacun étant produit par plage de 20 heures. Supposons que cinq minutes soient nécessaires à l'opérateur pour changer les paramètres du détecteur de métaux (déplacement, dialogue, changement et documentation), le coût s'élève à 2 499,99 € par an. Les détecteurs de métaux plus modernes permettent de regrouper les produits sur un paramétrage unique, pour un fonctionnement sans intervention d'opérateur (tout en respectant les exigences définies par l'assurance qualité). Ce coût est ainsi totalement supprimé de l'équation. Les économies de coût totales détaillées ci-dessus s'élèvent à 27 833,32 € par an, soit 139 166,60 € sur cinq ans.

Avec la mise en œuvre d'un programme d'inspection de produits, il est possible de réaliser des économies :

### 1. Réduction des mises au rebut

Un équipement de détection des métaux précis et fiable permet de respecter les réglementations en vigueur et réduit ainsi les mises au rebut onéreuses. L'avantage financier peut être mesuré par la comparaison des taux de rebut « avant » et « après ».

### 2. Réduction des reprises

Le travail supplémentaire généré par les produits rejetés peut être calculé à partir des coûts de personnel additionnels.

### 3. Réduction du coût du temps de travail

Le fournisseur offre des informations sur les délais nécessaires à la configuration/au changement de produit (nouveau réglage) et au temps de nettoyage.

### 4. Réduction des matériaux « gaspillés »

Les coûts de rejets excessifs après détection peuvent être calculés en déterminant les rejets « avant » et « après ».

### 5. Prévention des retours produits

Les programmes de détection des métaux modernes permettent d'inscrire 100 % des produits fabriqués. Les écarts qui vont à l'encontre des règlements officiels ou des normes industrielles sont détectés le plus tôt possible et évités. Les économies potentielles sont calculées par rapport aux coûts de production précédents et aux coûts de retour de produits.

### 6. Protection de la marque et des relations client

Les valeurs non matérielles telles que la marque et la fidélité du client peuvent être difficiles à estimer. Toutefois, elles sont essentielles pour garantir le renouvellement des ventes et attirer de nouveaux clients.

### 7. Réduction des dépenses occasionnées par les audits (IFS, BRC, etc.)

La préparation de tests et d'audits sur les équipements et leur documentation peut s'avérer longue et coûteuse. Il convient de demander au fournisseur un système de documentation consignant tous les tests et audits requis, tout en permettant d'actualiser ces documents. Grâce à cette procédure, le fonctionnement correct et l'utilisation adéquate de l'équipement, en interne comme pour les besoins d'auditeurs externes, peuvent être facilement documentés à tout moment.

Le tableau 16c, à la fin de ce chapitre, fournit un cadre pour le calcul des économies potentielles en rapport avec une installation classique d'un système de détection des métaux.

## 16.9 Assistance nécessaire du fournisseur

Le calcul du coût total de possession et des économies potentielles résultant de l'investissement implique la collecte de nombreux chiffres et données portant sur toute la durée de vie utile du système, depuis l'achat jusqu'à l'élimination.

Des fournisseurs compétents représentent donc une importante source d'informations pour obtenir les valeurs à saisir lors du calcul. Les fournisseurs de machines et d'équipements doivent être disposés à aider et à communiquer les informations requises. Ces données incluent notamment les coûts d'exploitation et de maintenance, ainsi que les coûts liés aux temps d'arrêts non planifiés. En outre, une aide active au moment de la planification de l'investissement peut être un critère important lors du choix du fournisseur.

**Calcul du coût total de possession (CTP) d'un système d'inspection de détection des métaux**

Les fabricants doivent compléter ce tableau :

Coûts de l'investissement initial	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Prix d'achat		—	—	—	—	—
Installation/mise en service (exploitation initiale)		—	—	—	—	—
Documents de validation		—	—	—	—	—
Coûts de vérification annuelle officielle (si applicables)		—	—	—	—	—
Formation au système auprès du fournisseur ou sur site		—	—	—	—	—
Coûts d'approvisionnement en kits de pièces de rechange		—	—	—	—	—
Contrat de service		—	—	—	—	—
Intégration à la chaîne de production		—	—	—	—	—
Élimination de l'ancien équipement		—	—	—	—	—
Autre		—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
<b>Total</b>		—	—	—	—	—

Tableau 16a : présentation des coûts initiaux de l'installation d'un système de détection des métaux classique pour le calcul du CTP

Années suivantes (généralement jusqu'à 5 ans)	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Coûts d'exploitation	–					
Coûts de maintenance	–					
Temps d'arrêt non planifiés	–					
Garantie/extension de garantie	–					
Coûts de vérification annuelle (si applicables)	–					
Mises à jour et assistance matérielles/logicielles	–					
Frais de personnel	–					
Contrat de service	–					
Coûts des tests de performances utilisateur obligatoires	–					
Autre	–					
	–					
	–					
<b>Total</b>	–					

Tableau 16b : coûts continus d'une installation d'un système de détection des métaux pour le calcul du CTP

Économies	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Réduction du gaspillage						
Réduction des reprises						
Réduction du travail requis						
Réduction des pertes sèches de produit						
Prévention des retours						
Protection de la réputation de la marque et de la relation client						
Réduction des frais engagés pour les audits						
Réduction des temps d'arrêt						
Réduction des coûts liés aux tests obligatoires						
Autre						
<b>Total</b>						

Tableau 16c : présentation des économies potentielles d'une installation classique :

## Remarques

# Principes de mise en œuvre des procédures adéquates pour le contrôle qualité et la défense juridique

Les fabricants agroalimentaires doivent prendre de plus en plus de précautions pour s'assurer que leurs produits sont sûrs, exempts de contaminants et sans aucun risque sanitaire pour le consommateur final.

17

## Principes de mise en œuvre des procédures adéquates pour le contrôle qualité et la défense juridique

- 17.1 Principe de précaution
- 17.2 Mise en œuvre des procédures adéquates
- 17.3 Hazard Analysis Critical Control Points (Analyse des risques et points de contrôle critiques)
- 17.4 Exemples de contamination métallique
- 17.5 Système de détection des métaux : problèmes et solutions
- 17.6 Composants d'un détecteur de métaux à sécurité intégrée

Comme nous l'avons évoqué aux chapitres 8 et 9, la méthode HACCP (Analyse des risques et points de contrôle critiques) joue un rôle prépondérant en fournissant un cadre de travail aux fabricants de produits agroalimentaires, alors que la GFSI (Global Food Safety Initiative) gère et contrôle les organismes à l'origine de la certification et de l'accréditation.

Voici quelques organismes et instances qui fournissent des systèmes de normes reconnus par la GFSI :

- Consortium BRC (British Retail Consortium)
- Norme IFS (International Food Standard)
- FSSC 22000
- SQF (Safe Quality Food)
- HACCP – site néerlandais

D'autres programmes existent, mais ceux qui sont cités ci-dessus équivalent à eux seuls à plus de 90 % des normes actuellement respectées.

Il faut également tenir compte des réglementations locales susceptibles d'affecter les fabricants de produits agroalimentaires présents sur un marché spécifique, comme la loi de modernisation de la sécurité sanitaire des aliments (FSMA) de la FDA aux États-Unis et la Brazilian Health Surveillance Agency (ANVISA) au Brésil, par exemple.

En ces temps procéduriers, les avocats et les consommateurs saisissent la moindre opportunité de poursuivre les fabricants lorsqu'ils découvrent un élément indésirable dans un produit acheté. De ce fait, les fabricants de produits agroalimentaires qui fournissent des détaillants savent qu'il est nécessaire de garantir le niveau le plus élevé de qualité des produits et qu'ils ont donc tout intérêt à assurer la mise en œuvre des systèmes et procédures adéquats, afin de minimiser le risque de poursuites. Le cas échéant, ils doivent également être en mesure d'apporter les pièces justificatives nécessaires pour prouver qu'ils ont mis en œuvre toutes les précautions appropriées dans leur processus de fabrication.

## 17.1 Principe de précaution

En droit, chaque individu a un principe de précaution à respecter, qui oblige à adopter un certain nombre de précautions raisonnables pour réaliser des tâches, susceptibles de nuire aux autres. Par « norme de précaution », on entend le degré de vigilance, d'attention, de prudence et de diligence dont toute personne soumise à un principe de précaution doit faire preuve.

Dans le secteur agroalimentaire, cette norme est déterminée par le comportement généralement adopté par les fabricants raisonnablement prudents. Tout manquement au respect de la norme peut être considéré comme de la négligence et tout dommage induit peut être invoqué dans le cadre de poursuites judiciaires.

## 17.2 Preuve de la mise en œuvre appropriée

Les fabricants accusés de non-respect des réglementations relatives à la sécurité alimentaire peuvent se défendre en apportant la preuve qu'ils ont pris toutes les précautions nécessaires. En d'autres termes, la défense consiste à prouver que l'« accusé » a pris toutes les précautions raisonnables pour éviter le manquement. Il suffit au fabricant incriminé de prouver que :

- que toutes les précautions raisonnables ont été prises ;
- des mesures appropriées ont été appliquées pour éviter le problème personnellement ou par le biais d'un tiers placé sous sa responsabilité. « Prendre toutes les précautions raisonnables » implique notamment d'installer des systèmes de contrôle adaptés au risque encouru. Les mesures raisonnables sont fonction de la taille et des ressources de l'entreprise. « La mise en œuvre des précautions appropriées » implique la mise en place de procédures de contrôle et d'audit du système, pour s'assurer que celui-ci fonctionne correctement. La réussite ou l'échec de la défense dépendra des circonstances de chaque affaire.

## 17.3 Analyse des risques et points de contrôle critiques (HACCP)

Dans le secteur agroalimentaire, la plupart des fabricants s'appuient sur les principes HACCP pour développer un cadre leur permettant d'identifier les endroits les plus propices à la survenue de risques. La méthode HACCP permet de mettre en place des procédures visant à minimiser la formation de conditions favorisant l'apparition des risques.

Le processus HACCP surveille et contrôle de façon stricte chaque étape de la fabrication, afin de réduire la probabilité de survenue d'incidents. La méthode HACCP s'appuie sur sept principes fondamentaux :

- procéder à une analyse des risques pour les produits alimentaires ;
- Identifier les points de contrôle critiques (CCP), où les risques sont le plus étroitement surveillés ;
- fixer le ou les seuils critiques pour chaque CCP ;
- définir des critères de surveillance pour les CCP ;
- déterminer quelles sont les mesures correctives à prendre lorsque la surveillance révèle qu'un CCP donné n'est pas maîtrisé ;
- mettre en place des procédures pour la conservation de rapports ;
- appliquer des procédures de vérification afin de confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement.

## 17.4 Sources de contamination métallique

L'environnement de fabrication et le traitement général des denrées alimentaires peuvent engendrer des risques de contamination métallique. Un détecteur de métaux offre souvent un excellent point de contrôle pour atténuer ces risques. Plusieurs éléments complémentaires doivent être intégrés au processus par les fabricants pour protéger la santé des consommateurs et poser les bases d'une défense solide, fondée sur la mise en œuvre de procédures adéquates.

En outre, l'adoption d'un système de détection des métaux adapté permet aux fabricants d'offrir un niveau de protection inégalé de la marque et du consommateur. Tous les systèmes sur convoyeur utilisés pour contrôler les produits doivent être spécialement conçus à cet effet et ne pas se cantonner à indiquer que l'équipement fonctionne conformément aux exigences.

## 17.5 Système de détection des métaux : problèmes et solutions

Le risque que des particules de métal s'infiltrent dans les produits est élevé, car la majorité des équipements installés dans les usines de traitement alimentaire sont en métal. Les lames de découpage, les broyeurs, les mixeurs, les convoyeurs de transport et le système de conditionnement, par exemple, sont principalement fabriqués en métal, tout comme les outils à main, les structures des machines ou les cadres de support.

Il est possible qu'une petite pièce de métal se détache de certains de ces équipements en condition de fonctionnement normal, sans défaillance. L'installation d'un détecteur de métaux en aval de tous les processus permet de s'assurer que les produits alimentaires sont exempts de particule métallique.

Les détecteurs de métaux sont monnaie courante dans la plupart des sites de production agroalimentaire, la technologie utilisée étant considérée comme extrêmement fiable. Toutefois, la fréquence de contamination des produits finaux reste élevée. Plus alarmant, les enquêtes montrent que les contaminants métalliques à l'origine des plaintes sont invariablement détectables par l'équipement installé sur la chaîne de production.

Cela suggère que les procédures opérationnelles en place dans le processus de fabrication ou d'inspection peuvent être défectueuses, et que la simple installation d'un détecteur de métal ne permettra pas de supprimer complètement la présence de métal dans les produits finis.

Il faut employer une approche globale de gestion de la qualité et utiliser un détecteur de métaux à chaque point de contrôle critique (CCP), tout en gérant ces CCP en conséquence.

Un détecteur de métaux équipé d'un mécanisme de rejet adapté et d'un bac de rejet verrouillable représente une grande partie de la solution, mais toute défaillance du système et des procédures peut avoir de graves répercussions sur l'efficacité globale du système utilisé.

Tous les paquets alimentaires contaminés doivent être rejetés efficacement du processus ou de la chaîne de conditionnement (et ne pas revenir sur la chaîne) tout en respectant parfaitement les normes en vigueur. Pour y parvenir, le tableau 17a résume les problèmes existants et les solutions correspondantes.

Problème	Solution
Comment puis-je m'assurer que les contaminants métalliques sont bien détectés avec des niveaux de performance optimaux ?	Installez un détecteur de métaux capable de détecter tous types de métaux, ainsi que les contaminants non sphériques, tels que des fils ou de fins copeaux de métal.
La défaillance du système de détection des métaux entraîne des temps d'arrêt coûteux. Comment puis-je optimiser la disponibilité de l'équipement ?	Mettez en place un programme de maintenance préventive dédié au système de convoyage, tout en vous assurant que le détecteur de métaux intègre un système de surveillance des conditions, capable de déclencher une alerte précoce en cas de défaillance.
Comment puis-je m'assurer que le détecteur de métaux est correctement configuré et qu'il n'est pas sujet aux rejets par erreur ?	Veillez à ce que le détecteur de métaux possède une fonctionnalité de configuration automatique précise et qu'il affiche la marge de sécurité entre le signal en arrière-plan et le point de déclenchement du détecteur de métaux.
Si un contaminant est détecté, comment rejeter le paquet contaminé du processus sans provoquer d'arrêt de production ?	Utilisez un mécanisme de rejet automatique spécialement conçu pour l'application en question.
Comment puis-je m'assurer que les produits consécutifs contaminés sont bien rejettés et que seuls les produits défectueux sont traités, indépendamment de la position du contaminant ?	Assurez-vous que le mécanisme de rejet fonctionne conjointement avec un capteur de paquets qui contrôle le fonctionnement du mécanisme de rejet et du détecteur de métaux.
Comment vérifier que le détecteur de paquets fonctionne ?	Installez un détecteur de paquets rejettés qui surveille de façon permanente le bac de rejet.
Comment puis-je m'assurer que le système dispose d'une alimentation en air comprimé suffisante pour effectuer plusieurs rejets successifs ?	Installez un réservoir d'air sur le système ou un capteur de pression d'air sur l'arrivée d'air du convoyeur.
Comment puis-je m'assurer que le mécanisme de rejet fonctionne correctement lorsque le système de convoyage est doté d'un variateur de vitesse ?	Le bon fonctionnement du mécanisme de rejet à photo-synchronisation (tel que décrit ci-dessus) doit être contrôlé via le codeur de vitesse de tapis pour garantir un rejet précis, quelle que soit la vitesse du tapis.
Comment puis-je m'assurer que le produit contaminé n'est pas retiré de la chaîne après le détecteur mais avant le dispositif de rejet ?	Installez un tunnel de protection à partir du détecteur jusqu'à un point en aval du mécanisme de rejet.
Où faut-il collecter les produits contaminés une fois ceux-ci rejettés ?	À l'intérieur d'une zone de collecte de rejets sécurisée avec accès contrôlé par clé ou mot de passe. Afin d'améliorer la sécurité des produits, un moniteur de verrouillage de la porte peut être inclus. .
Comment puis-je m'assurer que le produit contaminé a été rejeté du processus ou de la chaîne d'emballage ?	Installez un système de confirmation de rejet relié au capteur d'entrée des paquets et au détecteur de métaux.
Que se passe-t-il si le bac de rejet est plein et qu'il n'y a plus de place pour collecter un autre produit contaminé ?	Installez un capteur de bac plein, qui vous avertit lorsque la capacité du bac atteint 80 %.

Tableau 17a : Problèmes et solutions

## 17.6 Composants d'un détecteur de métaux à sécurité intégrée

### 17.6.1 Détecteur de métaux

Le détecteur de métaux choisi doit répondre aux normes de détection requises. Cela signifie qu'il doit pouvoir être configuré pour fonctionner conformément aux directives de sensibilité détaillées du code de pratiques du fabricant ou conformément aux exigences de tierces parties, telles que les distributeurs.

La règle générale applicable aux performances des détecteurs de métaux est la suivante : plus l'ouverture du détecteur est petite, plus les performances augmentent. Par conséquent, il faut généralement choisir la taille de l'ouverture en fonction de la taille maximale des produits contrôlés.

Lorsque vous comparez la sensibilité de différents détecteurs de métaux, ne vous arrêtez pas à leurs capacités de détection des sphères métalliques ; regardez aussi leurs performances face à des contaminants non sphériques, comme des fils ou de fins copeaux de métal.

La surveillance des défauts est une fonctionnalité standard de la plupart des têtes de détection des métaux. Lorsqu'un défaut est détecté, le détecteur alerte l'utilisateur et arrête le système. L'inconvénient de cette fonction est que le système s'arrête de fonctionner tant que le problème n'est pas résolu.

Les détecteurs les plus avancés utilisent la technologie de surveillance des conditions, conformément aux exigences de contrôle de la méthode HACCP. Cette fonction vérifie que les éléments critiques du détecteur de métaux fonctionnent correctement et mesure tout changement susceptible d'entraîner une baisse de performances (voire une défaillance) du détecteur.

Un système d'alerte précoce avertit l'opérateur de tout changement, avant qu'il ne devienne critique. Ce système permet d'effectuer les opérations de maintenance rapidement, évitant ainsi les pertes de production et de revenus liées à un arrêt de la chaîne. Les mesures correctives planifiées peuvent avoir lieu lorsque le système est hors ligne.

### 17.6.2 Mécanisme de rejet automatique de paquets

Lorsque cela est possible, le système doit idéalement intégrer un système de rejet automatique des produits dont l'activation est déclenchée par la détection de contaminants métalliques. L'objectif est de retirer les paquets contaminés de la chaîne de production avant leur expédition.

Le mécanisme de rejet doit être conçu spécifiquement pour les produits inspectés. Cela dépend donc des exigences de l'application. Le mécanisme doit prendre en compte la vitesse des paquets et de la chaîne, le poids, la forme et les dimensions des paquets, ainsi que la nature du matériau d'emballage.

Il garantit non seulement une capacité de rejet maximale, mais il permet aussi d'affranchir les opérateurs de toute responsabilité en cas de produits non conformes, ces derniers étant la principale source de défaillance du système. Il est recommandé de n'utiliser les systèmes dotés d'une alarme d'arrêt et d'un rejet manuel que dans des circonstances exceptionnelles.

De nombreux types de mécanisme de rejet sont disponibles. La plupart sont à actionnement pneumatique (soufflage d'air, poussoirs, balais, etc.). Ces dispositifs de rejet pneumatiques peuvent être équipés d'un capteur de pression d'air qui déclenche une alarme si la pression de l'air chute en dessous d'un seuil critique, susceptible de nuire à l'efficacité du rejet. Des réservoirs d'air peuvent également être installés pour augmenter la sécurité intégrée des systèmes de rejet à actionnement pneumatique.

### 17.6.3 Capteur de produits et codeur de vitesse du convoyeur

Ces composants fonctionnent conjointement au dispositif de rejet et au détecteur de métaux pour déterminer la position exacte d'un paquet contaminé sur la bande de convoyeur et garantir ainsi son retrait de la chaîne. Le capteur de paquets détecte la présence de chaque paquet à une distance fixe connue du détecteur de métaux et du mécanisme de rejet.

Il est déconseillé de doter le détecteur de métaux d'un synchronisateur intégré s'il n'est pas équipé d'un capteur de paquet supplémentaire. L'absence de cellule photoélectrique est la principale raison pouvant expliquer que des produits contaminés continuent d'atteindre le consommateur final. La synchronisation du mécanisme de rejet peut varier en fonction de la position et de la taille du contaminant métallique dans le produit.

Par conséquent, la synchronisation du système de rejet est sujette aux variations, ce qui l'empêche parfois de rejeter le bon produit contaminé. L'association d'un capteur de paquets externe et d'un temporisateur de rejet intégré offre un niveau bien supérieur de rejets réussis.

Si le système de convoyage est doté d'un variateur de vitesse, il est conseillé d'utiliser un codeur de vitesse du tapis, associé au capteur d'entrée des paquets, afin de contrôler le fonctionnement du mécanisme de rejet.

Ce système calcule précisément la durée entre la détection du contaminant métallique et l'activation du mécanisme de rejet, et permet au mécanisme de rejet d'identifier le paquet contaminé quelle que soit la vitesse de la chaîne. Il est également nécessaire si la chaîne en question est sujette à des arrêts et à des redémarrages fréquents.

### 17.6.4 Bac de rejet verrouillable, capteur de confirmation des rejets et capteur de bac plein

Le but du bac de collecte est de stocker temporairement les paquets rejetés (c.-à-d. contaminés). Le bac doit être verrouillable pour s'assurer qu'il est impossible d'en retirer les paquets contaminés et de les réintroduire sur la chaîne de production en aval du système d'inspection. La clé du bac ne doit jamais rester sur place et doit être conservée par un cadre ou un salarié habilité.

Lorsque la clé du bac de rejet est retirée, il est impossible qu'une personne non autorisée puisse accéder au produit contaminé, conformément aux principes HACCP et de mise en œuvre des procédures adéquates. Les détecteurs de métaux de pointe peuvent être configurés pour activer un temporisateur lorsque la porte du bac de rejet s'ouvre et arrêter automatiquement le système si le bac reste ouvert par inadvertance plus longtemps que la durée prédéfinie. De même, il existe également des systèmes qui utilisent un mot de passe de déverrouillage à la place de la clé.

Cette fonctionnalité renforce encore la sécurité et l'intégrité du bac de rejet puisque seul le personnel autorisé peut y accéder. Un capteur de confirmation de rejet peut être installé à l'intérieur ou en travers de l'ouverture du bac de rejet. Le système peut être configuré de façon à ce que ce capteur renvoie un signal pour confirmer que le produit est entré dans le bac.

En l'absence de la réception d'un tel signal, une alarme est déclenchée et le convoyeur arrêté. Le système de confirmation des rejets doit être suffisamment intelligent pour pouvoir gérer plusieurs événements de détection :

- détection de plusieurs paquets contenant du métal, ou ;
- détection d'un ou plusieurs grands morceaux de métal dans un paquet.

Le capteur de bac plein permet quant à lui d'éviter qu'un produit contaminé ne demeure sur le convoyeur en raison d'un bac de rejet déjà rempli. Une fois que le bac approche de sa capacité maximale (qu'il est recommandé de définir à 80 %), une alarme se déclenche ou le convoyeur s'arrête pour permettre à l'opérateur d'ouvrir le bac et d'en retirer les paquets rejetés afin de les mettre au rebut. Cela évite ainsi tout risque d'échec de rejet dû à un bac plein.

Une protection ou un système de cartérisation du tunnel doivent être installés au niveau de la sortie de l'équipement. Cette protection doit couvrir au moins la sortie du détecteur de métaux jusqu'à un certain point après le bac de rejet. L'objectif de ce dispositif de protection est d'éviter l'éjection non autorisée de produits susceptibles d'être contaminés et qui pourraient accidentellement être réintroduits dans le système après le point de rejet.

## 17.6.5 Capteur de confirmation de rejet

Pour s'assurer que le mécanisme de rejet fonctionne avec précision, le détecteur de métaux et le capteur d'entrée des paquets doivent tous deux toujours fonctionner parfaitement. En cas de défaillance du détecteur de métaux, le système intégré de surveillance des défaillances stoppe immédiatement le convoyeur.

En cas de défaillance du capteur d'entrée de paquet, le mécanisme de rejet ne fonctionne plus. En l'absence de signal de confirmation de rejet, le capteur de confirmation de rejet identifie cette défaillance lors de la prochaine détection de métal.

Si l'un de ces événements se produit, on suppose que le système de confirmation des rejets n'est pas défaillant. Cependant, le fait d'attendre une défaillance du système est contraire aux bonnes pratiques de travail, et entraînerait une mise en quarantaine et une réinspection des produits inspectés depuis le dernier test réussi de vérification des performances.

L'ajout d'un capteur de vérification de rejet permet de surveiller le capteur d'entrée des paquets en temps réel et réciproquement. En cas de défaillance identifiée par l'un des capteurs, le système déclenche l'alarme pour permettre aux opérateurs de prendre les mesures correctives nécessaires.

Outre le contrôle de l'état du capteur d'entrée des paquets, le capteur de vérification de rejet sert de système de confirmation de rejet de secours, ce qui renforce considérablement la sécurité intégrée du système complet. Dans certains cas peu probables, le système de confirmation des rejets a fonctionné, mais les produits contaminés peuvent encore avancer sur la chaîne de production.

Cela peut se produire, par exemple, si le paquet contaminé a rebondi hors du bac après que son rejet a été confirmé. Le cas échéant, le capteur de vérification de rejet servira de système de secours, parce qu'il s'attend à ce que le paquet contaminé ait été rejeté. Dans ce scénario, le capteur de vérification de rejet déclenche une alarme dès qu'il découvre qu'un paquet n'a pas été correctement rejeté. De ce fait, une condition de défaillance est créée, provoquant l'arrêt du convoyeur.

## 17.6.6 Commutateur de réinitialisation à clé

Tous les éléments de sécurité intégrée pouvant déclencher l'arrêt du convoyeur doivent être associés à un interrupteur de réinitialisation à clé plutôt qu'un bouton-poussoir. Seuls les détenteurs d'une clé dûment autorisés et habilités doivent pouvoir redémarrer le système après correction de la condition ou de la défaillance. La clé ne doit jamais rester à côté du système et doit être conservée par une personne autorisée.

## 17.6.7 Balise lumineuse d'avertissement

Une balise lumineuse d'avertissement, fixée au système de détection des métaux, permet d'émettre un avertissement en cas de défaillance. Il s'agit en général d'une balise de couleur à haute visibilité, qui permet une identification rapide du problème et sa rectification.

Par conséquent, les temps d'arrêt du système sont réduits au strict minimum. Il est également possible de configurer des alarmes sonores pour qu'elles se déclenchent en même temps que la balise d'avertissement. Si l'une de ces conditions de défaillance se produit lors d'un processus de fabrication normal, arrêtez le processus jusqu'à ce que :

- la condition de défaillance soit rectifiée ;
- le système ait été validé via une procédure de test adéquate ;
- le système ait été signalé comme fonctionnant parfaitement suite à la procédure de test.

## 17.6.8 Journal des accès et connexion haute sécurité

Des détecteurs de métaux sophistiqués peuvent aider l'opérateur à respecter les normes et à fournir une piste d'audit. Pour ce faire, il convient de générer des mots de passe uniques, dans la langue de l'opérateur. Chaque opérateur est ainsi personnellement responsable de ses propres actions.

Un système de ce type suffit généralement à prévenir toute erreur d'utilisation et répond aux exigences des inspections régulières en posant les bases d'une défense reposant sur la mise en œuvre des mesures appropriées. Ces systèmes permettent d'enregistrer automatiquement tous les accès au détecteur de métaux et de fournir la date et l'heure de connexion, ainsi que le nom de la personne qui s'est connectée.

En enregistrant ces informations et en autorisant l'accès au système uniquement sur mot de passe, il est aisément démontrable la conformité aux normes et aux exigences de consignation des données de la méthode HACCP, ce qui pose ainsi les bases d'une solide défense reposant sur la mise en œuvre des mesures appropriées.

## 17.6.9 Responsabilité de gestion

Comme la plupart des détecteurs de métaux utilisés sont censés être installés aux points de contrôle essentiels, il en va de la responsabilité de la direction de s'assurer que l'ensemble du personnel surveille ces endroits en conséquence. Les opérateurs doivent avoir conscience de l'impact de leurs actions sur la gestion des points de contrôle et, à ce titre, tout acte répréhensible donnera lieu à des sanctions disciplinaires.

# Compréhension des applications exigeantes pour une meilleure détection des métaux

Dans l'industrie agroalimentaire, un phénomène appelé « effet de produit » se manifeste sur la plupart des produits inspectés. Le type de produit inspecté peut en effet affecter la capacité du détecteur à déceler les contaminants métalliques.

## 18

## Compréhension des applications exigeantes pour une meilleure détection des métaux

- 18.1 Explication de l'effet de produit
- 18.2 Facteurs influençant l'effet de produit
- 18.3 Qu'est-ce qu'un produit « sec » ?
- 18.4 Compenser l'effet de produit
- 18.5 Résumé

Pour d'autres systèmes d'inspection, les produits peuvent être désignés de façon différente, mais pour les systèmes de détection des métaux, ils sont classés en produits « humides » ou « secs ». Ce chapitre explique ce que signifient ces termes et pourquoi il convient de prendre en compte l'effet de produit pour sélectionner le détecteur de métaux adéquat.

Pour comprendre l'effet de produit, il faut rappeler comment fonctionne un détecteur de métaux. Voir détails au chapitre 1. La lecture approfondie de ce chapitre permet de comprendre comment se produit cet effet et quelle est son influence.

### 18.1 Explication de l'effet de produit

Les métaux ne sont pas les seuls matériaux capables de conduire l'électricité et de générer des champs magnétiques. De nombreux produits alimentaires ont les mêmes caractéristiques, même si elles sont moins marquées que pour les métaux.

L'eau saline, par exemple, est un assez bon conducteur d'électricité, mais présente une très faible perméabilité par rapport au fer. Si un produit riche en eau saline est soumis à un champ magnétique, les courants de Foucault se formeront dans le produit et produiront un champ magnétique (voir schéma 18.1).

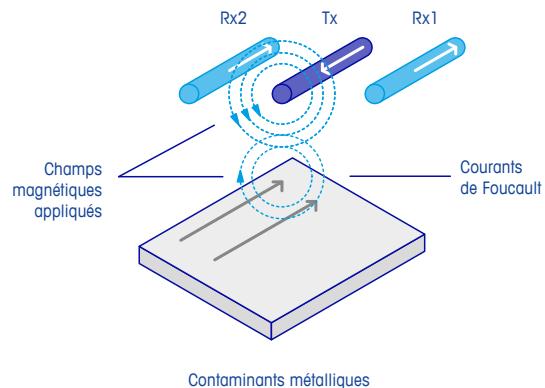


Schéma 18.1

La faible perméabilité de la solution saline tendra à affaiblir le champ magnétique, sans l'inhiber complètement. Ce champ magnétique est relativement faible par rapport à celui d'un volume de fer équivalent, et a donc un effet infime sur le champ magnétique dans l'ouverture.

Cependant, les détecteurs de métaux sont des instruments de précision destinés à détecter les contaminants de taille infime dans les produits de grande taille. Avec un produit riche en eau saline de taille suffisante, le champ magnétique produit serait assez important pour perturber le magnétisme de façon comparable à un contaminant métallique.

Dans les applications quotidiennes, les contaminants métalliques sont des centaines ou des milliers de fois plus petits que les produits inspectés. C'est en raison de cette différence de volume que le produit modifie le champ magnétique dans l'ouverture, comme le ferait un contaminant métallique.

Lorsqu'un produit est capable d'affecter un détecteur de métaux comme le ferait un contaminant métallique, on dit qu'il génère un « effet de produit ». De nombreux produits à teneur élevée en humidité génèrent un effet de produit important. Ils sont généralement appelés produits « humides ».

Les produits tels que la viande, le poulet et le poisson frais ont une teneur en eau et une conductivité assez élevées.

Ces produits sont plus susceptibles de produire un signal dans le détecteur de métaux, comme le ferait un contaminant métallique. Cet effet de produit complique la tâche du détecteur, qui doit différencier le produit des contaminants métalliques.

Les contaminants détectables dans les applications à effet de produit sont donc de taille plus importante que dans les produits « secs ». La sensibilité du détecteur varie également en fonction du type de contaminant métallique.

## 18.2 Facteurs influençant l'effet de produit

De nombreux facteurs modifient les caractéristiques d'un produit. Ces variations sont difficiles à contrôler sur une chaîne de production. Pour compenser ces variations, la sensibilité des détecteurs de métaux est souvent réduite, pour que la majorité des produits passent dans le détecteur sans déclencher de rejet par erreur. Cependant, cela suppose une réduction de la sensibilité globale du détecteur.

### 18.2.1 Variation de la teneur en humidité

Les teneurs en sel et en humidité peuvent fortement changer d'un paquet à l'autre. Par exemple, pour le bœuf, ces teneurs dépendent du morceau de coupe qui est inspecté. Les teneurs en sel et en humidité varient également d'un animal à l'autre.

Si le produit est mariné, la quantité de marinade et sa consistance ne sont pas toujours constantes. Ces facteurs peuvent également changer très rapidement la conductivité et la perméabilité du produit.

### 18.2.2 Température

La température du produit inspecté a une influence importante sur sa capacité à affecter le champ magnétique du détecteur.

Les changements de température affectent la conductivité du produit et modifient la formation de courants de Foucault ainsi que le champ magnétique en résultant.

Lorsque des produits congelés sont exposés à des températures plus élevées, de la condensation se forme sur la partie extérieure du produit, ce qui modifie son impact sur le champ magnétique. Si le produit se réchauffe davantage, il commencera à se décongeler.

La décongélation entraînera une hausse de la teneur en humidité, qui facilitera la conduction des courants de Foucault. La condensation en surface et la décongélation peuvent avoir un impact majeur sur la capacité d'un détecteur de métaux à maintenir sa sensibilité.

Cependant, la principale conséquence d'un changement de température n'est pas le renforcement du champ magnétique, mais la variation de l'angle de phase de la tension induite dans les bobines de réception.

Des écarts de température relativement faibles (par ex., 5 °C) entraîneront des modifications significatives dans le signal des produits traversant le détecteur.

### 18.2.3 Taille et forme des produits

Généralement, les produits conditionnés ont une forme unique qui génère un signal de produit constant, facilement interprété par le détecteur. D'autres produits, comme les poulets entiers, présentent des écarts importants en termes de taille, de forme et de poids. En général, les poulets de gros calibre génèrent un signal de produit plus important que les poulets de petite taille.

### 18.2.4 Position et orientation du produit passant dans le détecteur

Si la taille et la forme d'un poulet influencent le champ magnétique, il est facile de comprendre que son orientation dans le détecteur peut avoir un effet similaire. Si un poulet passe dans le détecteur dans le sens de la longueur (la tête vers l'avant), il semble bien plus petit pour le détecteur de métal que s'il est placé dans le sens de la largeur.

Sur la chaîne de production, il peut s'avérer difficile de contrôler l'orientation des produits comme les poulets frais. Il est fréquent que plusieurs poulets passent dans l'ouverture en même temps. Cela entraîne de fortes variations du signal de produit.

La position du produit sur le tapis convoyeur influe également sur la capacité de détection des contaminants métalliques. Le centre de l'ouverture est l'endroit où le champ magnétique du détecteur de métal est le plus faible.

Un produit qui passe par le centre de l'ouverture est ainsi exposé à un champ magnétique plus faible qu'un produit placé près des côtés de l'ouverture (où le champ magnétique est le plus fort). L'impact du produit sur le champ magnétique dépend donc de sa position dans l'ouverture.

## 18.2.5 Consistance et densité du produit

Les différents matériaux présentent des niveaux de perméabilité et de conductivité divers. Leur impact sur le champ magnétique au niveau de l'ouverture varie donc de façon significative. Le ratio des ingrédients (ou la teneur en os dans la viande) a également une influence sur la capacité du produit à être inspecté.

Cette irrégularité dans les produits inspectés constitue l'un des principaux défis pour inspecter les produits tels que les plats préparés. Un plateau contenant des pommes de terre écrasées, des saucisses et une sauce génère un signal de produit qui varie fortement, en fonction de la quantité et de la proportion d'ingrédients.

## 18.2.6 Matériau d'emballage

Aujourd'hui, différents matériaux d'emballage sont utilisés dans le secteur agroalimentaire. La plupart de ces matériaux ont un effet très limité sur la sensibilité du détecteur de métaux.

Les matériaux d'emballage comme les films métallisés peuvent cependant avoir une influence importante sur la sensibilité obtenue.

Le film métallisé est un matériau fabriqué en recouvrant des matériaux comme le polypropylène ou le polytéraphthalate d'éthylène d'une fine couche de métal, généralement de l'aluminium.

La fine couche d'aluminium (~0,5 µm) à la surface du film présente une perméabilité magnétique similaire à celle de l'air libre, mais affiche des niveaux de conductivité assez élevés (en fonction de l'épaisseur et de l'uniformité de la couche d'aluminium).

Cette conductivité permet la formation de courants de Foucault dans la fine couche d'aluminium, générant un magnétisme qui affecte le champ magnétique au niveau de l'ouverture du détecteur.

Les emballages à film métallisé peuvent donc rendre difficile la détection des contaminants métalliques à l'intérieur du produit. Dans ce cas, il est généralement recommandé d'inspecter les produits avant qu'ils ne soient recouverts d'un film.

L'utilisation largement répandue de détecteurs de métaux à boucle dans le secteur des produits à grignoter est un bon exemple de technique d'inspection adéquate pour les produits emballés en films métallisés.

Si cette technique d'inspection n'est pas disponible, il est possible d'inspecter le produit fini à l'aide des dernières technologies MSF de détection des métaux et d'obtenir de très hauts niveaux de sensibilité. Dans certains cas (lorsque le film métallique est fin), le niveau de sensibilité obtenu est pratiquement le même que pour les « produits secs » emballés dans du film plastique.

## 18.3 Qu'est-ce qu'un « produit sec » ?

Dans le détecteur à bobines équilibrées décrit ci-dessus, différents produits peuvent être passés à travers le détecteur sans provoquer de modification importante du champ magnétique. Par exemple, si un sachet de farine (conductivité et perméabilité très faibles) est passé dans le détecteur, il n'aurait pas d'impact significatif sur l'équilibrage du détecteur.

Ce type de produit est appelé « produit sec ». Le terme « sec » peut susciter la confusion, car certains produits secs présentent un effet de produit important, alors que certains produits humides se comportent comme des produits secs lors de l'inspection.

Les produits tels que la viande fraîche ont un effet de produit important, mais la viande congelée se comporte comme un produit sec. La principale raison est que la conductivité de l'eau gelée tombe presque à zéro, empêchant la formation de courants de Foucault et de champs magnétiques connexes.

## 18.4 Compenser l'effet de produit

Malgré les difficultés posées par l'effet de produit, un détecteur de métaux moderne bien conçu et doté des dernières technologies doit pouvoir réaliser des inspections très performantes, s'il est adapté à l'application.

### 18.4.1 Basse fréquence contre haute fréquence

Les détecteurs de métaux peuvent être conçus pour fonctionner à des fréquences diverses, entre 25 kHz et 1 MHz. Si un détecteur fonctionne à 1 MHz, le champ magnétique dans l'ouverture du détecteur de métaux change de polarité 1 000 000 fois par seconde.

Les courants de Foucault se forment dans un champ magnétique alternatif. La quantité de courant généré dépend de la force et de la fréquence du champ magnétique. Les courants de Foucault générés dans le produit sont bien plus élevés à une fréquence de 1 MHz qu'à une fréquence de 25 kHz.

À basse fréquence (ex. : 25 kHz), le champ magnétique généré dans l'ouverture est relativement élevé, mais les courants de Foucault et le champ magnétique générés dans le produit sont assez faibles. Le champ magnétique dans le produit a un effet très limité sur le champ magnétique très puissant de l'ouverture ; le signal de produit est donc relativement faible.

Le signal émis par le contaminant métallique est assez faible également. Sous ces basses fréquences, le bruit électrique et électromagnétique devient un facteur déterminant dans le niveau de sensibilité que le détecteur peut atteindre.

À très haute fréquence, la puissance maximum pouvant être atteinte dans la bobine de transmission est limitée. Le champ magnétique dans l'ouverture est ainsi bien inférieur que sous de basses fréquences.

L'amplitude des courants de Foucault dans le produit et dans le contaminant est cependant bien plus importante à haute fréquence, permettant la formation d'un champ magnétique plus puissant autour du produit.

Le signal de produit qui en résulte est relativement élevé par rapport au champ magnétique dans l'ouverture, ce qui rend le contaminant métallique difficile à détecter. À très haute fréquence (1 MHz), le détecteur de métal est facilement saturé par les applications à effet de produit élevé ; la sensibilité en est affectée.

Sur les détecteurs de métaux à technologie classique, il faut trouver un compromis entre l'effet de produit, la fréquence de fonctionnement maximale et la sensibilité du détecteur de métaux. Une règle simple s'applique : plus l'effet de produit est important (c.-à.-d., plus le produit est humide), plus la fréquence optimale et la sensibilité du détecteur sont réduites.

Cependant, avec la technologie MSF, cette règle ne s'applique plus car le détecteur de métaux fonctionne sur 2 fréquences simultanées ou plus, avec au moins l'une des fréquences fonctionnant en mode fréquence élevée.

À l'inverse, plus l'effet de produit est faible, plus la fréquence de fonctionnement et la sensibilité de détection sont élevées. Les produits secs présentant un faible effet de produit ont un impact très limité sur le détecteur de métaux à hautes fréquences. Le détecteur peut donc détecter facilement les contaminants métalliques de très petite taille.

## 18.4.2 Discrimination de phase

La fréquence de fonctionnement seule n'est pas suffisante pour compenser l'effet d'un produit. Des techniques supplémentaires sont requises pour permettre la détection de contaminants métalliques infimes.

La technique la plus fréquemment utilisée par les détecteurs de métaux fonctionnant avec une fréquence discrète unique est appelée « discrimination de phase ».

Cette technique permet de distinguer les différents signaux. Elle permet de réduire fortement le signal de produit et d'amplifier le signal des métaux. Pour appliquer cette technique, le détecteur « apprend » les caractéristiques ou la « phase » du signal de produit et génère une « enveloppe de discrimination » autour du signal de produit.

Ainsi, il ignore le signal de produit à l'intérieur de l'enveloppe et détecte les signaux à l'extérieur de l'enveloppe.

Cette technique est également appelée « filtre de phase » ou « contrôle de phase ». Sur les premiers détecteurs de métaux analogiques, la discrimination de phase était effectuée avec une technique assez simple qui permettait de définir un niveau de sensibilité de base.

À mesure que les détecteurs de métaux industriels ont évolué avec les techniques numériques, la discrimination de phase est devenue plus sophistiquée et les performances de sensibilité se sont améliorées.

Les détecteurs de métaux les plus sophistiqués sur le marché sont aujourd'hui équipés d'un processeur DSP (Digital Signal Processor) dédié qui effectue la discrimination de phase, associée à d'autres techniques avancées de traitement de signal. Ainsi, même les plus petits contaminants métalliques peuvent être détectés.

## 18.4.3 Détecteurs de métaux à multifréquence simultanée

Les détecteurs de métaux les plus sensibles du marché peuvent fonctionner avec plusieurs fréquences simultanées, grâce à la technologie MSF. Cette solution innovante permet de résoudre le problème de l'effet de produit.

Les nouveaux détecteurs MSF utilisent simultanément plusieurs combinaisons de hautes et basses fréquences. Les détecteurs les plus sophistiqués utilisent la technologie intégrée de suppression du signal de produit avec deux types de discrimination : la fréquence et la phase.

Ils ignorent ainsi les informations générées par l'association de fréquences faibles et élevées. Le signal de produit est alors supprimé de façon efficace, pour pouvoir détecter les contaminants les plus petits.

Cette technologie permet également de compenser les écarts de produits. Une fois le produit configuré sur un détecteur, la technologie de suppression de signal de produit est appliquée à chaque produit passant dans le détecteur.

Le système électronique intégré compense les écarts dans l'effet de produit pour chaque produit inspecté. La capacité du détecteur à repérer les petits contaminants métalliques augmente alors fortement.

L'ajustement électronique est tellement efficace qu'il est possible de compenser les écarts de plusieurs produits identiques passant simultanément dans le détecteur de métaux.

L'amélioration des performances de détection – des détecteurs de métaux classiques monofréquence aux détecteurs à multifréquence simultanée – permet de compenser 50 % de l'effet de produit ou des films métallisés.

Dans les applications plus exigeantes, le respect des standards de détection en usine peut s'avérer difficile en raison d'un ou plusieurs facteurs d'effet de produit indiqués dans ce livre blanc.

Pour respecter les critères de fabrication, il convient généralement d'augmenter les niveaux de sensibilité à un point où le réglage du détecteur devient instable et où le système rejette de bons produits (« rejets par erreur » ou « faux positifs »).

Les taux élevés de rejets par erreur peuvent être très coûteux pour une entreprise, à tel point qu'il faut faire des compromis ou des concessions sur les critères de détection en usine.

Grâce aux innovations de la MSF et de la suppression de signal de produit, les critères de détection en usine peuvent désormais être respectés voire dépassés en toute fiabilité, sans générer de coûteux rejets par erreur.

## 18.5. Résumé

Chaque produit inspecté par un détecteur de métaux a une influence sur la capacité du détecteur à déceler un contaminant métallique dans le produit. Cette influence est appelée « effet de produit ». Les produits générant un effet important sont généralement appelés « produits humides » ou « applications à effet de produit élevé ».

Les facteurs qui influencent l'inspection de produits humides ou à effet de produit élevé sont :

- teneur en humidité du produit ;
- température du produit ;
- taille et forme du produit ;
- position et orientation du produit traversant le détecteur ;
- consistance et densité du produit ;
- matériau d'emballage ;
- fréquence à laquelle le produit est inspecté.

Les produits dont l'effet de produit est très faible sont communément appelés « produits secs ». Ces produits peuvent être inspectés à des fréquences et des niveaux de sensibilité très élevés.

Les produits présentant un effet de produit élevé sont bien plus difficiles à inspecter. Le choix du détecteur de métaux et de son fournisseur est donc bien plus complexe.

Pour ces applications, les fabricants doivent consulter un fournisseur expert qui possède la technologie et le service d'assistance technique qui permettent de lever ces obstacles.

Un bon fournisseur de détecteur de métaux doit proposer une large gamme d'instruments adaptés à chaque application. Lorsque vous choisissez un détecteur, le fournisseur doit être soigneusement évalué.

Un fournisseur de détecteur de métaux compétent doit pouvoir offrir :

- une gamme complète de produits utilisant un large éventail de technologies avec une sensibilité optimale ;
- des détecteurs de métaux de haute qualité et de grande stabilité, avec une protection adaptée contre les champs électromagnétiques et autres interférences ;
- un réseau d'assistance fiable et couverture mondiale, pour réaliser des interventions sur chaque site d'installation ;
- une bonne compréhension des exigences pour créer un programme de détection des contaminants conforme aux normes de sécurité alimentaire les plus strictes ;
- des détecteurs de métaux faciles à régler et à utiliser ;
- des solutions de détection des métaux évolutives, pouvant s'adapter à la croissance de l'entreprise.

Pour faciliter le choix des utilisateurs en fonction des produits, les fournisseurs doivent proposer diverses gammes de produits adaptées à chaque exigence. Les détecteurs de métaux monofréquence ajustée conviennent pour l'inspection de produits secs et les détecteurs multifréquence simultanée conviennent pour tous les effets de produit et les applications à film métallisé.

Technologie	Sensibilité aux produits secs	Sensibilité aux produits complexes	Évolutivité
Détecteurs de métaux à monofréquence (fréquences ajustées faibles à moyennes)	Moyenne	Bonne	Faible
Détecteurs de métaux à monofréquence (fréquences ajustées élevées)	Excellent	Moyenne	Faible
Détecteur de métaux à 2 ou 3 fréquences fixes (fréquences ajustées faibles à moyennes)	Moyenne	Bonne	Bonne
Détecteur de métaux à 2 ou 3 fréquences fixes (fréquences ajustées faibles à moyennes)	Excellent	Bonne	Très bonne
Détecteur de métaux à fréquence variable (Non ajustée - large plage de fréquence)	Moyenne	Bonne	Excellent
Détecteur de métaux à double fréquence simultanée (fonctionnement discret)	Bonne	Très bonne	Excellent
Détecteur de métaux à multifréquence simultanée (technique de soustraction simultanée)	Bonne	Parfaitement	Excellent

Tableau 18a : Technologie de fréquence du détecteur de métaux et capacités d'inspection correspondantes

## Remarques

# Protection anti-explosion pour détecteurs de métaux

## Garantir la sécurité sur les applications à convoyeur et à chute par gravité

## 19

### Protection anti-explosion pour détecteurs de métaux

- 19.1** Mieux vaut prévenir que guérir
- 19.2** Protection anti-explosion
- 19.3** Miser sur la sécurité
- 19.4** Le choix de la sécurité
- 19.5** Un pari sûr sur toute la ligne
- 19.6** La sécurité avant tout
- 19.7** Vous avez pensé à tout ? Choisissez la sécurité !
- 19.8** Références

### 19.1 Mieux vaut prévenir que guérir

La protection et la sécurité constituent des aspects essentiels de la fabrication industrielle. Elles ne sont pas uniquement destinées à protéger la vie du personnel et à prévenir les blessures, mais visent également à éviter les pertes financières. Nous entendons souvent parler d'accidents en production, provoquant des dommages qui auraient facilement pu être évités. Les blessures corporelles ou les dommages matériels importants résultent très souvent d'un non-respect des mesures de sécurité, d'une mauvaise utilisation des machines ou tout simplement de la négligence.

Durant le développement de l'industrie moderne, les machines et les usines de production ont été conçues et construites pour être de plus en plus sûres. Les règles et réglementations ont toujours joué un rôle dans ce domaine et continueront de le faire, car elles fournissent les conditions-cadres pour les fabricants et les opérateurs, qui garantissent la sécurité et la protection dans le secteur industriel. Compte tenu de la complexité du paysage industriel et de son caractère de plus en plus international, il existe un grand nombre de réglementations de portée mondiale concernant la sécurité, qui touchent particulièrement les entreprises et fabricants opérant à l'échelle internationale. Ces réglementations peuvent avoir des principes similaires à la base, mais elles diffèrent au niveau de leur application. Dans tous les cas, cependant, elles doivent être respectées par chacun des acteurs concernés.

En production, les substances inflammables et les atmosphères potentiellement explosives représentent une source de danger importante dans les installations industrielles modernes. De nombreuses branches de l'industrie utilisent des substances inflammables telles que des gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, qui peuvent rapidement former un mélange explosif quand elles entrent en contact avec l'oxygène : un problème qui ne concerne pas uniquement les industries chimiques et pétrochimiques, loin de là. Même dans les installations de production apparemment non dangereuses, telles que la

production agroalimentaire, le risque d'explosion est présent : la poussière de farine, par exemple, peut s'enflammer lors de la fabrication du pain. Et lorsque vous utilisez des articles de toilette et des produits cosmétiques, avez-vous déjà pensé au fait que le remplissage des aérosols exige des mesures de protection particulières pour les employés et les machines, afin d'éliminer le risque d'explosion ?

Dans les zones de production présentant un risque d'explosion, le proverbe « mieux vaut prévenir que guérir » est devenu la règle à suivre. Le respect des réglementations, leur mise en pratique et la sensibilisation continue aux conditions adéquates de l'environnement de travail jouent un rôle important pour garantir la sécurité et la protection dans les zones de travail dangereuses. L'utilisation de détecteurs de métaux dans ces zones dangereuses requiert des industriels une connaissance approfondie des circonstances physiques ainsi qu'une vaste expertise, leur permettant de se conformer aux différentes réglementations internationales. Parallèlement, les opérateurs doivent connaître et faire respecter les exigences en matière d'emplacement et d'équipement stipulées dans ces réglementations et conditions.

Ce chapitre présente la protection anti-explosion relative aux détecteurs de métaux, afin de garantir un degré de sécurité optimal dans les environnements de fabrication.

Après tout, mieux vaut prévenir que guérir !

## 19.2 Protection anti-explosion

**Principes physiques et définitions** Les principes physiques établis, applicables dans ce document, sont basés sur des lois physiques qui ont, pour la plupart, été démontrées et définies empiriquement. Une explosion est définie comme une réaction chimique ou un procédé physique dans lesquels la température et la pression augmentent de façon significative dans un intervalle de temps court. Cela provoque une soudaine expansion du volume de gaz, qui libère d'énormes quantités d'énergie dans un espace confiné. Les explosions sont toujours déclenchées par les trois mêmes ingrédients (schéma 19.1) :

1. Une substance inflammable dans des proportions et concentrations requises
2. Une quantité d'oxygène suffisante dans l'air
3. Une source d'inflammation (effective)

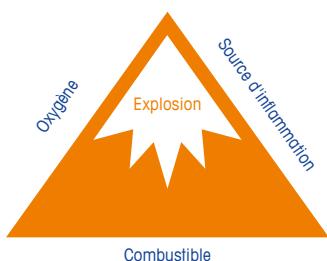


Schéma 19.1 : Le triangle de l'explosion

Cependant, cela ne signifie pas nécessairement qu'une explosion va se produire à chaque fois que ces trois ingrédients sont réunis. D'autres propriétés physiques et conditions nécessaires doivent être prises en compte (schéma 19.2). Par exemple, la concentration du mélange joue un rôle important. Si elle est trop élevée (riche) ou trop faible (pauvre), aucune combustion n'aura lieu, ou alors elle sera simplement fixe. La plage entre les points où le mélange est trop pauvre et celui où il est trop riche définit ce qu'on appelle la « zone d'explosivité », dans laquelle une réaction explosive peut se produire. Non seulement les gaz et vapeurs inflammables ont des limites supérieure et inférieure d'explosivité, mais les mélanges composés de différentes substances inflammables ont également leurs propres limites. Ces limites sont également affectées par la température et la pression ambiantes, ainsi que par la proportion d'oxygène contenu dans l'air.

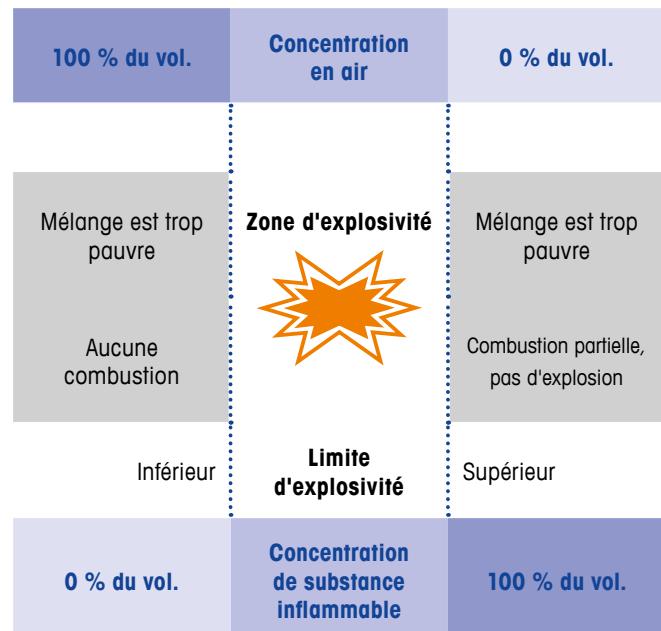


Schéma 19.2 : Illustration des seuils d'explosion

La source d'inflammation demeure le facteur décisif lorsqu'il s'agit d'enflammer des atmosphères potentiellement explosives et elle peut prendre une grande variété de formes. Les sources d'inflammation les plus rencontrées dans l'industrie sont :

- Les surfaces chaudes
- Les flammes et les gaz chauds
- Les étincelles d'origine mécanique
- Les étincelles d'origine électrique
- Les courants électriques vagabonds
- L'électricité statique
- Les foudroiements
- Les ondes électromagnétiques
- Les rayonnements ionisants
- Les ultrasons
- Les compressions adiabatiques et ondes de choc
- Les réactions exothermiques

## 19.2.1 Protection anti-explosion – Trois niveaux

Le triangle d'explosion constitue le point de départ pour déterminer comment éviter les explosions. Il stipule que pour déclencher une explosion, il doit y avoir présence d'oxygène dans l'air, une substance inflammable et une source d'inflammation. Cela signifie que nous devons trouver un moyen d'éliminer un ou plusieurs des composants du triangle d'explosion. Par exemple, en supprimant ou en remplaçant la substance inflammable. Ou encore, nous pouvons placer l'équipement dans un boîtier qui constitue un environnement antidiéflagrant pour la substance inflammable. Une autre option consiste à éliminer l'oxygène en le remplaçant par un gaz inerte, à savoir un gaz qui présente une faible réactivité, tel que l'azote. Une autre méthode utilisée couramment consiste à réduire l'énergie dans l'équipement, à un niveau tel qu'elle ne constitue plus une source d'inflammation. Cette approche se traduit par une procédure systématique de protection contre les explosions, constituée de trois niveaux qui se superposent.

## 19.2.2 Niveau 1 : Protection primaire contre les explosions

La protection anti-explosion primaire comprend toutes les mesures qui empêchent la formation d'une atmosphère potentiellement explosive. Cela peut inclure les moyens suivants :

- l'utilisation de substituts aux substances inflammables ;
- l'utilisation de gaz inertes ;
- l'utilisation de détecteurs de gaz
- la prévention de la formation des atmosphères explosives à l'aide de la ventilation, par exemple.

## 19.2.3 Niveau 2 : Protection secondaire contre les explosions

S'il est impossible d'empêcher complètement la formation d'atmosphères explosives, cette étape implique la mise en œuvre de mesures appropriées pour éviter l'inflammation de l'atmosphère potentiellement explosive. Cela peut inclure les moyens suivants :

- l'utilisation de matériaux appropriés, tels que l'acier inoxydable, afin d'éviter la formation d'étincelles ;
- la suppression de l'électricité statique, par exemple grâce à une mise à la terre appropriée et à l'emploi de matériaux conducteurs ;
- la suppression des surfaces chaudes.

## 19.2.4 Niveau 3 : Protection tertiaire contre les explosions

S'il est impossible d'empêcher complètement la formation d'atmosphères explosives et d'éviter l'inflammation de l'atmosphère potentiellement explosive, il est alors nécessaire d'introduire des mesures appropriées afin de réduire l'impact d'une explosion à un niveau non dangereux. Cela peut inclure les moyens suivants :

- l'encapsulage dans un boîtier antidiéflagrant ou résistant aux chocs de pression, qui assure la protection de l'environnement externe en cas d'explosion. L'avantage de cette méthode est de permettre d'utiliser l'équipement industriel standard ; seul le boîtier doit être adapté ;
- L'utilisation d'un équipement de décharge de pression : l'énergie de la flamme est libérée de façon contrôlée à travers une ouverture pour éviter l'inflammation de la zone ambiante avec le risque d'explosion à l'extérieur du boîtier ;
- l'utilisation d'un équipement spécial d'extinction pour supprimer les explosions.

Ces trois niveaux de mesures de protection constituent un système intégré qui définit également l'ordre d'application de ces mesures (voir schéma 19.3).

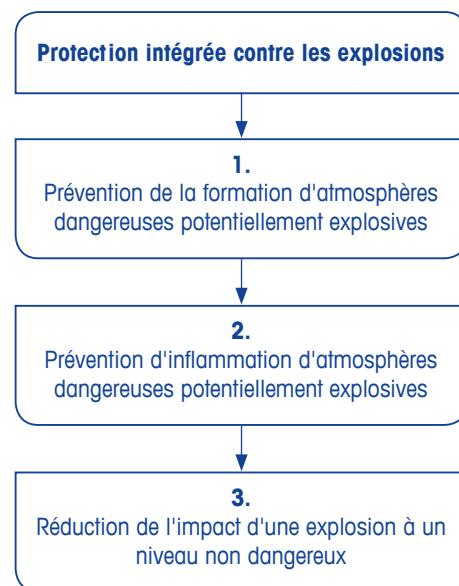


Schéma 19.3

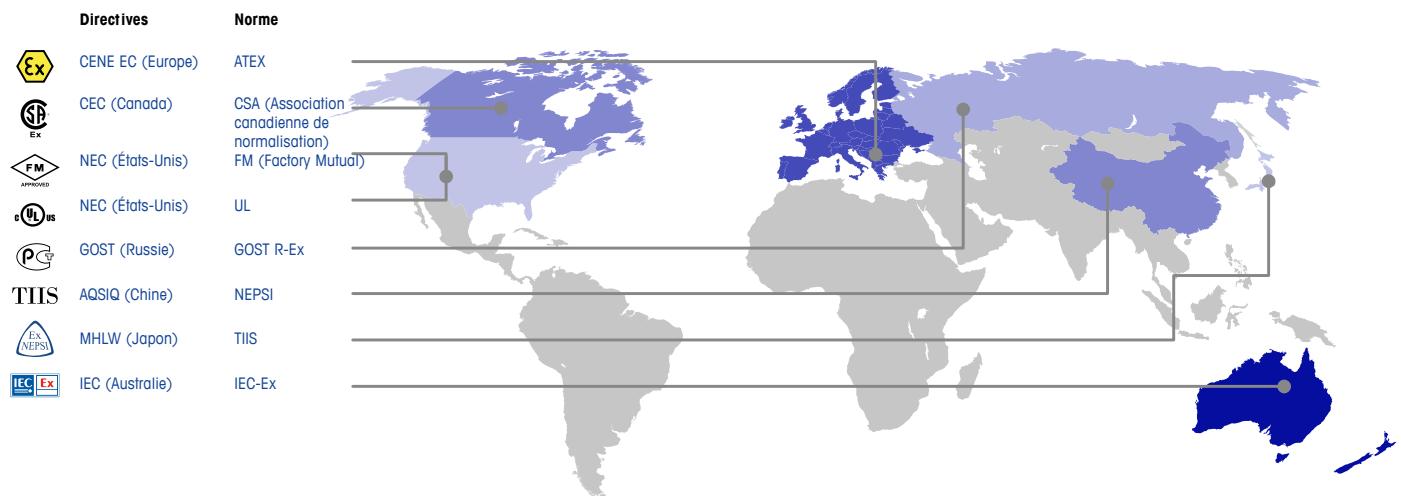


Schéma 19.4 : Les normes et réglementations diffèrent dans le monde entier.

## 19.3 La sécurité avant tout

En regardant le monde du point de vue de la protection anti-explosion, nous pouvons tout d'abord affirmer que chaque emplacement est, par sa nature même, soumis aux mêmes lois de la physique et de la chimie. Deuxièmement, nous avons développé des procédures techniques et des mesures de protection qui sont globalement similaires partout, mais contiennent des différences plus ou moins importantes.

Les normes et les réglementations obligatoires facilitent la libre circulation des marchandises, en définissant un cadre uniformément reconnu : cela couvre tout, des exigences de certification des produits jusqu'aux mesures de protection des employés qui travaillent avec les produits. Dans ce contexte mondial de libre circulation des biens, les autorités reconnues travaillent à l'élaboration de normes uniformisées, applicables à la fois à l'échelle nationale et internationale. Cependant, les développements historiques et propres à chaque pays ont fait que pour de nombreux domaines, y compris la protection antidéflagrante, il n'y a pas de norme mondiale correspondante en place. Mais ceci est en train de changer.

Les fabricants d'équipements destinés aux zones à risque d'explosion doivent par conséquent se conformer aux différentes réglementations régionales ou nationales applicables, dans le cas où leurs produits sont destinés à être commercialisés dans ces régions ou pays. Les fabricants qui opèrent dans le monde entier sont confrontés à différentes mesures de protection et obligations des opérateurs. Dans chaque pays, ils doivent connaître les règles en vigueur.

### 19.3.1 La jungle des relations entre normes et réglementations

Le principal acteur de la standardisation au cours des années passées a été l'organisme international de normalisation CEI. La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est la principale organisation pour les normes internationales régissant les technologies électriques, électroniques et connexes. Son objectif est d'harmoniser les nombreux règlements et normes dans le monde entier, et de supprimer les barrières commerciales impactant les produits liés les uns aux autres.



**Pour cette raison, la CEI a créé le système CEIEx.** Il définit un procédé déterminé pour tester et certifier les nouveaux produits et nomme les organismes habilités à effectuer ces tâches. En plus de cela, le système de certification a été étendu à la maintenance et la réparation des équipements antidéflagrants. Un troisième aspect du système CEIEx définit les compétences exigées des spécialistes qui travaillent dans les zones à risque d'explosion. La norme finale est CEI 60079 et ses sous-divisions, qui concerne les exigences pour les zones à risque d'explosion. Comme il n'existe pas de normalisation mondiale reconnue à l'heure actuelle, les réglementations nationales peuvent diverger de ces normes. Compte tenu de cela, il est nécessaire dans chaque cas, de vérifier dans quelle mesure les normes de la CEI peuvent être appliquées dans les différents pays concernés.



Schéma 19.5 : Mise en œuvre des directives européennes dans les réglementations nationales en prenant l'Allemagne comme exemple.

Quelles sont les bases légales actuellement en vigueur en Europe ? Dans les années 1970, le Conseil de la Communauté européenne a défini les bases de la libre circulation des équipements anti-déflagrants électriques et non électriques à l'intérieur de l'Union européenne. Les normes européennes correspondantes, développées par le CENELEC (Comité chargé de la normalisation européenne dans le domaine du génie électrique) et le CEN (responsable de la normalisation dans tous les autres domaines techniques), sont venues remplacer les normes nationales qui avaient été valables jusque-là. L'harmonisation des réglementations s'est poursuivie ; par exemple, l'organisme international de normalisation CEI a adopté les normes européennes pour les équipements électriques développées par le CENELEC, l'organisme européen de normalisation.

**Ex** Les années 1990 ont vu l'introduction de deux directives qui ont effectué l'harmonisation complète et également pris en compte tous les types d'équipement. La directive 94/9/CE (ATEX 95) réglemente les exigences concernant les propriétés des équipements et systèmes de protection anti-déflagrants, tandis que la directive 99/92/CE (ATEX 137) fournit les spécifications pour l'utilisation dans des zones à risque d'explosion, ainsi que des mesures visant à assurer la sécurité des personnes travaillant dans ces zones. Ces deux directives ont ensuite été implémentées au niveau national dans chaque pays. La directive 94/9/CE (ATEX 95) a été adoptée dans la législation nationale sans modification. En Allemagne, cette incorporation s'est concrétisée sous la forme de la réglementation de protection contre les explosions (ExVO). Par contre, la directive 99/92/CE (ATEX 137), avait la possibilité d'être étendue lors de son adoption dans la législation nationale. Cela a conduit à l'introduction de l'ordonnance sur la sécurité industrielle et la santé.

### 19.3.2 Contenu de la directive européenne 99/92/CE (ATEX 137)

Cette directive concerne les opérateurs travaillant sur des sites à risque d'explosion, et spécifie les tâches qui leur incombent. Conformément à la directive, le risque d'explosion d'une installation doit être évalué avant sa mise en service. Pour cela, les installations sont divisées en zones classées : des zones dans lesquelles des atmosphères potentiellement explosives peuvent apparaître. Toutes les mesures prises pour la protection des employés doivent être répertoriées et documentées dans un document spécial concernant la protection contre les explosions.

### 19.3.3 Contenu de la directive européenne 94/9/CE (ATEX 95)

Cette directive définit des exigences de sécurité de base pour les équipements et systèmes de protection utilisés dans les zones à risque d'explosion. Par exemple, les équipements sont répartis en catégories qui reflètent leurs niveaux de sécurité. Cela indique clairement les zones dans lesquelles il est possible d'utiliser un équipement sans qu'il constitue une d'inflammation potentielle. Des mesures de protection appropriées et mises en place par le fabricant (qui sont en fait des types de protection) ont pour rôle de garantir le maintien de cette sécurité.

La directive régit également les conditions auxquelles une partie d'équipement ou de système doit satisfaire pour être commercialisable en Europe. Cela signifie qu'elle stipule la manière dont une procédure d'évaluation de la conformité doit être structurée (en vue de l'approbation d'un équipement), en fonction de la catégorie de cet équipement. Dans certains cas, le fabricant a la possibilité d'effectuer et de documenter la procédure lui-même. Mais normalement, cependant, c'est un organisme notifié (tel que BSI - British Standards Institution, etc. au Royaume-Uni ou TÜV, Dekra, PTB, etc. en Allemagne) qui doit procéder à l'examen et à la certification de type CE. De plus, un équipement ne peut pas être mis sur le marché sans mode d'emploi ou sans marquage CE et Ex. Les marquages CE et Ex confirment que l'équipement est conforme à toutes les directives applicables de l'UE.

Bien que les principes de base de la protection anti-explosion soient les mêmes partout dans le monde, des systèmes différents avec des écarts par rapport aux spécifications de la CEI ont également été développés.

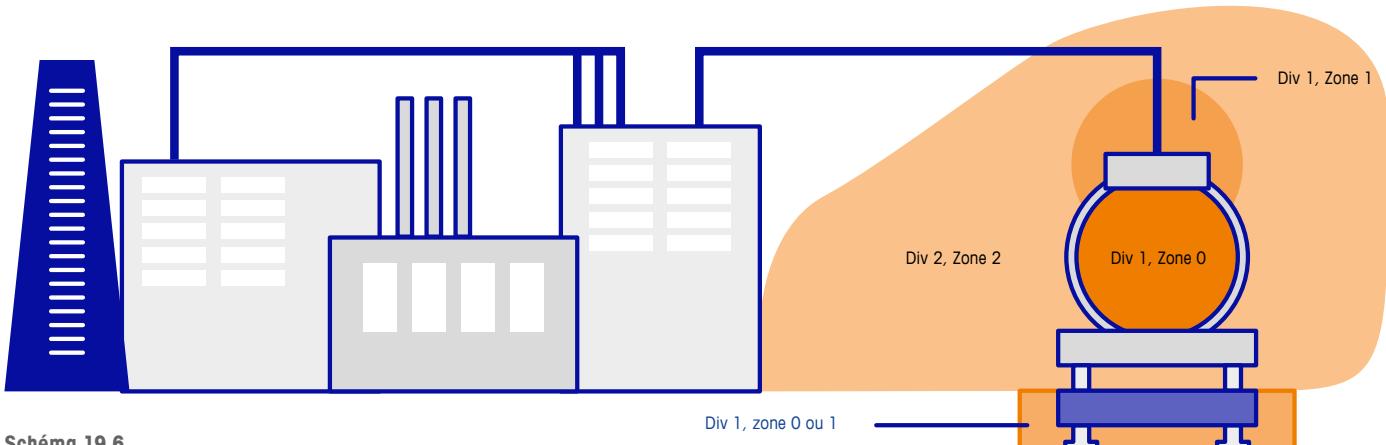


Schéma 19.6

**Classification de l'environnement présentant un risque d'explosion pour les matières de la classe I (gaz, vapeurs et liquides)**

	Matière inflammable présente en permanence, ou pendant de longues périodes	Matière inflammable présente souvent durant le fonctionnement normal	Matière inflammable présente uniquement durant le fonctionnement normal
<b>Système de zone NEC, Article 505</b>	Zone 0	Zone 1	Zone 2
<b>Système de zone NEC, Article 500</b>	Division 1		Division 2

Tableau 19a

### 19.3.4 États-Unis/Canada/Russie/Chine

 États-Unis/Canada. Aux États-Unis, toutes les réglementations relatives aux installations de fabrication présentant un risque d'explosion sont regroupées dans le manuel NEC (Code électrique national) ; au Canada, elles se trouvent dans le Code canadien de l'électricité (CCE). Elles sont comparables aux réglementations ATEX en Europe, bien qu'elles fassent référence à une série de normes additionnelles provenant d'autres institutions. Les directives ATEX ne sont pas reconnues aux États-Unis.

Bien que les réglementations de ces pays révèlent des différences par rapport au système CEI, elles indiquent également qu'il y a eu des tentatives d'harmonisation. Par exemple, les zones présentant un risque d'explosion au sein d'une entreprise étaient traditionnellement classées en divisions plutôt qu'en zones. Cependant, cela a changé au cours des années 90, lorsque le concept de zone CEI a été introduit au Canada et incorporé pour compléter le système existant aux États-Unis. Cela signifie qu'aux États-Unis, il demeure à la fois un système de zone et un système de divisions.

Aux États-Unis, les organisations comme l'Underwriters Laboratories Inc. (UL) ou la Factory Mutual Research Corporation (FM) établissent les normes en vigueur. Au Canada, en revanche, elles sont établies par l'Association canadienne de normalisation (CSA) ainsi que des organismes de normalisation et des organismes certifiés, comparables à PTB en Europe. Ils possèdent leurs propres méthodes de test pour démontrer la conformité avec les directives NEC et publient leurs propres documents d'approbation.



Russie. En 2001, une série de nouvelles normes a été introduite en Russie en vue de l'harmonisation avec les normes internationales de la CEI. Elles définissent non seulement les exigences de fabrication de l'équipement approprié, mais également la classification des zones à risque d'explosion, ainsi que les niveaux de protection requis dans ces zones. Il est encore clair, cependant, que les réglementations nationales s'écartent des normes internationales en de nombreux points.



Chine. Tout l'équipement utilisé dans les zones à risque d'explosion doit être testé et approuvé par un organisme national de contrôle et de certification (par exemple, NEPSI). C'est une contrainte légale en République populaire de Chine. Les normes nationales constituent la base de ces procédures de certification. Un processus d'harmonisation avec les normes nationales de la CEI et le code NEC américain est en cours depuis un certain temps ; mais il est encore loin d'être terminé.

Conclusion : de nombreuses normes appliquées dans le monde sont basées sur d'autres normes, mais le point essentiel est que ces normes sont semblables partout. En dépit de cela, il n'existe pas encore de normalisation globale uniforme. Par conséquent, les produits vendus dans différents pays ont aussi des certifications pour différents environnements à risque d'explosion. Par ailleurs, les symboles sur les étiquettes respectives diffèrent les uns des autres. De nombreux pays d'Asie du Sud-Est et d'Amérique latine ne possèdent pas de normes locales propres et acceptent par conséquent la certification ATEX ou FM.

## 19.4 Le choix de la sécurité

### Principes techniques

Les entreprises de fabrication dont les environnements peuvent présenter des atmosphères potentiellement explosives sont contraintes d'utiliser des équipements et matériaux qui peuvent être exploités en toute sécurité dans ces environnements. La directive et la norme applicables indiquent les critères qui s'appliquent dans chaque cas.

### Classification des zones

Les gaz (G)	Zone 0	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un mélange d'air et de gaz inflammables, vapeurs ou brouillards, est toujours ou souvent présente durant de longues périodes.
	Zone 1	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un mélange d'air et de gaz inflammables, vapeurs ou brouillards, est susceptible de se former de temps en temps dans les conditions normales de fonctionnement.
	Zone 2	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un mélange d'air et de gaz inflammables, vapeurs ou brouillards, ne se forme normalement pas, ou se forme seulement pendant de courtes périodes, en fonctionnement normal.
Les poussières (D)	Zone 20	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un nuage de poussières inflammables contenues dans l'air, est toujours ou souvent présente, ou présente durant de longues périodes.
	Zone 21	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un nuage de poussières inflammables contenues dans l'air, est susceptible de se former de temps en temps dans les conditions normales de fonctionnement.
	Zone 22	Zone dans laquelle une atmosphère dangereuse, potentiellement explosive sous la forme d'un nuage de poussières inflammables contenues dans l'air, ne se forme normalement pas, ou se forme seulement pendant de courtes périodes, en fonctionnement normal.

Tableau 19b : Vue d'ensemble des classifications de zones avec des définitions conformément à l'ordonnance sur la sécurité industrielle et la santé.

Le système sous-jacent impose à la société de procéder à une analyse de l'environnement et de le classer de telle sorte que l'équipement approprié puisse être utilisé dans ces conditions. Par exemple, la directive européenne 99/92/CE (ATEX 137) est une directive clé pour les entreprises allemandes (et par conséquent les membres de l'UE), qui est implantée au niveau national dans le cadre de l'ordonnance sur la sécurité industrielle et la santé. Conformément à cette directive, une « personne compétente » évalue les zones à risque d'explosion et les classes en zones définies. Pour permettre de mener à bien cette classification, la personne doit avoir une connaissance approfondie des substances inflammables, procédés et équipements impliqués. Le système basé sur les réglementations mentionnées ici se compose de trois zones différentes.

Les fabricants qui fournissent des équipements et matériaux pour les trois zones définies avec les dispositifs de protection correspondant sont également impliqués. Les spécifications pour l'Europe sont définies dans la directive 94/9/CE (ATEX 95), que les pays concernés étaient tenus d'incorporer dans leur droit national sans modification. En Allemagne, par exemple, cette incorporation s'est concrétisée sous la forme de la réglementation de protection contre les explosions. Elle définit la catégorie applicable à l'équipement, laquelle précise exactement les parties d'équipement qui peuvent être utilisées dans telle zone définie. Ces informations sont garanties par les procédés de certification et évaluations de conformité prescrits, qui doivent faire l'objet d'une documentation adaptée.

### 19.4.1 Principes techniques applicables actuellement

Du point de vue historique, la prévention des explosions s'est avérée nécessaire dans le domaine de l'exploitation minière (grisou), mais c'est l'industrialisation croissante qui a renforcé la nécessité de réglementer la protection anti-explosion. De même que l'industrie chimique, les secteurs de production présentant un risque élevé d'explosion ont été de plus en plus ajoutés à la liste, à côté des secteurs traditionnels de l'industrie, tels que les usines. Ceux-ci comprenaient l'industrie textile, l'industrie agroalimentaire et l'industrie du bois.

Il est probable que cette évolution historique soit à la base de notre système actuel de classification à deux niveaux. La directive européenne 99/92/CE (ATEX 137) et les directives CEI font toutes deux la distinction entre les deux principaux groupes d'équipements :

**Groupe I : équipements utilisés dans le forage minier**

**Groupe II : équipements utilisés dans les industries en surface (autres secteurs industriels)**

**Remarque :** Les détecteurs de métaux n'étant pas tous utilisés dans les mines souterraines, ce chapitre n'explique pas les mesures de protection applicables à ce secteur, mais se concentre exclusivement sur le groupe II.

Les directives et leur implantation présentent une autre distinction fondamentale, en différenciant les différents matériaux inflammables dans leurs classifications. Elles font généralement la différence entre :

- **Les gaz (G)**
- **poussières (D)**

**Définition des catégories d'équipement et des niveaux de protection de l'équipement (EPL)**

Classification des équipements pour utilisation dans des zones à risque d'explosion en Europe, en trois catégories pour les zones à risque d'explosion due au gaz (G) ou les zones contenant des poussières inflammables (D), selon la directive EU 94/9/CE (ATEX 95).	Classification des équipements pour utilisation dans des zones à risque d'explosion, en trois niveaux de protection pour les zones à risque d'explosion due au gaz (G) ou les zones contenant des poussières inflammables (D), selon la directive internationale CEI 60079-0.
<b>Catégorie 1 : 1G ou 1D</b> Niveau de sécurité très élevé. Sécurité assurée même en présence de défauts d'équipement rares. Deux mesures de protection indépendantes contre les explosions ; sécurité assurée même en présence de deux défauts survenant indépendamment l'un de l'autre.	<b>EPL Ga ou Da</b> Équipement avec un niveau de protection « très élevé », pour utilisation dans les zones à risque d'explosion ne présentant pas de risque d'inflammation en fonctionnement normal, ou en cas de défauts/dysfonctionnements prévisibles ou rares.
<b>Catégorie 2 : 2G ou 2D</b> Niveau de sécurité élevé. Sécurité assurée même en présence de défauts d'équipement se produisant fréquemment ou de façon prévisible. Sécurité assurée même en présence d'un défaut.	<b>EPL Gb ou Db</b> Équipement avec un niveau de protection « élevé », pour utilisation dans les zones à risque d'explosion ne présentant pas de risque d'inflammation en fonctionnement normal, ou en cas de défauts/dysfonctionnements prévisibles.
<b>Catégorie 3 : 3G ou 3D</b> Niveau de sécurité normal. Sécurité assurée en fonctionnement normal.	<b>EPL Gc ou Dc</b> Équipement avec un niveau de protection « étendu », pour utilisation dans les zones à risque d'explosion ne présentant pas de risque d'inflammation en fonctionnement normal, et qui possède des mesures de protection additionnelles garantissant l'absence de risque d'inflammation en cas de défaillances prévisibles de l'équipement.

Tableau 19c

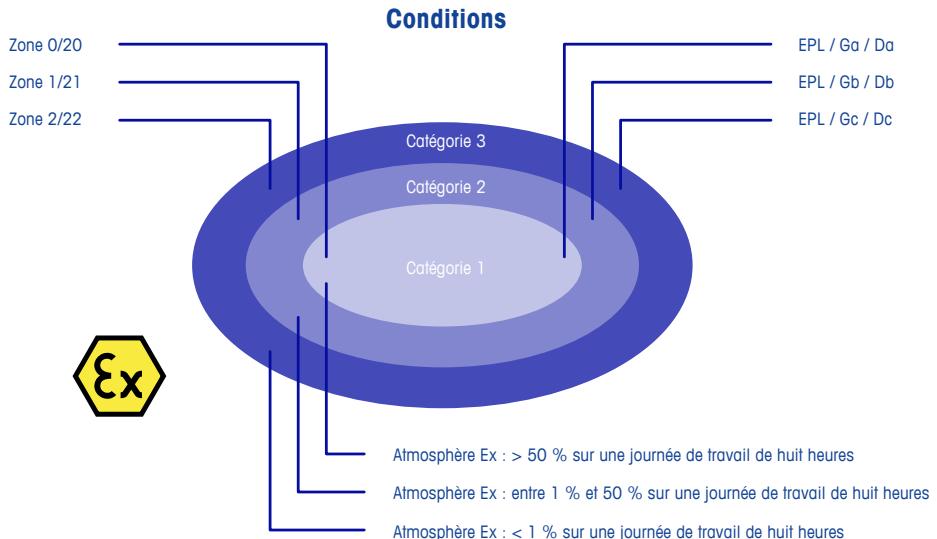


Schéma 19.7 : Relations entre les zones, les catégories et l'EPL

## 19.4.2 Classification de zone

Comme expliqué ci-dessus, les zones à risque d'explosion sont classées selon leur probabilité de produire des atmosphères potentiellement explosives. L'opérateur peut ensuite utiliser cette classification pour sélectionner l'équipement et le matériel adéquats. Ce système est défini à la fois dans l'ensemble des normes CEI 60079 et dans la directive européenne 99/92/CE (ATEX 137), ainsi que dans les implantations nationales dérivées. En Allemagne, cette implantation nationale s'est concrétisée sous la forme de la réglementation de protection contre les explosions.

Une personne ou un organisme compétent doit mener la procédure de classification des zones et l'évaluation du risque d'explosion lié, puis déterminer les mesures de protection nécessaires. L'équipement utilisé doit correspondre aux catégories d'équipement assignées, ainsi qu'aux niveaux de protection de l'équipement (EPL), comme défini dans la classification des zones.

Ces exigences concernant l'équipement sont classées selon les catégories européennes d'équipements sur la base de la directive EU 94/9/CE (ATEX 95) ; le niveau de protection de l'équipement (EPL), défini par la CEI, s'applique au niveau international. Les deux classifications peuvent être utilisées lors du marquage des équipements. Cette classification indique la probabilité d'inflammation, en tenant compte des atmosphères potentiellement explosives chargées en gaz ou en poussières.

## 19.4.3 Informations complémentaires sur les groupes de substances explosives (gaz et poussières)

Jusqu'à ce stade, les équipements anti-explosion ont été divisés en deux groupes : Groupe I (= utilisation souterraine, pour les travaux miniers avec risque de grisou) et Groupe II (= utilisation en surface, pour les zones à risque d'explosion en dehors des travaux miniers). Le groupe II, qui fait l'objet de ce livre blanc, fait une autre distinction en différenciant les zones à risque en raison de la présence de gaz, de vapeurs ou de brouillards, et celles à risque en raison de poussières. Les informations du schéma 19.8 indiquent les relations entre le groupe de substances explosives gaz/poussière et le type de protection nécessaire dans chaque cas.

## 19.4.4 Température d'inflammation et classes de température

« La température d'inflammation correspond à la température la plus basse d'une surface chauffée à laquelle une substance inflammable sous la forme d'un mélange gaz/air ou vapeur/air s'enflamme dans des conditions définies. » Les classes de températures du T1 à T6 ont été définies pour les gaz et les vapeurs inflammables comme un moyen de sécurité et de protection. Dans la pratique, cela signifie que la température maximale de surface d'un matériau doit toujours être inférieure à la température d'inflammation du mélange gaz/air ou vapeur/air.

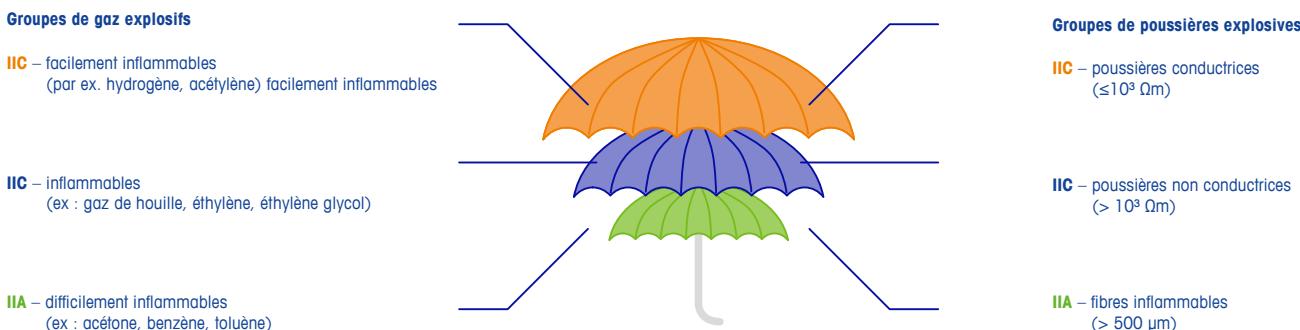


Schéma 19.8

### Classes de températures

Température d'inflammation des gaz et vapeurs en ° C	Classe de température	Température de surface maximale de l'équipement en ° C
> 450	T1	450
> 300 à 450	T2	300
> 200 à 300	T3	200
> 135 à 200	T4	135
> 100 à 135	T5	100
> 85 à 100	T6	85

Schéma 19.9 : Exemples de classification de gaz et de vapeurs dans des groupes de substances explosives et des classes de température

Groupe de substances explosives	Classes de températures					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	Ne concerne pas les détecteurs de métaux					
II A	Acétone Éthane Acétate d'éthyle Ammoniac Benzène (pur) Acide acétique Monoxyde de carbone Dioxyde de carbone Méthane Méthanol Propane Toluène	Éthanol Acétate d'i-amyle n-butane Alcool n-butylique	Benzène Carburant diesel Carburant pour avion Fioul domestique n-hexane	Acétaldéhyde Éther éthylique		
II B	Gaz de ville (gaz d'éclairage, gaz de houille)	Éthylène				Sulfure de carbone
II C	Hydrogène	Acétylène			Disulfure d'hydrogène	

Tableau 19d

#### 19.4.5 Types de protection dans le domaine de la détection des métaux

Pour empêcher l'inflammation d'une atmosphère potentiellement explosive, une mesure de protection consiste à éliminer la source d'inflammation en tant que déclencheur potentiel d'explosion. Cette mesure fait partie de la protection anti-explosion secondaire (voir page 5) et peut être implantée d'un grand nombre de façons. Les types de protection sont définis dans différentes normes internationales et européennes telles que CEI/EN 61241 (atmosphères chargées en poussières). Les exigences en matière de construction et de bâtiment pour les différents types de protection sont décrites dans les normes applicables, et le constructeur doit les respecter durant les phases de construction, fabrication et test. Chaque fabricant doit effectuer une évaluation des risques d'inflammabilité selon les dernières normes en vigueur : cette disposition est obligatoire indépendamment de la zone et de la catégorie concernées.

Les types de protection sont divisés en plusieurs niveaux pour les atmosphères chargées de poussières et aussi pour l'équipement électrique et mécanique. Différentes mesures de protection peuvent être utilisées pour prévenir une explosion, et cet aspect se reflète dans les différents types de protection. Des combinaisons de lettres spécifiques sont utilisées pour désigner les différents types et niveaux de protection. En règle générale, tous les types de protection présentent une sécurité équivalente.

Type de protection/désignation	Norme CEI, EN
Protection par enveloppe "t"	CEI 60079-31, EN 60079-31, IEC 61241-1, EN 61241-1

Tableau 19e : Types de protection pour l'équipement présent dans les zones présentant un risque d'explosion dû à la poussière.

## 19.4.6 Marquage « Ex »

Les différents équipements et systèmes de protection doivent, au minimum, porter les mentions suivantes (voir aussi 2014/34/UE). Ces informations doivent figurer clairement et de façon indélébile :

- Nom et adresse du fabricant
- Marquage CE
- Série et désignation du type
- Numéro de fabrication ou numéro de série, le cas échéant
- Année de fabrication
- Marquage spécial pour la prévention d'explosion en plus de celui du groupe et de la catégorie d'équipement pour le groupe II, la lettre « G » pour les zones contenant des gaz, vapeurs, brouillards ou mélanges d'air potentiellement explosifs et/ou la lettre « D » pour les zones dans lesquelles les poussières peuvent constituer des atmosphères explosives.
- Le cas échéant, toutes les informations nécessaires à une utilisation en toute sécurité doivent également figurer sur l'équipement.

**Important :** Les inscriptions sur un équipement anti-déflagrant doivent garantir son utilisation correcte en fonction de ses propriétés concernant la sécurité.

## 19.5 Un pari sûr sur toute la ligne

### Exigences propres aux détecteurs de métaux

Les fabricants de détecteurs de métaux antidéflagrants pour les applications alimentées par gravité doivent répondre à toute une gamme d'exigences en matière d'implémentation des mesures de protection appropriées à la classification de risque en question. Cela implique non seulement de respecter les directives légales, mais également de tenir compte de l'organisation des installations de fabrication pour l'environnement de production concerné.

En fonction des contraintes du client, il est possible que le détecteur de métaux soit utilisé exclusivement dans un environnement à risque d'explosion. De même, il se peut que seulement certaines parties soient affectées. Par exemple, l'IHM (interface homme-machine) peut demeurer en dehors de la zone, alors que les autres parties du détecteur de métaux sont à l'intérieur.

Les fabricants experts sont bien placés pour apporter la meilleure solution dans chaque cas afin de répondre aux exigences spécifiques, à la fois du point de vue technique et financier. Le grand nombre de composants clés d'un détecteur de métaux signifie que des mesures de protection éprouvées et testées, capables de résister à tous les défis, sont un must. En retour, un concept de sécurité intégrée pour la protection contre les explosions s'avère essentiel pour les fabricants. C'est le seul moyen d'assurer la protection de tous les modules afin qu'ils puissent faire face aux exigences de scénarios et réglementations pratiques.

## 19.6 La sécurité avant tout

Construction et utilisation d'équipements dans les zones à risque d'explosion.

Toutes les personnes impliquées doivent travailler ensemble pour assurer la sécurité dans les zones à risque d'explosion. De même que l'opérateur et le fabricant de l'équipement, le constructeur, l'autorité compétente et (le cas échéant) l'organisme notifié ont certaines obligations.

**Opérateur :** il est responsable de la sécurité de son équipement et doit par conséquent se conformer aux lois et normes nationales. Son principal devoir est d'évaluer le risque d'explosion dans l'installation et d'indiquer les zones. Ces dernières forment la base pour définir les mesures de protection à prendre et choisir l'équipement approprié. L'opérateur doit également veiller à ce que tous les employés se conforment aux mesures de protection et, si nécessaire, leur apporter une formation adéquate. En outre, il a la responsabilité de veiller à ce que l'équipement soit correctement installé et vérifié avant d'être mis en service. Une maintenance et des tests réguliers doivent être effectués pour garantir la sécurité de l'équipement. Si l'équipement est déplacé, son nouvel emplacement doit être contrôlé pour s'assurer qu'il est approprié aux dimensions de celui-ci.

**Constructeur :** les responsables de la construction ou de l'installation d'équipements en atmosphère potentiellement explosive doivent faire preuve de diligence pour se conformer aux exigences applicables. Les informations concernant l'opérateur suivant ainsi que les exigences légales fournissent un cadre pour assurer cette conformité. Dans le domaine des détecteurs de métaux, c'est le fabricant qui installe généralement l'équipement sur place ; cependant, l'installation peut également être effectuée par une entreprise extérieure ou par l'opérateur lui-même.

**Fabricant :** il a la responsabilité de garantir qu'une partie d'équipement est propre à être commercialisée comme prévu. Le fabricant doit donc se conformer aux lois et directives du pays en question, et effectuer les procédures de test et d'évaluation appropriées. Le fabricant doit également fournir les marquages et la documentation de l'équipement. En Europe, par exemple, l'équipement doit comporter les marquages CE et Ex, et être accompagné d'un mode d'emploi. Un système d'assurance de la qualité idoine doit être mis en place pour veiller à ce que chaque appareil soit produit en utilisant des méthodes de construction testées.

**Organisme notifié :** ce sont des organisations neutres et indépendantes dont la tâche principale est d'effectuer des évaluations de la conformité des produits destinés au libre-échange commercial, si cela est prévu pour le produit en question dans les directives applicables de l'Union Européenne. En Allemagne, ces organismes sont TÜV, Dekra et PTB.

### 19.6.1 Un mot sur l'approbation des produits pour les zones « Ex »

Selon les exigences, diverses approbations peuvent être nécessaires avant l'utilisation d'une partie d'équipement dans une zone Ex :

- Certification des installations de production du fabricant.
- Un certificat d'examen de type CE pour le produit au sein des états membres de l'UE, l'approbation ATEX. Pour la distribution mondiale : approbation CEIEx. Elle prouve que l'équipement répond à toutes les exigences de sécurité figurant dans les dispositions légales applicables.
- Déclaration de conformité. Grâce à elle, le fabricant déclare que le produit a été construit et mis sur le marché en conformité avec les exigences légales spécifiées. (Cat. 3G/D)
- Autres approbations possibles : bien que l'approbation ATEX soit suffisante pour un grand nombre de pays en dehors de l'UE, il existe cependant quelques exceptions. Pour des pays tels que la Russie ou les États-Unis, une certification nationale séparée est requise.

**Classification de l'atmosphère** (voir page 116)

		Désignation		
<b>Atmosphère chargée en poussières</b>		D	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>

**Classification des zones** (voir page 117)

Gaz	Pous-sières	Probabilité d'apparition d'une atmosphère potentiellement explosive	Désignation		
0	20	De façon permanente, pendant de longues périodes, fréquemment, de façon prédominante	Catégorie 1	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
1	21	Parfois en fonctionnement normal	Catégorie 2	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
2	22	Rarement, brièvement	Catégorie 3	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>

(joindre la fiche technique de sécurité le cas échéant)

**Les valeurs relatives à vos conditions de production**

Humidité relative de l'air [ % ]		%
Température ambiante [ °C ]		°C

**Marquage conforme à la norme 2014/34/UE :**



Tableau 19f

### 19.7 Vous avez pensé à tout ? Choisissez la sécurité !

Liste de contrôle relative à la protection anti-explosion pour les détecteurs de métaux (exemple : norme 2014/34/UE)

Un fabricant ne peut prendre la décision d'utiliser un détecteur de métaux donné dans une zone à risque d'explosion qu'à la suite d'un examen approfondi des exigences imposées par les conditions de production. Ce n'est pas toujours une tâche facile, du fait que certains facteurs sont soit supposés évidents soit ne sont pas connus du tout. En tant que client, la meilleure façon d'aider votre fournisseur est de déterminer les paramètres clés vous-même, avant de demander un devis ou de discuter de vos exigences. Cette approche doit normalement constituer les bases d'une planification réussie. Nous avons résumé les points les plus importants dans une liste de vérification.

## 19.8 Sites de référence

**Directive sur les fabricants ATEX 2014/34/UE**

<http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/documents/legislation/atex/>

**Marquage CE**

<http://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/>

**Protection internationale contre les explosions**

<http://www.iecex.com>

**Normes CEI**

<http://www.iec.ch>

**Normes**

<http://www.beuth.de>

**Normes DIN**

<http://www.global.ihs.com>

**Atmosphères explosives et ATEX**

<http://www.hse.gov.uk/fireandexplosion/atex.htm>

## Remarques

## Remarques

## Inspection de Produits



[www.mt.com/metaletection](http://www.mt.com/metaletection)

Pour plus d'informations

### Mettler-Toledo GmbH

CH-8606 Greifensee, Suisse

Tél. : +41-44-944 22 11

E-mail : [product.inspection@mt.com](mailto:product.inspection@mt.com)

Site Web : [www.mt.com/contact](http://www.mt.com/contact)

Sous réserve de modifications techniques

© 06/2016 Mettler-Toledo Safeline Limited

PI-MD-Guide-FR-GEN-112016