

TENEUR EN EAU DANS LA FABRICATION DU BEURRE

Optimisation des procédés grâce à la technologie micro-ondes



Introduction

Dans l'industrie laitière moderne, la précision n'est plus seulement un gage de qualité, mais un facteur économique clé. Cela est particulièrement vrai dans la production de beurre, où la teneur en humidité doit être soigneusement maîtrisée. Selon les conditions de production et les paramètres du procédé, cette teneur peut varier entre 15 % et 17 %. Dans l'Union européenne, la limite légale est fixée à 16 %. Si la teneur en humidité dépasse ce seuil, le produit ne peut pas être commercialisé. Afin d'éviter tout dépassement de la limite légale, de nombreux fabricants fixent volontairement une teneur en humidité cible plus basse, généralement comprise entre 15 % et 15,5 %. Toutefois, cette marge de sécurité réduit la rentabilité : même une légère diminution de la teneur en eau augmente la proportion de matières grasses dans le produit, entraînant des pertes financières. De plus, un taux d'humidité insuffisant peut altérer la qualité du beurre, réduire sa tartinabilité et entraîner une texture moins agréable.

Une mesure fiable et continue de l'humidité, directement au sein de la ligne de production, est essentielle. Seul un contrôle en temps réel permet de réguler automatiquement l'ajout d'eau, afin d'optimiser la fabrication du beurre, d'assurer une qualité constante et de maximiser l'efficacité du procédé.

Cette étude analyse l'application pratique du MicroPolar LB 566, un système de mesure par micro-ondes, conçu pour déterminer la teneur en humidité du beurre. Cette technologie innovante permet une mesure rapide, fiable et non destructive, directement sur la ligne de production (inline), et s'intègre parfaitement aux procédés industriels des laiteries. Grâce à la technologie micro-ondes, le MicroPolar

LB 566 assure un contrôle continu et en temps réel du taux d'eau dans le beurre, contribuant ainsi à l'optimisation du rendement, à la garantie d'une qualité produit constante et au respect strict des exigences réglementaires.

Principe de mesure

La technologie de transmission par micro-ondes est une méthode fiable et éprouvée permettant de déterminer rapidement la teneur en humidité des produits laitiers tels que le beurre. Le principe fondamental de cette technique repose sur l'interaction des ondes électromagnétiques avec les propriétés diélectriques du produit. Étant donné que le beurre est principalement composé de matière grasse et d'eau, cette méthode exploite la forte différence de comportement électrique entre l'eau et la matière grasse. L'eau possède une capacité bien plus élevée à absorber et à transmettre l'énergie électromagnétique que la matière grasse; ainsi, même de faibles variations de la teneur en humidité peuvent être détectées avec une grande précision.

Le MicroPolar LB 566 mesure à la fois le déphasage et les variations d'atténuation des micro-ondes transmises à travers le produit. En évaluant ces paramètres simultanément, le système est capable de quantifier la teneur en humidité en temps réel, de manière non destructive et avec une grande précision.

Le système fonctionne dans une plage de fréquences où la conductivité a un impact minimal sur la précision et la répétabilité des mesures. Il est également équipé d'un capteur spécialement conçu pour minimiser les effets des irrégularités de contact, garantissant ainsi des mesures stables et fiables.

Installation et principe de fonctionnement

Le MicroPolar LB 566 est conçu pour des applications en ligne, garantissant des mesures représentatives sur l'ensemble de la section transversale du flux produit. Sa conception robuste et sa technologie multifréquence permettent d'obtenir des mesures stables et fiables, indépendantes de la couleur, de la viscosité, de la composition hétérogène ou de la teneur en sel.

Pour garantir une mesure précise de l'humidité, une cellule de mesure FlowCell Berthold est intégrée directement dans la baratte à beurre. Certifiée EHEDG et compatible avec les protocoles CIP (Clean-in-Place), elle répond aux exigences strictes de l'industrie laitière. Sa structure est étudiée pour minimiser les réflexions et interférences électromagnétiques internes, maximisant ainsi la précision et la répétabilité des mesures. Un câble spécial alimentaire assure une connexion sécurisée et sans risque de contamination entre la FlowCell et l'électronique de traitement LB 566.

La conception FlowCell avec les antennes intégrées

permet une pénétration complète des micro-ondes dans le flux de beurre, cela garantit des mesures représentatives sur l'ensemble de la section transversale du produit. Cela permet d'obtenir des données fiables en temps réel pour un contrôle efficace du procédé. Le système peut être facilement installé sur des tuyauteries existantes avec un minimum de modifications. Son exploitation s'effectue directement sur site grâce à une interface conviviale, permettant une mise en service et un étalonnage simples et rapides.

Si les propriétés diélectriques des différentes variétés de beurre varient de manière significative, des courbes d'étalonnage distinctes peuvent être enregistrées pour chaque type. Le MicroPolar LB 566 peut stocker jusqu'à quatre courbes d'étalonnage distinctes. De plus, un nombre illimité de données d'étalonnage peuvent être téléchargés sur l'appareil via l'interface en série. Le système peut également basculer automatiquement sur la courbe d'étalonnage appropriée grâce à une simple commande numérique.



Figure 1
Contrôle qualité avec le LB 566
et une cellule de débit DN100
pendant la production de beurre
avant conditionnement.



Etude de cas

Afin d'établir une courbe d'étalonnage fiable, des mesures de référence ont été effectuées à l'aide d'un appareil de laboratoire standard (par exemple, la spectroscopie proche infrarouge) et comparées aux valeurs d'humidité obtenues avec le MicroPolar LB 566. L'étalonnage repose toujours sur l'analyse d'échantillons de beurre dont la teneur en humidité se situe dans la plage cible. Dans cette étude de cas, l'étalonnage a été effectué à la fois avec du beurre légèrement acidifié et du beurre doux.

Le graphique inférieur (figure 2) illustre la mesure continue de l'humidité pendant la prise d'échantillons. Les valeurs en bleu correspondent aux mesures en temps réel effectuées par le LB 566, tandis que les points colorés indiquent les valeurs de référence obtenues en laboratoire. La zone ombrée en bleu clair représente l'incertitude de mesure de $\pm 0,15\%$, dans laquelle se situent presque toutes les valeurs de référence, démontrant ainsi la grande stabilité des

mesures du système dans les conditions de production réelles.

Le graphique inférieur présente l'analyse de régression de l'étalonnage. Avec un coefficient de détermination élevé ($R^2 = 0,9867$), une excellente corrélation est démontrée entre les valeurs mesurées par le LB 566 et les données de référence du laboratoire. L'écart maximal n'est que de $\pm 0,12\%$, confirmant que le système répond pleinement aux exigences typiques de la mesure d'humidité en ligne dans l'industrie.

Il est à noter qu'aucun décalage significatif n'a été observé entre les caractéristiques de mesure des deux types de beurre. Les points d'étalonnage des deux variétés s'alignent sur la même ligne de régression, ce qui indique que les légères différences de pH n'ont pas d'impact significatif sur les résultats de mesure. Cette cohérence facilite grandement l'application du système sur des produits de qualités variées.

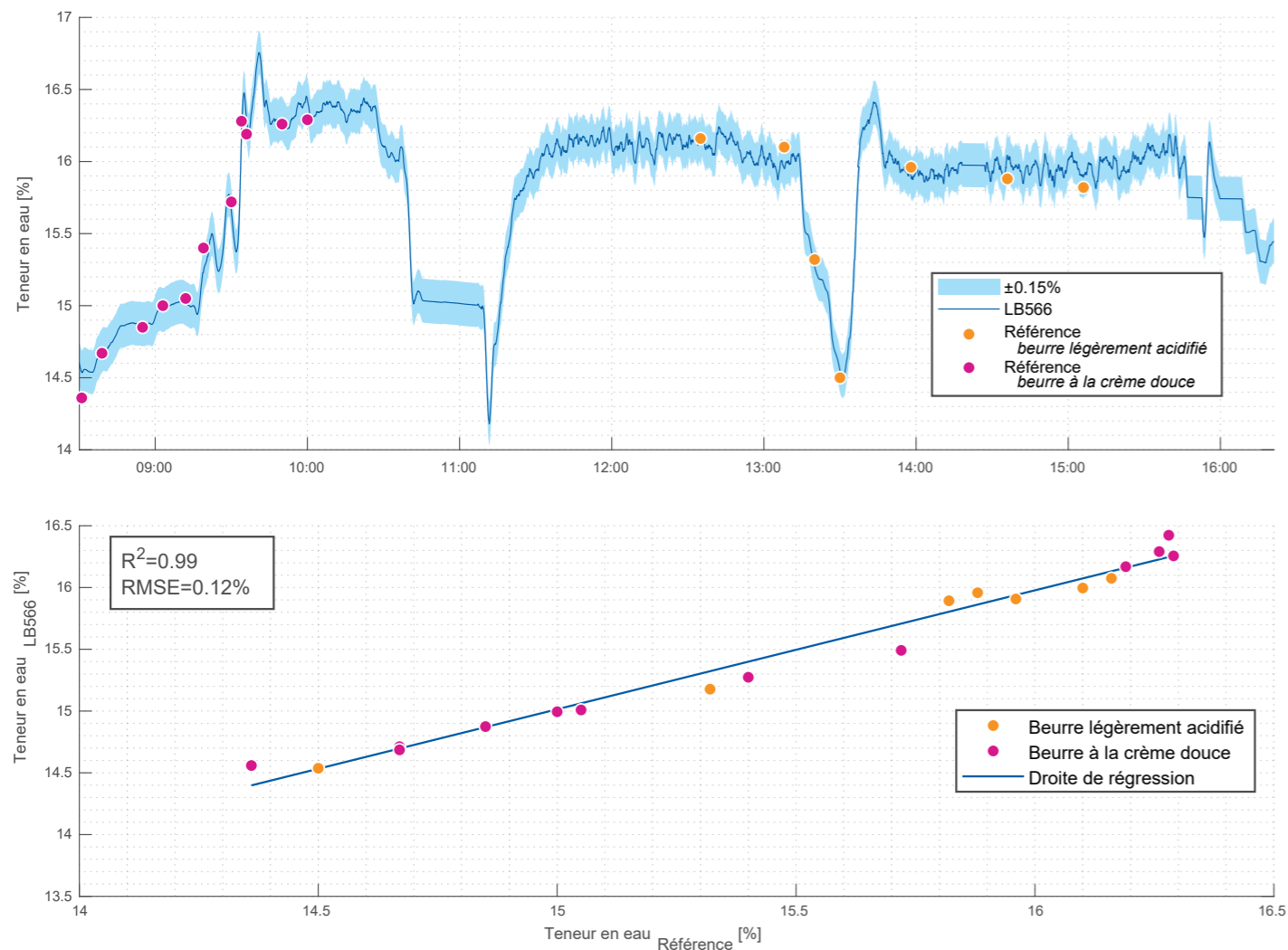


Figure 2 Résultats et analyse de l'étalonnage

Validation du LB 566 sur plusieurs semaines

Pour évaluer la stabilité à long terme et l'adéquation pratique, le système a été validé sur plusieurs semaines dans des conditions de production réelles. Pour la figure 3, les données de mesure de quatre jours sélectionnés au hasard ont été analysées. Les profils quotidiens intègrent différents lots de beurre, des pauses de production, des ajouts d'eau et des cycles de nettoyage.

Les courbes de mesure continues démontrent clairement que le MicroPolar LB 566 fournit des valeurs d'humidité stables et reproductibles, même sur de longues périodes. Tous les profils quotidiens enregistrés (voir figure 3) présentent une grande reproductibilité, malgré des interruptions intermédiaires du processus

ou des variations dans les caractéristiques du produit.

Résultat de l'étude :

Les valeurs de référence parallèles obtenues en laboratoire se situent presque entièrement dans la plage de tolérance définie par le système, de $\pm 0,15\%$. Cela démontre que l'étalonnage initial reste valable non seulement à court terme, mais également dans des conditions de production variables, sans nécessiter de recalibrage.

Il est à noter qu'aucune dérive significative ni erreur systématique n'a été observée sur plusieurs semaines. Ces résultats démontrent clairement la grande stabilité à long terme du système de mesure.

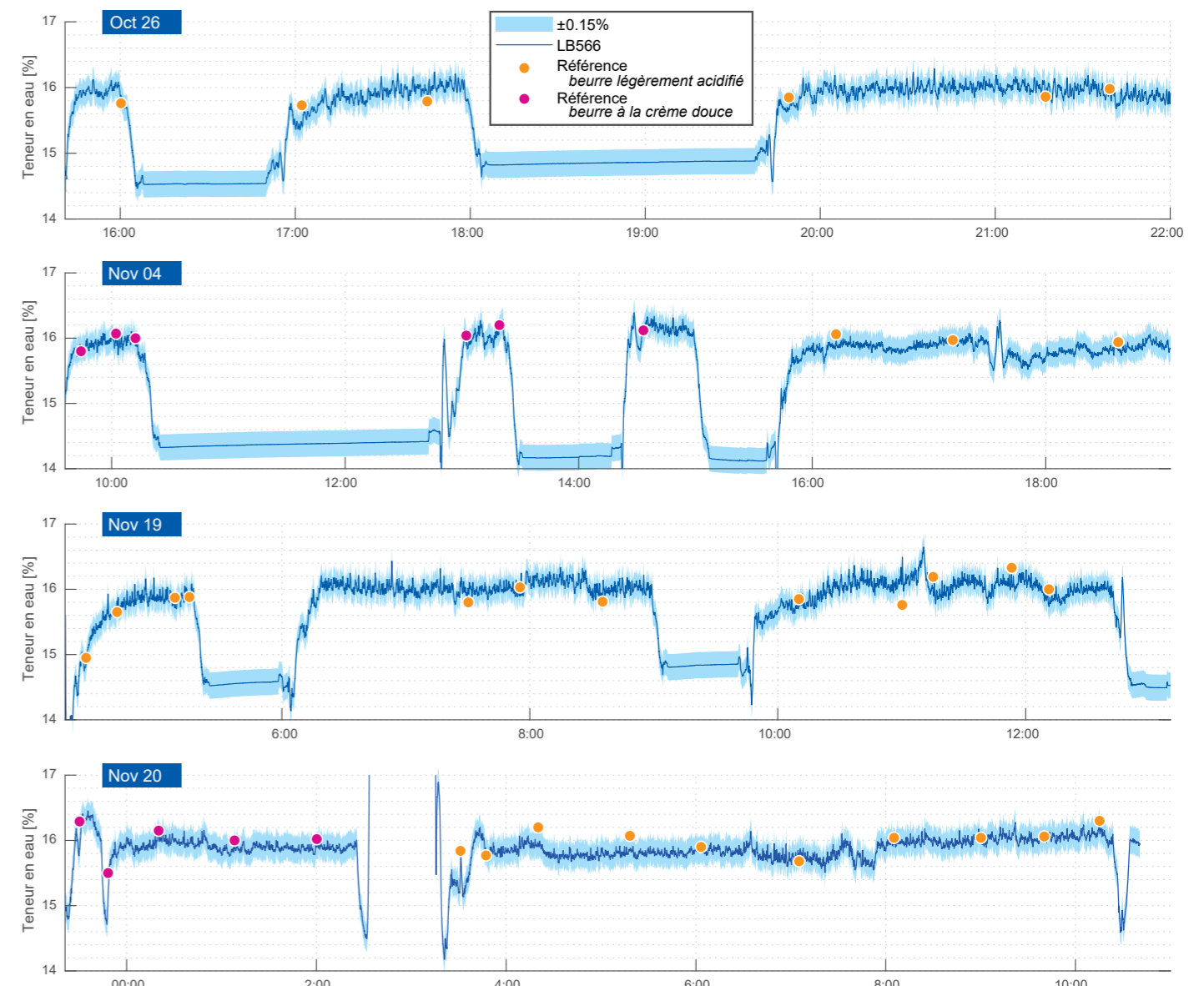


Figure 3 Résultats obtenus

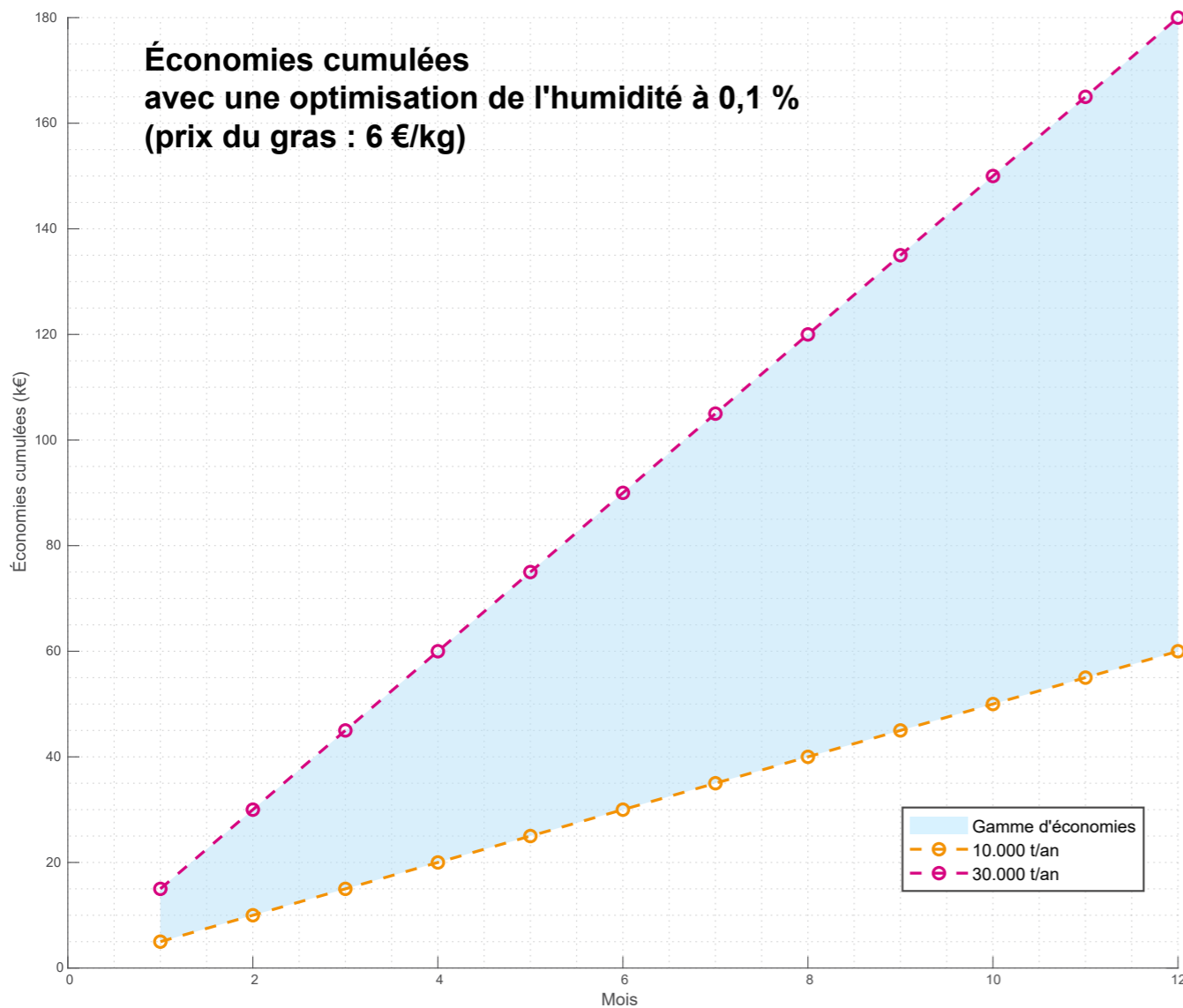
Considération économique

La figure 4 présente le potentiel d'économies cumulées obtenu grâce à une optimisation du taux d'humidité de 0,1 % (soit l'équivalent de 1 kg de matière grasse par tonne) sur la base d'un prix de la matière grasse fixé à 6 € par kilogramme. L'axe des ordonnées indique les économies réalisées en milliers d'euros sur une période de 12 mois. Deux niveaux de production sont pris en compte : une laiterie de taille moyenne traitant 10 000 tonnes par an et une installation de plus grande capacité produisant 30 000 tonnes par an. Même avec une production annuelle de 10 000 tonnes, le potentiel d'économies s'élève à environ 60 000 €. Pour une production de 30 000 tonnes, les

économies peuvent atteindre jusqu'à 180 000 €. Grâce à son excellent retour sur investissement, le système est généralement amorti en quelques mois seulement, y compris pour les laiteries de plus petite taille, souvent en moins de trois mois.

Ce graphique met en évidence un point essentiel : même un ajustement minime du taux d'humidité peut accroître significativement la marge contributive. Il souligne ainsi toute la valeur d'une mesure d'humidité précise et automatisée grâce au MicroPolar LB 566. De plus, le MicroPolar LB 566 se distingue par sa robustesse : nous garantissons une durée de vie de 15 ans dans des conditions normales d'utilisation.

Figure 4 Potentiel d'économies



Résumé des principaux avantages

L'utilisation du système micro-ondes Berthold LB 566 pour le contrôle de la teneur en eau dans la production de beurre offre de nombreux avantages clés. Il permet une surveillance continue du processus et une réaction

rapide lors des variations de qualité. Parallèlement, il garantit une utilisation optimale des ressources et un pilotage fiable du processus, assurant ainsi une qualité constante et une efficacité optimisée.

Figure 5 Résumé des principaux avantages



Auteurs

Rachid El Korch

Ingénieur recherche et développement pour les systèmes micro-ondes, Berthold Technologies GmbH & Co. KG

Hugo Balcazar

Chef de produit pour les systèmes micro-ondes, Berthold Technologies GmbH & Co. KG



L'EXPERT EN MESURE DES RAYONNEMENTS

Berthold Technologies est le pionnier de la mesure radiométrique en industrie. L'entreprise est spécialisée dans cette technologie depuis plus de 75 ans. L'image de Berthold Technologies est associée à son savoir-faire, à la qualité et la fiabilité de ses produits.

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

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

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

Berthold Technologies GmbH & Co. KG

Calmbacher Straße 22 · 75323 Bad Wildbad · Germany
+49 7081 1770 · industry@berthold.com · www.berthold.com

