

La surveillance de l'oxygène optimise la qualité et le goût de vos produits

1ère PARTIE : capteurs ampérométriques et optiques

Introduction

Oxygène : impensable pour la mise en bouteille et indispensable pour la fermentation.

L'oxygène est un véritable casse-tête pour les brasseurs. La moindre quantité introduite au mauvais moment entraîne l'oxydation. Et pourtant, l'oxygène est un élément essentiel du processus de fermentation. De la perte de matières premières et de la mauvaise affectation des ressources humaines aux boissons décevantes, il serait irresponsable de ne pas surveiller de près l'oxygène tout au long du processus de brassage. La bonne nouvelle est que l'utilisation d'outils adaptés de surveillance et de mesure de l'oxygène du début à la fin de ce processus permet de garantir un goût parfait et de conserver les boissons en rayon plus longtemps.

Fort d'une expérience de plus de 40 ans dans la mesure de l'oxygène pour l'industrie brassicole, Hach (avec la marque Orbisphere) bénéficie d'une place de choix pour l'évaluation des technologies ampérométrique et optique. Cette publication en deux volets se concentre sur les outils et méthodes de contrôle de l'oxygène, afin d'aider les brasseries à garantir la qualité de leurs produits, bien après la sortie des lots de leurs usines.^{1,2}

La 1ère PARTIE de cette série détaille les points essentiels lors de la sélection d'un capteur d'oxygène, notamment :

- Les effets de l'oxydation sur le processus de brassage
- Les capteurs ampérométriques et optiques d'oxygène
- Les facteurs ayant un impact sur la mesure de l'oxygène pendant le processus de fabrication

La seconde PARTIE couvre les sujets essentiels pour les opérations quotidiennes, ce qui inclut les points suivants :

- Zéro véritable pour les capteurs d'oxygène
- Dérive et stabilité des capteurs
- Etalonnage des capteurs
- Maintenance des capteurs

Sources d'oxydation

L'effet de l'oxygène lors des différentes phases de production de la bière, et par conséquent la nécessité de le maintenir à un niveau adéquat, ont été étudiés en détail dans d'autres documents.^{3,4} Une fois l'étape de fermentation terminée, il est essentiel d'éviter toute oxydation afin de préserver la qualité, le goût et les propriétés de conservation du produit fini.

Les panels d'experts savent reconnaître facilement les bières oxydées. Des changements notables ont lieu peu après l'emballage lorsque les niveaux d'oxygène dissous sont trop élevés. Ces changements se manifestent par l'instabilité des couleurs et du goût. Ils se traduisent notamment par un goût de « carton » ou « papier humide » caractéristique de l'oxydation liée à des niveaux élevés d'oxygène. Inversement, un traitement soigneux en usine permet de ramener les valeurs d'oxygène dissous en dessous d'un seuil de 20 µg/L dans les produits emballés. La durée de conservation est alors considérablement supérieure, ce qui démontre l'importance du contrôle des taux d'oxygène pendant la fabrication de la bière.

La contamination avec l'air se produit généralement lors du transfert de la bière filtrée. Après chaque transfert de réservoir ou filtrage, le niveau d'oxygène de la bière doit être contrôlé afin de s'assurer que les niveaux d'oxygène restent stables.

Il ne s'agit toutefois pas de la seule source de contamination par l'air et d'entrée d'oxygène. En effet, le vidage des conteneurs, des presse-étoupes ou des vannes de pompe non étanches ou encore des pompes de dosage pose également problème. En effectuant des contrôles tout au long du processus, il est possible d'identifier les sources de contamination à l'oxygène et de prendre les mesures nécessaires à temps.

Méthodes disponibles de contrôle de l'oxygène

Traditionnellement, les capteurs d'oxygène dissous (OD) utilisés par les brasseurs et autres industriels prenaient la forme de capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane. L'oxygène se diffuse à travers la membrane et le courant électrique généré par la réaction électrochimique est directement proportionnel à la pression partielle de l'oxygène dans l'échantillon. La constante de proportionnalité peut être calculée au moyen d'une procédure d'étalonnage adaptée utilisant l'air comme source de pression partielle connue de l'oxygène.

Les capteurs optiques d'oxygène se sont répandus au cours de la dernière décennie et comptent désormais parmi les plus utilisés dans les brasseries. Depuis l'introduction des capteurs optiques d'oxygène dans l'industrie des boissons, la détection optique de l'oxygène repose sur la mesure de la fluorescence d'un colorant/indicateur éclairé. Cette fluorescence est atténuée en présence d'oxygène et plus le taux d'oxygène est élevé, plus cette fluorescence disparaît rapidement. La concentration en oxygène est ensuite calculée en mesurant le temps d'atténuation de la fluorescence. Plus la concentration en oxygène est élevée, plus le temps d'atténuation est rapide. En modulant l'excitation, le temps d'atténuation est transformé en décalage de phase du signal de fluorescence modulé, qui est indépendant de l'intensité lumineuse et, par conséquent, n'est plus soumis à l'action du temps.

Pour les deux méthodes, la loi d'Henry (William Henry, chimiste - 1803) assure le lien entre la pression partielle et la concentration en oxygène dissous dans l'échantillon. La figure 1 illustre les différences fondamentales du comportement du signal brut par rapport à la teneur en oxygène pour les deux méthodes, ampérométrique et optique.

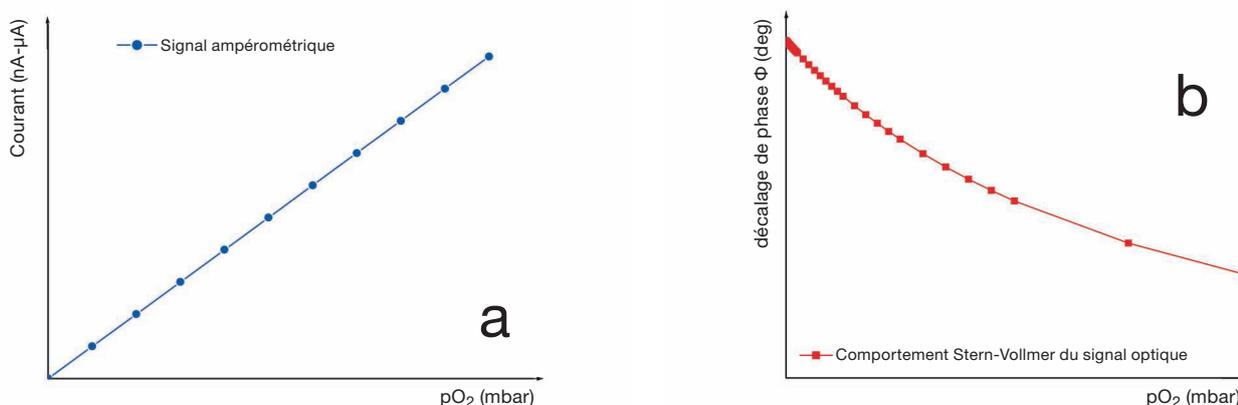


Figure 1 : différences de comportement du signal brut par rapport à la teneur en oxygène avec les deux capteurs

Impact du processus de fabrication sur les mesures

La technologie ampérométrique consomme l'oxygène qui est mesuré et, par conséquent, nécessite un débit minimum pour fonctionner avec précision. Ce n'est généralement pas un problème pour la bière, dans la mesure où les débits sont le plus souvent élevés. Cependant, lorsque la ligne de production est arrêtée, l'absence de débit et par conséquent de consommation d'oxygène débouche généralement sur des mesures faibles. Les capteurs ampérométriques standard sont adaptés aux pressions généralement présentes sur les lignes de production, mais toute fluctuation du débit ou de la pression risque de faire vibrer leur membrane et de parasiter le signal mesuré. Les chocs de pression liés à l'ouverture et la fermeture des vannes peuvent générer des pics sur le signal d'oxygène dont la durée dépend de la conception du capteur.

Les effets du manque de débit, de sa variation et des changements brutaux de pression sont illustrés par la figure 2. Dans la figure 2a, les pics dus à l'ouverture d'une vanne de remplissage sont observables, tandis que la figure 2b illustre la réduction des mesures ampérométriques dans le temps en cas d'absence de débit.

Même si les capteurs optiques ne nécessitent aucun débit particulier pour donner une mesure précise, un débit minimal est indispensable pour renouveler le contenu en oxygène sur place et fournir un échantillonnage représentatif. La pression statique et les changements de pression n'ont aucun effet sur la mesure, contrairement aux capteurs ampérométriques.

La figure 2a illustre l'absence de tout effet de pression sur la mesure en cas d'ouverture d'une vanne ou d'arrêt de la ligne de production. La figure 2 démontre également la précision de la mesure d'oxygène par rapport au capteur ampérométrique Orbisphere. Sur un échantillon de bière basse fermentation (lager) avec un contenu en oxygène d'environ 2 ppb, les deux capteurs ont un écart inférieur à 1 ppb (figure 2a). Sur les mélanges bières/sirop avec un contenu en oxygène de 135 ppb, les deux mesures ont un écart inférieur à 3 ppb (figure 2b). Avec des écarts aussi faibles par rapport au capteur Orbisphere A1100, le capteur Orbisphere M1100 offre les avantages d'un capteur optique.

La figure 2b illustre la mesure précise et continue en l'absence de débit. Lorsque les capteurs ampérométriques sont exposés à une forte teneur en oxygène et une température élevée, notamment lors du nettoyage en place (CIP - Cleaning In Place), ceci risque de réduire les intervalles de maintenance. Cependant, ces effets peuvent être minimisés en plaçant le capteur en position de veille lorsque la température est trop élevée.

Les capteurs optiques sont également compatibles CIP, cependant l'exposition à de fortes teneurs en oxygène et des températures élevées sont les principales causes de dérive, ce qui nécessite des étalonnages plus fréquents. Concernant le capteur ampérométrique, une configuration système appropriée peut le protéger en l'arrêtant en cas de température élevée.

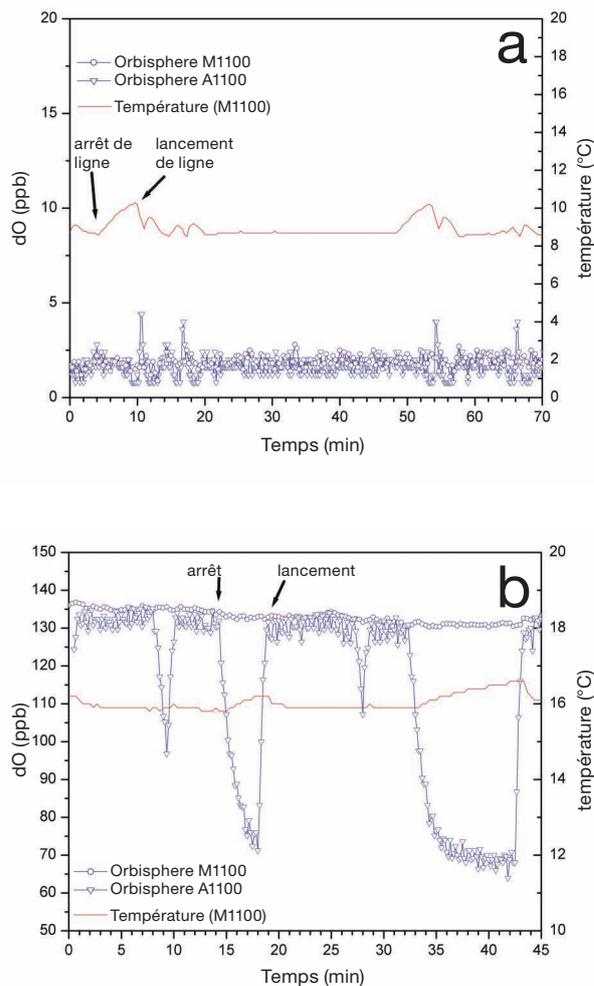


Figure 2 : effets du manque de débit, de sa variation et des changements brutaux de pression.

Conclusion

Le M1100 est précis et efficace, ce qui permet aux brasseurs de maintenir en toute confiance des taux d'oxygène faibles et contrôler l'oxydation de la bière tout en assurant la stabilité de son goût. La technologie optique robuste, sans membrane ou électrolyte du capteur M1100 le rend très résistant aux fluctuations rapides de processus et de débit, réduisant et simplifiant également la maintenance. Ceci vient s'ajouter à une meilleure disponibilité de la production et la réduction du coût total de possession.

Le capteur ampérométrique A1100 offre la meilleure limite de détection ($\pm 0,1$ ppb), ainsi que la méthode d'étalonnage la plus simple (point unique dans l'air) et représente par conséquent une solution idéale pour les applications en rapport avec l'eau nécessitant une précision élevée. Cependant, le capteur optique Orbisphere M1100 est la meilleure solution pour faire face aux impératifs de temps de réponse, de fiabilité, de faible maintenance et d'étalonnage des brasseurs, et représente par conséquent la solution la plus économique pour contrôler avec précision l'oxygène présent dans la bière.



Capteur optique Orbisphere M1100 pour la mesure de l'oxygène dissous



Capteur ampérométrique Orbisphere A1100 pour la mesure de l'oxygène dissous

Références

1. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., PowerPlant Chemistry 2006, 8(10), p.603
2. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., Haller M., Weber C., PowerPlant Chemistry 2007, 9(9), 518
3. Klein C., Dunand F.A.; Brewing and Beverage Industry International, 2008, N° 1, 22.
4. O'Rourke T.; The Brewer International, 2002, March, 45.