

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

Contrôle ultrasonore du processus de la fermentation du yaourt

Driss Izbaim¹, Bouazza Faiz¹, Ali Moudden^{1,2}, Naima Taifi³, Idris Aboudaoud¹

¹Laboratoire de Métrologie et Traitement de l'Information, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, BP 8106 Dakhla, Agadir - Maroc
dizbaim@gmail.com

²Ecole supérieure de technologie, Université Ibn Zohr, Agadir

³Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida

Généralement, le pH-mètre est l'outil expérimental utilisé pour déterminer l'état d'avancement de la fermentation du yaourt en mesurant son acidité. Toutefois, cette méthode n'est pas pratique, vu qu'elle n'est pas rapide et qu'elle demande une expertise. Dans cette étude, nous avons contrôlé la fermentation du lait dans production du yaourt par une technique ultrasonore. Le changement du pH pendant la fermentation du yaourt est évalué et comparé avec des mesures ultrasonores. Les variations de l'amplitude des ondes ultrasonores illustrent plus clairement la signature d'évolution du yaourt. Les expériences montrent que les mesures d'analyse telles que le pH ou d'acidité pourraient être remplacé par cette technique ultrasonore.

1 Introduction

Le yaourt est produit par une fermentation lactique en ajoutant des bactéries lactées au lait. Cela implique la production de l'acide lactique par la décomposition du glucose pendant la fermentation (Liu, 2003). La coagulation du lait est induite par la solidification des protéines dans le lait par cet acide.

La qualité du yaourt peut être examinée à partir de différents aspects en utilisant des méthodes différentes permettant l'analyse de ses caractéristiques chimiques, physiques, microbiologiques et nutritives (Tamime et Robinson, 2000). Conventionnellement, l'acidité du yaourt est mesurée par un pH-mètre pour déterminer le progrès de la fermentation. Cependant, le pH-mètre doit être nettoyé et étalonné à chaque mesure et, par conséquent, cette méthode n'est pas pratique. À cet égard, les techniques ultrasonores sont rapide, non-invasive et peu coûteuses.

Bien que l'application des techniques ultrasonores pour l'analyse et la caractérisation de différents processus soit bien placée (McClements, 1997 ; Benedito et al., 2002), des instruments analytiques pour la biochimie et la microbiologie basée sur les ultrasons ne sont pas souvent utilisés. Cependant, ces techniques peuvent donner un aspect nouvel aux processus biochimiques malgré les caractéristiques spéciales exigées. La mesure des paramètres ultrasoniques tel que l'amplitude et le temps-de-voil des échos rétrodiffusés par un milieu donné peut fournir des informations sur les variations ayant lieu en fonction du temps.

Le processus de la fermentation dans l'industrie laitière s'arrête lorsque le pH égale à la valeur 4,6. L'objectif de ce travail est de détecter l'instant où pH=4,6 et de caractériser la fermentation du yaourt en se basant sur la détection de l'amplitude et le temps-de-voil des ultrasons. Les caractéristiques principales de ce dispositif ultrasonique sont analysées et quelques mesures et résultats préliminaires sont montrés.

2 Matériels et méthodes

Le montage expérimental (Figure 1) utilisé pour les expériences consiste en un capteur ultrasonique (5 Mhz, 0.5 Crystal diametre, A309S-SU Model, Panametrics, Olympus) attaché à un récipient cubique (50 x 50 x 50 millimètres) où l'échantillon du lait a été placé. Le récipient a été introduit dans un bain dont la température est contrôlée pour maintenir la température du lait. Le capteur est connecté à un générateur d'impulsions (Sofranel Model 5073PR, Sofranel Instruments) qui envoie le signal électrique à l'oscilloscope de stockage numérique (LeCroy 9310M, LeCroy Cor).

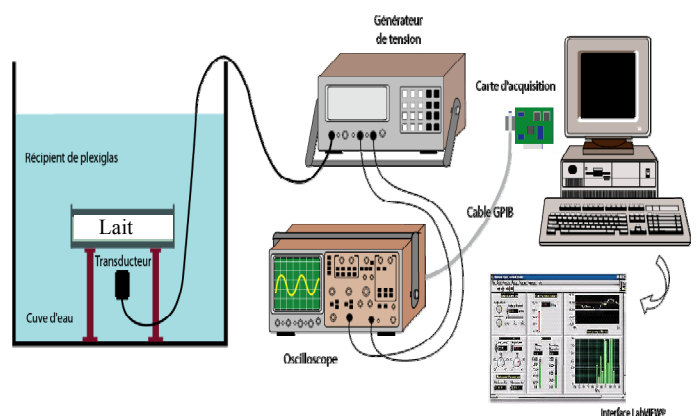


Figure 1 : Montage expérimentale

Les ondes ultrasonores se propagent dans l'eau avant de percuter le récipient et ensuite traverser le lait pour enfin avoir l'écho A2, qui représente l'énergie réfléchie par la plaque de verre (Figure 2). La figure 3 montre le signal temporel capturé par l'oscilloscope et qui illustre tous les échos réfléchis par les différentes interfaces.

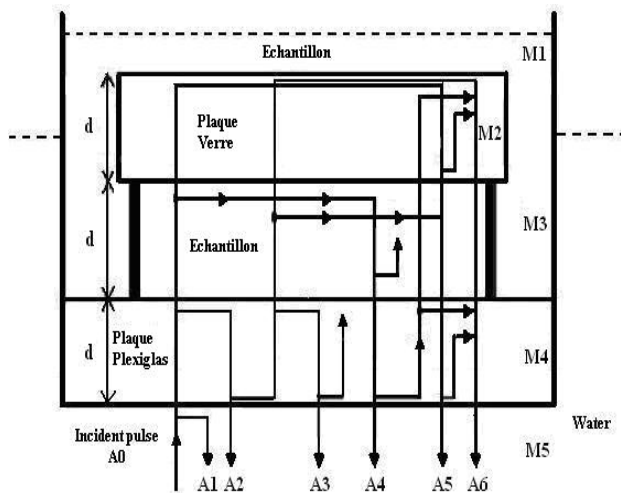


Figure 2 : Schématisation des échos réfléchis par l'échantillon

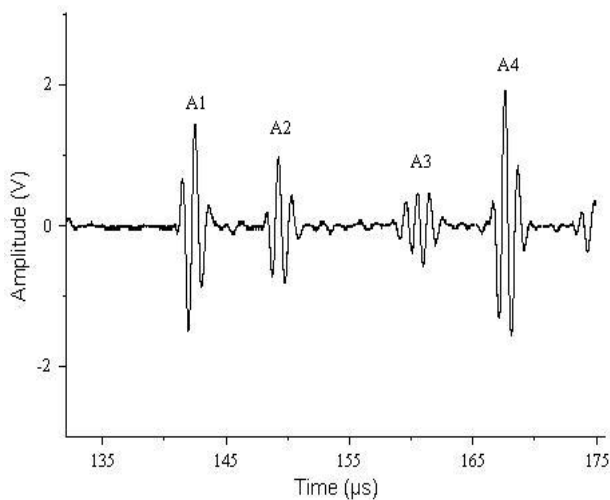


Figure 3 : Signal temporel capturé en utilisant un capteur de 10 MHz

3 Résultats et discussion

Nous commençons le contrôle par l'acquisition des signaux figurés sur l'écran de l'oscilloscope et cela en réalisant une application sous le langage de programmation LabVIEW. Le programme réalisé permet de spécifier le nombre d'acquisitions voulu durant l'expérience et le temps séparant chacune de l'autre. Ce programme capte à chaque fois 50 signaux et réalise un moyennage pour neutraliser les signaux parasites. Le signal résultant représente pour l'utilisateur une seule acquisition (Figure 4).

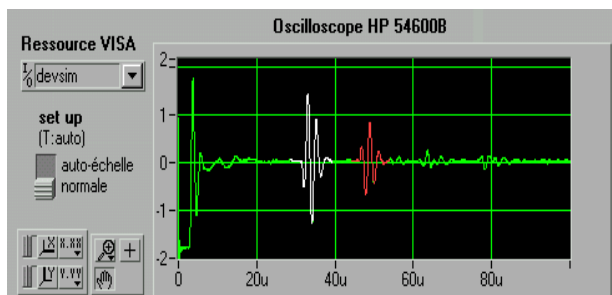


Figure 4 : Signal temporel capturé à partir de l'oscilloscope

Ensuite, l'utilisateur possède la possibilité de choisir la première fois l'écho manuellement qui prendra une couleur différente par la suite. Le premier écho (en Blanc) représente l'énergie retournée par l'interface Plexiglas/Lait et le deuxième (en Rouge) représente celle de l'interface Lait/Plexiglas. Le programme sépare alors l'écho par une fenêtre temporelle en prenant seulement l'écho A2, et rendre nul tout ce qui est à l'extérieur de la fenêtre (Figure 5).

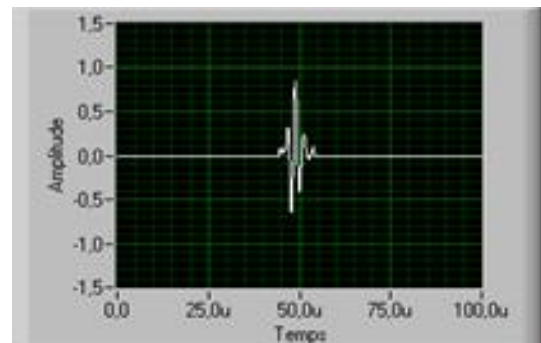


Figure 5 : Séparation de l'écho A2

Durant la fermentation, les emplacements des échos par rapport au temps (abscisse) changent et cela est dû au changement de la nature du milieu parcouru. Nous avons calculé l'amplitude et le temps-de-vol de l'écho A2 pendant la fermentation qui dure 4 heures (Figures 6 et 7). La figure 8 illustre le comportement de la fermentation en degré de pH.

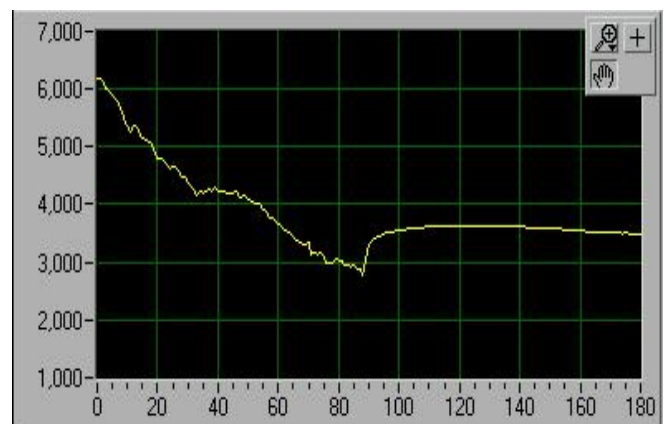


Figure 6 : l'amplitude de l'écho A2 durant la fermentation

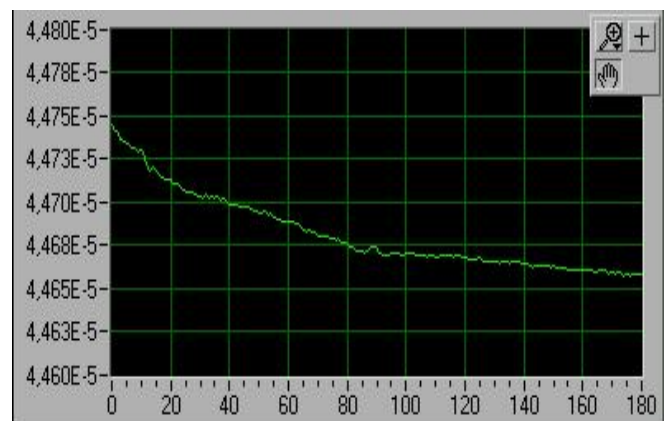


Figure 7 : Le temps de vol de l'écho A2 durant la fermentation

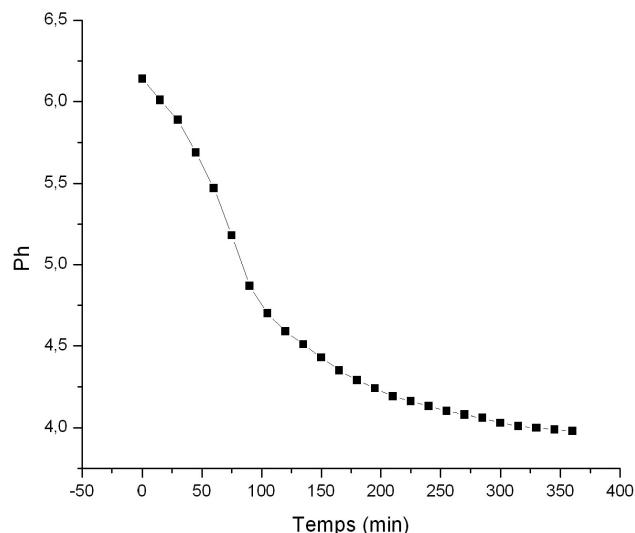


Figure 8: L'évolution du degré de pH durant la fermentation

En comparant les figures 6 et 8, nous observons que lorsque le pH est égale à la valeur 4,6, l'amplitude de A2 se stabilise et atteint un maximum et cela après 125 minutes du début de la fermentation. Cependant le temps-de-vol ne montre qu'un petit changement de son évolution qui correspond à un creux chez la courbe de l'amplitude à 90 minutes.

Afin de détecter automatiquement et en temps réel le point pH=4,6, nous avons traité la courbe de l'amplitude mathématiquement en appliquant la fonction PolyFit pour éliminer les petites fluctuations (Figure 9), ensuite nous appliquons la fonction Dérivée sur la courbe résultante. Lorsque l'amplitude atteint un maximum (125 minutes), la dérivée s'annule (Figure 10) et le programme affiche un message qui informe l'utilisateur que la fermentation devrait s'arrêter.

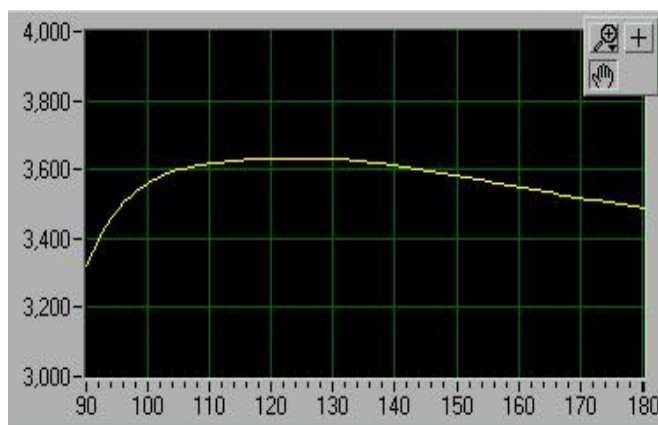


Figure 9: La fonction PolyFit de l'amplitude de l'écho A2

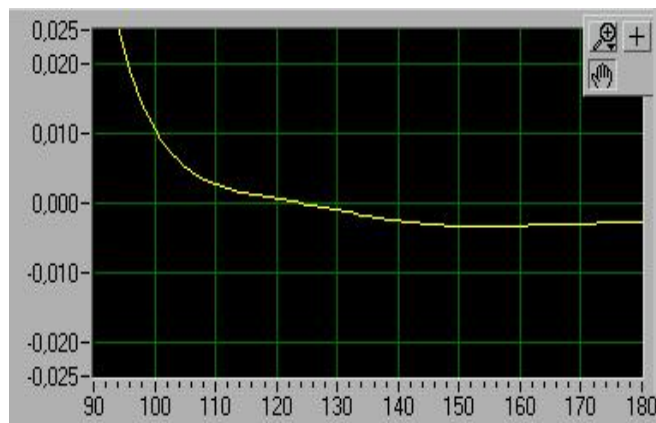


Figure 10: La fonction Dérivée de la courbe PolyFit

4 Conclusion

Les résultats trouvés montrent que la technique ultrasonore peut être une alternative à l'utilisation du pH mètre dans l'industrie laitière. Cette technique est moins coûteuse et ne nécessite aucune expertise, d'autant plus qu'elle réalise - à l'aide d'un programme - un contrôle en temps réel.

5 Références

- [1] Liu S. Q. "Practical implications of lactic acid and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations". *International Journal of Food Microbiology*, 83, 115–131 (2003).
- [2] Tamime A. Y., Robinson R. K., "YOGHURT Science and Technology", Woodhead Publishing Ltd, Cambridge England, CRC Press (2000).
- [3] McClements D. J., "Ultrasonic characterization of food and drinks: Principles, methods and applications". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 1–46 (1997).
- [4] Benedito J., Mulet A., Velasco J., Dobarganes M. C., "Ultrasonic assessment of oil quality during frying". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 4531–4536 (2002).
- [5] Bakkali F., Moudden A., Faiz B., Amghar A., Maze G., Montero de Espinosa F., Akhnak M., "Ultrasonic measurement of milk coagulation time", *Meas Sci Technol*, 12, 2154–2159 (2001).