

Proposition de stage

Sujet: MODÉLISATION ET CONTRÔLE D'UN FERMENTEUR CONTINU MULTI-ÉTAGÉ POUR L'ÉTUDE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE DU VIN

Encadrant: C. Casenave (chargée de recherche INRA)

Co-encadrant: A. Rapaport (directeur de recherche INRA)

Service d'affectation:

INRA de Montpellier

UMR MISTEA (Mathématiques, Informatique et Statistique pour l'Environnement et l'Agronomie)

Equipe MODEMIC (Modélisation et optimisation des dynamiques des écosystèmes microbiens)

Lieu: INRA de Montpellier, campus de la Gaillarde, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier.

Durée: De 1 mois et demi à 6 mois en fonction de la demande de l'étudiant(e) (master 1 ou master 2)

Rémunération: ~ 400€ par mois pour un stage de plus de 3 mois

Compétences demandées: un profil automatique (ou mathématiques appliquées) est plutôt recherché.

Contact: Céline Casenave, 04 99 61 26 96, celine.casenave@supagro.inra.fr

1 Contexte

La fermentation alcoolique est une étape cruciale de la vinification. Généralement réalisée en réacteur batch¹, elle consiste principalement en la bioconversion du sucre en éthanol et divers métabolites apportant au vin une partie de ses caractéristiques organoleptiques (glycérol, acides organiques, composés d'arômes, etc). La maîtrise de ce procédé implique une bonne connaissance des levures et de leur physiologie. C'est dans cette optique, que des chercheurs de l'UMR SPO² (Sciences pour l'Oenologie) ont mis au point un fermenteur continu multi-étagé (FCME), composé de 4 réacteurs continus (chemostats) en série (voir figure 1). L'objectif de cet outil est à la fois d'obtenir des levures dans des états physiologiques stables et de reproduire, en régime permanent, les différents stades transitoires de la fermentation en réacteur batch. En effet, le FCME permet de passer d'une échelle temporelle à une échelle spatiale avec la possibilité, par exemple, d'obtenir simultanément, dans les différents réacteurs, des levures en phase de croissance et en phase stationnaire, dans un environnement et un état physiologique stable dans le temps.

2 Problématique

La fermentation alcoolique consiste en la conversion par des levures du sucre issu du raisin en alcool. Les chercheurs de l'UMR SPO ont montré expérimentalement qu'il était possible, en faisant varier les débits d'entrée de chacun des réacteurs, de "choisir" la concentration en sucre atteinte, en régime permanent, dans chacun des réacteurs. Ce contrôle se fait pour

¹Un réacteur batch (ou réacteur discontinu) est un réacteur fermé, qui n'a aucun flux d'entrée ou de sortie.

²l'UMR SPO regroupe des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'INRA, Montpellier Supagro et de l'Université Montpellier 1.

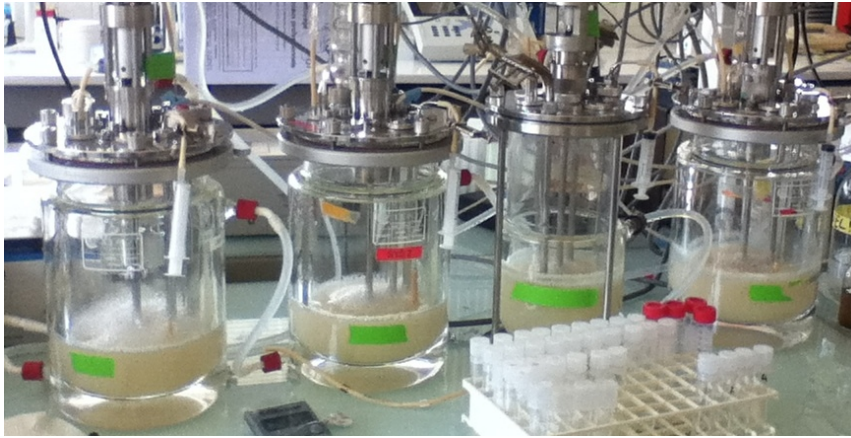


Figure 1: Fermenteur continu multi-étagé de l'UMR SPO.

l'instant de manière manuelle. Durant ce stage, l'étudiant(e) s'intéressera au problème du contrôle automatique de la concentration en sucre dans chacun des réacteurs.

Pour ce faire, on procédera en deux étapes: une étape de modélisation, et une étape de conception de loi de commande.

- **Modélisation:** Un modèle de fermentation alcoolique décrivant l'évolution du sucre, de l'éthanol, de la biomasse (levures) et de l'azote (dont ont besoin les levures pour croître) existe d'ores et déjà. Il s'agira donc dans un premier temps de valider ce modèle à partir de données expérimentales et d'identifier les paramètres inconnus.
- **Contrôle:** A partir du modèle précédemment validé, on élaborera une stratégie de commande (commande linéarisante par exemple) que l'on testera en simulation. En fonction de l'avancement du travail, cette loi de commande pourra ensuite être testée sur le procédé réel, en collaboration avec l'UMR SPO.

En fonction de la durée du stage demandé, ainsi que du profil et des demandes de l'étudiant(e), le sujet du stage pourra porter plus spécifiquement sur l'un ou l'autre des aspects évoqués précédemment (modélisation, identification, contrôle).

Pour avoir un aperçu du type de modèle considéré et des problématiques de contrôle associées, on pourra se référer au slides de présentation [1].

Références

- [1] A. Rapaport. *About Piloting Bioreactors*. Slides de présentation: fichier "PilotingBioreactor.pdf" à l'adresse <https://sites.google.com/site/alainrapaport/slides>.