



HAL
open science

À propos de capteurs logiciels pour les bioprocédés

Jérôme Harmand, Alain Rapaport

► **To cite this version:**

Jérôme Harmand, Alain Rapaport. À propos de capteurs logiciels pour les bioprocédés. Systèmes complexes, de la biologie aux territoires, 23, Agropolis International Editions, pp.11, 2018, Dossiers d'Agropolis International. hal-02791137

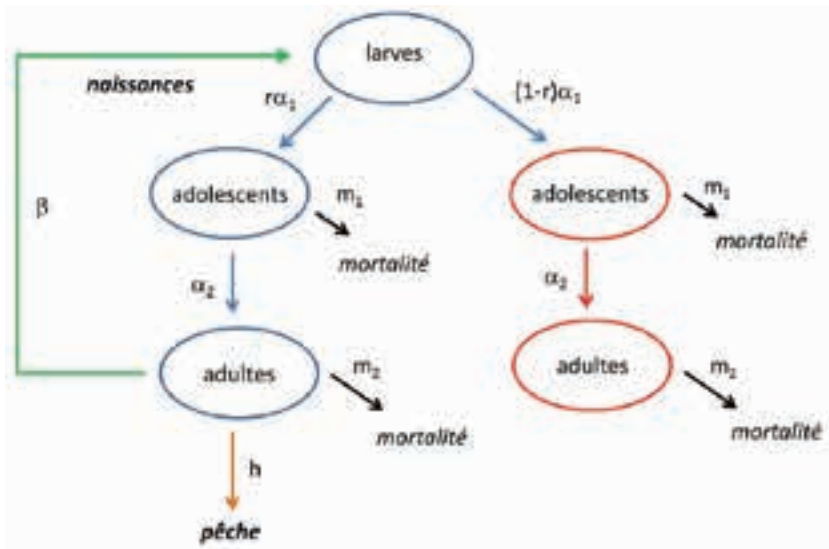
HAL Id: hal-02791137

<https://hal.inrae.fr/hal-02791137>

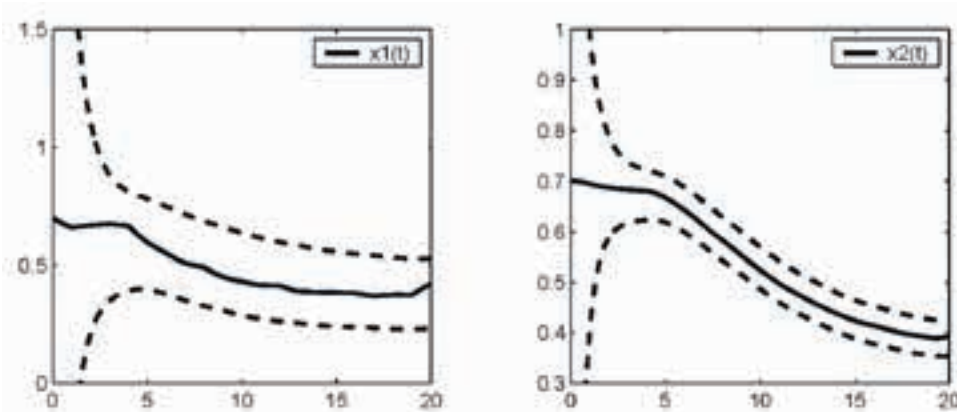
Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



▲ Figure 1. La seule observation des effectifs des adultes non féconds (en rouge) permet de reconstruire au cours du temps toutes les autres populations.
D'après De Dreuzy J.R. et Rapaport A., 2013. Mieux gérer les ressources naturelles, Les mathématiques de la Terre, TDC (Textes et Documents pour la Classe). 1062: 20-23.



▲ Figure 2. Les effectifs x_1 et x_2 (en traits pleins) ne sont pas mesurés. Les courbes en pointillés représentent les encadrements garantis fournis par un observateur par « intervalles ».
D'après Rapaport A. et Gouzé J.L., 2003. Parallelotopic and practical observers for nonlinear uncertain systems. International Journal of Control. 76(3): 237-251. <https://doi.org/10.1080/0020717031000067457>

À propos de capteurs logiciels pour les bioprocédés

En biologie, il arrive fréquemment que les capteurs disponibles ne mesurent pas en continu toutes les grandeurs décrivant l'avancement des réactions (ou sont peu fiables ou trop onéreux). Grâce à un modèle mathématique, on peut néanmoins reconstruire au cours du temps ces grandeurs non mesurées en fonction des autres mesures disponibles, à l'aide de capteurs logiciels (par exemple, le filtre de Kalman). La construction de ces capteurs logiciels requiert des conditions mathématiques précises, notamment la propriété d'observabilité (c.-à-d. la possibilité de reconstruire l'état du système à partir des observations). Bien entendu, tout n'est pas possible. L'étude de cette propriété permet de choisir les capteurs (parmi ceux disponibles) permettant la reconstruction des variables non mesurées (cf. fig. 1 ci-dessus).

Pour des systèmes complexes ou en grande dimension, le choix des capteurs n'est pas toujours intuitif. Il arrive aussi que des termes du modèle biologique soient mal connus ou incertains (par ex. taux de croissance en fonction du climat). Lorsque les informations statistiques

ne sont pas assez riches pour justifier des hypothèses probabilistes sur l'incertain, mais que les termes mal connus sont « fonctionnellement » bornés, on peut mettre en place des « observateurs par intervalles ». Au lieu de moyennes et variances, on détermine au cours du temps des valeurs inférieures et supérieures garanties pour chacune des variables non mesurées. On obtient ainsi une paire de capteurs logiciels et non plus un seul (cf. fig. 2 ci-dessus). Cette approche « garantie » est bien adaptée aux transitoires des bioprocédés (enceintes contenant des microorganismes qui assurent la transformation de la matière tels que les fermenteurs, digesteurs ou les bioréacteurs de purification des eaux), où il y a risque de disparition des biomasses lorsque leurs concentrations sont trop faibles, ce qu'il faut détecter au plus tôt. Sur le plan mathématique, cette technique repose sur la propriété de « coopérativité » des systèmes dynamiques, qui n'est pas nécessairement vérifiée par les modèles mais qui peut être appliquée de façon plus conservative sur des combinaisons de variables.

Contacts : J. Harmand (UPR LBE), jerome.harmand@inra.fr,
A. Rapaport (UMR MISTEA), alain.rapaport@inra.fr