

Ordonnancement dynamique des tâches robotisées pour le traitement du mildiou par radiation UV-c dans l'horticulture

M. Mazar¹, B. Bettayeb², N. Klement³, A. Louis¹, M. Sahnoun¹

¹ LINEACT, CESI, Campus Rouen, France

{mmazar,alouis,msahnoun}@cesi.fr

² LINEACT, CESI, Campus Lille, France

bbettayeb@cesi.fr

³ LISPEN, Arts et Métiers, HeSam. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Lille, France

nathalie.klement@ensam.eu

Mots-clés : *ordonnancement dynamique, simulation, traitement du mildiou, horticulture.*

1 Introduction

Dans cet article nous présentons une méthode d'ordonnancement dynamique appliquée au traitement robotisé de la maladie du mildiou dans les serres. Le traitement se fait par radiation ultraviolet (UV-c) avec un robot mobile autonome muni de lampes UV-c. Dans un premier temps, nous avons développé l'environnement du robot dans la serre dans un simulateur basé sur les systèmes multi-agents, où nous avons intégré des algorithmes d'optimisation pour améliorer le comportement du système. Dans nos précédents travaux [3] et [4] nous avons testé l'efficacité de ces algorithmes dans un environnement statique, où le niveau de maladie ne se développe pas pendant 24 heures. Nous proposons maintenant une nouvelle démarche permettant d'introduire un comportement réaliste de la maladie basé sur une modélisation d'une fonction logistique à trois paramètres [2].

2 Modèle de comportement du mildiou

Avant d'étudier l'ordonnancement des tâches dans un environnement dynamique, nous avons identifié et paramétré une fonction continue permettant de simuler le comportement réel de la maladie dans le simulateur.

Dans Fig.1, la courbe "IGT2007" représente le comportement réel de mildiou [1], utilisé comme référence pour l'estimation de l'évolution du niveau de maladie en fonction du temps par $f(x)$. Nous avons déterminé la fonction $f(x)$ comme étant une fonction logistique à trois paramètres [2], comme détaillé dans l'équation (1). Le numérateur c est la limite de la fonction à l'infini (la courbe plafonne sous une asymptote horizontale). La fonction est symétrique par rapport à son point d'inflexion d'abscisse $\frac{1}{a}\ln(b)$ et d'ordonnée $\frac{c}{2}$.

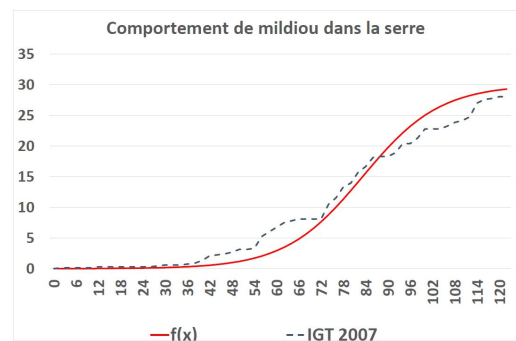


FIG. 1 – Les fonctions "IGT2007" et $f(x)$

$$f(x) = \frac{c}{1 + be^{-ax}} \quad (1)$$

Pour définir les paramètres a, b et c de la fonction $f(x)$ nous avons fixé c à 30, qui correspond au niveau maximum de la maladie. Puis, nous avons choisi un point dans notre graphe (40, 0.468) pour construire deux équations (2) et (3) à deux inconnues a et b .

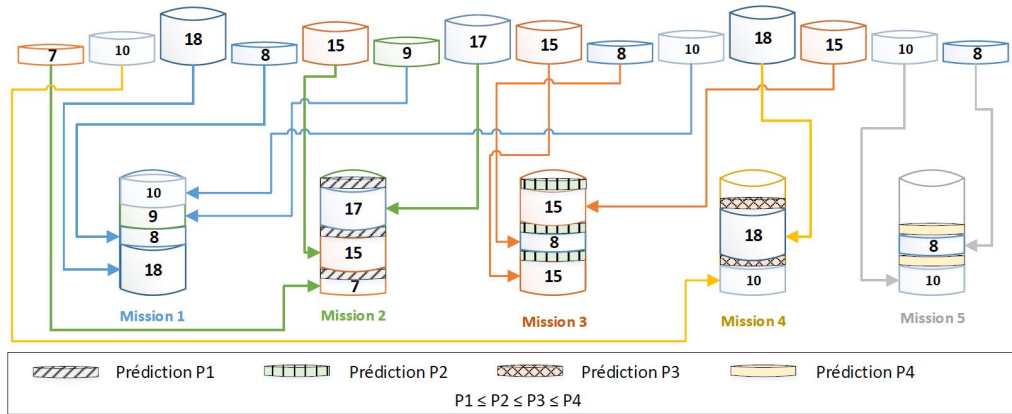
$$\frac{c}{1 + be^{-a40}} = 0.468 \quad (2)$$

$$\frac{1}{a} \ln(b) = 83.054 \quad (3)$$

Après la résolution des équations (2) et (3), nous obtenons : $a = 0.096$, $b = 2936$ et $c = 30$.

3 Ordonnancement dynamique

Après l'intégration du comportement réel du mildiou dans le simulateur grâce à la fonction $f(x)$, nous avons développé une méta-heuristique pour résoudre le cas d'environnement dynamique. La fonction $f(x)$ permet de prédire l'évolution de maladie dans la serre et d'adapter dynamiquement l'ordonnancement des tâches de traitement en conséquence. Fig.2 montre une illustration de l'effet de l'évolution de la maladie sur la distribution des tâches de traitement dans les missions du robot. Une mission correspond à un ensemble de tâches que le robot exécute pendant la durée d'autonomie de sa batterie rechargeable. On remarque que si le robot traite des tâches dans la première mission, sa consommation d'énergie prévue reste fixe. Par contre, les autres traitements vont augmenter à cause de l'évolution de la maladie prédite dans P1, P2, P3 et P4. Nous calculons les prédictions P1, P2, P3 et P4 à partir de la fonction $f(x_i)$, où x_i correspond au jour de traitement d'une mission i . La probabilité d'avoir plus de consommation d'énergie que précédemment prédit augmente pour chaque traitement tardif.



Références

- [1] Magnien Claude. Mildiou de la vigne - bilan de la campagne 2007. In *Actualités Phytosanitaires*, pages 99–105. IFV, 2007.
- [2] Bernard Delmas. Pierre-François Verhulst et la loi logistique de la population. *Mathématiques et sciences humaines. Mathematics and social sciences*, (167), 2004.
- [3] Merouane Mazar, M’Hammed Sahnoun, Belgacem Bettayeb, Mohammed Amin Benatia, and Anne Louis. Optimisation de la planification des tâches de traitement robotisé de maladies en horticulture. In *ROADEF*, 2019.
- [4] Merouane Mazar, M’Hammed Sahnoun, Belgacem Bettayeb, and Nathalie Klement. Optimization of robotized tasks for the UV-c treatment of diseases in horticulture. In *AFROS*, 2018.