

Deep-learning appliqué à la calibration d'un simulateur de croissance d'arbre complet (caulinaire+racinaire)

L'étude de la croissance des arbres est essentiellement menée sur leur partie caulinaire. Le système racinaire reste le parent pauvre, essentiellement à cause de la difficulté de son observation tout particulièrement pour ce qui concerne le suivi de croissance. Les membres de l'UMR Amap mènent des études sur ces deux compartiments qui vont des expériences et observations sur le terrain jusqu'à la modélisation et la simulation de la croissance pour de multiples espèces. De récents développements logiciels permettent de simuler conjointement les deux compartiments (RoCoCau). L'adjonction d'un module complémentaire (TOY) permet d'exprimer leur dépendance tant pour la production d'assimilats (eau captée dans le sol par les racines, carbone de l'air capté par les feuilles et énergie de la lumière captée par les feuilles pour la photosynthèse) que pour la croissance relative racinaire/caulinaire.



simulation « réaliste » (RoCoCau)

une plante en conditions saturantes(RoCoCau+TOY)

la même plante avec un stress hydrique(RoCoCau+TOY)

Quelques études préliminaires ont montré la capacité de ce modèle à bien rendre compte de la plasticité des arbres pour s'adapter aux variations de leur environnement en ce qui concerne l'eau et la lumière. Il est relativement simple de lancer des campagnes de simulation in silico en faisant varier les valeurs des paramètres ou bien les données d'eau ou de lumière au cours du temps. On peut ainsi examiner le comportement du modèle en fonction des valeurs qu'on lui fournit en entrée. On peut également étudier si il est possible de prédire la partie racinaire en observant juste la dynamique de croissance de la partie aérienne et quelques caractéristiques globales du système racinaire qui sont facilement observables (diamètre au collet, nombre et diamètre des départs de racines principales...).

Une difficulté récurrente de ce genre d'approche réside dans la lourdeur de la collecte d'informations qui permet de calibrer les modèles sur des données réelles. On rencontre même souvent des difficultés pour la calibration elle-même quand le nombre de paramètres à identifier augmente. Outre la description de la croissance de la structure au cours du temps (simulée par le modèle RoCoCau), le module fonctionnel additionnel (TOY) comprend une vingtaine de paramètres (Cair, Lummax, Kbeer, seuilmort, seuilsramif, atténuation_apicales, Lum(t), H2O(t)).

Un premier stage a permis de vérifier le potentiel de la méthode de calibration du modèle TOY en utilisant le réseau de neurones profond VoxNet sans pour autant avoir débouché sur une solution opérationnelle.

Ce stage a pour objectif de valider cette méthode qui doit permettre de minimiser la quantité de mesures à effectuer sur le terrain en utilisant des bases de données de plantes simulées. Pour cela, l'étudiant disposera du travail du stage précédent et de bases de données de plantes simulées converties au format d'entrée de VoxNet. Si cette première étape fournit des résultats prometteurs, une campagne de recalibration sur des données réelles collectées sur des tecks guyanais sera entreprise. On pourra alors prévoir un enrichissement artificiel de données puisque seulement 26 arbres ont été mesurés. Si la première étape n'est pas concluante, l'étudiant devra proposer et mettre en place une nouvelle approche basée sur le deep learning. Il pourra également proposer un protocole pour générer plus de données ou de meilleures données en ne perdant pas de vue que ce protocole doit être transposable à la réalité. Nous pensons en particulier à fournir en entrée du réseau de neurones des mesures de traits architecturaux en plus des images tridimensionnelles.

Durée souhaitée du stage : 6 mois, préférentiellement de aout à fevrier

Profil recherché : Master 2 (ou équivalent) en informatique ou bio-informatique. Le/la candidat(e) devra présenter des compétences en machine learning et réseaux de neurones profonds. Des connaissances en programmation en langage de script (Python) sont nécessaires. La connaissance d'autres langages objets (C++, Java...) serait un plus.

Encadrement : Le/la stagiaire sera basé.e à Montpellier à l'UMR AMAP - botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations localisé au CIRAD. Il/elle sera encadré.e par JF Barczi (Cirad - barczi@cirad.fr - groupe Individu) pour l'aspect modélisation et simulation de croissance [2] et par Philippe Borianne (Cirad - philippe.borianne@cirad.fr - groupe I2P) pour l'aspect Réseau de Neurones [1].

Bibliographie

[1] Borianne, P., Borne, F., Sarron, J., & Faye, E. (2019). Deep Mangoes: from fruit detection to cultivar identification in colour images of mango trees. *arXiv preprint arXiv:1909.10939*.

[2] Barczi, J. F., Rey, H., Caraglio, Y., De Reffye, P., Barthélémy, D., Dong, Q. X., & Fourcaud, T. (2008). AmapSim: a structural whole-plant simulator based on botanical knowledge and designed to host external functional models. *Annals of Botany*, 101(8), 1125-1138.