

## Simulation distribuée de plantes en 3D pour l'agroécologie

### Information :

Lieux du stage : UMR AGAP, Campus CIRAD, Avenue d'Agropolis, TA 178/04, 34398 Montpellier.

Responsables : Frédéric Boudon, Christophe Pradal, Raphael Perez

Contact : [frederic.boudon@cirad.fr](mailto:frederic.boudon@cirad.fr), Tél : 04-67-61-49-37.

Dates : Début de stage entre février et avril 2019. Durée : 5-6 mois

Indemnisation : Environ 600 €/mois. Accès à la restauration collective au CIRAD le midi (hors situation de télétravail).

Ce stage est financé et s'inscrit dans le cadre de l'institut de convergence Agriculture Numérique [#DigitAG](#)

### Contexte :

Pour satisfaire les demandes sociétales pour une agriculture plus durable et écologique, des modèles de plantes simulant leurs croissances et leurs fonctionnements (FSPM) sont développés par la communauté scientifique. Dans le cadre de la plateforme de modélisation OpenAlea, nous développons depuis plusieurs années, différents formalismes de simulation (Pradal et al., 2008; Boudon et al., 2012). En particulier, des grammaires formelles, i.e. L-systems, permettant la réécriture efficace d'arborescences ou des méthodes de réécriture de graphes multi-échelles (MTG) sont disponibles et ont permis de modéliser une grande variété de plantes (pommier, manguier, palmier, maïs, sorgho, etc.).

Les **modèles FSPM** sont un outil pour l'étude et l'analyse des interactions plante-plante dans des couverts complexes en association (Gaudio et al., 2019, Braghieri et al., 2020). Ils permettent de simuler en 3D la compétition aérienne et racinaire pour l'acquisition des ressources (lumière, nutriments) de façon mécaniste. Il est cependant nécessaire de simuler, à l'échelle de l'organe et en 3D, le développement et le fonctionnement d'un grand nombre de plantes en interaction au sein d'un même couvert. Pour faire cela dans des temps raisonnables, il serait nécessaire de **distribuer les calculs de simulation sur de grandes infrastructures de calcul** (cluster, cloud). Or, actuellement, il n'existe pas ni de formalisme ni de technologie permettant de distribuer automatiquement la simulation 3D de plantes hétérogènes en interaction.

### Sujet :

Le challenge auquel nous essayons de répondre est donc de **simuler efficacement un ensemble de plantes en interaction** spatiale (compétition pour l'acquisition des ressources) et temporelle (rétroaction entre la structure et la fonction). L'objectif de ce stage est d'analyser **différentes stratégies de parallélisation** pour simuler en 3D la croissance et le fonctionnement de plantes et peuplements sur des architectures à mémoire partagée et en environnement distribué (Pradal et al., 2017; Heidsieck et al., 2020). Un des enjeux est de définir des design patterns pour des calculs distribués à différentes granularités (simulation parallèle d'une plante isolée, calcul distribué d'un grand nombre de plantes en interaction) en utilisant les technologies actuelles (OpenMP, Spark, Dask). Un enjeu important est de prendre en compte les **dépendances entre les calculs** faits sur les structures lors de leurs réécritures en fonction des stratégies utilisées (en place ou par copie).

Une application de ce travail sera la **simulation d'un système agroforestier** mélangeant palmiers et riz pour lequel des modèles préexistants (projets VPalm et Cereals) seront réutilisés.

Le travail de l'étudiant(e) consistera en :

- Définition d'un protocole d'échange d'informations spatiales et de synchronisation entre simulateurs.
- Formalisation d'une stratégie de distribution des simulations sur plusieurs machines ou clusters.
- Application à la création d'un modèle de système agroforestiers Palmier-Riz avec caractérisation de la dynamique de la distribution de la lumière au cours d'un cycle de croissance.

### Profil recherché :

- Informaticien(ne) motivé(e) et curieux(se).
- Bonne connaissance du Python et/ou C++.
- Connaissance en calculs parallèles et distribués (MPI, OpenMP, Sparks).
- Goût pour la simulation 3D des plantes.
- Aptitude à travailler en équipe.
- Autonome (possible situation de télétravail).

### Candidature :

Dossier à envoyer par email à [frederic.boudon@cirad.fr](mailto:frederic.boudon@cirad.fr), [christophe.pradal@inria.fr](mailto:christophe.pradal@inria.fr) et [raphael.perez@cirad.fr](mailto:raphael.perez@cirad.fr) :

- Curriculum vitae
- Lettre de motivation
- Relevés de notes M1-M2
- Nom d'une personne référente à contacter

Date limite de candidature : 15 décembre 2020