

STICS7 & RECORD

P. Chabrier^{1*}, H. Raynal¹, F. Garcia¹

¹ INRA, UR875 Biométrie et Intelligence Artificielle, F-31326 Castanet-Tolosan, France

*Auteur correspondant : Patrick.Chabrier@toulouse.inra.fr

Introduction

Les projets STICS et RECORD ont collaboré à la mise à disposition du modèle STICS sur la plate-forme de modélisation RECORD. Après une présentation du cadre de travail et du socle technologique associé, nous détaillons la première distribution de STICS7 sous RECORD. L'exemple MOuSTICS, couplage d'un modèle d'ITK dynamique avec STICS, constitue un cas pratique d'utilisation.

Le projet RECORD

RECORD est un projet mené par l'INRA (départements EA et MIA) dont l'objectif est la création d'une plate-forme informatique de modélisation et de simulation des agro-écosystèmes. C'est un outil pour la conception, l'analyse et l'évaluation de systèmes de culture innovants capables d'assurer des fonctions agronomiques et environnementales spécifiées. Cette plate-forme fournit aux modélisateurs une grande variété de classes API, de bibliothèques numériques leur permettant de créer de nouveaux modèles, ainsi qu'un entrepôt où seront mis à disposition des modèles/modules validés et documentés pouvant être couplés pour créer de nouveaux simulateurs. Par ailleurs, la plate-forme dispose de fonctionnalités facilitant le travail avec les modèles comme le couplage avec le logiciel R. RECORD utilise comme solution technique, le logiciel VLE basé sur le formalisme DEVS (Discrete Event System Specification).

VLE, Virtual Laboratory Environment

VLE est une plate-forme générique de modélisation et de simulation de systèmes dynamiques basée sur le formalisme à événement discret DEVS (*Discrete Event System Specification*). Cet environnement a été choisi comme socle technique de RECORD car ses propriétés étaient en adéquation avec le cahier des charges du projet. Il dispose d'un ensemble de formalismes compatibles et extensibles, et offre une solution claire pour la modélisation par couplage et la décomposition hiérarchique des modèles. Il se présente sous la forme d'une bibliothèque de classes C++ qu'il faut étendre pour instancier des modèles. Il dispose aussi d'une interface graphique facilitant le travail du modélisateur pour développer, coupler et simuler des modèles. Ces derniers sont organisés sous la forme de paquets standardisés permettant de fournir à l'utilisateur, les fichiers sources, les données et la documentation. Ces paquets facilitent la réutilisabilité et sont à la base d'un entrepôt de modèles partageables par une communauté.

Le paquet STICS7

La distribution actuelle de STICS sous RECORD est disponible sous la forme du paquet: STICS7. Il est obtenu via une chaîne de production en partie automatisée. Il contient les sources FORTRAN de la version 7 de STICS, l'interface C d'accès aux structures de données, les classes C++ correspondant aux modèles STICS exploitables sur la plate-forme, des jeux de données, des simulateurs correspondant à différents scénarios et des programmes de test.

Un effort particulier a été fait, pour utiliser directement la version STICS de référence. On trouve donc dans le paquet la librairie des fonctions du STICS 7 FORTRAN, qui sera compilée automatiquement à l'installation du paquet sur la plate-forme. Pour utiliser cette librairie à partir de classes C++ (langage de VLE), une interface C permettant d'accéder aux structures de données de STICS est nécessaire. Cette interface est obtenue dans la chaîne de production en utilisant le logiciel Doxygen. Ce dernier dispose d'une fonctionnalité d'analyseur syntaxique des éléments du langage FORTRAN, qui est exploitée par un script court, pour la générer. La classe C++: STICS de base, exploitable sur la plate-forme, est obtenue par un travail d'encapsulation. Cela consiste essentiellement à retirer les boucles spatio-temporelles du programme principal de STICS, et à encapsuler le tout dans une classe au formalisme « Equation aux différences », contenant toutes les structures de données de STICS, et les méthodes faisant appel aux fonctions de paramétrage, d'initialisation, et de changement d'état de STICS disponibles dans la librairie. On propose dans le paquet plusieurs variantes de classes C++ STICS correspondant à des utilisations différentes. Ce travail d'ingénierie informatique a été rendu possible grâce aux améliorations apportées par le projet « Modularisation de STICS »¹, et en particulier par l'introduction de structures de données, la simplification de l'interface des fonctions de haut niveau et la suppression des variables globales.

L'échelle spatio-temporelle du paquet actuel est celle de la parcelle et de l'année culturale. Ce choix est justifié à la fois par le fait qu'il correspond à une échéance opérationnelle raisonnable, et parce que la plate-forme fournit un support pour la multi-simulation (pluriannuelle, spatiale). Le paquet met à disposition plusieurs types de simulateur correspondant à des utilisations différentes. Le premier « SticsClassic » utilise

¹ Ripoche D., Bernard P., Launay M., AGROCLIM, EA, Avignon

uniquement le système de données et de paramètres d'origine. Il n'est pas couplable en entrée, mais par contre il fournit une solution pour l'exploration de modèles (plan d'expérience, optimisation, analyse de sensibilité, estimation de paramètres). Il suffit d'implémenter les conditions expérimentales (les paramètres), et les variables pour bénéficier des services de VLE et de RVLE (paquet permettant de travailler avec R). A ce titre, un test fonctionnel a été réalisé. Cet exemple est disponible dans le paquet, il correspond à l'estimation du paramètre « *Viticarb* » d'un modèle de *blé dur* par rapport à la variable « *Mafruit* », en utilisant l'algorithme « *optimize* » de R. Le deuxième type de simulateur correspond à un couplage de STICS avec un ou plusieurs autres modèles. Compte-tenu du grand nombre de variables de STICS, il est difficile de capturer à priori tous les besoins de couplage et de proposer un modèle permettant tous les couplages. Nous avons donc fait le choix de proposer quelques exemples de couplage, sachant que, la démarche est parfaitement reproductible. Un des exemples concerne *SticsModerato* : *Stics* couplé à un *ITK* dynamique et à un modèle de météo externalisé. Il est décrit dans la section « Le paquet MOuSTICS ».

Les perspectives à ce travail d'ingénierie concernent sa finalisation sur la base de la version STICS 7 qui doit être prochainement diffusée par l'équipe STICS. D'autre part, un essai technique sur deux processus STICS (« *Lixivation* » et « *Nappe* ») a montré qu'il était possible de fournir des modules RECORD plus fins que le STICS global évoqué précédemment. La production systématique de tous les modules d'intérêt pourrait être ainsi généralisée.

Le paquet MOuSTICS

MOuSTICS² est un modèle d'irrigation du maïs qui a été conçu et réalisé en couplant le simulateur *Moderato* et le simulateur STICS. *Moderato* est un modèle dynamique d'itinéraire technique qui prend en compte l'hétérogénéité spatiale d'une parcelle. D'un point de vue technique MOuSTICS est une intégration de la version C³ de STICS dans *Moderato* écrit en C++.

La nouvelle version de MOuSTICS se présente sous la forme d'un paquet qui utilise à la fois le paquet STICS7 et le paquet Météo de la bibliothèque RECORD.

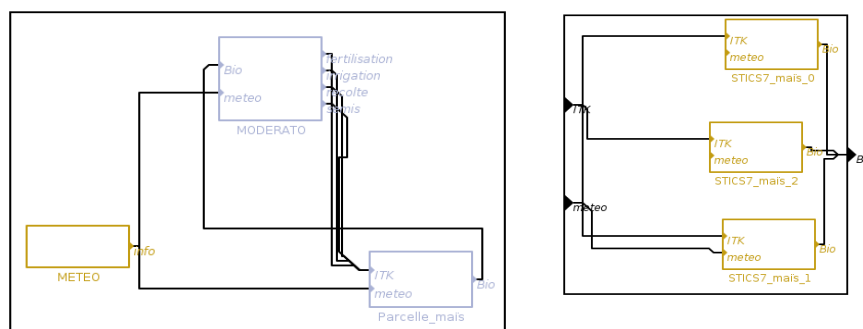


Figure 1 : Schéma conceptuel de MouSTICS et de la parcelle de maïs (3xSTICS)

La ré-ingénierie a consisté à remplacer le système de couplage d'origine, par celui disponible dans RECORD. On voit sur la figure 1 la parcelle de maïs composée de trois instances de STICS qui correspondent à 3 zones différentes du point de vue de l'irrigation. Ces trois instances sont couplées au reste du simulateur et sont exécutées en parallèle. Le modèle décisionnel agrégeant toutes les règles de décision est basé sur l'extension « *décision* » disponible sur la plate-forme. Cela a permis de réaliser un plan d'activité dynamique.

Références bibliographiques

- Bergez J.E., Debaeke P., Deumier J., Lacroix B., Leenhardt D., Leroy P. and Wallach D. (2001). MODERATO: an object-oriented decision tool for designing maize irrigation schedules. *Ecological Modelling*, 137, 43 - 60.
- Bergez J.E., Chabrier P., Garcia F., Gary C., Makowski D., Quesnel G., Ramat É., Raynal H., Rousse N. and Wallach D. (2009). RECORD: a new software platform to model and simulate cropping systems. *Proceedings of Farming Systems Design*, .
- Brisson N., Mary B., Ripoche D., Jeuffroy M., Ruget F., Nicoullaud B., Gate P., Devienne-Barret F., Antonioletti R., Durr C and others. (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomie*, 18, 311-346.
- Quesnel G., Duboz R. and Ramat É. (2009). The Virtual Laboratory Environment - An operational framework for multi-modelling, simulation and analysis of complex dynamical systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17, 641 - 653.

² Bergez J.E., Charron M.H., AGIR, EA, Toulouse

³ Poupa J.C., SMART, SAE2, Rennes