

INGÉNIEUR EN SCIENCES INFORMATIQUES

RAPPORT DE STAGE 4ÈME ANNÉE

---

# Une extension du logiciel GVLE

## Modélisation individu centré

---

*Stagiaire :*

Geneviève CIRERA (SI4)

*Maître de stage :*

Patrick CHABRIER

ENTREPRISE INRA (TOULOUSE)

*16 juin 2014 - 20 septembre 2014*

### RÉSUMÉ

Ce stage s'est déroulé dans l'équipe-projet RECORD au sein de l'Institut National de la Recherche en Agronomie de Toulouse, un organisme français de recherche fondé en 1946.

A partir d'un logiciel existant, j'ai travaillé de manière autonome tout au long du stage afin de développer une extension logicielle sous la forme de plugin. Ce plugin développé en C++ a pour but de faciliter la modélisation d'individus au niveau de troupeau.

Après s'être familiarisé avec le logiciel, plusieurs aspects ont été abordés, définition des nouveaux besoins, développement des fonctionnalités, de l'interface graphique, débogage, présentation des résultats...

# Remerciements

Je tiens à remercier certaines personnes sans lesquelles ce stage n'aurait pas eu lieu.  
Hélène Raynal, responsable du projet RECORD<sup>1</sup>, Gauthier Quesnel du projet VLE<sup>2</sup>, appartenants au département MIA<sup>3</sup>.

Laurence Puillet et Olivier Martin, du projet Archimod, département PHASE<sup>4</sup> qui ont exprimé les besoins et sont les principaux futurs utilisateurs ainsi que Régis Sabbadin, Directeur de l'Unité MIAT<sup>5</sup>, lieu de déroulement du stage.

Merci également à mon maître de stage Patrick Chabrier pour ses explications et conseils tout au long du stage ainsi que les stagiaires présents dans l'entreprise qui m'ont aidé et rendu le temps passé dans l'entreprise très agréable.

Je souhaite également remercier toutes les personnes au sein de l'école Polytech'Nice qui ont rendu ce stage possible.

---

1. Rénovation et CooRDination de la modélisation de cultures pour la gestion des agro écosystèmes
2. Virtual Laboratory Environment
3. Mathématiques et Informatique Appliquées
4. PHysiologie Animale et Systèmes d'Élevage
5. Mathématiques et Informatique Appliquées de Toulouse

# Table des matières

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>                   | <b>5</b>  |
| 1.1      | Sujet de stage . . . . .              | 5         |
| 1.2      | Contexte . . . . .                    | 5         |
| <b>2</b> | <b>Description du travail proposé</b> | <b>7</b>  |
| 2.1      | Expression des besoins . . . . .      | 7         |
| 2.1.1    | Besoins généraux . . . . .            | 7         |
| 2.1.2    | Cas d'utilisations . . . . .          | 7         |
| 2.2      | IBM . . . . .                         | 8         |
| 2.2.1    | Paradigme IBM . . . . .               | 8         |
| 2.2.2    | Structure du modèle DEVS . . . . .    | 8         |
| 2.2.3    | IBM dans VLE . . . . .                | 10        |
| 2.3      | Fonctionnalités du plugin . . . . .   | 11        |
| <b>3</b> | <b>Description du travail réalisé</b> | <b>12</b> |
| 3.1      | Architecture . . . . .                | 12        |
| 3.1.1    | Plugin global . . . . .               | 12        |
| 3.1.2    | Arguments . . . . .                   | 12        |
| 3.2      | Controleur . . . . .                  | 13        |
| 3.2.1    | Une dynamique . . . . .               | 14        |
| 3.2.2    | Un executive . . . . .                | 15        |
| 3.2.3    | Le scheduler . . . . .                | 15        |
| 3.3      | GUI . . . . .                         | 16        |
| 3.4      | Lua & addons . . . . .                | 17        |
| 3.4.1    | Mise en oeuvre . . . . .              | 17        |
| 3.4.2    | Les extensions . . . . .              | 18        |
| 3.5      | Déroulement du stage . . . . .        | 20        |
| 3.5.1    | Découverte . . . . .                  | 20        |
| 3.5.2    | Langage de script . . . . .           | 21        |
| 3.5.3    | La dynamique . . . . .                | 21        |
| 3.5.4    | Bugs & tests . . . . .                | 22        |
| 3.5.5    | Outils & organisation . . . . .       | 22        |
| 3.5.6    | Planning . . . . .                    | 22        |
| <b>4</b> | <b>Conclusion</b>                     | <b>25</b> |
| <b>5</b> | <b>Bibliographie</b>                  | <b>26</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>Abstract</b>                                       | <b>27</b> |
| <b>7</b> | <b>Annexe</b>   | <b>28</b> |
| 7.1      | Exemple de User Story . . . . .                       | 28        |
| 7.2      | Résultat du modèle type des cellules . . . . .        | 28        |
| 7.3      | Huit cas d'utilisation sur les 21 existants . . . . . | 29        |

# 1 Introduction

## 1.1 Sujet de stage

L'équipe-projet RECORD<sup>1</sup> au sein de l'INRA<sup>2</sup> de Toulouse est une plate-forme de modélisation et de simulation informatique dédiée à l'étude des agro-écosystèmes.

Elle propose un ensemble d'outils logiciels : le logiciel VLE<sup>3</sup>, rvle<sup>4</sup>, pyvle<sup>5</sup>, webrecord<sup>6</sup> et une bibliothèque de modèles.

C'est un projet INRA ouvert à la communauté INRA et à ses partenaires.

Le logiciel VLE repose sur le concept du formalisme DEVS<sup>7</sup> qui fournit la notion de modèle abstrait. Il dispose d'extensions dont celle de Forrester qui permet de modéliser des individus en utilisant des diagrammes de Forrester. Cette fonctionnalité se présente sous la forme d'un plugin de modélisation qui, à partir d'un diagramme de Forrester, génère une classe C++ conforme au formalisme DEVS. Cette classe C++ implémente un système d'équations différentielles.

Ce stage a pour but de fournir une solution intégrée et ergonomique permettant de ne pas modéliser un individu unique mais des populations d'individus.

Au cours de la simulation, les individus peuvent être manipulés (naissance, mort, vieillesse...) à l'aide d'événements définis dans le plugin global qui devront être développés.

## 1.2 Contexte

Ce stage s'inscrit dans mon cursus universitaire pour clôturer ma 4ème année en ingénierie informatique à Polytech'Nice Sophia. Durant ce stage, j'ai travaillé de manière autonome au sein de l'équipe-projet RECORD sur un plugin global du logiciel VLE qui utilise le formalisme DEVS. Ce formalisme est un formalisme modulaire et hiérarchique pour la modélisation, la simulation et l'analyse de systèmes complexes. Il existe deux types de modèle DEVS, le modèle couplé et le modèle atomique.

Le modèle couplé étant celui qui peut être formé par un ou plusieurs modèles atomiques et possède une dynamique exécutive.

Le modèle atomique, quant à lui, ne possède qu'une dynamique interne classique et des ports

- 
1. Rénovation et CoORDination de la modélisation de cultures pour la gestion des agro écosystèmes.
  2. Institut National de la Recherche Agronomique
  3. Virtual Laboratory Environment
  4. utilisation d'un modèle depuis R
  5. utilisation d'un modèle dans un script Python
  6. outil d'interfaçage web des modèles
  7. Discrete Event System Specification

d'entrée et de sortie.

VLE permet de spécifier une dynamique, classique ou exécutive, à un modèle. La différence entre ces deux dernières est que la dynamique classique prend en considération des événements en entrée, effectue une ou plusieurs actions et renvoie des événements en sortie au cours du temps alors que l'exécutive peut manipuler les modèles à l'intérieur d'un modèle couplé en plus de toutes les actions possibles par la dynamique classique.

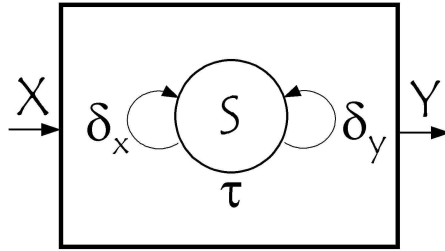


FIGURE 1.1 – Dynamique DEVS

Dans ce schéma représentant le fonctionnement de DEVS, les entrées du modèle sont représentées par  $X$ , les sorties par  $Y$ , et  $\delta_x$  la dynamique lors de la réception d'évènement,  $\delta_y$  la dynamique interne du modèle c'est-à-dire ce qui arrive régulièrement au cours du temps  $\tau$ .  $S$  est l'état du système.

## 2 Description du travail proposé

### 2.1 Expression des besoins

#### 2.1.1 Besoins généraux

Actuellement, le logiciel VLE permet de créer des individus un à un, de leur associer une dynamique, de les relier entre eux et de lancer des simulations. La dynamique de plusieurs individus peut être la même, et peut varier selon les conditions expérimentales qui décrivent les valeurs des paramètres si l'utilisateur les édite.

Cependant, il est nécessaire que l'utilisateur édite chaque individu un à un. Comment faire pour modéliser des troupeaux entiers sans avoir ce travail répétitif ?

Pour l'instant, le logiciel VLE propose une interface pour créer la structure du système désirée par l'utilisateur. Puis, il doit programmer en C++ les classes qui définiront les dynamiques des modèles du système lui-même ou bien utiliser un plugin de modélisation comme Forrester par exemple.

Si l'utilisateur souhaite modéliser un troupeau, il faudra qu'il crée chaque individu un à un. C'est pourquoi, il était nécessaire de créer une extension du logiciel pour ces cas là. Une extension qui permettrait la création, suppression et la définition d'évènements sur les individus de manière simple et instinctive pour l'utilisateur.

L'utilisateur n'aurait donc plus besoin de programmer en C++ ni d'éditer des graphes et réutiliserait le plugin Forrester pour définir les classes d'individus qui serviront de base pour créer chaque individu lors de la simulation.

#### 2.1.2 Cas d'utilisations

Un TP et un modèle type m'ont été donnés afin de me donner une idée des fonctionnalités attendues et de diriger la conception et le développement de mon plugin. Ces exemples ont été réalisés avec le logiciel Modelmaker.

Modelmaker est un logiciel de simulation de systèmes dynamiques, dont l'édition des modèles se fait par l'intermédiaire d'un diagramme de Forrester. Les modèles implémentables sont des systèmes d'équations différentielles.

Une des fonctionnalités qui nous a particulièrement intéressée dans le cadre du stage est la vectorisation des modèles pour partie ou en totalité qui permet en quelque-sort de émuler une approche de modélisation individu centré. D'autre-part, Modelmaker permet aussi de définir des événements qui, en fonction de l'état global du modèle, changent de façon discrète les valeurs des variables d'états. Il me fallait alors adapter les fonctionnalités proposées par Modelmaker afin que ce TP et modèle type soient réalisables avec VLE.

Le TP avait pour but de créer 5 modèles dont chacun d'eux possédait un compartiment, le premier se vidant dans le deuxième et si le deuxième atteignait une certaine valeur, se vidait immédiatement dans un troisième compartiment. Chaque modèle ayant des paramètres de vidange différents.

D'autres part, il devait être possible d'offrir à l'utilisateur la possibilité d'observer une ou plusieurs valeurs en particulier. Dans ce cas précis, la somme de tous les compartiments qui se vident.

Le modèle type était plus complexe. Il s'agissait de faire naître 10 cellules à  $t=10$ , faire croître leurs poids suivant des paramètres distincts puis à  $t=30$ , repérer la plus grosse cellule et faire décroître les 9 autres.

Lorsque la cellule la plus grosse atteint 0.99, 10 autres naissances sont lancées. Si une cellule a un poids inférieur à 0.01, la tuer.

## 2.2 IBM<sup>1</sup>

### 2.2.1 Paradigme IBM

L'objectif est de pouvoir modéliser en spécifiant au sein d'un système dynamique des populations d'individus.

Un individu est formalisé par un système d'équations différentielles et tous les individus d'une population se réfèrent au même système d'équations différentielles.

Au sein d'une population les individus peuvent différer de par la valeur de leurs paramètres mais ce n'est pas une obligation.

La dynamique des populations est définie par un ensemble d'événements portant sur les individus. Un événement est défini par des conditions d'activation et des effets.

Les conditions d'activation sont exprimées en fonction du temps de la simulation ou de l'état du système simulé. L'état du système est l'union de tous les états des individus.

Il existe 3 types d'effet : Création d'un individu, suppression d'un individu et réinitialisation d'un individu.

### 2.2.2 Structure du modèle DEVS

Chaque individu est un système d'équations différentielles défini par une classe C++. Cette classe est appelée classe d'individu. C'est elle qui doit être défini par l'utilisateur puis qui servira de base pour créer tous les individus de ce type là. C'est pourquoi chaque individu de même type, a la même dynamique, seuls les paramètres peuvent varier entre eux si l'utilisateur souhaite en modifier

---

1. Individual Based Model



un ou plusieurs.

Chaque individu est indépendant, ils n'interagissent pas directement les uns avec les autres. Ils doivent communiquer par l'intermédiaire d'un même contrôleur auxquels ils sont tous connectés.

Chaque port de sortie de chaque individu est relié aux ports d'entrée du contrôleur, ce qui permet à ce dernier de recevoir des événements, les traiter et envoyer des réponses adéquates par l'intermédiaire de ses ports de sortie reliés à chaque individu par des ports d'entrée.

Lors de la simulation, la dynamique du contrôleur se met en marche. Elle initialise tous les individus, exécute sa dynamique interne, reçoit les événements externes et envoie des réponses aux individus. Durant la simulation, le contrôleur peut à tout moment, créer un nouvel individu, en supprimer ou en modifier les paramètres grâce aux événements qu'il reçoit en entrée et qu'il peut envoyer en sortie.

Par exemple :

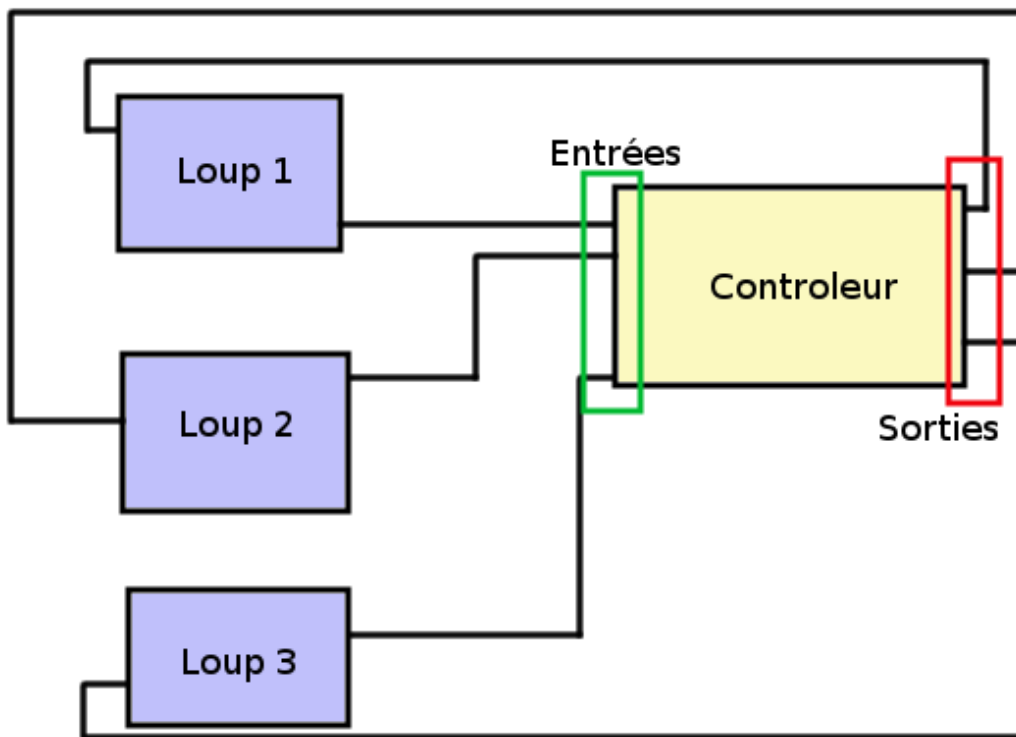


FIGURE 2.1 – Trois Loups créés par le contrôleur lors de la simulation

Le contrôleur crée les individus "Loup 1", "Loup 2" et "Loup 3" qui sont bien indépendants les uns des autres et tous reliés au contrôleur comme expliqué au paragraphe précédent.

### 2.2.3 IBM dans VLE

Dans VLE, chaque système ou simulation est représenté par un Vpz qui est un fichier xml où est décrit tout le système. Modèles présents (individus), conditions expérimentales (valeurs des paramètres), classes d'individus, ports d'entrées et de sorties...

Dans le Vpz, un controleur est obligatoirement présent s'il s'agit d'un système IBM. Il se crée automatiquement lors de la première ouverture du plugin IBM.

Ensuite, les modèles souhaités par l'utilisateur sont créés lors de la simulation par le controleur grâce aux classes d'individu définies dans le vpz.

Par exemple :

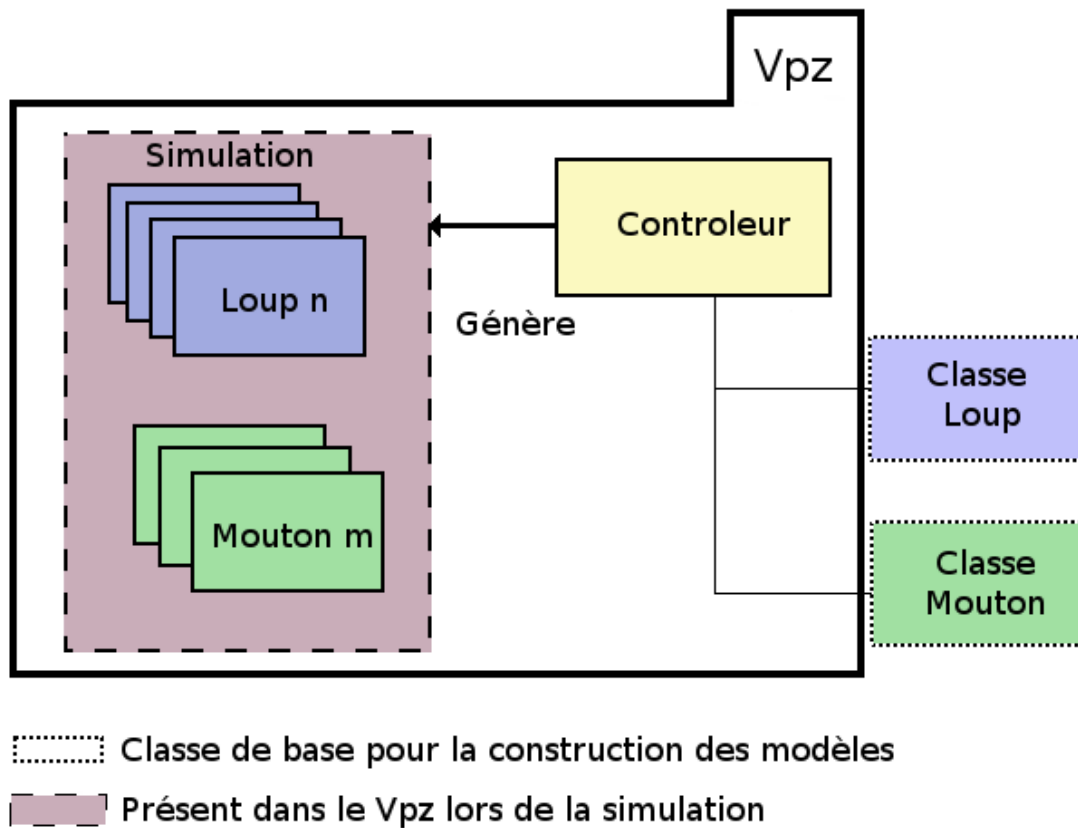


FIGURE 2.2 – Composition d'un Vpz

Ici, le controleur crée n Loups et m Moutons lors de la simulation, mais seul le modèle "Controleur" est présent dans le vpz. Le controleur est cependant lié aux classes "Loup" et "Mouton" afin de pouvoir créer les individus.

## 2.3 Fonctionnalités du plugin

À son ouverture, le plugin récupère toutes les classes d'individu déjà présentes dans le Vpz. Il offre ensuite la possibilité d'ouvrir le plugin Forrester afin de créer d'autres classes et modifier ou supprimer les classes existantes.

Afin de manipuler les individus lors de la simulation, le plugin propose un champs de texte afin que l'utilisateur exprime ces besoins par l'intermédiaire d'un petit langage simple appelé Lua et quelques extensions que j'aurai développées.

Ces besoins peuvent être multiple, ils peuvent avoir un effet sur les individus, création, suppression, modification ou bien renvoyer des informations, valeur d'une variable, nombre d'individus, identifiant d'un individu...

D'autre part, le plugin crée automatiquement un exécutive appelé "Controleur" à son ouverture. Controleur qui sera chargé de manipuler les individus selon le script qu'aura écrit l'utilisateur, et la dynamique DEVS.

## 3 Description du travail réalisé

### 3.1 Architecture

#### 3.1.1 Plugin global

Afin de répondre au besoin, il a été décidé de développer un plugin global dans un paquet appelé `vle.extension.ibm`.

Un plugin global est une extension de logiciel permettant de mettre à disposition de l'utilisateur des fonctionnalités additionnelles. Cette extension se différencie d'un plugin classique par le fait qu'il ait accès au logiciel entier, à toutes ses informations, fonctionnalités...

Cependant, faire un plugin global a obligé quelques modifications des fichiers sources du logiciel. En effet, certaines informations étaient privées et il était nécessaire d'y accéder. Ce qui m'a obligé à bien comprendre la structure du logiciel grâce aux éléments que j'avais en main, fichiers sources et documentation, afin d'y insérer les bonnes méthodes correspondantes à mes besoins.

#### 3.1.2 Arguments

Les raisons de cette décision sont variées. L'extension a besoin d'accéder à toutes les classes d'individu déjà créées par l'utilisateur précédemment dans le Vpz et qu'il puisse en créer de nouvelles depuis le plugin, afin que le clonage d'individus soit faisable. Le plugin a aussi besoin d'avoir accès au Vpz entier (conditions expérimentales, ports,...) et donc de VLE, car il interagit avec ce dernier lors de la simulation.

De plus, une interface graphique du plugin devait être développée afin d'en faciliter l'utilisation, c'est pourquoi l'accès à GVLE<sup>1</sup> était également indispensable.

Le plugin développé permet le lancement du plugin Forrester afin de créer les classes d'individu et est en lien avec un proxy permettant la communication entre le langage de script proposé à l'utilisateur et le contrôleur.

VLE est un logiciel fonctionnant grâce à des paquets, ils peuvent contenir un projet, un Vpz, une extension... Par exemple, le plugin Forrester fait parti du paquet `vle.forrester`, le plugin IBM est dans le paquet `vle.extension.ibm`.

---

1. GUI pour VLE

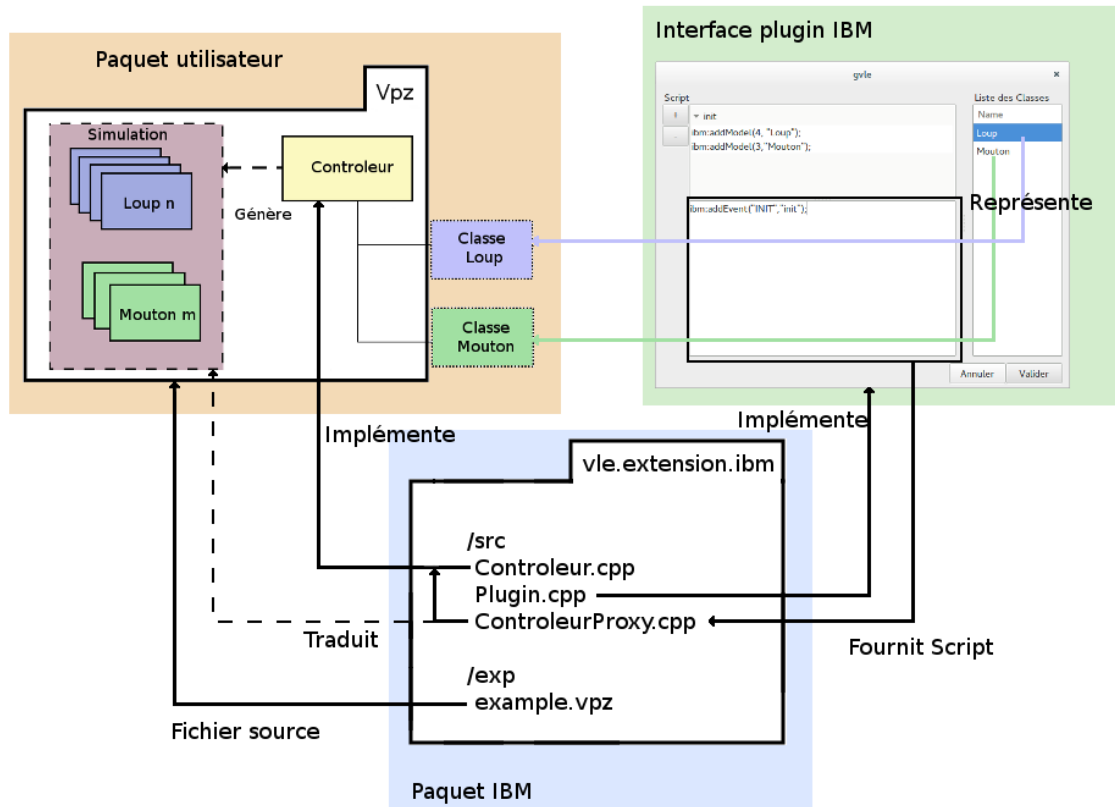


FIGURE 3.1 – Architecture du système

Ici, deux paquets, `vle.extension.ibm` en bleu et le paquet de projet de l'utilisateur en jaune. Le plugin IBM offre l'interface d'ibm où l'utilisateur décrit ses besoins puis il met en place le controleur grâce à ces informations. Le Controleur peut alors générer les individus lors de la simulation.

## 3.2 Controleur

L'élément principal du système IBM est le controleur, il a pour but de gérer tous les événements qui voyagent dans le système en les faisant passer par lui. Il hérite de nombreuses classes ce qui lui permet d'avoir les capacités d'une dynamique, d'un exécutive et d'un `GenericAgent`.

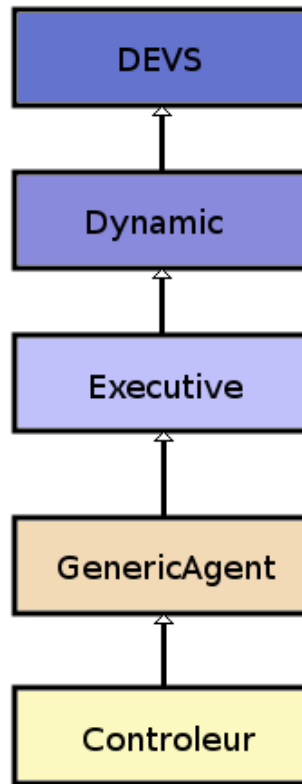


FIGURE 3.2 – Graphe d’héritage du contrôleur

Il se crée automatiquement à la première ouverture du plugin IBM. Ces capacités sont multiples grâce à la hiérarchie d’héritage dont il est formé.

### 3.2.1 Une dynamique

Il possède la capacité d’une dynamique DEVS, recevoir des événements par ses ports d’entrée, envoyer des événements par ses ports de sortie, exécuter un programme interne à chaque pas de temps (transition interne), gérer les événements externes (transition externe). Voici un résumé de sa dynamique.

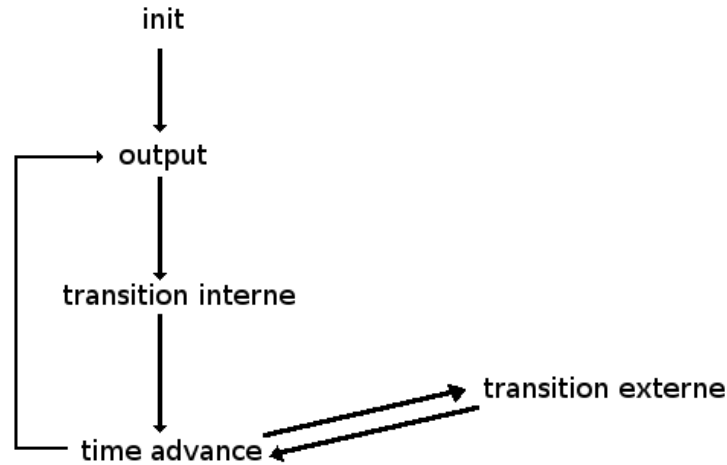


FIGURE 3.3 – Dynamique du controleur

Le controleur s’initialise dans `init`, puis exécute en boucle `output`, `transition interne` et `time advance`.

`Output` envoie les évènements par les ports de sortie, `transition interne` exécute les tâches régulières du controleur à chaque pas de temps  $t$  rendu par `time advance`.

La `transition externe` quant à elle s’exécute lors de la réception d’évènements, les traite puis la dynamique continue son cycle depuis `time advance`.

### 3.2.2 Un executive

Héritant d’“Exécutive”, le controleur a le pouvoir de créer des modèles mais aussi de les détruire et les modifier.

En effet, afin de créer des clones et les manipuler suivant les souhaits de l’utilisateur, le Controleur a besoin de ces capacités.

Pour cela, un petit langage sera mis à la disposition de l’utilisateur afin qu’il puisse programmer les agissement du Controleur durant la simulation.

Ce petit programme est une chaîne de caractère exécutée par le Controleur au bon moment grâce à sa dynamique afin de respecter les dates d’agissement souhaitées par l’utilisateur.

### 3.2.3 Le scheduler

Le Controleur hérite également de `GenericAgent`, ce qui lui donne accès à une sorte de calendrier. Il peut ainsi créer des évènements, les enmagasiner et exécuter les scripts envoyés par ces évènements à la bonne date.

### 3.3 GUI

Une interface simple a été développée pour l'utilisateur. Trois champs principaux en vert, rouge et les nuances de bleu ci-dessous.

La colonne de droite en vert qui liste toutes les classes d'individu présentes dans le Vpz ouvert. En survolant le nom d'une classe une infobulle s'ouvre pour afficher la liste des paramètres et compartiments de la classe en question, ce qui permet à l'utilisateur de programmer plus facilement. Il a directement accès à toutes les variables potentiellement modifiables au cours de la simulation. Par un clique-droit sur la colonne des classes, un menu déroulant s'affiche où l'utilisateur peut décider de créer une nouvelle classe, modifier la classe sélectionnée ou la supprimer.

En rouge la zone de texte permettant l'écriture du script lua qui peut être des appels à événements, des fonctions et/ou des initialisations de variables. Ce script n'est appelé qu'une fois en début de simulation.

En bleu, les événements, on peut en ajouter grâce au bouton "+" sur le côté gauche ou en supprimer grâce au bouton "-". Le nom de l'évènement est en évidence après chaque flèche et le script correspondant est juste en dessous.

Ici l'exemple du tp Modelmaker sur le remplissage et vidange des compartiments. Deux événements, "exec" et "init", "init" est appelé lors de l'initialisation et le script de l'évènement "exec" tous les 0.1 à partir de la date 0.01.



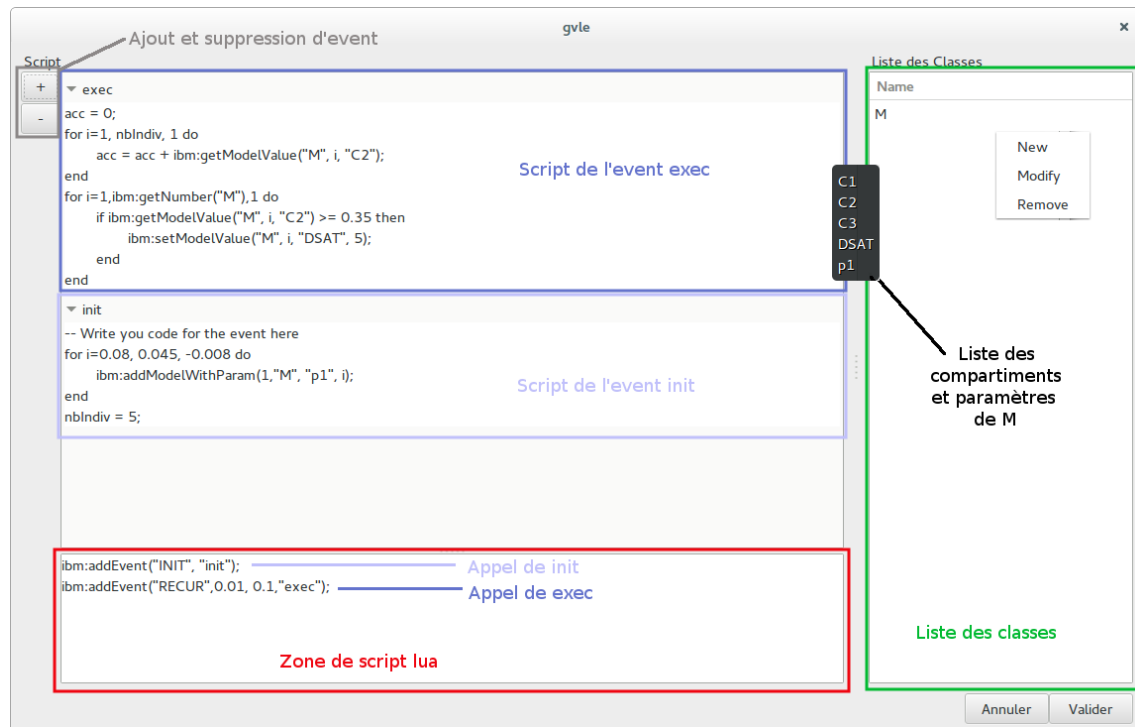


FIGURE 3.4 – Interface graphique du plugin IBM

## 3.4 Lua & addons

Lua est un langage de script libre créé en 1993. Il a été conçu de manière à pouvoir être embarqué et augmenter les possibilités du système hôte.

Dans notre cas, il sert d'interprète entre ce que l'utilisateur souhaite faire et le contrôleur. Ainsi, on peut profiter de tout le langage lua, plus quelques fonctionnalités que j'ai développées qui permettent certaines actions précises sur les individus.

### 3.4.1 Mise en oeuvre

Un script lua peut très facilement être exécuté depuis un programme C++.

On retrouvera les principales structures for, while, if, l'utilisation de variable... que l'utilisateur pourra se servir dans son script.

Mais ce langage ne permet pas à l'utilisateur d'effectuer des actions sur les individus. C'est pourquoi, des extensions à ce langage ont été développées et sont exécutées grâce à l'intermédiaire d'un proxy.

Dans l'exemple ci-dessous, le Controleur récupère le script lua puis l'exécute. Comme add-Model n'existe pas dans le langage lua, le proxy comblera cette anomalie en appelant la fonction du Controleur associée à addModel à chaque fois qu'elle sera appelé. Dans ce cas, trois fois.

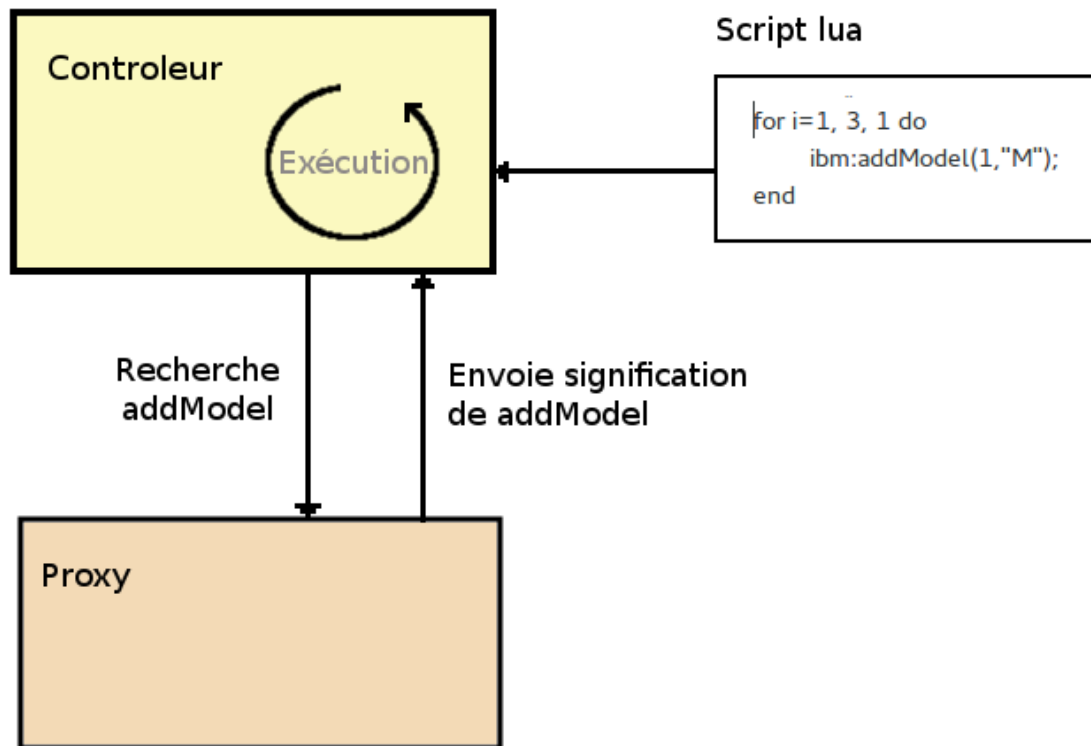


FIGURE 3.5 – Exécution d'un script lua depuis le controleur

### 3.4.2 Les extensions

Chaque extension du langage lua ont comme préfixe "ibm:". Elles permettent d'avoir des effets sur les modèles, d'obtenir des informations ou lancer des évènements.

Voici la liste des extensions développées qui ont des effets sur les individus :

- `addModel(n, "M")`  
Ajoute n models de type "M".
- `delModel("ModelName")`  
Supprime le modèle dont le nom est "ModelName".
- `addModelWithParam(n, "Class", "Param1", value1, "Param2", value2, ...)`  
Ajoute n model de type "Class" en modifiant les paramètres de telle manière à ce que Param1 = value1 et Param2 = value2. Le nombre de paramètre à modifier est indéfini.

- `setModelValue("class", i, "varName", varValue)`  
Modifie la valeur de "varName" par "varValue" du i<sup>ème</sup> modèle de la classe "class".
- `setModelValue("modelName", "varName", varValue)`  
Modifie la valeur de "varName" par "varValue" du modèle nommé "modelName".

Les extensions qui permettent d'avoir des informations sur les individus.

- `getModelValue("modelName", "varName")`  
Renvoie la valeur de la variable "varName" du modèle dont le nom est "modelName".
- `getModelValue("class", i, "varName")`  
Renvoie la valeur de la variable "varName" du i<sup>ème</sup> modèle de la classe "class".
- `getModelName("class", i)`  
Renvoie le nom du i<sup>ème</sup> modèle de la classe "class".
- `getNumber("class")`  
Renvoie le nombre d'individu de la classe "class".
- `getTime()`  
Renvoie la date actuelle durant la simulation.
- `getParam("param")` Renvoie la valeur du paramètre "param" présent dans les conditions expérimentales du controleur.

Dans toutes ces extensions, il est possible de remplacer la valeur des quantités, double ou int, par une chaîne de caractère qui correspond à un paramètre des conditions expérimentales du Controleur.

Quantité de modèles ajoutés dans `addModel`, la quantité de modèles et la valeur des paramètres dans `addModelWithParam` et la valeur de "varValue" dans `setModelValue`.

L'extension permettant de lancer des événements est `addEvent`. Cette fonction peut être de trois types, "INIT", "SINGLE" ou "RECUR" précisé en premier paramètre.

L'évènement lancé se traduit par l'exécution d'une fonction écrite par l'utilisateur dans le script. Cette fonction est toujours précisée en dernier paramètre de `addEvent`.

"INIT" permet de lancer un premier script à l'initialisation de la simulation.

"SINGLE" permet de lancer un événement ponctuel dans la simulation, c'est-à-dire l'exécution d'une fonction lua à un temps déterminé par l'utilisateur. La syntaxe sera `addEvent("SINGLE", date, "fonction")`.

"RECUR" permet de lancer un événement qui s'exécutera à une certaine fréquence depuis une date déterminée par l'utilisateur et jusqu'à la fin de la simulation. On aura `addEvent("RECUR", date, frequence, "fonction")`.

Par exemple, ici deux événements sont implémentés.

Initialisation, 5\*"nbLoup" loups sont créés. À chaque tour de boucle "nbLoup" loups sont créés avec `age=1` puis `age=2` ... et `age=5`.

```
--Event init
for i=1,5,1 do
    ibm:addModel("nbLoup","Loup","age",i);
end
```

Ici, l'évènement "dyn" ajoute 1 à l'âge de chaque loup. Ceux qui atteignent 10 sont affichés.

```
--Event dyn
for i=1,ibm:getNumber("Loup"),1 do
    x = ibm:getModelValue("Loup",i,"age")
    ibm:setModelValue("Loup",i,"age",x + 1)
    if ibm:getModelValue("Loup",i,"age") == 10 then
        print(ibm:getName("Loup",i))
    end
end
```

Appel des évènements. Tout d'abord "init" à l'initialisation puis l'évènement "dyn" à partir de la date 4 et tous les 1 jusqu'à le fin de la simulation.

```
ibm:addEvent("INIT","init");
ibm:addEvent("RECUR",4,1,"dyn");
```

En rouge, toutes les extensions utilisées dans le script.

Une autre fonctionnalité a été implémentée afin de permettre à l'utilisateur d'observer les variables de son choix faisant partie de son script lua.

Par exemple, l'utilisateur peut observer la quantité d'individus au cours de la simulation en définissant une variable globale "var" dans le script d'un évènement appelé récursivement qui prendrait pour valeur la somme de tous les individus.

Puis l'utilisateur doit déclarer cette variable "var" dans les observables du Contrôleur et lui associer une vue de sortie. Il sera alors possible d'observer la quantité d'individus tout au long de la simulation.

## 3.5 Déroulement du stage

### 3.5.1 Découverte

Les premiers jours ont été destinées à l'installation de toutes les parties nécessaires au fonctionnement du logiciel et à la compréhension de ce dernier, à quoi sert-il et comment fonctionne-t-il du point de vue de l'utilisateur.

Durant cette phase, j'ai lu la documentation associée à l'utilisation du logiciel afin de comprendre comment était représenté un individu, comment une simulation fonctionnait, l'envoi de messages entre modèles...

De plus, j'ai effectué un TP destiné à apprendre à utiliser le plugin Forrester, lancer des simulations et observer les valeurs de certains paramètres.

J'ai également réalisé à la main le clonage d'un individu en modifiant un de ses paramètres afin d'avoir une idée plus claire de ce qu'on attendait de moi durant ce stage.

### 3.5.2 Langage de script

Il était dès le départ évident que l'utilisateur devra programmer une petite partie afin de décrire la vie des individus qu'il aura créé.

J'ai tout d'abord commencé à développer les extensions de lua décrites précédemment par l'intermédiaire d'un parser en C++ dans le controleur sans le langage lua. Et seules ces fonctionnalités pouvaient être appelées.

Cette méthode était très limitée, c'est pourquoi l'insertion d'un langage existant était nécessaire.

Lua, un langage de programmation très simple, se mélange parfaitement au C++ et permet une plus grande liberté à l'utilisateur. Créant un proxy afin de faire l'intermédiaire entre lua et les fonctions C++, l'utilisateur peut profiter de tous les avantages et multiplier ses possibilités.

Après la mise en place du proxy, le développement de nouvelles extensions s'est fait sans difficultés.

### 3.5.3 La dynamique

Après avoir pris connaissance du logiciel et ses fonctionnalités, il m'a fallu comprendre la dynamique de fonctionnement c'est-à-dire la dynamique DEVS. Elle se traduit par l'ordre dans l'exécution des fonctions dans une dynamique, reception d'évènements, envoie d'évènements, transitions interne et externe...

A la base, l'utilisateur devait programmer deux scripts, un pour l'initialisation et un autre qui s'exécuterait en continu en transition interne.

Cependant, j'ai été confronté à un problème. L'utilisateur ne pouvait pas décider d'exécuter une commande à un moment déterminé au cours de la simulation, par exemple si l'utilisateur souhaite faire naître deux loups à la moitié de la simulation. Pour cela, il devait passer par l'intermédiaire de booléen, ce qui compléxifiait énormément le code et le ralentissait.

Afin de résoudre ce problème, j'ai mis en place un Scheduler. Il permet l'ordonation d'évènements par le temps auquel ils doivent s'exécuter puis l'envoi de ses derniers à la bonne date lors de la simulation.

Grâce au Scheduler, l'utilisateur simplifie son code en ne faisant que des fonctions lua puis appelle ses dernières dans l'ordre et la fréquence qu'il souhaite grâce à la commande d'ajout d'évènement `addEvent`.

### 3.5.4 Bugs & tests

Au cours du développement, de nombreux bugs se sont manifestés. Leurs résolutions étaient parfois évidente, mais il pouvait aussi être plus difficile de trouver leurs sources. En effet, ils étaient parfois dû à mon propre code, mais travaillant sur une version de VLE en développement, les bugs pouvaient cependant être dû à l'instabilité de l'application. C'est pourquoi, j'ai effectué des rapports de bug.

Afin de repérer les sources d'erreurs plus facilement, j'ai utilisé gdb, mais parfois ce système ne fonctionnait pas car c'était gdb lui-même qui provoquait les bugs.

D'autres bugs n'étaient visibles que lors de l'analyse des résultats obtenus après simulation. Pour remonter jusqu'aux erreurs, il a fallu songer à des tests, des scripts lua plus simples mais qui pourtant reproduisaient le bug.

Après avoir réalisés ces tests, les plus pertinents ont été insérés dans le paquet `vle.extension.ibm` avec les TP donnés à titre d'exemple des besoins, afin que l'utilisateur en téléchargeant le plugin, puissent avoir des exemples d'implémentations simples.

### 3.5.5 Outils & organisation

J'ai développé le plugin `vle.extension.ibm` par l'intermédiaire de gedit de manière totalement libre grâce au gestionnaire de version GIT et le dépôt Github.

Nous avons fait une première réunion avec l'équipe-projet Record afin de clarifier ce que je devrais développer en début de stage. Des réunions très régulières avec mon tuteur ont eu lieu dans le but de vérifier mon avancée et envisager les possibilités futures de développement.

De plus, j'avais à ma disposition des User Stories qui décrivaient ce que l'utilisateur devait pouvoir réaliser avec le plugin afin de me diriger dans mon développement. Ces User Stories étaient progressives, elles portaient de fonctionnalités simples comme afficher le bouton de démarrage du plugin à la mise en place du Scheduler.

Afin de vérifier que toutes les fonctionnalités étaient bien mise en place, j'ai modélisé les systèmes demandés dans les deux TP des besoins, croissance des cellules et vidange des compartiments, mais j'ai aussi réalisé une fiche de cas d'utilisation.

Cette fiche, disponible dans le paquet `vle.extension.ibm`, décrit 21 cas d'utilisation simples permettant à l'utilisateur d'utiliser chacune des extensions que j'ai développées. Chaque cas est détaillé afin qu'un utilisateur occasionnel puisse bien comprendre les fonctionnalités du plugin.

### 3.5.6 Planning

Trois importantes réunions ont eu lieu. Une en début de stage le 27 juin avec l'équipe VLE qui avait pour but de définir la manière d'intégrer les nouvelles fonctionnalités au logiciel GVLE.

Une seconde a eu lieu le 9 août par l'intermédiaire de jipsi<sup>2</sup> avec les principaux futurs utilisateurs, du plugin IBM afin de faire un état d'avancement.

Pour la dernière réunion, le 4 août, ces principaux utilisateurs sont venus sur le site de Toulouse afin que je leur explique le fonctionnement du plugin.

|                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2014                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| June                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | July                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | August                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 16                            | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 01 | 02   | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18                      | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 |
| Compréhension du sujet        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Developpement fenêtre principale du plugin |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Mise en place proxy lua |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Réunion d'organisation</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Lecture documentation         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Prise de connaissance du code source       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Réalisation du TP Forrester   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Debugage                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2014                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| August                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | September                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 04                            | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20   | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05                      | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Développement extensions lua  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Rapport de Stage                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Congé                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Réunion d'avancement</i>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | <i>Présentation du plugin</i>              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Mise en place du Scheduler    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Modification GUI                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Tests                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Debugage                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |



## 4 Conclusion

Grâce à ce stage, j'ai pu voir comment développer de nouvelles fonctionnalités à partir de besoins précisés en début de stage. Ces besoins s'attachaient à un logiciel existant, il a donc fallu apprendre à lire et comprendre le fonctionnement avant toute modification et/ou ajout de code. J'ai également pu voir plusieurs aspects de développement, créer un plugin sur un logiciel existant, créer les fonctionnalités de ce plugin, créer son interface graphique mais aussi l'aspect debugage, rapport de bug du logiciel existant et debugage de mon propre code. Ce stage m'a apporté des compétences telles que le moyen de répondre à un besoin, de rechercher des informations, mais aussi des compétences techniques notamment en C++.

A la fin de ce stage, le plugin développé est fonctionnel, les usagés peuvent s'en servir afin de modéliser des individus dans le sens IBM.

Ce plugin fournit de nouvelles possibilités que VLE ne pouvait pas offrir auparavant. Cependant, du travail reste à faire comme des tests sur les fonctionnalités. En effet, le plugin répond actuellement aux besoins cités en première partie mais peut-être que de nouveaux cas d'utilisation sont à venir et de nouvelles fonctionnalités seraient nécessaires comme par exemple faciliter l'inclusion de modèle IBM dans d'autres modèles, proposer à l'utilisateur une interface afin qu'il choisisse les ports d'entrée et de sortie qui lui sont nécessaire...

De plus, certaines fonctionnalités comme l'observation de variable globale est possible mais aucune interface graphique n'a été développée.

## 5 Bibliographie

Documentation de VLE :

<http://www.vle-project.org/doxygen/dev/>

Tutorials VLE :

<http://www.vle-project.org/wiki/Tutorials>

Documentation utilisateur GVLE :

<http://record-elearning.inra.fr/record/>

## 6 Abstract

I did this internship with the RECORD team in the National Institute for Research Agronomics in Toulouse, a french institute founded in 1946.

I learnt the DEVS dynamics using VLE software. After that, I autonomously started develop a software extension in C++ programming language to provide new features to GVLE software. The objective is to give new modelisation possibilities to the user like cloning and manage individuals during a simulation.

I saw differents aspects of developpement : the definition of the users needs, developpement of functionalities, grafic interface, debug, tests...

## 7 Annexe

### 7.1 Exemple de User Story

#### **[US 0.6] Ajout de directives d'initialisations au contrôleur**

Description : L'utilisateur bénéficie d'une zone de texte pour paramétrer le contrôleur.

##### **Scénario de Test :**

1. Au lancement du plugin, si le contrôleur existe le plugin de modélisation récupère le texte dans la condition expérimentale, et la propose dans une zone d'édition de texte à l'utilisateur.
2. A la fermeture du plugin si l'utilisateur valide et non pas abandonne son travail, la zone de texte est sauvegardée dans la condition expérimentale du contrôleur.
3. Lancer la simulation.

FIGURE 7.1 – Exemple de User Story

### 7.2 Résultat du modèle type des cellules

Voici les courbes obtenues après simulation d'un modèle avec le plugin IBM sur le logiciel GVLE du modèle type de la partie 2.1.2.

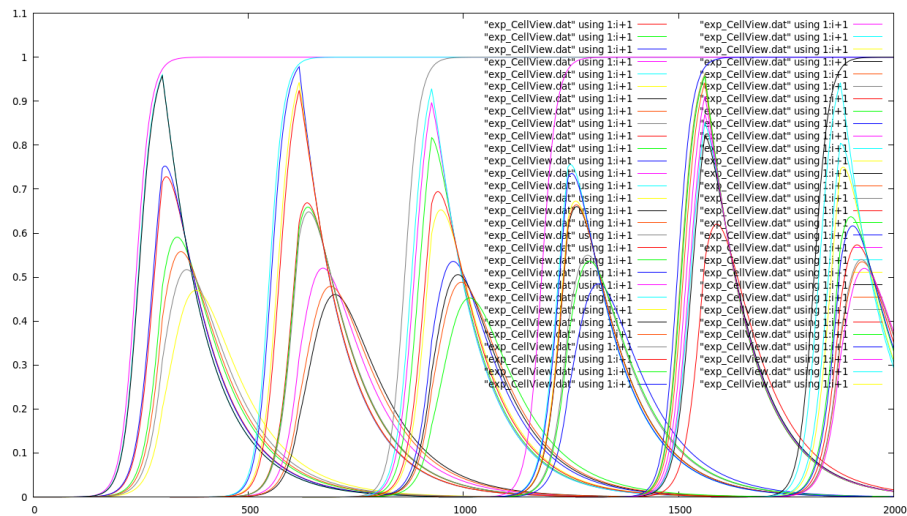


FIGURE 7.2 – Poids de chaque cellule vivante par rapport au temps

On remarque bien des vagues de 10 naissances de cellules puis la plus grosse reste vivante alors que les autres déclinent et meurt.

### 7.3 Huit cas d'utilisation sur les 21 existants

# Cas d'utilisations plugin IBM

## Cas 1 : Créer un nouveau projet et vpz, simuler la création d'un individu

1. Créer un nouveau projet
2. Créer un nouveau Vpz test\_0
3. Ouvrir test\_0.vpz avec le plugin IBM
4. Créer une nouvelle classe Loup avec un compartiment  $C1 = 1$ 
  - (4.1) Cliquez-droit sur la colonne des classes, add.
  - (4.2) Entrer le nom "Loup"
  - (4.3) Le plugin Forrester s'ouvre, définir la dynamique de l'individu ici
  - (4.4) Valider
5. Ajouter au Script principal

```
ibm: addModel(1, "Loup")
```

6. Valider, le Controleur se crée
7. Mettre en place un observable avec une vue
  - (7.1) Créer une vue test\_0View, type file. Valider
  - (7.2) Ajouter la vue au compartiment C1 de Loup : Aller dans Atomic Model Loup, éditer obs.DTE.Loup
  - (7.3) Cocher le bouton radio, valider
  - (7.4) Enregistrer
8. Lancer la simulation / ! Il manque vle.extension.differential-equation dans les Build-Depends de Description.txt

## Cas 2 : Simuler la création de plusieurs individus

1. Ouvrir le test\_0.vpz avec le plugin IBM
2. Modifier la commande `ibm:addModel(1,"Loup")` pour créer 10 individus

```
ibm:addModel(10,"Loup")
```

3. Lancer la simulation

### Cas 3 : Création de plusieurs individus grâce aux conditions expérimentales

1. Ouvrir les conditions expérimentales
2. Ajouter un paramètre "nb\_Loup" avec pour valeur 5.
3. Ouvrir "test\_0.vpz" avec le plugin
4. Mettre dans le script

```
ibm:addModel("nb_Loup","Loup")
```

5. Simuler, remarquer 5 loups créés.

### Cas 4 : Création de plusieurs individus grâce aux conditions expérimentales

1. Ouvrir test\_0.vpz avec le plugin IBM
2. Mettre dans le script

```
ibm:addModelWithParam(3,"Loup","C1",15)
```

3. Simuler, remarquer le changement de valeur de C1

### Cas 5 : Plusieurs individus, modification d'un paramètre grâce aux conditions expérimentales

1. Ouvrir les conditions expérimentales
2. Ajouter le paramètre "dix" = 10 à cond\_Controleur
3. Ouvrir test\_0.vpz avec le plugin IBM
4. Mettre dans le script

```
ibm:addModelWithParam(3,"Loup","C1","dix")
```

5. Simuler, remarquer le changement de valeur de C1

### Cas 6 : Plusieurs individus avec des paramètres distincts

1. Ouvrir le test\_0.vpz avec le plugin IBM
2. Mettre dans le script

```

for i=1,5,1 do
    ibm:addModelWithParam(1,"Loup", "C1", i)
end

```

3. Simuler, remarquer le changement de valeur de C1

### Cas 7 : Plusieurs individus, modification de plusieurs paramètres

1. Ouvrir test\_0.vpz avec le plugin IBM
2. Sélectionner Loup
3. Faire un clique droit et sélectionner Modify
4. Ajouter un compartiment C2 = 0
5. Mettre dans le script

```

for i=1,5,1 do
    ibm:addModelWithParam(1,"Loup", "C1", i, "C2", 3)
end

```

6. Ajouter un observable de C2
  - (6.1) Ouvrir la fenêtre de dialogue Atomic Model de Loup
  - (6.2) Aller dans l'onglet Observable et Editer obs\_DTELoup
  - (6.3) Ajouter une vue à C2
7. Simuler, remarquer le changement de valeur de C1 et de C2

### Cas 8 : Créer un évènement d'initialisation

1. Ouvrir test\_0.vpz avec le plugin IBM
2. Ajouter un script grâce au bouton "+", l'appeler "init", valider
3. Une nouvelle ligne s'affiche avec le nom "init", cliquer sur la flèche, une zone de texte apparait, c'est là que l'évènement "init" doit être décrit.
4. Couper-coller le texte du Script principal dans le script init.
5. Mettre dans le Script principal

```

ibm:addEvent("INIT", "init")

```

6. Simuler, remarquer le non changement depuis le cas précédent