

Journée « Modélisation conceptuelle »
organisée par le RMT Modélia
18 sept 2012

Du système au modèle informatique

H.Raynal

(RECORD, INRA, Toulouse)

L.Perochon

(VETAGROSUP, Clermont-Ferrand)



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Plan

1/ Situation du modèle conceptuel et de l'approche système par rapport au modèle informatique

2/ Qu'est ce qu'on attend du modèle conceptuel ?

3/ Outils et méthodes

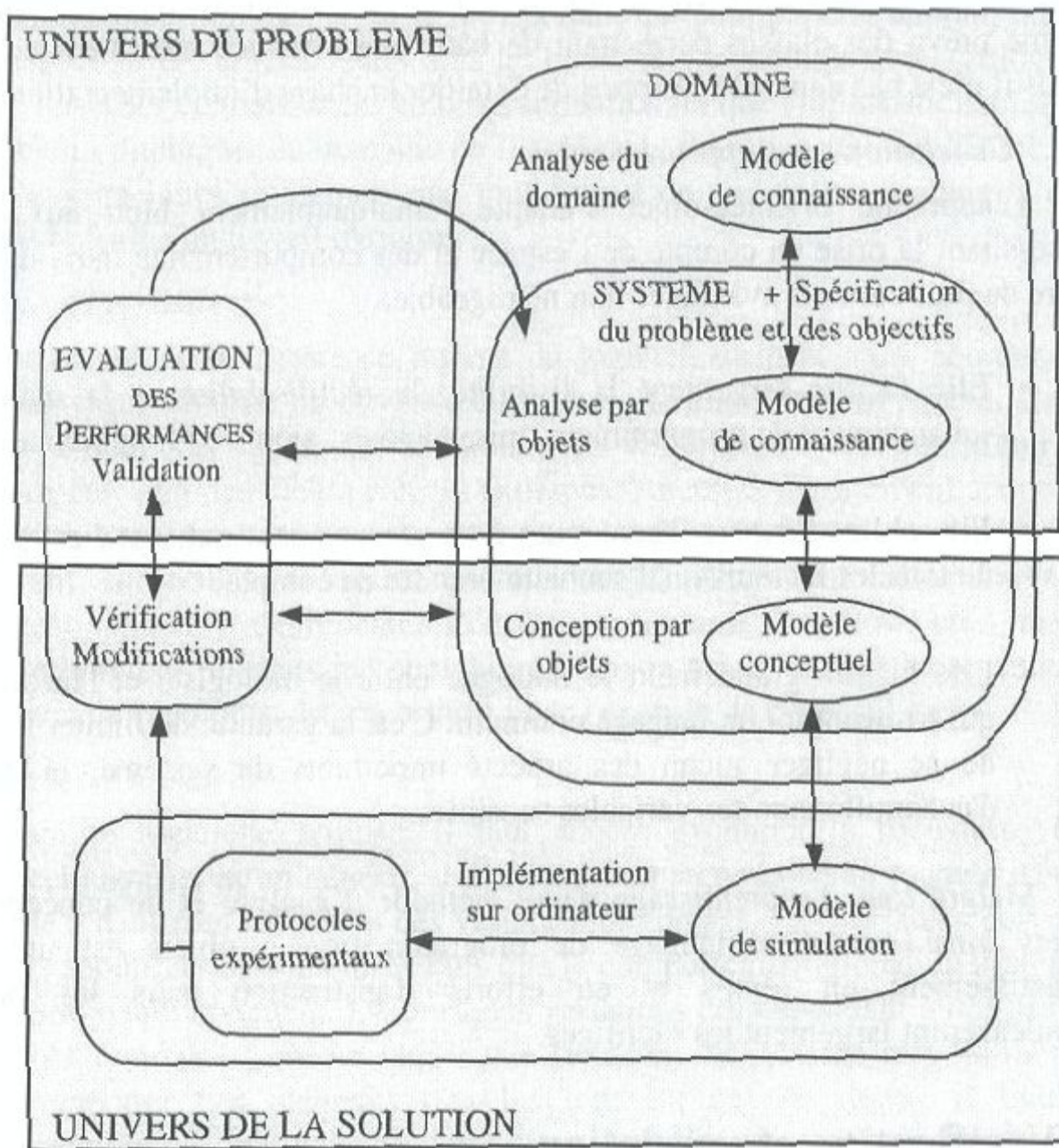
- Modélisation systémique
- Choix des formalismes
- Génération de code informatique

4/ Points de vigilance



Partie 1

Situation du modèle conceptuel et de l'approche système par rapport au modèle informatique



D.Hill
P.Coquillart, 2009

FIGURE II.12. Processus de modélisation par objets.



Partie 2

Qu'est ce qu'on attend du modèle conceptuel pour faciliter le passage au simulateur informatique ?



- **Mise en place d'une sémantique et de concepts communs**
partagés entre les différents acteurs dont : experts du domaine et informaticiens.
Exemple : vocabulaire partagé (nommage , unité ...)
- **Définition claire des objectifs et du modèle de connaissance** utilisé, sous-jacent
- **Représentation de la solution dans un formalisme graphique** intégrant :
 - Des éléments du modèle de connaissance
 - Des éléments de la solution informatique (Ex : les objets)
 - Des éléments de la configuration matérielle (Ex : lien avec une bdd)

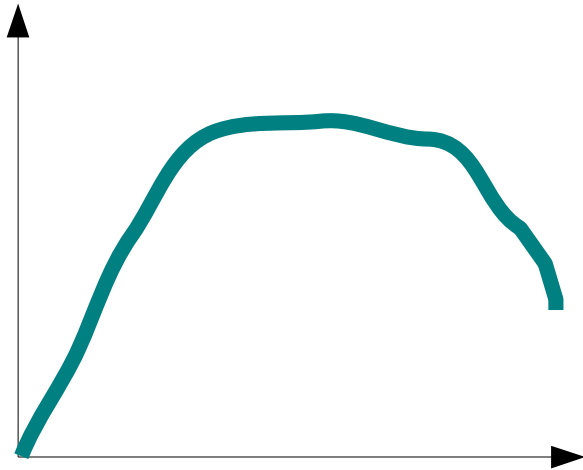
Etre validé

Phases	Analyse	Analyse et conception	Implémentation	Interprétation
Méthodes de validation	Validation des données	Validation du modèle conceptuel	Validation opérationnelle	Validation des résultats
Par confrontation	X	X	X	X
Par répétitivité				X
Fonctionnelle		X	X	X
Graphique	X		X	X
Statistique	X	X	X	X



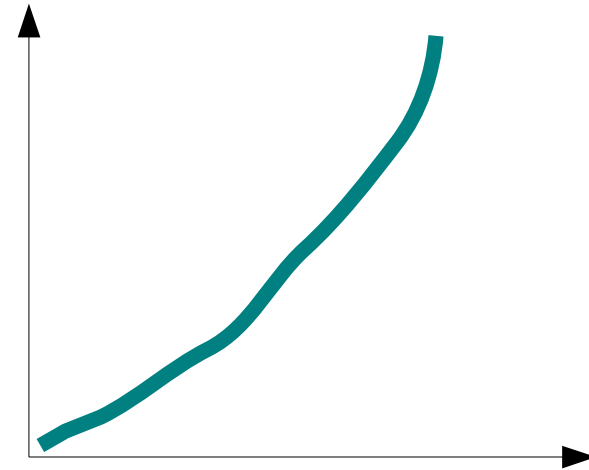
- Respecter le **principe de parcimonie**

Informations que l'on peut retirer du modèle



Nb de variables dans le modèle

Complexité informatique



Nb de variables dans le modèle



Partie 3 : Outils et méthodes

Modélisation systémique

Application à la problématique des Agro-écosystèmes /
RECORD



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

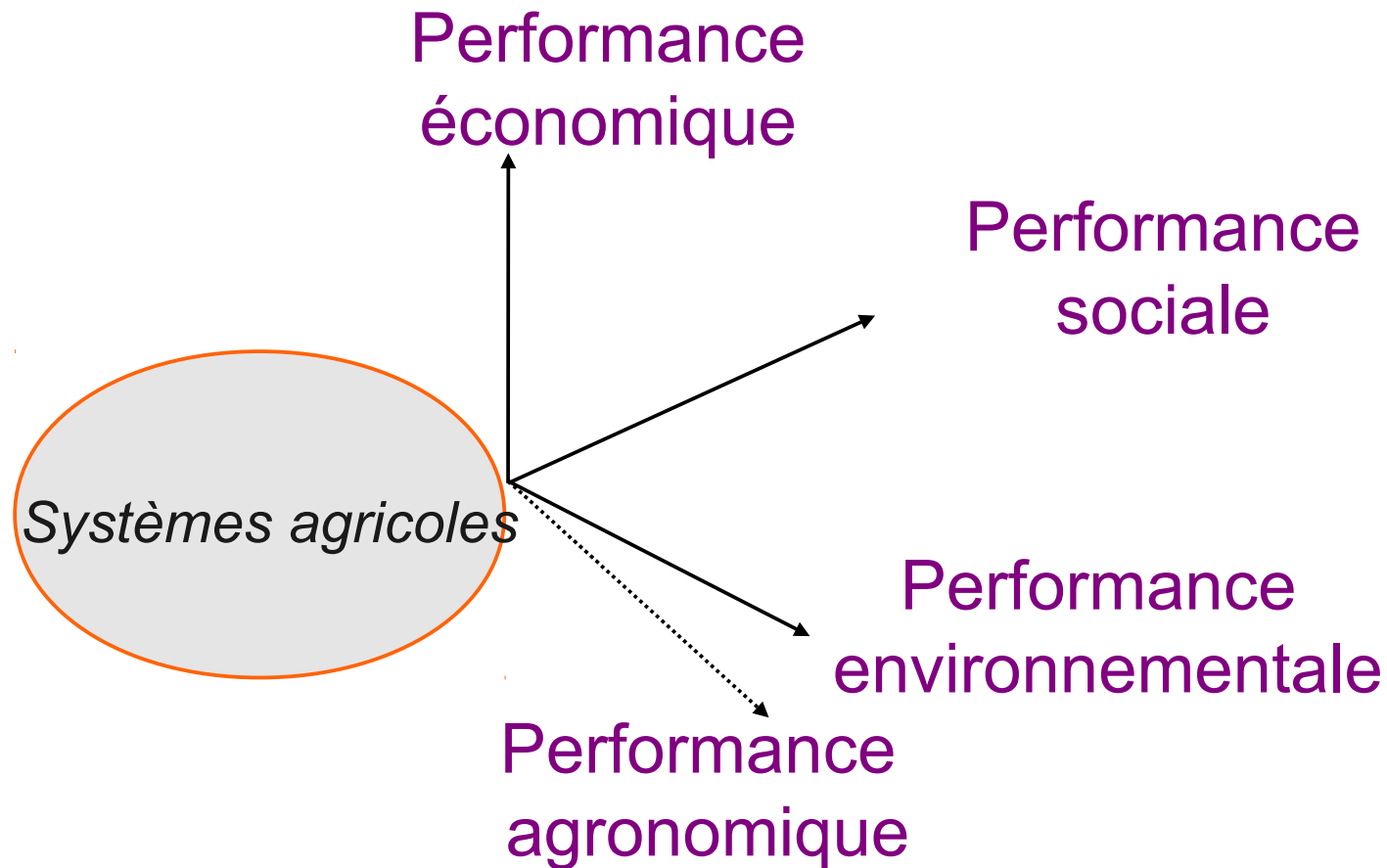


Motivation à l'utilisation de l'approche systémique

- Double intérêt :
 - Niveau modélisateur : **Méthode intéressante pour l'analyse de systèmes complexes** tels que les agro-écosystèmes
 - Niveau génie logiciel :
 - Induit naturellement un « **code informatique modulaire** »
 - Facilite la **construction de modèles via une approche « composant »**, et donc avec partage possible de composants via une bibliothèque de composants
 - Va dans le sens de la **capitalisation et de la ré-utilisation du code informatique** développé



Motivation pour une approche systémique dans le contexte des agro-écosystèmes



Agro-écosystèmes

Climat



Conduite



Région

Petit territoire

Exploitation

Parcelle

Plante

Economie



Cellule



Gène

Bio-agresseurs



Bio-diversité



**Biophysique:
Plante + sol**



Echelle



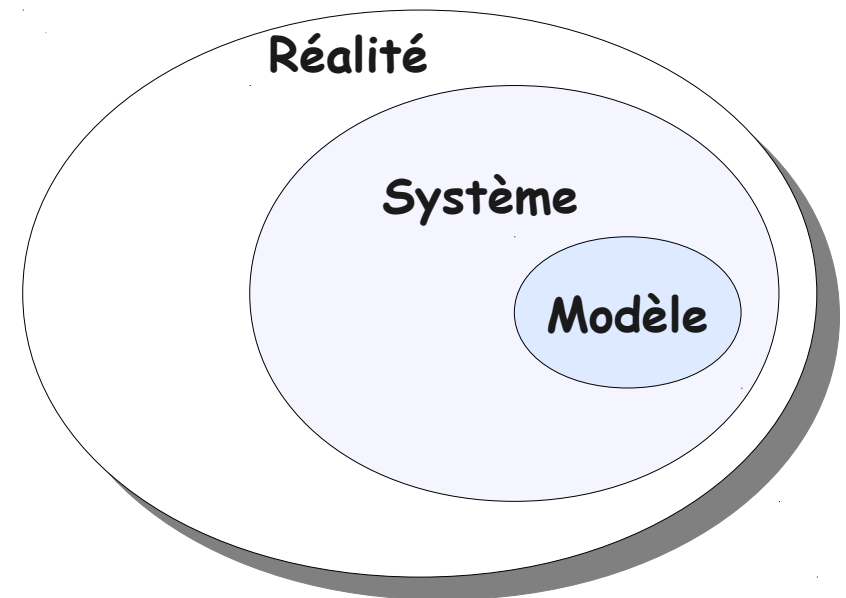
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Agro-écosystèmes

- Intègrent des modèles théoriques et des concepts méthodologiques issus de diverses disciplines.
- Nécessité de prendre en compte les propriétés d'interactions dynamiques entre les éléments de l'ensemble

Systemique : aide conceptuelle et méthodologique



(D.Sauvant, 2007)

Eléments de théorie : Définition

- « Totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » (F.de Saussure)
- « Ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but » (J.De Rosnay)

Eléments de théorie : Propriétés d'un système

- **Organisation**: agencement des relations entre les éléments qui composent le système
- **Totalité**: un système est plus que la somme de ses éléments.
Emergence de propriétés
- **Interactions entre ses éléments**, dépassant les relations du type cause-effet
- **Complexité**: à conserver

Eléments de théorie : Description d'un système

- Description **structurelle**:
 - Frontière

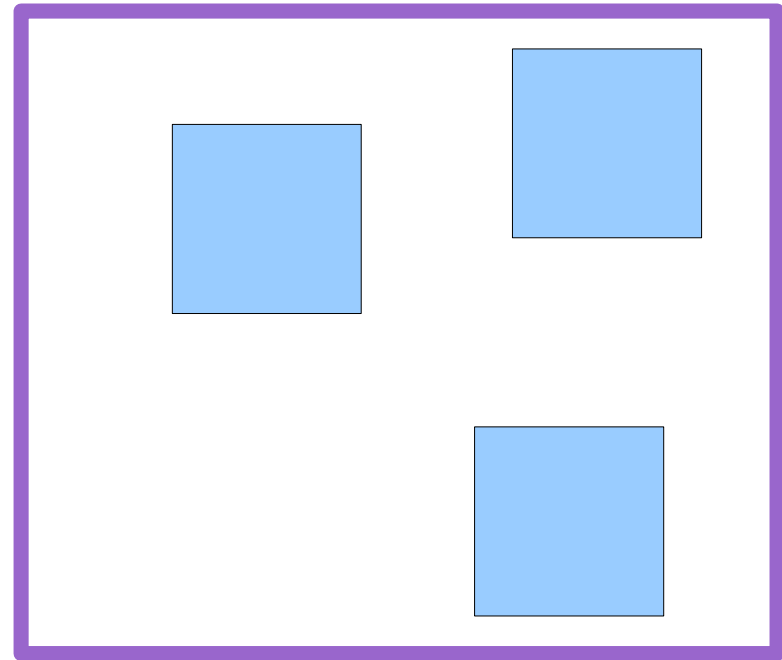
- Description **fonctionnelle**:



Éléments de théorie : Description d'un système

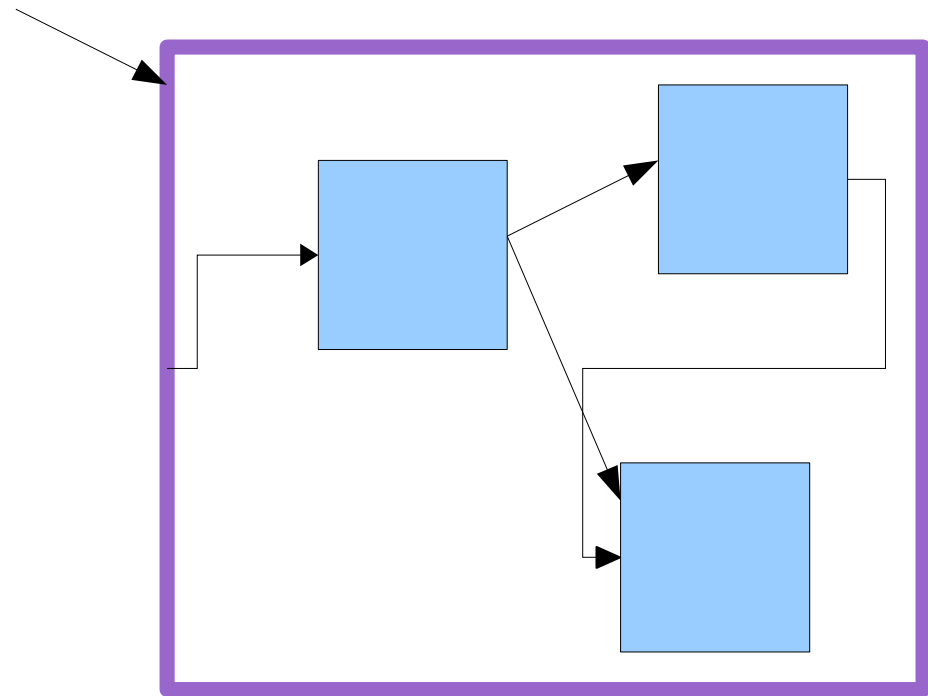
- Description **structurelle**:
 - Frontière
 - Différents éléments
 - Structure hiérarchique possible

- Description **fonctionnelle**:



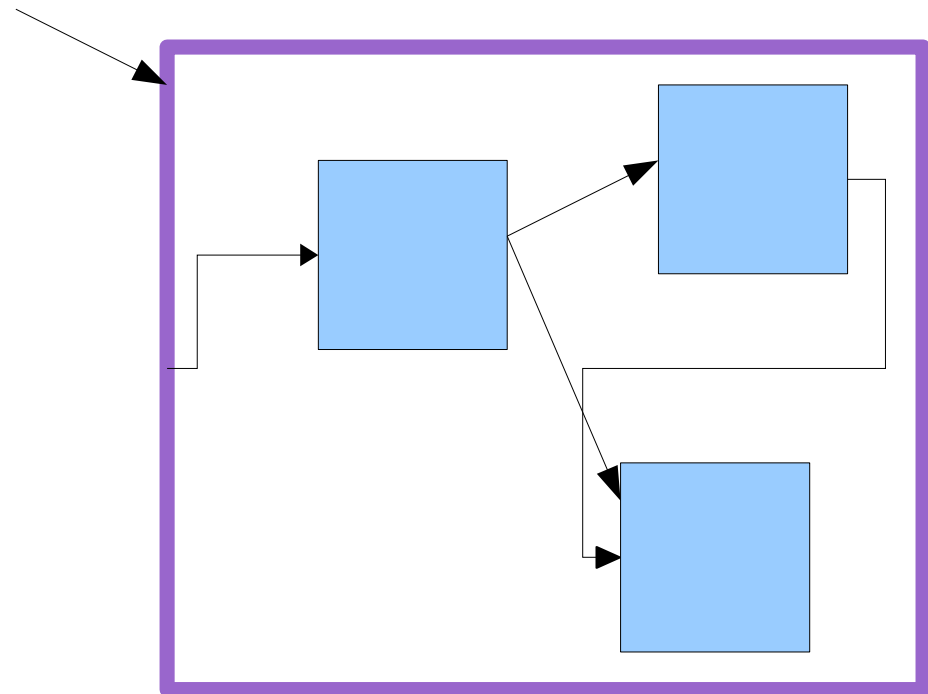
Éléments de théorie : Description d'un système

- Description **structurelle**:
 - Frontière
 - Différents éléments
 - Structure hiérarchique possible
 - Interactions entre les éléments (réseau)
- Description **fonctionnelle**:



Éléments de théorie : Description d'un système

- Description **structurelle**:
 - Frontière
 - Différents éléments
 - Structure hiérarchique possible
 - Interactions entre les éléments (réseau)
- Description **fonctionnelle**:
 - Dynamique des éléments
 - Dynamique des interactions entre les éléments (nature, centre de décision, rétroactions ...)





Proposition de démarche



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

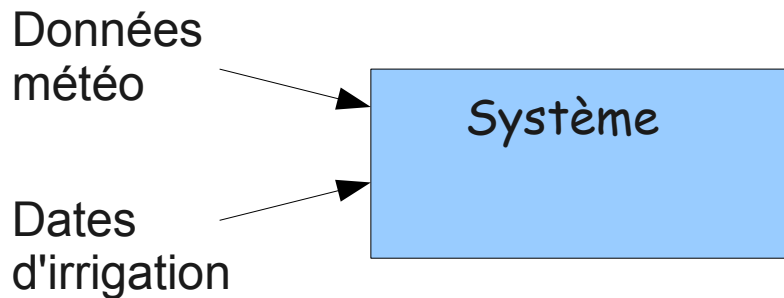


Définir les aspects structurels du système

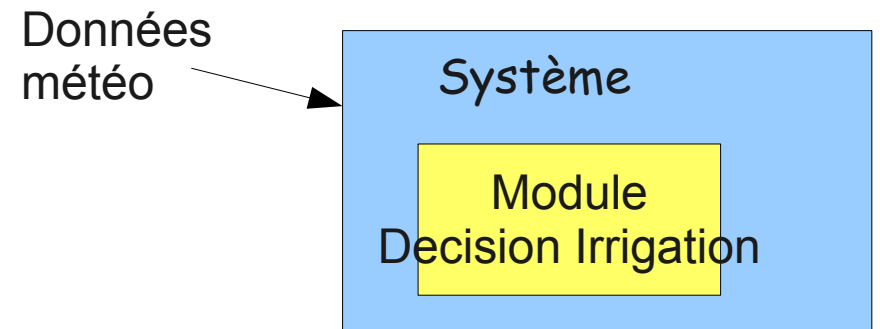
1/ Définir la frontière du système

- Ce qui est en dehors du système n'est pas modélisé (donnée d'entrée)
- Exemple:

Cas 1: Dates d'irrigation
sont des données d'entrée
du système



Cas 2: Dates d'irrigation
sont modélisées



Définir les aspects structurels du système

2/ Décomposer le système en sous-systèmes suivant démarche d'analyse descendante

- Suivant quelles règles?
 - **Fortes interactions entre élts d'un sous-syst. et faibles interactions entre les sous-syst.**
 - Cohérence avec la **sémantique** (regrouper ce qui a du sens)
 - **Granularité de la décomposition à adapter.**
 - Pas nécessaire d'aller jusqu'à 1 équation = 1 processus = 1 module
 - Grain minimal = **Module** (Modèle atomique (sens DEVS)
Classe (sens C++))

Définir les aspects fonctionnels du système

3/ Identifier ce que le système échange avec l'extérieur:

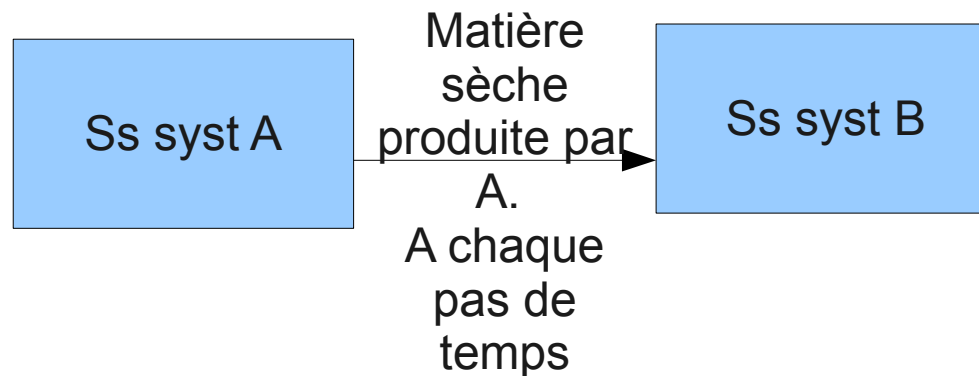
- **Variables d'entrée (INPUT)** ex: T_{min}, T_{max}, précipitations
- **Variables de sortie (OUTPUT):** ex: Q_{tité} de nitrate émise vers la nappe phréatique, rendement
- **Temporalité** (ex: quotidienne sur 1 an)

(penser à définir les unités)

Définir les aspects fonctionnels du système

4/ Identifier les relations entre les éléments du système (à tous les niveaux de hiérarchie)

- **ce qui est échangé entre les sous-systèmes:** flux de matière, une information ...
Var d'entrée de chaque sous-système: **INPUT**
Var de sortie de chaque sous-système : **OUTPUT**
- **La temporalité et la synchronisation**



Définir les aspects fonctionnels du système

- **5 / Identifier la nature et les propriétés de chaque module**

- **Le ou les processus modélisés**

(Ex: croissance racinaire, la dynamique de l'eau dans le sol ...)

- **Variables d'états** (Nom + Unité) de chaque module.

(Var d'état= grandeur qui évolue, qui est calculée à chaque pas de temps
ex: LAI, profondeur racinaire ...)

- **Formalisme à utiliser pour représenter chaque processus**

Cadre RECORD-VLE propose plusieurs formalismes qui sont des outils pour exprimer la dynamique de chaque module:

- Temps discret et var d'état continues ---> *formalisme des éq aux différences*

$$\text{VarX}(t+1) = f(\text{VarX}(t), u)$$

- Temps continu et var d'état continues ---> *formalisme des éq différentielles*

$$d \text{VarX} / dt = f(\text{VarX}, u)$$

- **Les paramètres** du modèle

- **Les conditions initiales** (valeur des variables au 1er pas de temps de la simulation)



Représentation graphique du système

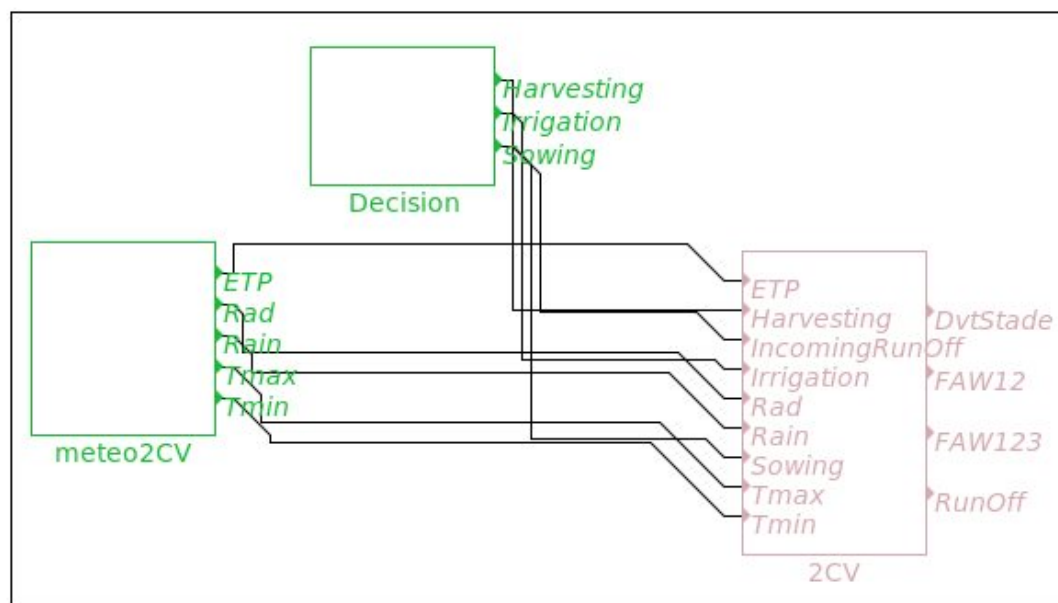
Quelle représentation graphique?

plusieurs types de diagramme peuvent être utilisés pour représenter le système (classiquement Forrester);

Cadre RECORD-VLE propose d'utiliser l'interface graphique **gvle** qui permet de représenter:

- Les éléments du système
- La décomposition hiérarchique descendante du système
- Les interactions entre les sous-systèmes
- Les sous-systèmes et leurs entrées sorties
- Le type de formalisme de chaque sous-système (la dynamique hérite d'une Classe de formalisme)

Représentation sous gvle/RECORD du système





Partie 3 : Outils et méthodes

Choix des formalismes de modélisation



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Les formalismes de modélisation

Après avoir défini les éléments structuraux et fonctionnels du système, il faut définir **pour chacun d'entre eux le formalisme de modélisation le plus adapté.**

Sur quels critères faire le choix ?

- Processus continu, discret ou événementiel
- Processus spatialisé
- Maîtrise par le modélisateur du formalisme (Ex/ Modélisation à la Forrester)
- Contraintes techniques : émulation possible ou non de ces formalismes au niveau du cadre informatique

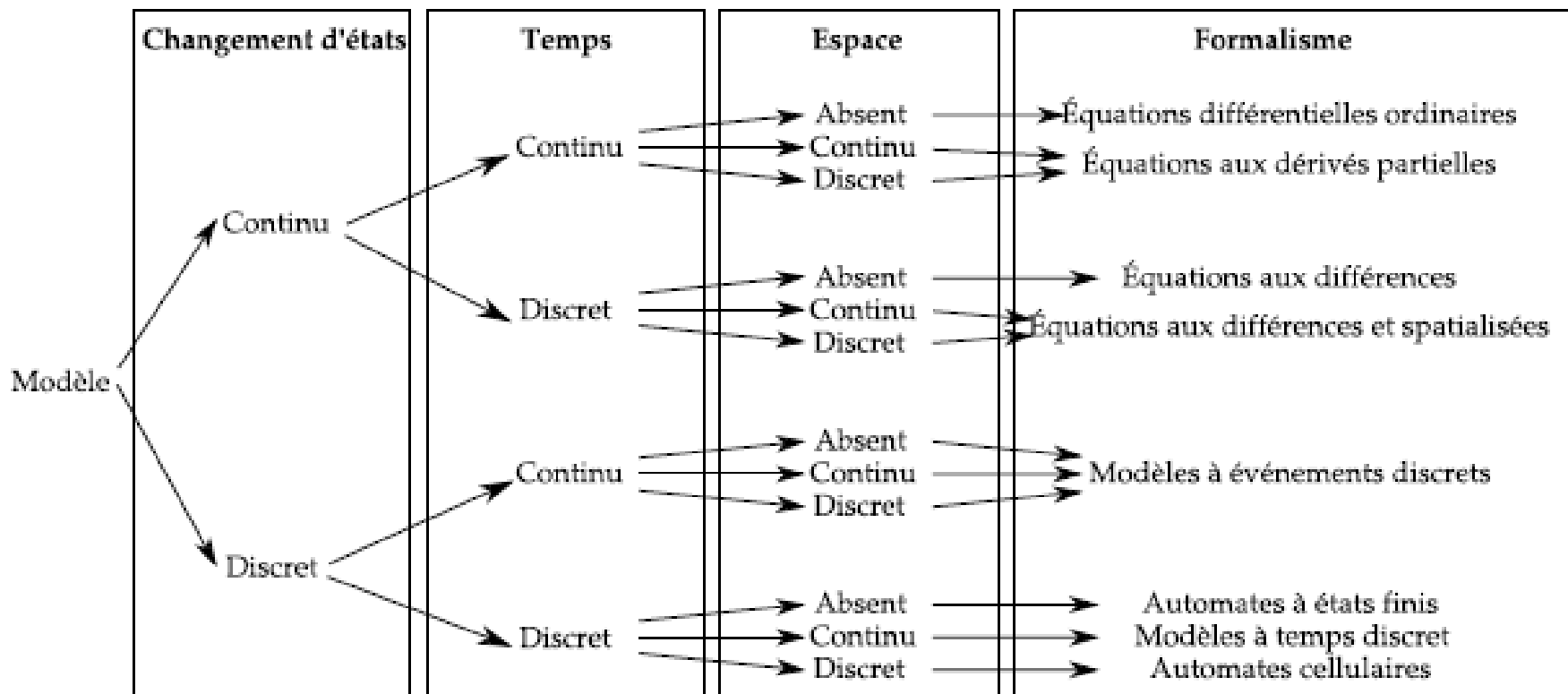


FIG. 1.3 – Classification des formalismes selon les aspects continus ou discrets des variables du temps et de l'espace (Source : [Ramat, 2003]).



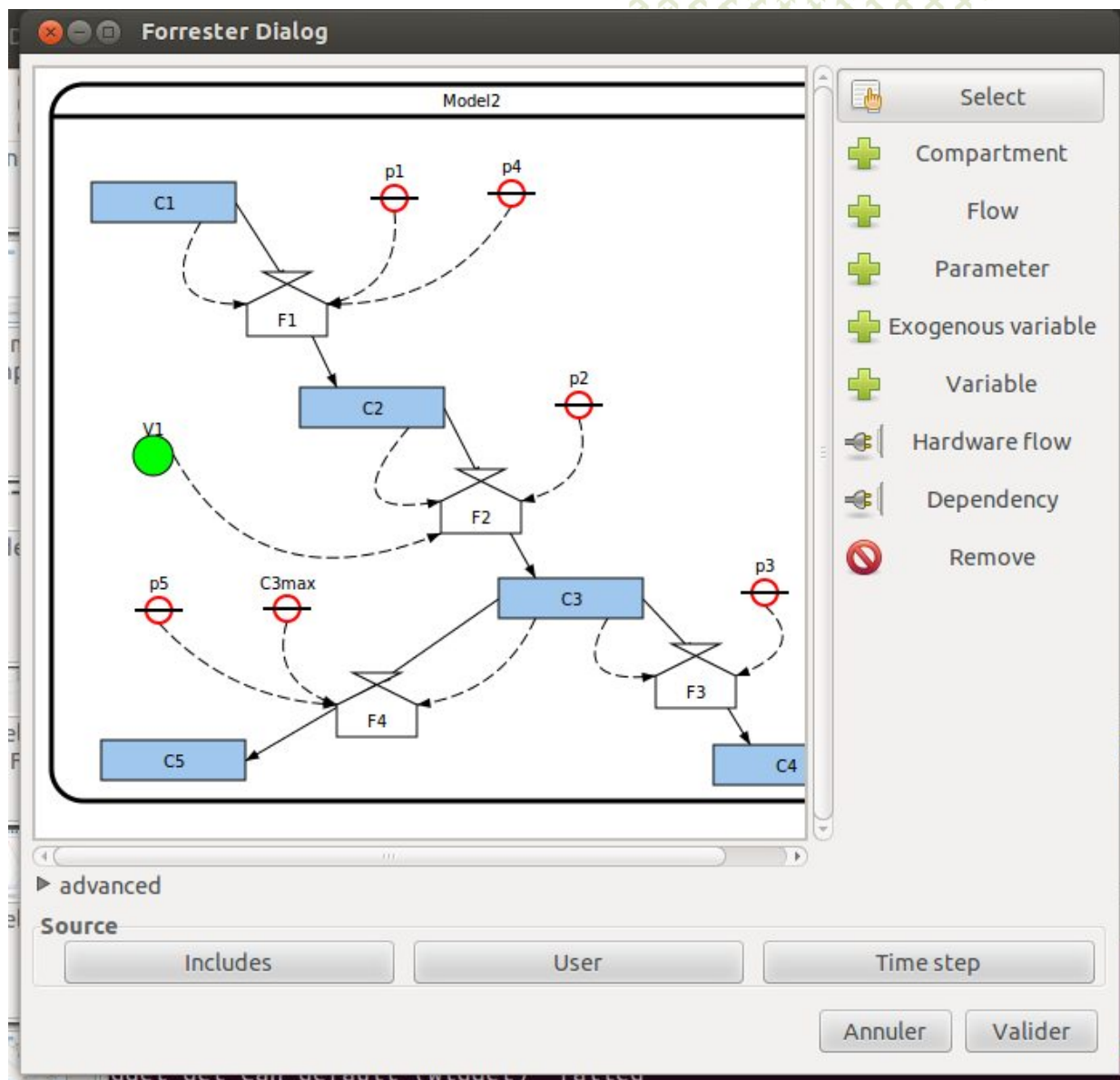
Partie 3 : Outils et méthodes

Génération de code à partir du modèle conceptuel



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





Visualisation du modèle conceptuel dans une approche « Modèles à compartiments » / Forrester.

Dans l'interface graphique gvl, de l'outil informatique RECORD



Flow dialog

Name

Value

▼ Advanced

Conditional

Predicate

Value(true)

Value(false)

Time

Operators

+	-	*
/	()
cos	sin	tan
exp	abs	sqrt

Compartments

Name
C1
C2
C3
C3

Variables/Constants

Name
p1
p2
p3
V1
p4
C3max

✓ Ok!



Partie 4 : Points de vigilance



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





Premier danger : comment retrouver mon modèle conceptuel au milieu des ajouts techniques ?

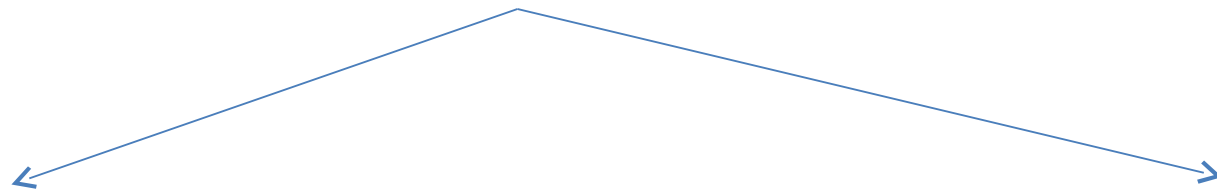


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Deuxième danger : Evolution

Les changements se font souvent directement dans le modèle informatisé qui s'éloigne du modèle conceptuel



Garder à jour son modèle conceptuel

Model Driven

Model Driven



- C'est un changement de métier pour l'informaticien
- Implique une mise en œuvre initiale lourde

Ingénierie inverse

Code Informatique → diagramme

Attention!

- ceci n'est possible que pour certains langages informatiques, et majoritairement pour obtenir des diagrammes UML
- Les diagrammes obtenus ne sont que le reflet du code, avec ses ajouts d'aspects techniques. La forme simple / éléments principaux du modèle conceptuel ne peut être retrouvée ainsi.



Merci de votre attention ...

Info :

Prochaine journée RECORD

« Modélisation conceptuelle de la décision »

25 janvier 2013 à Rennes



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

