



# Modélisation sous Matlab/Simulink ou Scilab/Xcos

[thierry.mimar@acsysteme.com](mailto:thierry.mimar@acsysteme.com)

# Création d'un modèle

## ■ La démarche de modélisation

Conception

Développement

Calage

Validation

```
rgn=CreateRectRgn(80,160,80+80,160+RectSizeY)
rgn.PtInRegion(point)
double x0c,y0c;
for(int i=0;i<NUMCITY;i++)
{
    x0c=80+RectSizeX*i;
    y0c=160+RectSizeY*i;
    CreateEllipticRgn(x0c,y0c,10,10);
    rgn=CreateEllipticRgn(x0c,y0c,10,10);
    rgn=UnionRgn(rgn,rgn);
}
```



Moteur d'idées pour véhicules spécifiques et mobilité durable



# 1. Conception du modèle

## Définition et objectif

### Qu'est-ce qu'un modèle

Représentation mathématique d'un processus permettant de simuler son comportement dans le temps

### Pourquoi un modèle

- comprendre le fonctionnement d'un système
- évaluer les performances d'un système
- dimensionner un système
- synthétiser une loi de commande
- valider les performances et la robustesse d'une loi de commande

### Approche « Model-Based Design »



# 1. Conception du modèle

## Finalité du modèle

### Le modèle de conception

- destiné à la synthèse d'une loi de commande
- contraintes de modélisation liées à la méthode de commande choisie
- généralement linéaire

### Le modèle de validation

- destiné à la simulation pour valider la loi de commande
- généralement non linéaire



# 1. Conception du modèle

## Phénomènes à simuler

### En fonction des objectifs

La précision du modèle et des phénomènes représentés dépend avant tout de ce que l'on veut faire avec le modèle !

### Exemple

La modélisation d'une voiture pourra être très différente suivant que l'on veut :

- mettre au point un régulateur de vitesse,
- étudier l'usure des pneus,
- optimiser la consommation...



# 1. Conception du modèle

## Type de modèle

### Modèles « boîte blanche »

- modèles basés sur les équations physiques du système → modèle de connaissance
- souvent définis avec l'aide d'un ingénieur métier

### Modèles « boîte noire »

- modèles identifiés à partir de données d'essais (acquisitions sur le système réel ou simulation d'un modèle complexe) → modèle de comportement

### Modèles « boîte grise »

- modèles mixtes

# 1. Conception du modèle

## ■ Type de modélisation

### Causale

- modèle constitué de composants « orientés ». Chaque élément (typiquement un fonction de transfert) possède une entrée qui impose une sortie (et non l'inverse)

### Acausal

- modèle composé d'objets qui définissent des relations entre les variables sans notion de cause à effet



# 1. Conception du modèle

## Exemple : retenue d'eau d'un barrage

### Objectif du modèle

- Concevoir un correcteur de niveau qui sera implémenter dans le système de contrôle/commande de l'aménagement



### Phénomènes à simuler

- L'évolution dans le temps du niveau d'eau dans la retenue en fonction des débits entrant et sortant
- Les limites physiques du débit sortant et du niveau d'eau

### Type de modèle

- Boîte blanche, car on dispose des équations



# 1. Conception du modèle

## Exemple : retenue d'eau d'un barrage Équations dynamiques de la retenue

Z : niveau d'eau, m

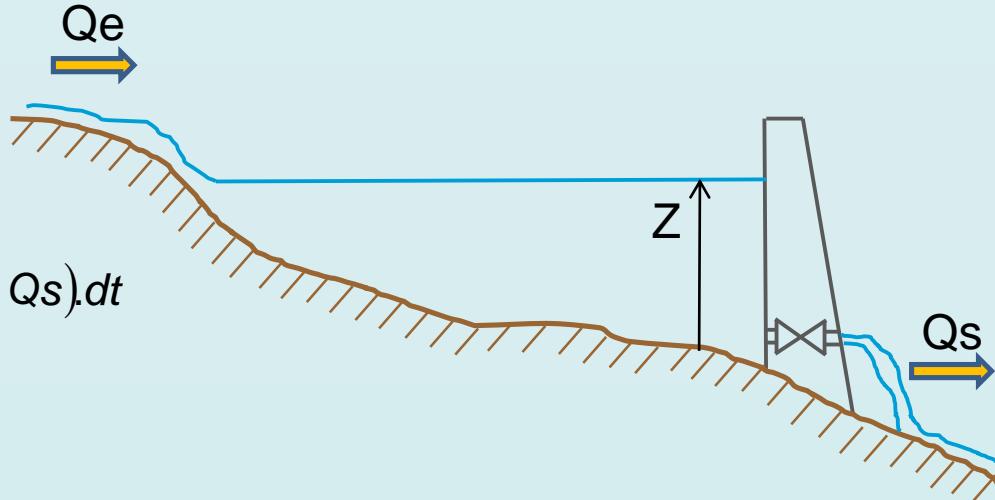
S : surface du plan d'eau, m<sup>2</sup>

Qe : débit entrant (m<sup>3</sup>/s)

Qs : débit sortant (m<sup>3</sup>/s)

$$Z(t) = Z_0 + \frac{1}{S} \int_0^t (Qe - Qs) dt$$

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{1}{S} (Qe - Qs)$$



## 2. Développement du modèle

### ■ Environnement de simulation

#### Modélisation causale

- Matlab/Simulink (société Mathworks)
- Scilab/Xcos (logiciel libre et gratuit)



#### Modélisation physique (acausale)

- Simscape dans Matlab/Simulink (société Mathworks)
- Modelicac dans Scilab/Xcos (logiciel libre et gratuit)
- AMESim (société LMS International)
- Dymola (société Dassault Systèmes)
- MATRIXx/SystemBuild (société National Instruments)



## 2. Développement du modèle

### ■ Environnement Matlab/Simulink

#### Matlab

- langage de programmation de haut niveau
- environnement interactif pour le calcul numérique, la visualisation et la programmation



#### Simulink

- plate-forme de simulation et de modélisation de systèmes dynamiques
- environnement graphique permettant de créer des modèles à partir d'un ensemble de bibliothèques, puis de les simuler
- Intégré à Matlab et compatible avec ses nombreuses boîtes à outils



#### → Démonstration



## 2. Développement du modèle

### ■ Environnement Scilab/Xcos

#### Scilab

- outil de programmation scientifique similaire à Matlab
- libre et gratuit
- néanmoins plus limité

#### Xcos

- outil de modélisation et de simulation similaire à Simulink
- libre et gratuit
- néanmoins plus limité

→ *Démonstration*



## 2. Développement du modèle

### Modélisation sous forme de schéma bloc Concepts communs à Simulink et Xcos :

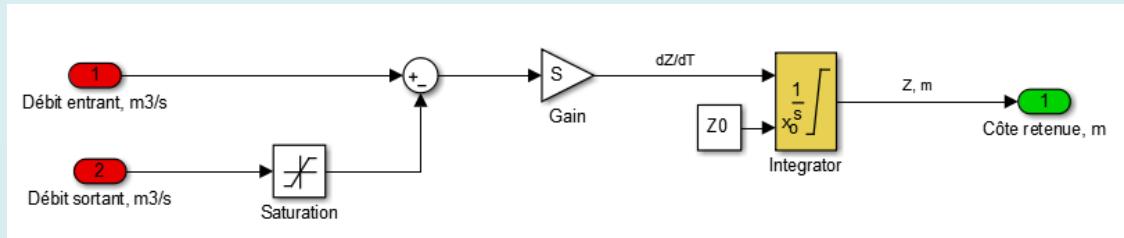
- Un éditeur de schémas permettant de coder des équations sous forme graphique
- Des bibliothèques de blocs thématiques (sources, visualisation, enregistrement, opérations mathématique, discontinuités...)
- Un moteur de simulation numérique qui résout le diagramme puis appelle un solveur ad hoc pour simuler un scénario défini par l'utilisateur
- La possibilité de créer des « sous-systèmes » pour encapsuler des parties
  - amélioration de la lecture des diagrammes
  - restitution de l'architecture du système physique (différents organes ou sous-ensembles)
  - capitalisation des développements (création de bibliothèques de blocs métier)

→ Démonstration

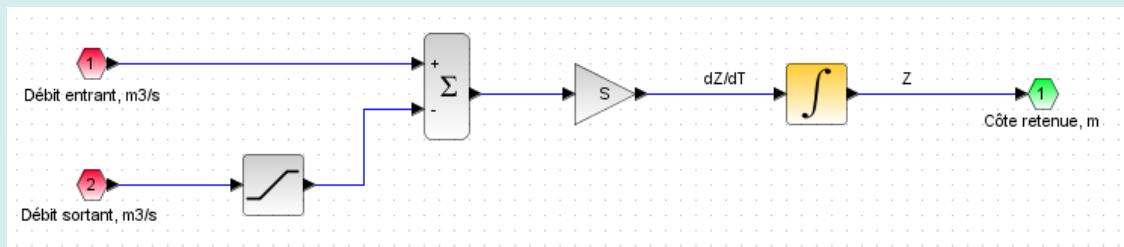


## 2. Développement du modèle

### Exemple : retenue d'eau d'un barrage Matlab/Simulink



### Scilab/Xcos



$$Z(t) = Z_0 + \frac{1}{S} \int (Q_e - Q_s) dt$$

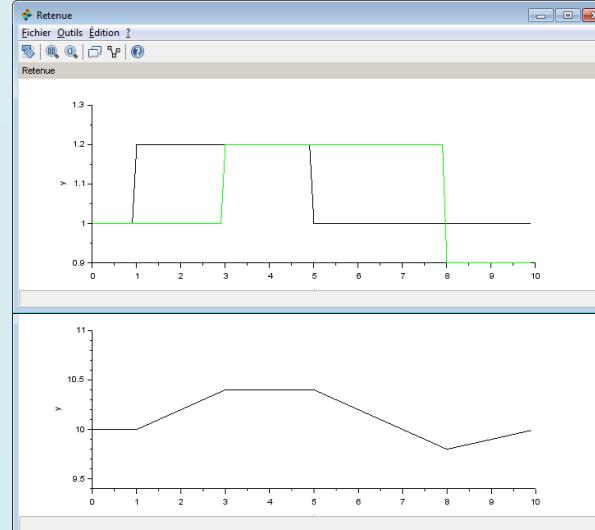
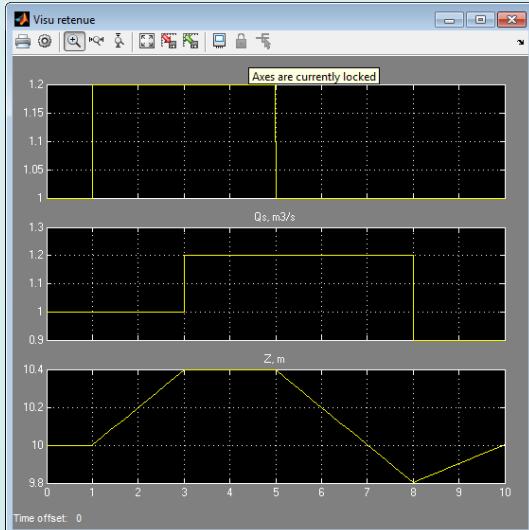


## 2. Développement du modèle

Exemple : retenue d'eau d'un barrage

Matlab/Simulink

Scilab/Xcos



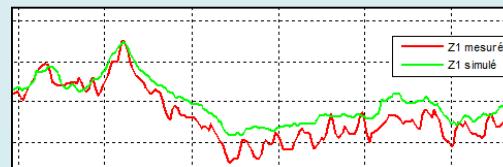
# 3. Calage du modèle

## Objectif

- on dispose d'un modèle capable de simuler les phénomènes physiques recherchés de manière cohérente (sens de variation des sorties en fonction des entrées, ordre de grandeurs des variables...)
- il s'agit d'ajuster les paramètres du modèle de manière à affiner sa représentativité (ses « prédictions ») vis-à-vis du système réel.

## Moyen

- réalisation d'essais sur le système réel
- confrontation des acquisitions et des résultats de simulation obtenus en injectant les mêmes excitations en entrée du modèle
- techniques d'identification et d'optimisation



# 4. Validation du modèle

## Objectif

- s'assurer de la capacité du modèle à représenter fidèlement le comportement du système avant de l'exploiter
- vérifier sa plage de validité, quantifier ses limites

## Moyen

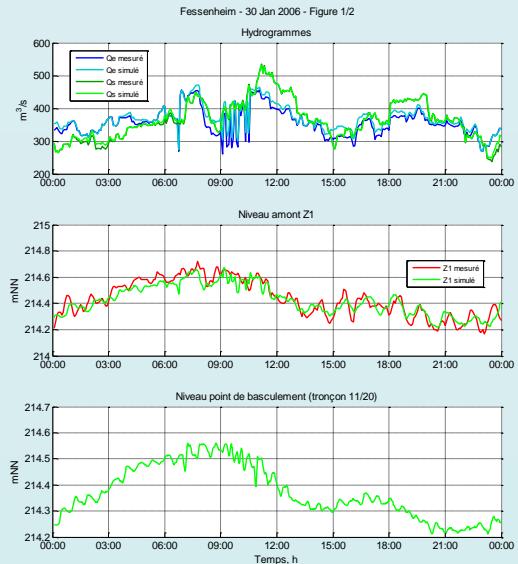
- confrontation d'acquisitions et de résultats de simulation sur des jeux de données différents de ceux ayant servis au calage
- analyse qualitative et quantitative



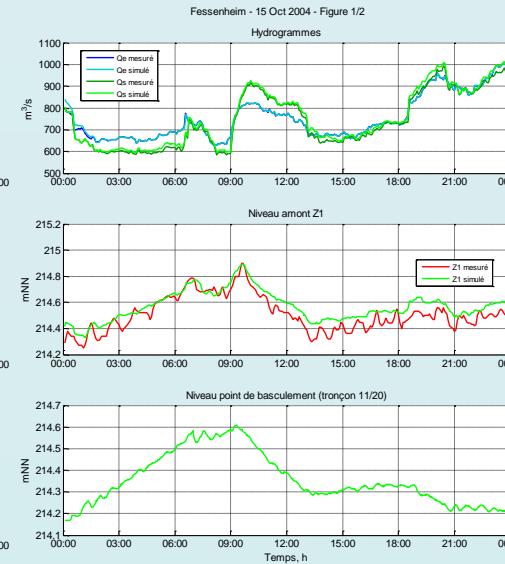
# 4. Validation du modèle

## Exemple : modèle de bief

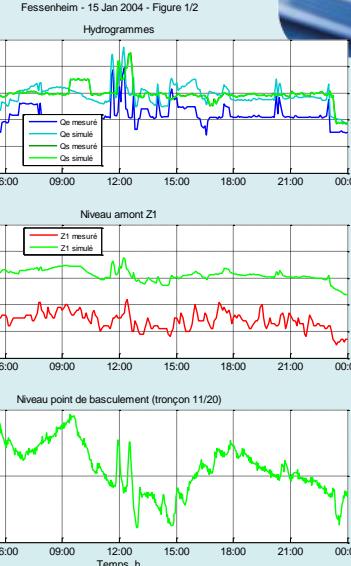
### Débit faible



### Débit moyen

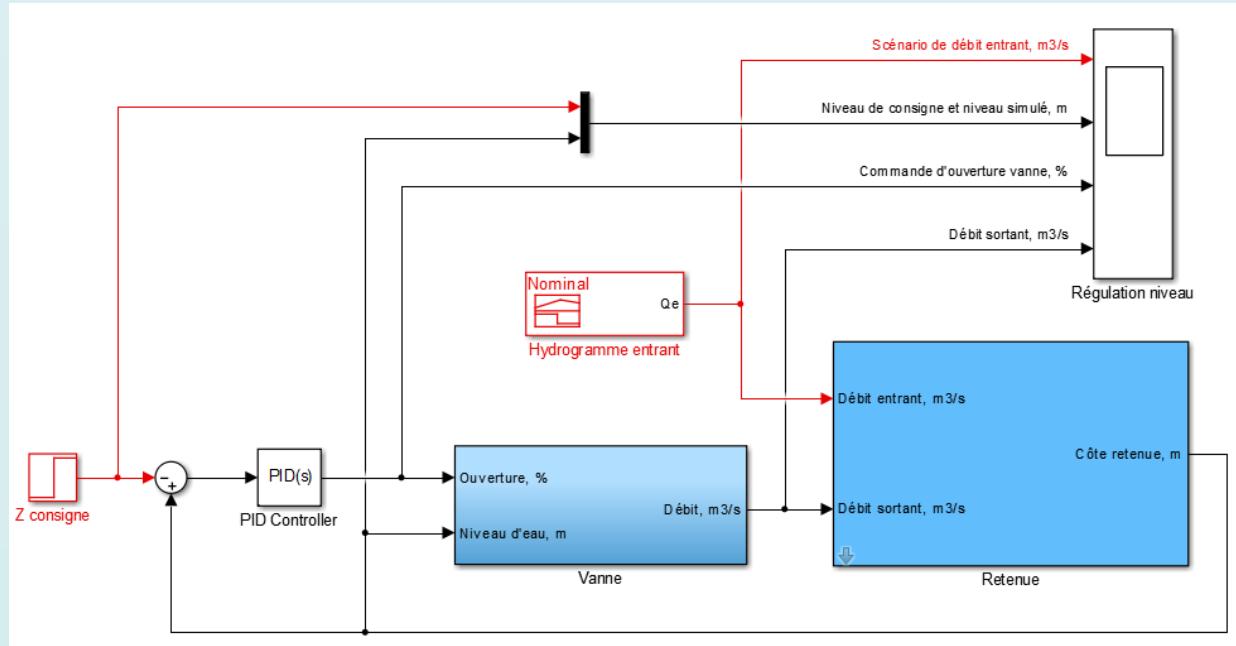


### Débits forts



# 5. Exploitation du modèle

## Exemple : conception d'une régulation de niveau





[www.captronic.fr](http://www.captronic.fr)



Moteur d'idées pour véhicules spécifiques et mobilité durable



JESSICA FRANCE - 17, rue des Martyrs - 38054 GRENOBLE  
Cedex 09  
CAP'TRONIC, un programme financé par :

JESSICA FRANCE fondée par :



direction générale de la compétitivité  
de l'industrie et des services

