

A high-speed photograph of a water droplet hitting a surface, creating a splash with concentric ripples. The background is a soft, light blue gradient.

Modélisation du cycle de l'eau

Anissa Djaffar, Naomi de Mejanés, Olivier Maurice

AFSCET



Plan

- Les modèles : définition et intérêt
- Modélisation du cycle de l'eau
- Perspectives d'utilisation du modèle

Les modèles : définition et intérêt

Qu'est-ce que la « réalité » ?



La même maison mais représentée de 4 manières différentes



Introduction à la notion de modèle



Les modèles : définition et intérêt

Définition :

« Un modèle scientifique est une représentation accessible (c'est à dire exploitable, qui peut être traduite mathématiquement) de la réalité d'un phénomène, permettant d'élaborer une théorie plus ou moins avancée adhérent aux observables du modèle et de prévoir ses comportements dans certaines conditions. Dans la plupart des cas, un modèle reste limité à un domaine d'application – ou espace de configuration (une échelle, des valeurs minimales et maximales des observables et paramètres, etc.) en dehors desquels ledit modèle n'est plus applicable. »

Petit Larousse : Didac. “Schéma théorique visant à rendre compte d'un processus, des relations existant entre divers éléments d'un système.” Math. “ensemble d'équations et de relations servant à représenter et à étudier un système complexe.”

Les modèles : définition et intérêt

Exemples :

- Mouvement des planètes/astres calculés grâce au modèle de la mécanique du point

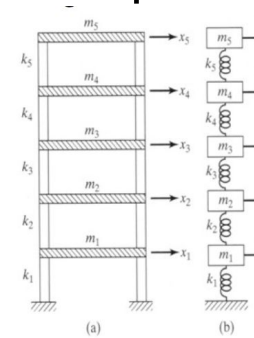
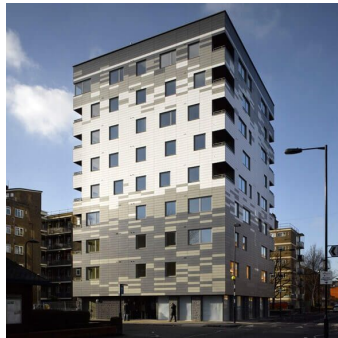
Volume pseudo-sphérique de composition hétérogène



Point de masse $M \approx M_{Terre}$



- Modèle masse-ressort pour dimensionner les immeubles pour résister aux séismes



(b) Modélisation d'un immeuble à plusieurs étages, représenté comme un système à plusieurs degrés de liberté



Les modèles : définition et intérêt

Intérêt de la modélisation avec un formalisme mathématique :

- Permet de confronter le modèle avec des données expérimentales de manière à valider ou faire évoluer le modèle.
- Nécessité de définir des « observables » : quantités mesurables.
- Dans le cas où le modèle est validé :
 - Permet de se doter d'une compréhension d'un phénomène.
 - Permet d'aider au dimensionnement des installations/systèmes.
 - Permet d'anticiper l'évolution d'un système et de prendre des décisions en conséquence (exemple : éphémérides pour prévoir d'éventuelles collisions).

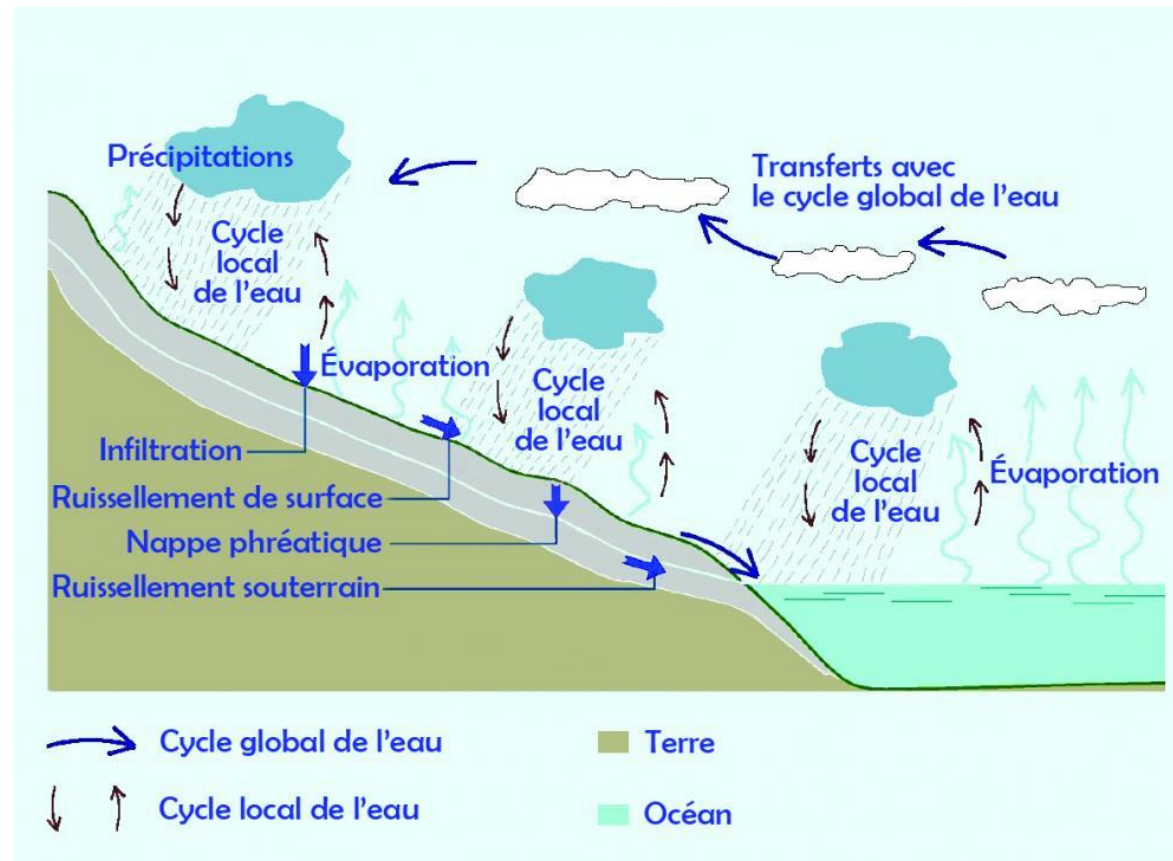
Les modèles : définition et intérêt

Dans le cadre de la gestion de l'eau l'utilisation d'un modèle permet :

- D'anticiper les effets d'un réaménagement / de nouvelles activités sur la ressource en eau.
- D'anticiper les éventuelles pénuries.
- D'adapter en conséquence les exploitations et la distribution.



Modélisation du cycle de l'eau



Rappel du cycle de l'eau

Modélisation du cycle de l'eau

Etapes de création du modèle :

- 1) Schématiser le phénomène sous forme d'un graphe.
- 2) Associer des grandeurs physiques et observables aux différents éléments du graphe.
- 3) Poser le système d'équations mathématiques décrivant les interactions entre les éléments du graphe.

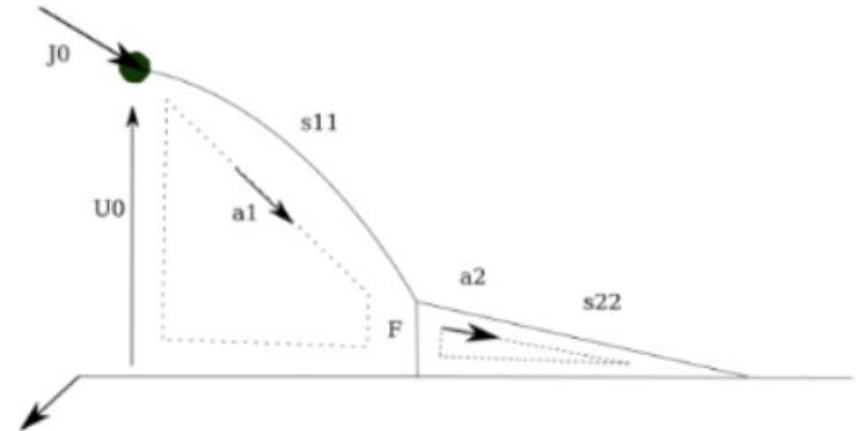
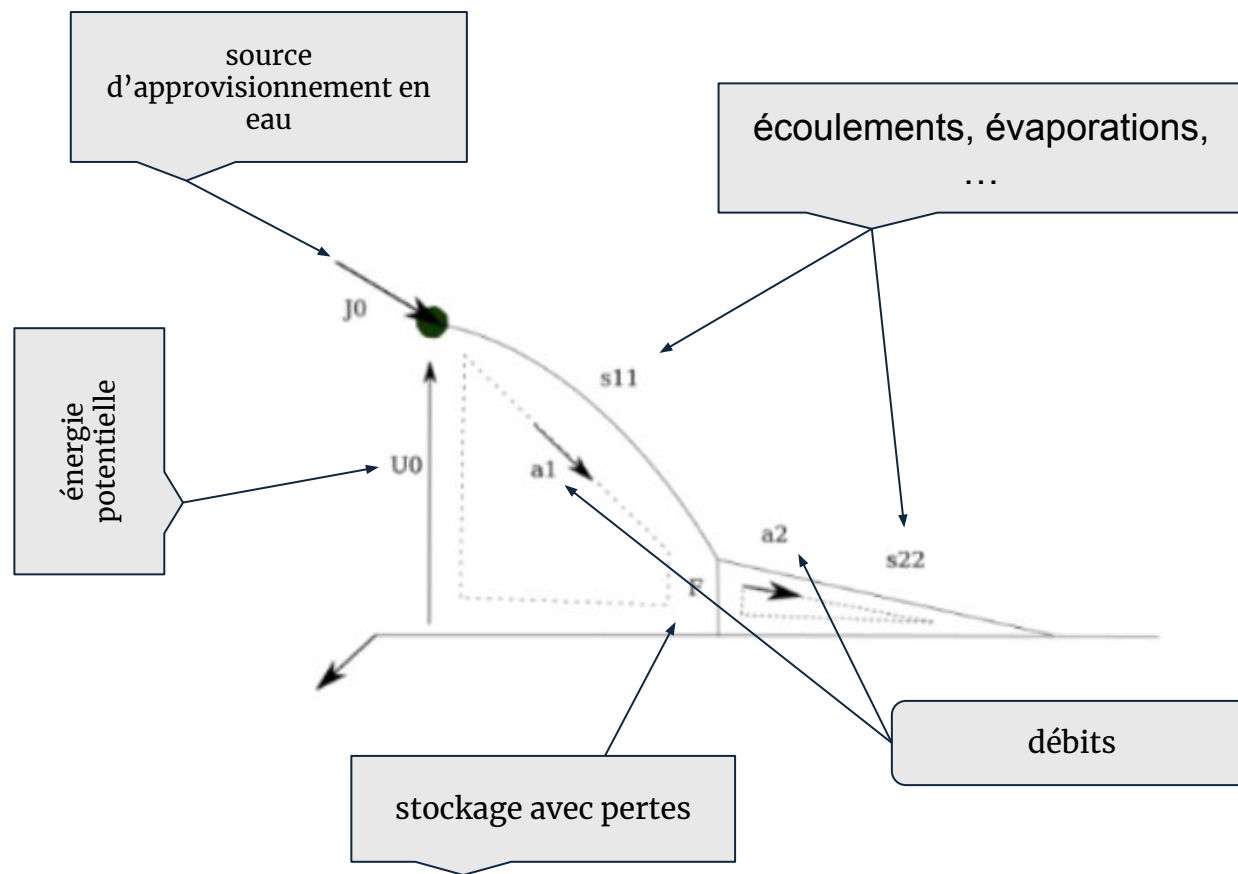


FIGURE 1. Graphe de la situation considérée

$$\begin{bmatrix} U^0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{kC} & -\frac{1}{kC} & -\frac{1}{kC} \\ -\frac{1}{kC} & \frac{1}{kC} + \sigma^{11} + F & \frac{1}{kC} + F \\ -\frac{1}{kC} & \frac{1}{kC} + F & F + \sigma^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

Modèle pour un cycle de l'eau particulier



Modèle pour un cycle de l'eau particulier

modèle inspiré des modèles électroniques (loi de Darcy \leftrightarrow loi d'Ohm):

$$DH(\text{énergie potentielle}) = 1/K (\text{porosité}).L/A \longleftrightarrow U=RI$$



Perspectives d'utilisation du modèle

- Introduire les installations humaines et étudier notamment des solutions pour réduire les pertes en ligne
- Discussion de l'impact des bassines (réservoirs artificiels d'eau utilisés pour l'irrigation agricole)

Rapport de l'eau consommée sur l'eau stockée

sous le formalisme de Laplace

$$R_c = \frac{a_2}{a_1} = \left[(F + \sigma^{22}) \frac{J_0}{kC} \right] \left[\frac{F}{kC} J_0 \right]^{-1} = 1 + \frac{\sigma^{22}}{F}$$

- ★ F stockage et pertes dans la nappe
- ★ s_{22} : pertes en aval du stockage

Rapport de l'eau consommée sur l'eau stockée, II

Peu importe dans ce modèle d'où vient l'eau.

Nous constatons que pour optimiser le rapport du stockage à la consommation, et donc assurer la disponibilité (fiabilité de la ressource en eau), il faut diminuer les pertes au niveau du stockage, et au niveau de la consommation.

2 points peuvent être discutés quant à l'intérêt des bassines, indépendamment des discussions sur leur usage et les cultures associées :

- de par une nappe de surface de grande surface, les pertes par évaporation sont importantes, ce qui réduit leur efficacité (ne pourrait-on stocker en sous-sol ?);
- l'alimentation des bassines ne se fait pas par le seul apport de la pluie mais aussi par dérivations d'autres écoulements plus optimisés au global car naturels (aspect non systémique des bassines).

Méga-Bassines

1. Qu'est-ce qu'une méga-bassine ?

Le terme « méga-bassine » est souvent utilisé pour parler des réserves de substitution créées autour du Marais poitevin. Une de leur particularité est de s'élever à une dizaine de mètres au-dessus du sol et d'être totalement bâchées pour éviter les pertes par infiltration de l'eau dans le sol, ce qui leur confère une similitude avec des bassines de grand format, puisque leur surface dépasse généralement les 2 hectares ! Contrairement aux retenues plus classiques, sur cours d'eau ou collinaires, le remplissage de ces bassines ne se fait pas en captant un écoulement naturel. Il ne se fait pas non plus par la pluie, mais par des pompages en nappe, plus rarement en rivière, et parfois une combinaison de pompages en nappe et en rivière. Ce sont des retenues dites « de substitution » car elles visent à remplacer des prélèvements directs dans le milieu en été par des prélèvements en automne / hiver.



extrait tiré de : <https://www.geosciences.ens.fr/cinq-questions-sur-les-mega-bassines>

critique de l'approche "méga-bassine"

La principale critique que l'on peut faire sur les méga-bassines lorsque nous regardons notre relation générique $(1+s^2/F)$ et en regardant les méga-bassines comme des stockages artificiels supplémentaires et venant en parallèle des premiers :

$$R = 1+s^2(F_1+F_2)/F_1F_2$$

est que le stockage résultant ne peut être que moins optimal que le stockage initial, et qu'il vaudrait donc mieux réduire la consommation pour exploiter ce premier de façon optimisée.



Conclusion

L'assimilation des circuits d'eau à des circuits électroniques permet de modéliser de façon simple les bilans d'apport et usage de l'eau, ainsi que de mettre en évidence les effets des pertes et complexités liées aux réseaux multiples provenant des combinaisons de réseaux naturels et artificiels.

Merci pour votre attention. Des questions ?