

Ingénierie des Modèles

Frédéric Boulanger

frederic.boulanger@centralesupelec.fr



<https://wdi.centralesupelec.fr/mde>

CentraleSupélec

3^e année mention Science du logiciel

Objectifs

Les modèles

- À quoi sert un modèle ?
- Qu'est exactement un modèle ?
- Comment construire un modèle ?
- Qu'est-ce qu'un métamodèle ?

Objectifs

L'ingénierie dirigée par les modèles

- Pourquoi utiliser des modèles ?
- Quand utiliser des modèles ?
- Comment choisir un outil de modélisation ?
- Comment utiliser au mieux les modèles ?

Objectifs

L'ingénierie des modèles

- Systèmes, modèles, langages, métamodèles
- Langages spécifiques à un domaine (DSL)
- Paradigmes de modélisation
- Syntaxe abstraite, syntaxe concrète
- Sémantique
- Transformations de modèles M2M et M2T
- Interprétation / compilation

Modèles

Importance croissante des modèles informatiques

- augmentation de la complexité des systèmes
- numérisation des données
- souplesse du logiciel
- plus de fonctionnalités à volume/masse/énergie constantes

Modèles

Importance croissante des modèles informatiques

- augmentation de la complexité des systèmes
- numérisation des données
- souplesse du logiciel
- plus de fonctionnalités à volume/masse/énergie constantes



Modèles

Importance croissante des modèles informatiques

- augmentation de la complexité des systèmes
- numérisation des données
- souplesse du logiciel
- plus de fonctionnalités à volume/masse/énergie constantes



Modèles

Importance croissante des modèles informatiques

- augmentation de la complexité des systèmes
- numérisation des données
- souplesse du logiciel
- plus de fonctionnalités à volume/masse/énergie constantes



Modèles

Importance croissante des modèles informatiques

- augmentation de la complexité des systèmes
- numérisation des données
- souplesse du logiciel
- plus de fonctionnalités à volume/masse/énergie constantes

La complexité n'est plus limitée par la possibilité de fabriquer

Gestion de la complexité

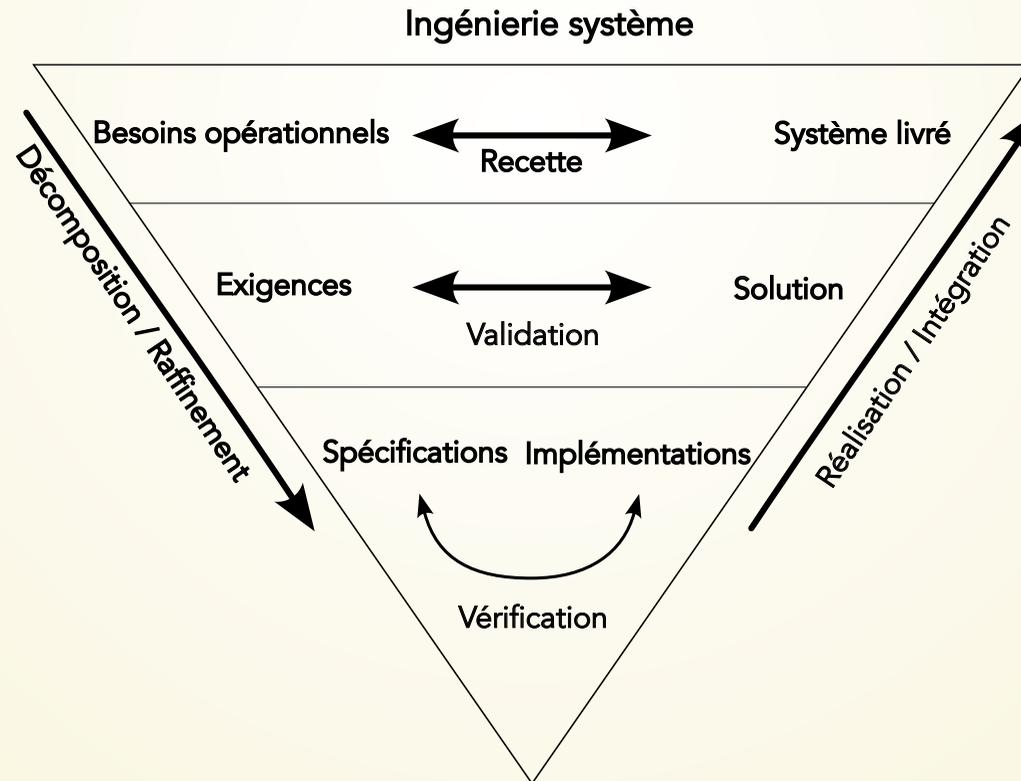
Décomposition - recomposition

- décomposition en sous-systèmes
- réalisation des sous-systèmes
- recomposition des sous-systèmes (intégration)

Gestion de la complexité

Décomposition - recomposition

- décomposition en sous-systèmes
- réalisation des sous-systèmes
- recomposition des sous-systèmes (intégration)



Gestion de la complexité

Abstraction

- ignorer les détails au niveau global
- ajouter les détails lors de la réalisation
- définir des interfaces, masquer les détails internes

Gestion de la complexité

Abstraction

- ignorer les détails au niveau global
- ajouter les détails lors de la réalisation
- définir des interfaces, masquer les détails internes

Modélisation

- outil pour l'abstraction
- permet de ne considérer que les détails pertinents

Ingénierie dirigée par les modèles (IDM)

Model Driven Engineering (MDE)

- centrer la conception sur les modèles
- raffinement = transformation de modèle
- conception = raffinement des spécifications jusqu'à l'implémentation

Ingénierie dirigée par les modèles (IDM)

Model Driven Engineering (MDE)

- centrer la conception sur les modèles
- raffinement = transformation de modèle
- conception = raffinement des spécifications jusqu'à l'implémentation

Utilisée initialement sur de gros projets :

- modélisation des spécifications
- investissement pour faciliter la maintenance
- passer de la documentation à des modèles exploitables informatiquement

Ingénierie dirigée par les modèles (IDM)

Model Driven Engineering (MDE)

- centrer la conception sur les modèles
- raffinement = transformation de modèle
- conception = raffinement des spécifications jusqu'à l'implémentation

Utilisée initialement sur de gros projets :

- modélisation des spécifications
- investissement pour faciliter la maintenance
- passer de la documentation à des modèles exploitables informatiquement

Est maintenant mise en œuvre :

- dans le cadre des méthodes agiles
- dans les approches low-code ou no-code
- il est plus facile de changer un modèle que du code

Model Driven Architecture

Approche MDE proposée par l'OMG (Object Management Group)

- PIM : modèle indépendant de la plateforme
- PM : modèle de la plateforme
- PSM : modèle spécifique à la plateforme
- tissage (weaving) du PIM et du PM pour obtenir le PSM

Tente de découpler les aspects fonctionnels des contraintes de l'implémentation.

Assez difficile dans la pratique.

Qu'est-ce qu'un modèle ?

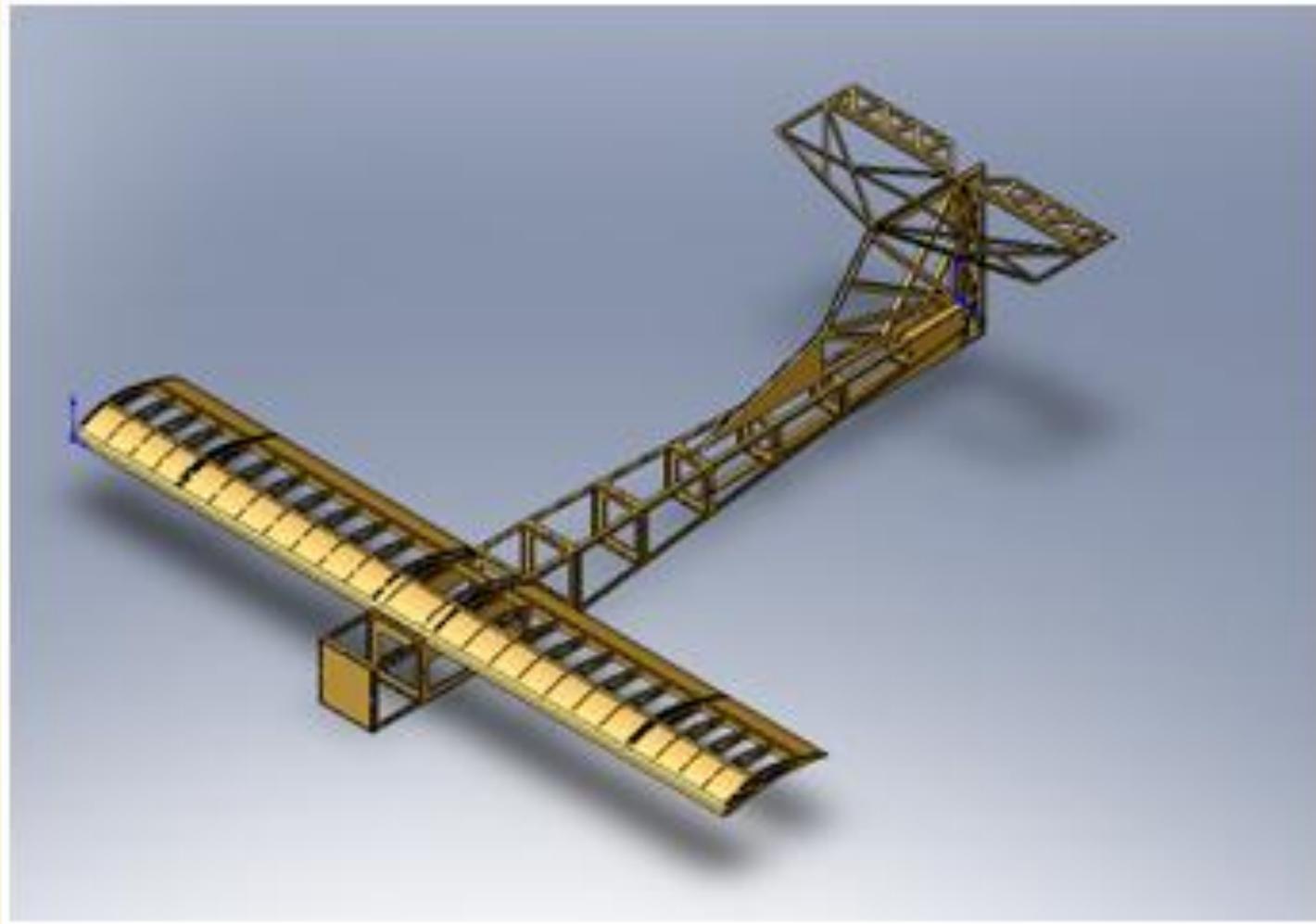
Qu'est-ce qu'un modèle ?

Un petit objet qui représente un objet plus grand



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Une maquette qui sert de plan pour construire quelque chose



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Une description schématique permettant de répondre à des questions sur un système



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Le style ou la conception d'un équipement



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Un exemple à imiter, une référence



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Ce qui sert de sujet à un artiste



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Une personne employée à présenter des articles de mode



Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Un petit objet qui représente un objet plus grand
- Une maquette qui sert de plan pour construire quelque chose
- Une description schématique permettant de répondre à des questions sur un système
- Le style ou la conception d'un équipement
- Un exemple à imiter, une référence
- Ce qui sert de sujet à un artiste
- Une personne employée à présenter des articles de mode

Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Un petit objet qui représente un objet plus grand
- Une maquette qui sert de plan pour construire quelque chose
- Une description schématique permettant de répondre à des questions sur un système
- Le style ou la conception d'un équipement
- Un exemple à imiter, une référence
- Ce qui sert de sujet à un artiste
- Une personne employée à présenter des articles de mode

Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Un petit objet qui représente un objet plus grand
- Une maquette qui sert de plan pour construire quelque chose
- Une description schématique permettant de répondre à des questions sur un système
- Le style ou la conception d'un équipement
- Un exemple à imiter, une référence
- Ce qui sert de sujet à un artiste
- Une personne employée à présenter des articles de mode

Un modèle est une *représentation simplifiée* d'un système, établie dans un *certain objectif*.

Un modèle doit permettre de répondre à des questions que l'on se pose sur le système.

Typologie des modèles

Typologie des modèles

Aspect modélisé

- modèle structurel (diagramme de classes)
- modèle comportemental (automate)

Typologie des modèles

Aspect modélisé

- modèle structurel (diagramme de classes)
- modèle comportemental (automate)

Objectif

- modèle explicatif
- modèle prédictif

Typologie des modèles

Aspect modélisé

- modèle structurel (diagramme de classes)
- modèle comportemental (automate)

Objectif

- modèle explicatif
- modèle prédictif

Utilisation

- modèle d'analyse (système pré-existant)
- modèle de conception (système à concevoir)
- modèle constructif (exécutable ou approximable)

Un modèle d'un modèle est-il un métamodèle ?

The meta-muddle

Systemes, modeles, langages

Systemes, modeles, langages

- un modèle est une représentation d'un système
 - un modèle peut être étudié en tant que système
(ingénierie des modèles)
- ⇒ il existe des modèles de modèles

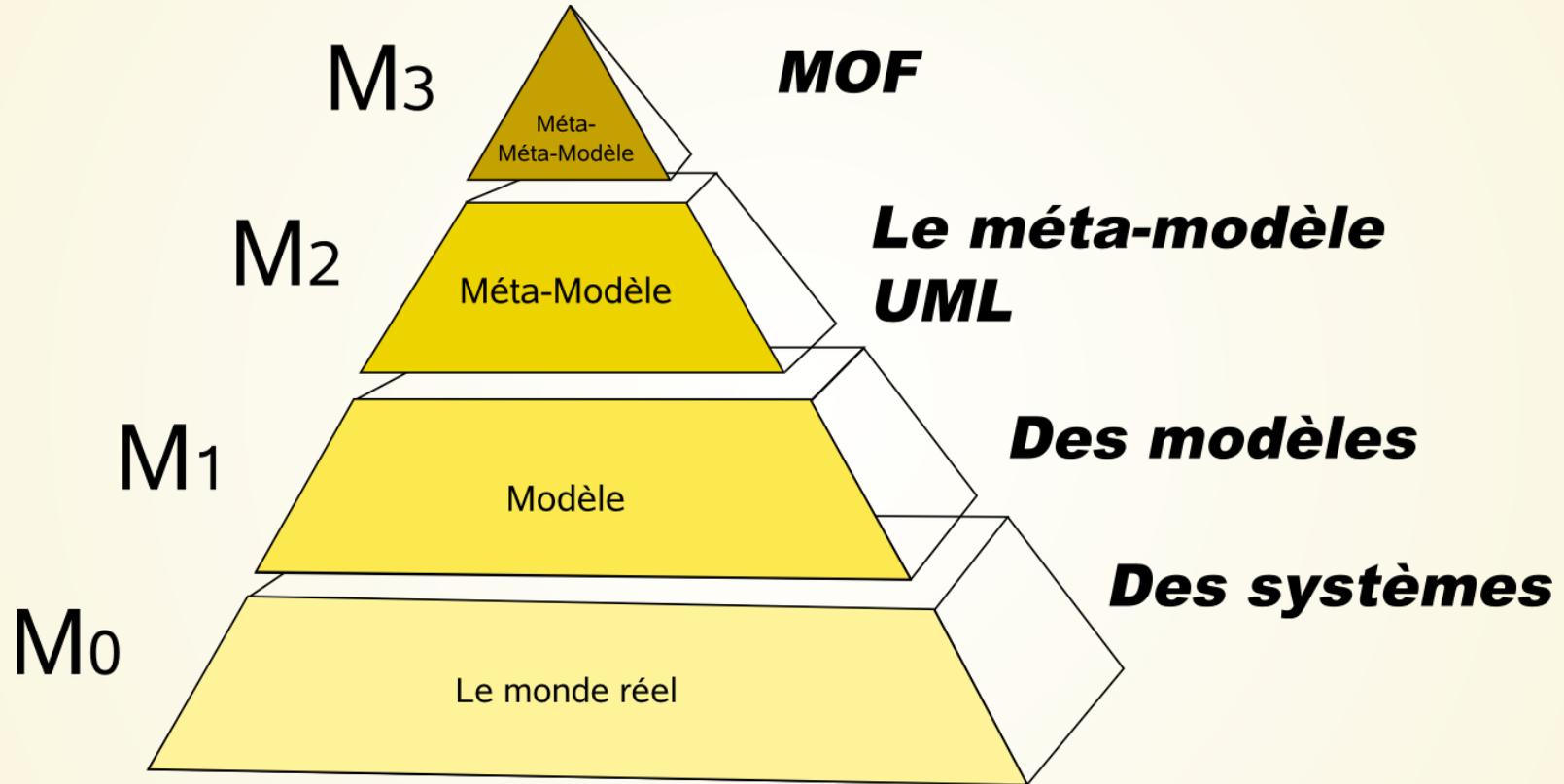
Systemes, modèles, langages

- un modèle est une représentation d'un système
- un modèle peut être étudié en tant que système (ingénierie des modèles)
⇒ il existe des modèles de modèles
- un modèle est décrit dans un langage de modélisation
- un langage de modélisation peut être étudié en tant que système (ingénierie des langages)
⇒ il existe des modèles de langages de modélisation

Systemes, modèles, langages

- un modèle est une représentation d'un système
- un modèle peut être étudié en tant que système (ingénierie des modèles)
⇒ il existe des modèles de modèles
- un modèle est décrit dans un langage de modélisation
- un langage de modélisation peut être étudié en tant que système (ingénierie des langages)
⇒ il existe des modèles de langages de modélisation
- un langage de modélisation est décrit par une grammaire (syntaxe concrète) ou un métamodèle (syntaxe abstraite)

La pyramide UML



Systemes, modeles, langages

Systemes, modèles, langages

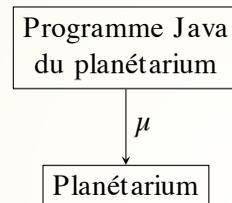
Planétarium

Systemes, modèles, langages

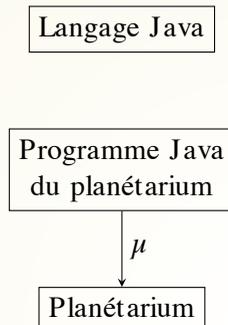
Programme Java
du planétarium

Planétarium

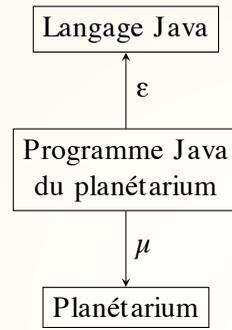
Systemes, modèles, langages



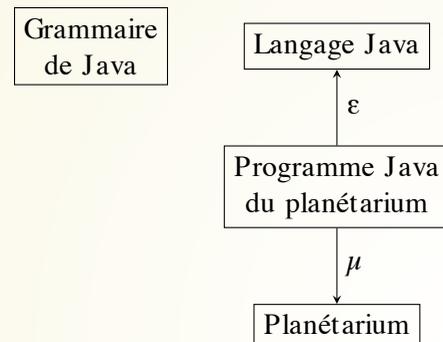
Systemes, modèles, langages



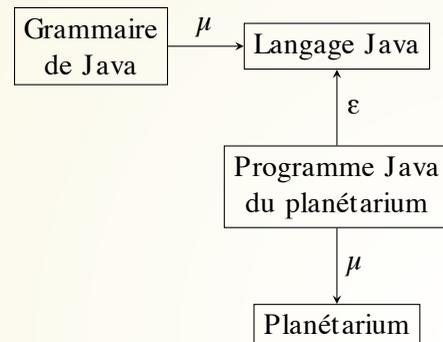
Systemes, modèles, langages



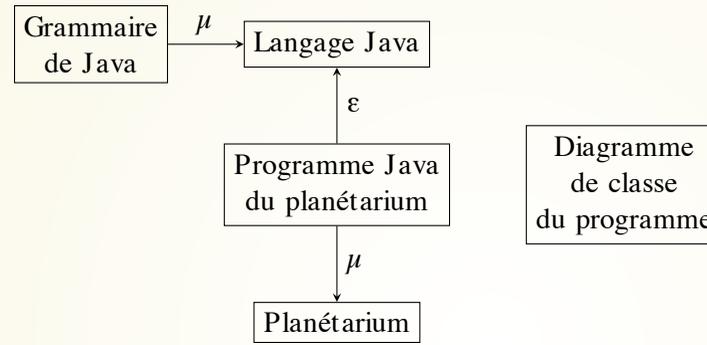
Systemes, modèles, langages



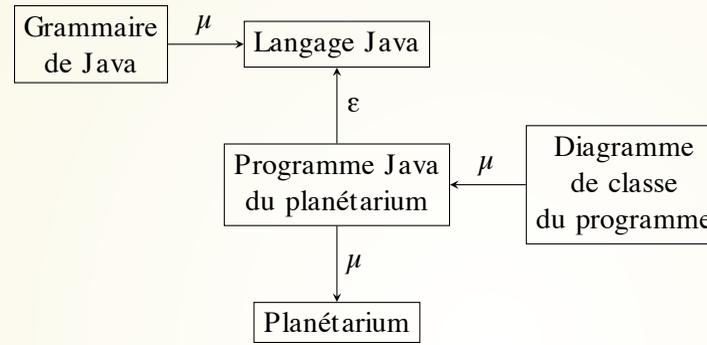
Systemes, modèles, langages



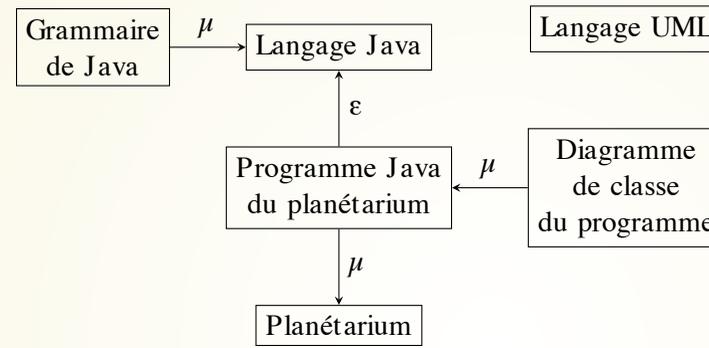
Systemes, modèles, langages



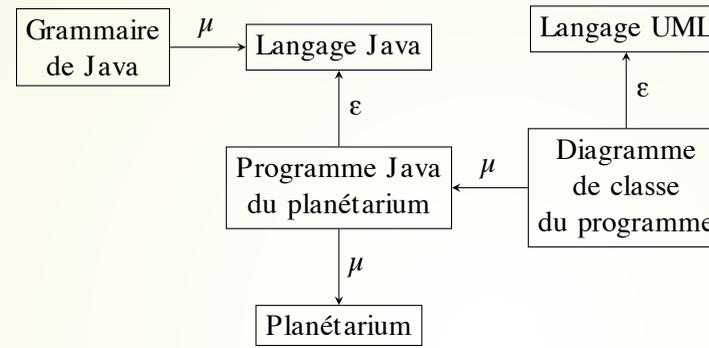
Systemes, modèles, langages



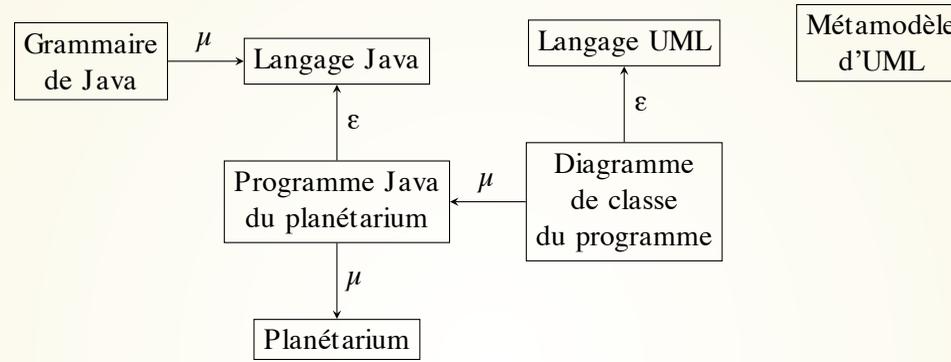
Systemes, modèles, langages



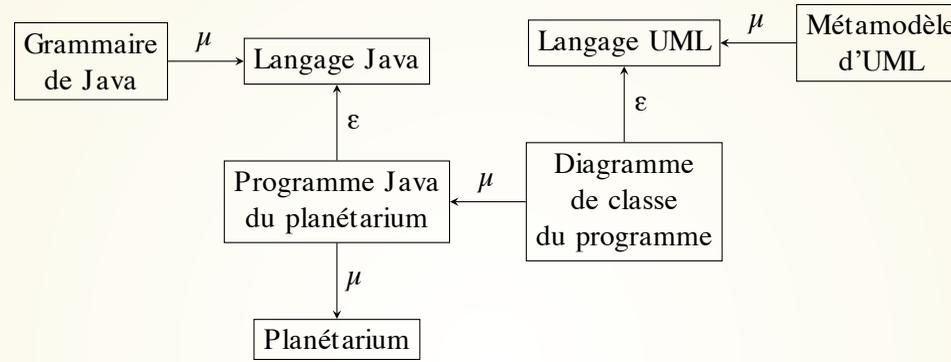
Systemes, modèles, langages



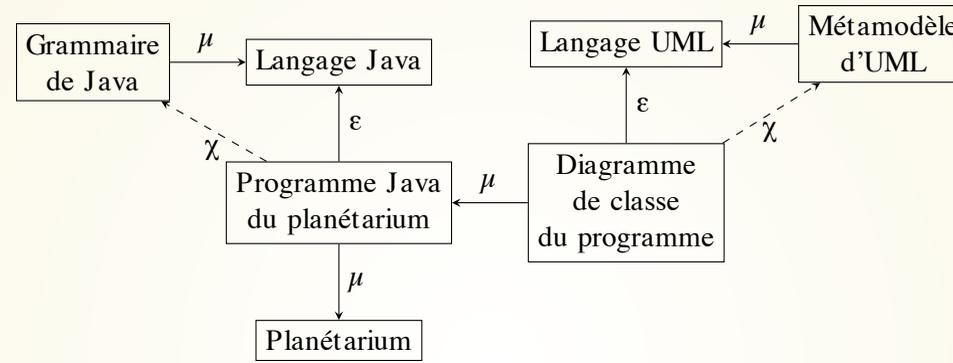
Systemes, modèles, langages



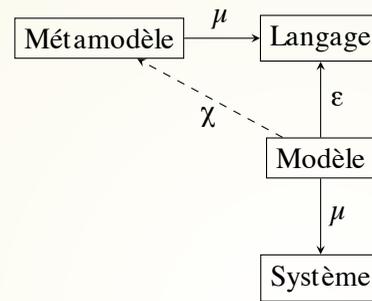
Systemes, modèles, langages



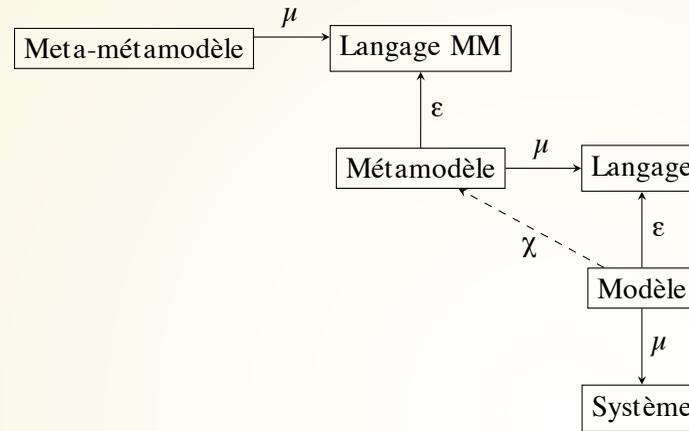
Systemes, modèles, langages



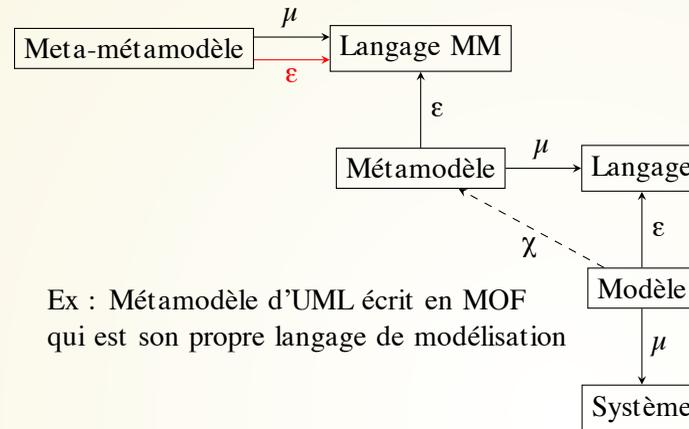
Systemes, modeles, langages



Systemes, modeles, langages

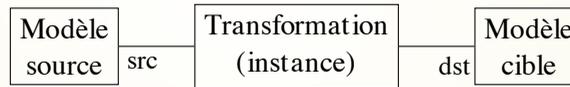


Systemes, modeles, langages

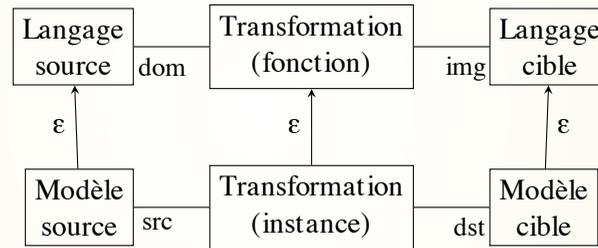


Mégamodèle d'une transformation

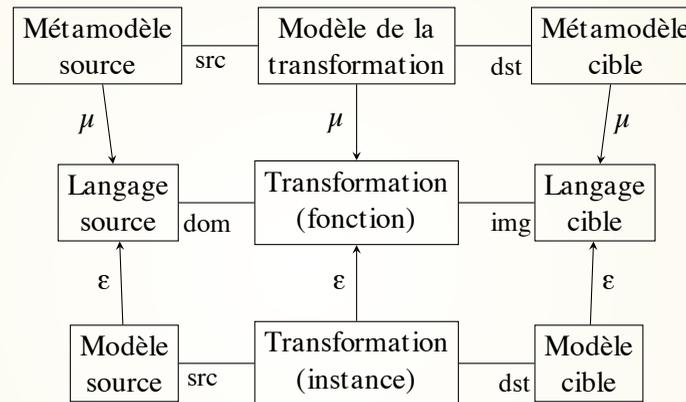
Mégamodèle d'une transformation



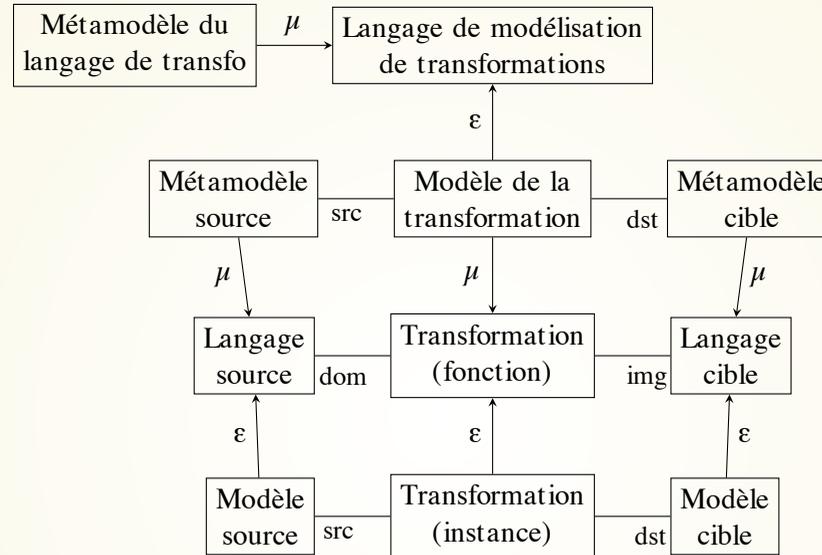
Mégamodèle d'une transformation



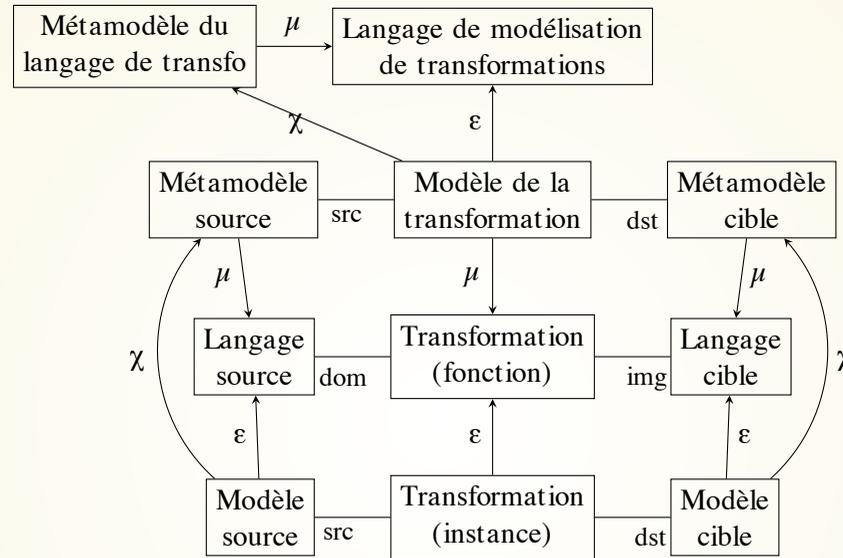
Mégamodèle d'une transformation



Mégamodèle d'une transformation



Mégamodèle d'une transformation

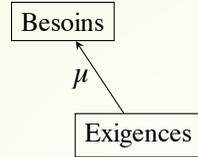


Cycle de vie d'un système

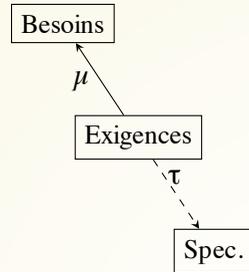
Cycle de vie d'un système

Besoins

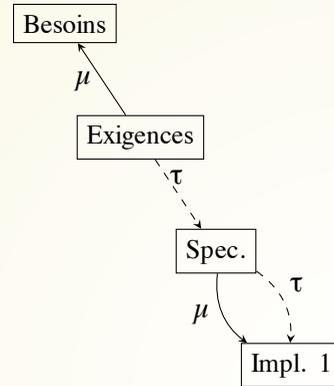
Cycle de vie d'un système



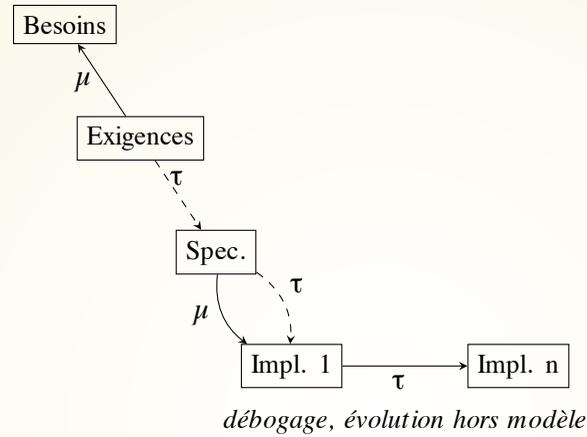
Cycle de vie d'un système



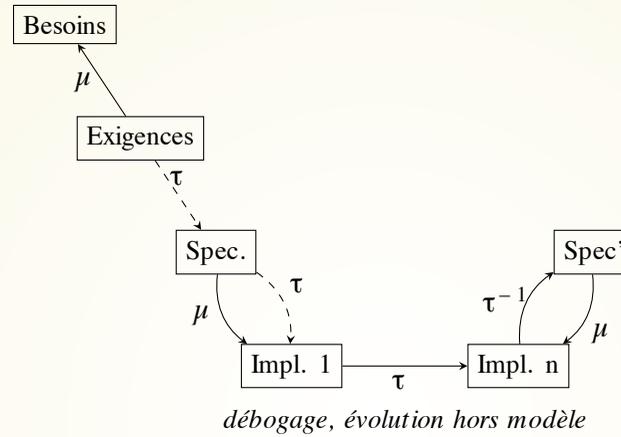
Cycle de vie d'un système



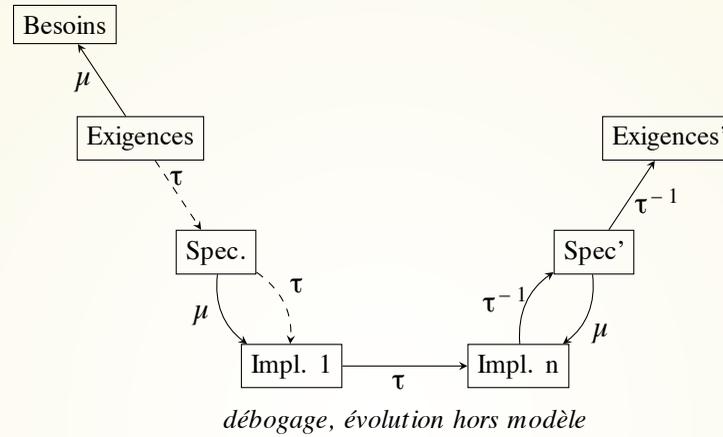
Cycle de vie d'un système



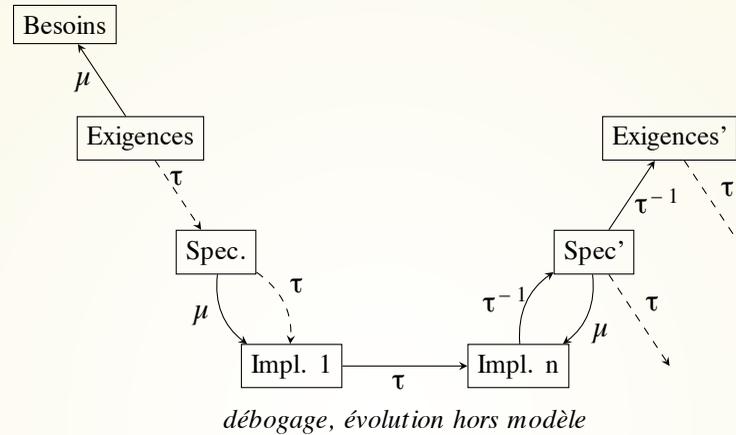
Cycle de vie d'un système



Cycle de vie d'un système



Cycle de vie d'un système



Modèles, modèles...

