Ingénierie des Modèles

Introduction Générale

Eric Cariou

Master TIIL-A 2ème année

Université de Bretagne Occidentale
UFR Sciences & Techniques – Département Informatique

Eric.Cariou@univ-brest.fr

Plan

- Pourquoi l'ingénierie des modèles (IDM)
  - Constat sur l'évolution des technologies
  - Approche MDA de l'OMG
- Pour quoi faire
  - But, problématique de l'IDM
- Définitions générales
  - Modèles, méta-modèles, transformations

Évolution des technologies

- Évolution permanente des technologies logicielles
- Exemple : systèmes distribués
  - Faire communiquer et interagir des éléments distants
- Évolution dans ce domaine
  - C et sockets TCP/UDP
  - C et RPC
  - C++ et CORBA
  - Java et RMI
  - Java et EJB
  - Web Services et JavaScript
  - A suivre ...

Évolution des technologies

- Idée afin de limiter le nombre de technologies
  - Normaliser un standard qui sera utilisé par tous
- Pour les systèmes distribués
  - Normaliser un intergiciel (middleware)
  - C'était le but de CORBA
- CORBA : Common Object Request Broker Architecture
  - Norme de l'OMG : Object Management Group
    - Consortium d'industriels (et d'académiques) pour développement de standards

Évolution des technologies

- Principes de CORBA
  - Indépendant des langages de programmation
  - Indépendant des systèmes d'exploitation
  - Pour interopérabilité de toutes applications, indépendamment des technologies utilisées
- Mais CORBA ne s'est pas réellement imposé en pratique
  - D'autres middleware sont apparus : Java RMI
  - Plusieurs implémentations de CORBA
    - Ne réalisant pas tous entièrement la norme
  - Les composants logiciels sont arrivés
    - OMG a développé un modèle de composants basé sur CORBA : CCM (Corba Component Model)
    - Mais en concurrence avec les EJB de Java, MS .Net, les Web Services ou services REST

Évolution des technologies

- De plus, « guerre » de la standardisation et/ou de l'universalité
  - Sun/Oracle : Java
    - Plate-forme d'exécution universelle
    - Avec intergiciel intégré (RMI)
  - OMG : CORBA
    - Intergiciel universel
  - Microsoft et d'autres : Web Services
    - Interopératibilité universelle entre composants
      - Intergiciel = HTTP/XML
- Middleware ou *middle war * ?*

* citation de Jean-Marc Jézéquel

Évolution des technologies

- Evolutions apportent un gain réel
  - Communications distantes
    - Socket : envoi d'informations brutes
    - RPC/RMI/CORBA : appel d'opérations sur un élément distant *presque* comme s'il était local
    - Composants : meilleure description et structuration des interactions (appels d'opérations)
  - Paradigmes de programmation
    - C : procédural
    - Java, C++, C# : objet
      - Encapsulation, réutilisation, héritage, spécialisation ...
    - EJB, CCM : composants
      - Meilleure encapsulation et réutilisation, déploiement ...

Évolution des technologies

- Conclusion sur l'évolution des technologies
  - Nouveaux paradigmes, nouvelles techniques
  - Pour développement toujours plus rapide, plus efficace
  - Rend difficile la standardisation (désuétude rapide d'une technologie)
    - Et aussi car combats pour imposer sa technologie
- Principes de cette évolution
  - Évolution sans fin
  - La meilleure technologie est ... celle à venir

Évolution des technologies

- Quelles conséquences en pratique de cette évolution permanente ?
- Si veut profiter des nouvelles technologies et de leurs avantages :
  - Nécessite d'adapter une application à ces technologies
- Question : quel est le coût de cette adaptation ?
  - Généralement très élevé
    - Doit réécrire presque entièrement l'application
    - Car mélange du code métier et du code technique
    - Aucune capitalisation de la logique et des régles métiers

Évolution des technologies

- Exemple
  - Application de calculs scientifiques distribués sur un réseau de machines
  - Passage de C/RPC à Java/EJB
    - Impossibilité de reprendre le code existant
      - Paradigme procédural à objet/composant
  - Pourtant
    - Les algorithmes de distribution des calculs et de répartition des charges sur les machines sont indépendants de la technologie de mise en oeuvre
      - Logique métier indépendante de la technologie

Évolution des technologies

- Partant de tous ces constats
  - Nécessité de découpler clairement la logique métier et de la mise en oeuvre technologique
  - C'est un des principes fondamentaux de l'ingénierie des modèles
    - Séparation des préoccupations (*separation of concerns*)
- Besoin de modéliser/spécifier
  - A un niveau abstrait la partie métier
  - La plate-forme de mise en oeuvre
  - De projeter ce niveau abstrait sur une plateforme

Model Driven Architecture

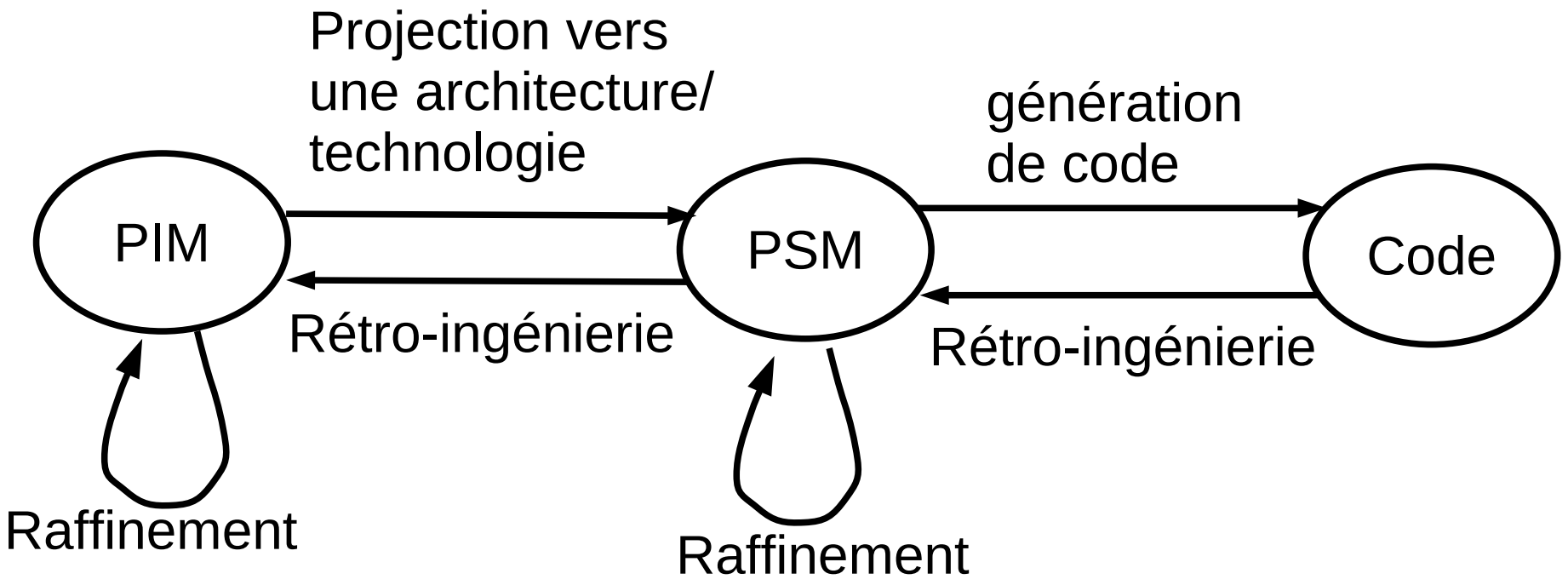
- Approche Model-Driven Architecture (MDA) de l'OMG
  - Origine de l'ingénierie des modèles
  - Date de 2000
- Le MDA est né à partir des constatations que nous venons de voir
  - Évolution continue des technologies
- But du MDA
  - Abstraire les parties métiers de leur mise en oeuvre
  - Basé sur des technologies et standards de l'OMG
    - UML, MOF, OCL, CWM, QVT ...

Model Driven Architecture

- Le MDA définit 2 principaux niveaux de modèles
  - PIM : Platform Independent Model
    - Modèle spécifiant une application indépendamment de la technologie de mise en oeuvre
    - Uniquement spécification de la partie métier d'une application
  - PSM : Platform Specific Model
    - Modèle spécifiant une application après projection sur une plate-forme technologique donnée
- Autres types de modèles
  - CIM : Computation Independent Model
    - Spécification du système, point de vue extérieur de l'utilisateur
  - PDM : Plateform Deployment Model
    - Modèle d'une plate-forme de déploiement

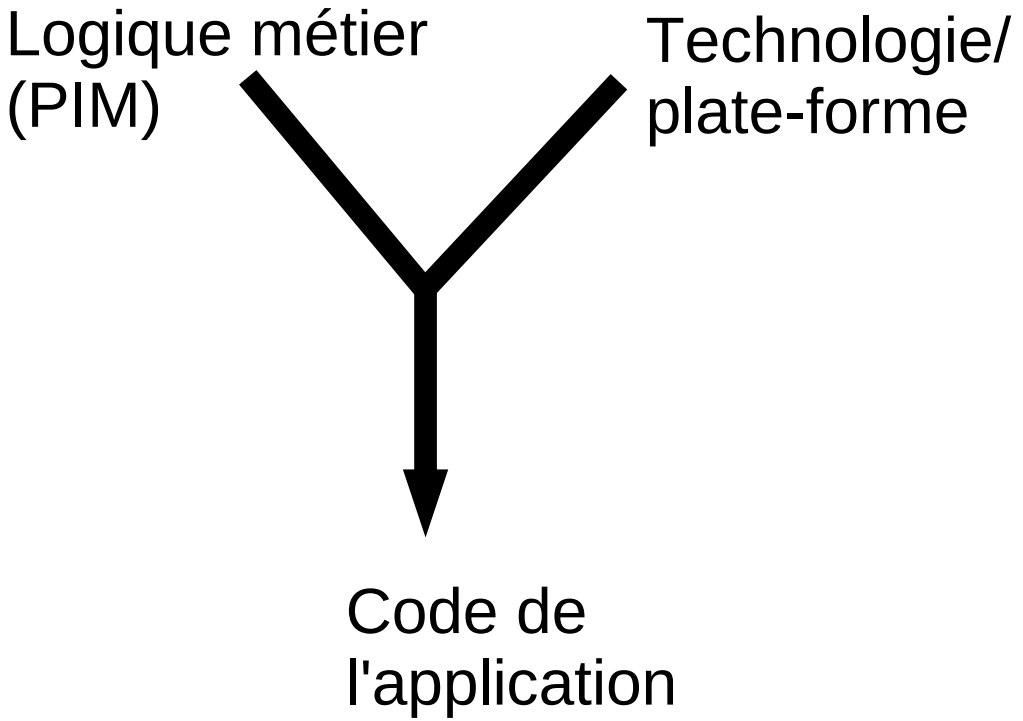
Model Driven Architecture

- Relation entre les niveaux de modèles



Model Driven Architecture

- Cycle de développement d'un logiciel selon le MDA
  - Cycle en Y
  - Plus complexe en pratique
    - Plutôt un cycle en épi



Model Driven Architecture

- Outils de mise en oeuvre du MDA
  - Standards de l'OMG
- Spécification des modèles aux différents niveaux
  - Langage de modélisation UML
    - Profils UML
  - Langage de contraintes OCL
  - Langages dédiés à des domaines particuliers (CWM ...)
- Spécification des méta-modèles
  - Meta Object Facilities (MOF)
- Langage de manipulation et transformation de modèles
  - Query/View/Transformation (QVT)

Model Driven Engineering

- Limites du MDA
  - Technologies OMG principalement
- Ingénierie des modèles
  - MDE : Model Driven Engineering
    - IDM : Ingénierie Dirigée par les Modèles
  - Approche plus globale et générale que le MDA
- Appliquer les mêmes principes à tout espace technologique et les généraliser
  - Espace technologique : ensemble de techniques/principes de modélisation et d'outils associés à un (méta)méta-modèle particulier
    - MOF/UML, EMF/Ecore, XML, grammaires de langages, bases de données relationnelles, ontologies ...
  - Le MDA est un processus de type MDE

Principes du MDE

- Capitalisation
  - Approche objets/composants
    - Capitalisation, réutilisation d'éléments logiciels/code
  - MDE
    - Capitalisation, réutilisation de (parties de) modèles : logique métier, règles de raffinements, de projection ...
- Abstraction
  - Modéliser, c'est abstraire ...
  - Par exemple abstraction des technologies de mise en oeuvre
    - Permet d'adapter une logique métier à un contexte
    - Permet d'évoluer bien plus facilement vers de nouvelles technologies

Principes du MDE

- Modélisation
  - La modélisation n'est pas une discipline récente en génie logiciel
  - Les processus de développement logiciel non plus
    - RUP, Merise ...
  - C'est l'usage de ces modèles qui change
  - Le but du MDE est
    - De passer d'une vision plutôt contemplative des modèles
      - A but de documentation, spécification, communication
    - A une vision réellement productive
      - Pour générer le code final du logiciel pour une technologie de mise en œuvre donnée

Principes du MDE

- Séparation des préoccupations
  - Deux principales préoccupations
    - Métier : le coeur de l'application, sa logique
    - Plate-forme de mise en oeuvre
  - Mais plusieurs autres préoccupations possibles
    - Sécurité
    - Interface utilisateur
    - Qualité de service
    - ...
  - Chaque préoccupation est modélisée par un ... modèle
  - Intégration des préoccupations
    - Par transformation/fusion/tissage de modèles
      - Conception orientée aspect

Principes du MDE

- Pour passer à une vision productive, il faut
  - Que les modèles soient bien définis
    - Notion de méta-modèle
  - Pour que l'on puisse les manipuler et les interpréter via des outils
    - Avec traitement de méta-modèles différents simultanément
      - Pour transformation/passage entre deux types de modèles
    - Référentiels de modèles et de méta-modèles
    - Outils et langages de transformation, de projection, de génération de code
    - Langages dédiés à des domaines (DS(M)L : Domain Specific Modelling Language)

Définitions

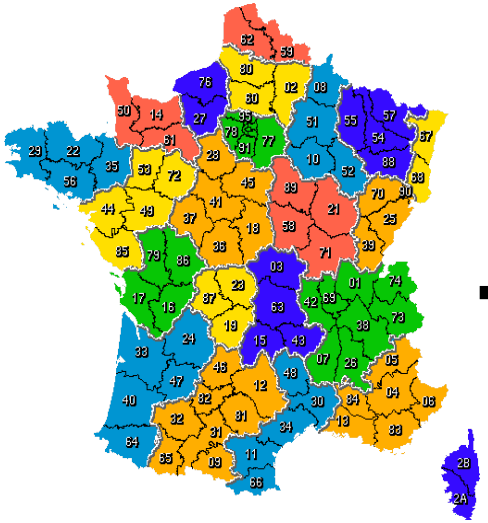
- Notions fondamentales dans le cadre du MDE
  - Modèle
  - Méta-modèle
  - Transformation de modèle
- Nous allons donc les définir précisément
  - En reprenant les notations et exemples des documents réalisés par l'AS CNRS MDA
    - *"L'ingénierie dirigée par les modèles. Au-delà du MDA",* collectif sous la direction de JM. Favre, J. Estublier et M. Blay-Fornarino, 2006, Hermes / Lavoisier

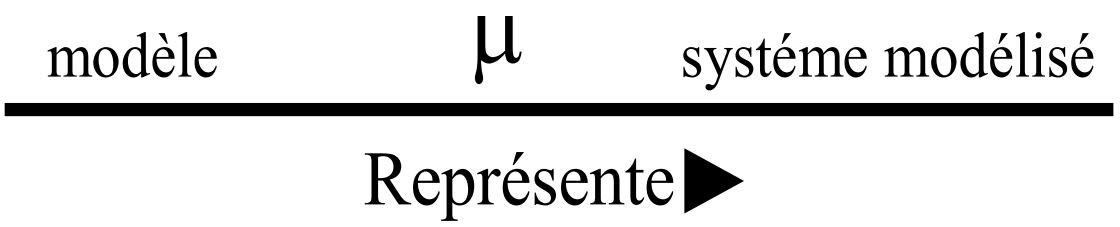
Modèle

- Un modèle est une description, une spécification partielle d'un système
  - Abstraction de ce qui est intéressant pour un contexte et dans un but donné
  - Vue subjective et simplifiée d'un système
- But d'un modèle
  - Faciliter la compréhension d'un système
  - Simuler le fonctionnement d'un système
- Exemples
  - Modèle économique
  - Modèle démographique
  - Modèle météorologique

Modèle

- Différence entre spécification et description
  - Spécification d'un système *à construire*
  - Description d'un système *existant*
- Relation entre un système et un modèle
  - RepresentationDe (notée μ)



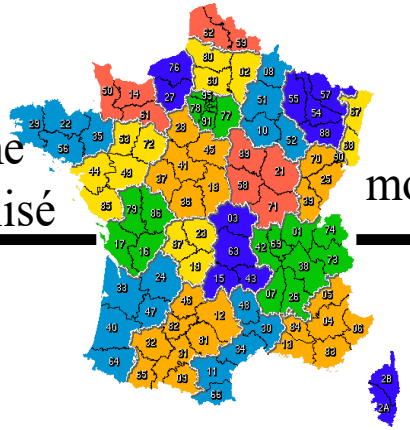


Modèle

- Un modèle représente un système modélisé
  - De manière générale, pas que dans un contexte de génie logiciel ou d'informatique
  - Un modèle peut aussi avoir le rôle de système modélisé dans une autre relation de représentation

```
<MAP name="france"
        taille="20x20">
   <region>
      <departement>
        38
      </departement>
      <departement>
        73
       </departement>
      ...
   </region>
...
```

modèle μ ▶ systéme modélisé



modèle μ ▶ système modélisé

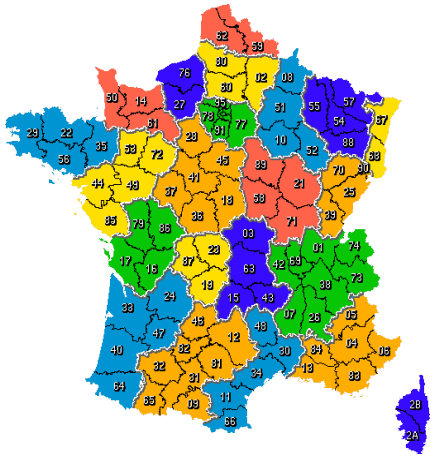
- Modèle XML de la carte de la France administrative qui est un modèle de la France « réelle »

Modèle

- Un modèle est écrit dans un langage qui peut être
  - Non ou peu formalisé, la langue naturelle
    - Le français, un dessin ...
  - Formel et bien défini, non ambigu
    - Syntaxe, grammaire, sémantique
    - On parle de méta-modèle pour ce type de langage de modèle
- Pour les modèles définis dans un langage bien précis
  - Relation de conformité
    - Un modèle est conforme à son méta-modèle
    - Relation EstConformeA (notée χ)

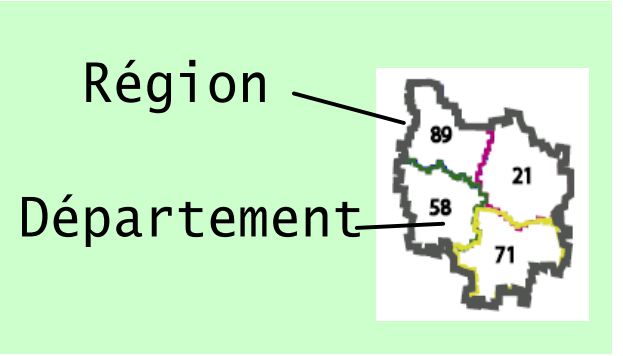
Méta-modèle

- Un modèle est conforme à son méta-modèle



modèle χ métamodèle

ConformeA ▶



- Notes
  - On ne parle pas de relation d'instanciation
    - Un modèle n'est pas une instance d'un méta-modèle
      - Instanciation est un concept venant de l'approche objet
      - Approche objet qui ne se retrouve pas dans tous les espaces technologiques
  - Un méta-modèle n'est pas un modèle de modèle
    - Raccourci ambigü à éviter
    - Le modèle XML de la carte administrative de la France n'est pas le méta-modèle des cartes administratives

Méta-modèle

- Cette relation de conformité est essentielle
  - Base du MDE pour développer les outils capables de manipuler des modèles
  - Un méta-modèle est une entité de première classe
- Mais pas nouvelle
  - Un texte écrit est conforme à une orthographe et une grammaire
  - Un programme Java est conforme à la syntaxe et la grammaire du langage Java
  - Un fichier XML est conforme à sa DTD ou son schéma
  - Une carte doit être conforme à une légende
  - Un modèle UML est conforme au méta-modèle UML

Méta-modèle et Langage

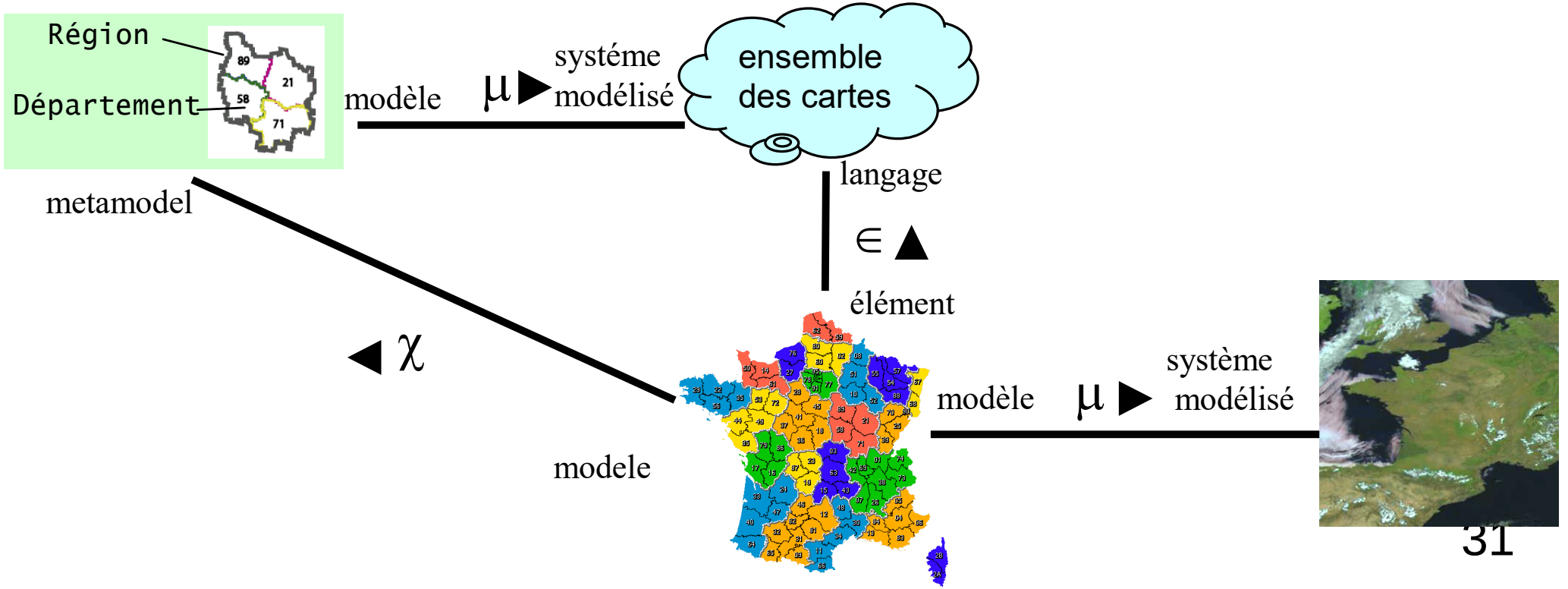
- Lien entre méta-modèle et langage
  - Un méta-modèle est un modèle qui définit le langage pour définir des modèles
  - Langage
    - Système abstrait
  - Méta-modèle
    - Définition explicite et concrète d'un langage
    - Un méta-modèle modélise alors un langage
  - Un méta-modèle n'est donc pas un langage

Méta-modèle et Langage

- En linguistique
  - Un langage est défini par l'ensemble des phrases valides écrites dans ce langage
  - Une grammaire est un modèle de langage
    - Une grammaire est un méta-modèle
- Relation entre langage et modèle
  - Un modèle est un élément valide de ce langage
    - Une phrase valide du langage en linguistique
  - Relation d'appartenance
    - AppartientA, notée ϵ

Relations générales

- Exemple de la carte
  - Une carte modélise un pays selon un point de vue
  - Le méta-modèle de la carte est sa légende
  - La légende définit un ensemble de cartes valides
  - Une carte conforme à une légende appartient à cet ensemble



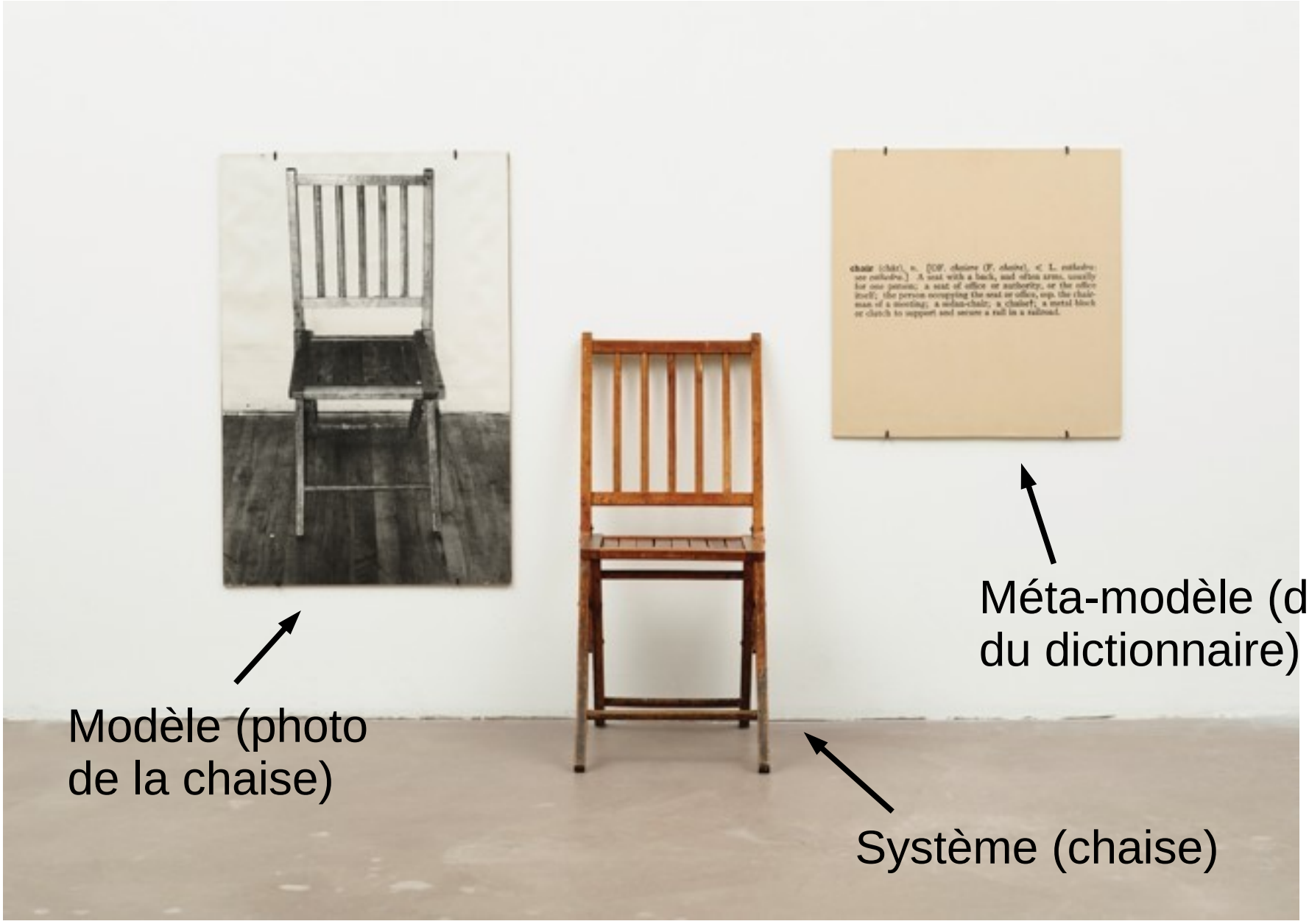
Relations générales

- Exemple avec un langage de programmation
  - Un programme Java modélise/simule un système (le programme à l'exécution)
  - Un programme Java est conforme à la grammaire du langage Java
  - La grammaire de Java modélise le langage Java et donc tous les programmes valides
  - Le programme Java appartient à cet ensemble
- Exemple avec UML
  - Un diagramme UML modélise un système
  - Un diagramme UML est conforme au méta-modèle UML
  - Le méta-modèle UML définit l'ensemble des modèles UML valides
  - Un modèle UML appartient à cet ensemble

Les concepts de l'IDM en une image ...

« One and three chairs », Joseph Kossuth, 1965

Les concepts de l'IDM en une image ...



« One and three chairs », Joseph Kossuth, 1965

Transformation

- Opération générale de manipulation de modèle
  - Prend un (ou plusieurs) modèle(s) source en entrée
  - Fournit un (ou plusieurs) modèle(s) cible en sortie
- Transformation endogène
  - Les modèles source et cible sont conformes au même méta-modèle
    - Transformation d'un modèle UML en un autre modèle UML
- Transformation exogène
  - Les modèles source et cible sont conformes à des méta-modèles différents
    - Transformation d'un modèle UML en programme Java
    - Transformation d'un fichier XML en schéma de BDD

Conclusion

- Le MDE est une nouvelle approche pour concevoir des applications
  - En plaçant les modèles et surtout les méta-modèles au centre du processus de développement dans un but productif
    - Les modèles sont depuis longtemps utilisés mais ne couvrait pas l'ensemble du cycle de vie du logiciel
    - Les méta-modèles existent aussi depuis longtemps (grammaires, DTD XML, ...) mais peu utilisés en modélisation « à la UML »
    - Nouvelle vision autour de notions déjà connues : le méta-modèle devient le point clé de la modélisation
      - Automatisation de la manipulation des modèles
      - Création de DSL : outillage de modélisation dédié à un domaine
  - Automatisation du processus de développement
    - Application de séries de transformations, fusions de modèles

Conclusion

- Problématiques, verrous technologiques, besoin en terme d'outils dans le cadre du MDE
  - Définition précise de modèles et de méta-modèles
  - Langage et outils de transformations, fusion de modèles, tissage de modèles/aspects
  - Traçabilité dans le processus de développement, reverse-engineering
  - Gestion de référentiels de modèles et méta-modèles
    - Y compris à large échelle (nombre et taille des (méta)modèles)
  - Exécutabilité de modèles
    - Connaissance et usage du modèle à l'exécution, modèle intégré dans le code
  - Validation/test de modèles et de transformations

Conclusion

- Ingénierie des modèles ou …
  … ingénierie des langages
- Désormais le cœur de l'IDM est souvent vu comme
  - La définition de langages spécifiques via des méta-modèles : DSL (*Domain Specific Language*)
  - La création de tout un outillage autour de ces langages
    - Transformateurs de modèles, générateurs de code/texte, éditeurs textuels ou graphiques, …
    - Grace à des frameworks comme Eclipse/EMF par exemple qui intègre beaucoup d'outils et de plugins
  - Une discipline permettant donc de faire de l'ingénierie des langages

Contenu du module

- Module couvre un nombre important de points clés du MDE avec application concrète via des outils
  - Définition de DSL
    - Méta-modèles Ecore/EMF et OCL
    - Syntaxe concrète avec Xtext
  - Transformations de modèles
    - Java EMF, ATL
  - Génération de code
    - Acceleo
  - Exécutabilité de modèles
    - Rendre les modèles des DSL exécutables
- Objectifs
  - Savoir définir un langage avec les outils EMF
  - Savoir manipuler les modèles de ce langage : édition, transformation, génération de code ...