

# Ingénierie des Modèles

Concepts principaux

**Léa Brunschwig**  
✉ lea.brunschwig@univ-pau.fr

**M2 Technologies de l'Internet**

**Université de Pau et des Pays de l'Adour**  
Collège STEE  
Département Informatique

**01.**

## **Concepts principaux**

Modèle, méta-modèle, transformation.

**02.**

## **Modélisation logicielle**

UML et OCL.

**03.**

## **Méta-modélisation et DSL**

Syntaxe concrète et abstraite, ...

**04.**

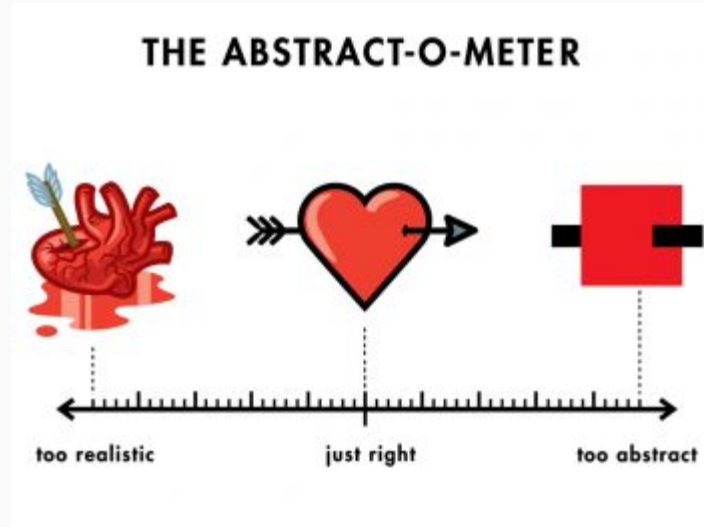
## **Transformation de modèles**

M2M, M2T/M2C, Acceleo, ...

**05.**

## **Approfondissements**

Modèles exécutables et low-code  
plateforme.

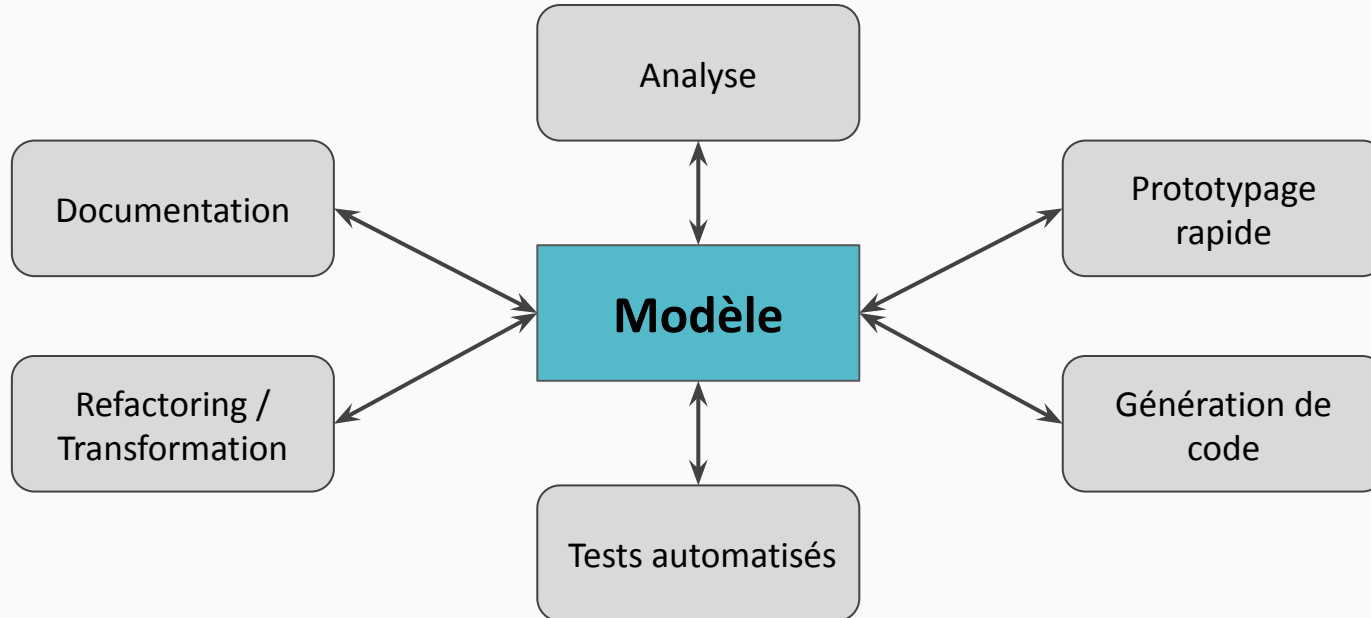


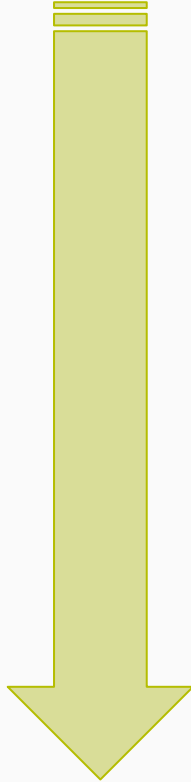
Source : <https://computersciencewiki.org/index.php/Abstraction>

- **Simplifie** en se concentrant sur l'**essentiel**,
  - L'esprit humain **ajuste en permanence** sa perception de la réalité.
- Trois techniques pour abstraire :
  - **Généralisation** : Réduire les caractéristiques spécifiques des objets réels en une vue plus générale,
  - **Classification** : Organiser les objets en groupes logiques et cohérents,
  - **Agrégation** : Combiner des objets pour créer des entités plus complexes.

# Modèle

- **Artefact centrale** à toutes les activités du génie logiciel.





## Models as drafts

- Communication d'idées et d'alternatives.

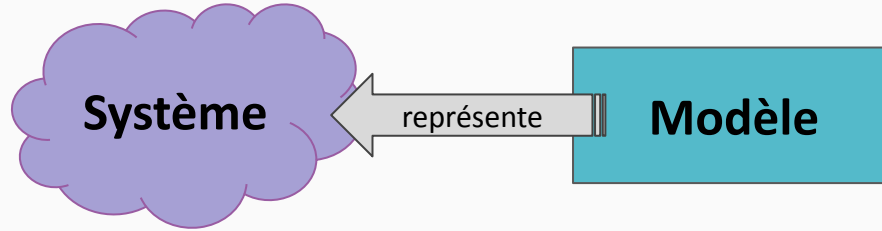
## Models as guidelines

- Décisions de conception sont documentés.

## Models as programs

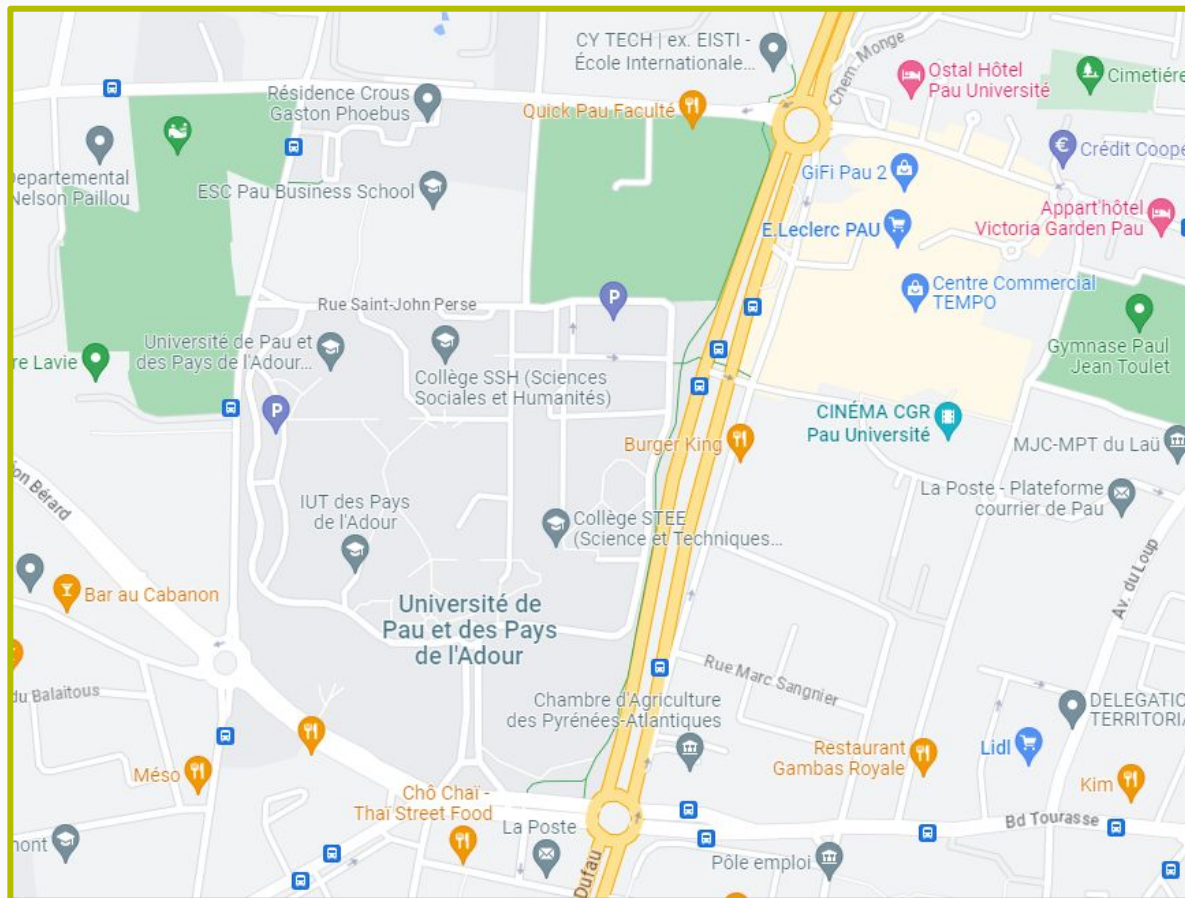
- Applications générées automatiquement.

# Modèle



- Représente un **système** (ou concept) selon un certain **point de vue**, à un niveau d'abstraction **facilitant** sa **compréhension** et son **utilisation**,
  - **Mappage** : basé sur un système d'origine,
    - Une carte géographique.
  - **Réduction** : ne reflète que la sélection pertinente des propriétés de l'original,
    - Une carte de prévision météorologique.
  - **Pragmatique** : utilisable en remplacement de l'original dans le cadre d'un certain objectif,
    - Une maquette architecturale.

# Modèle : Mappage



## Carte géographique numérique :

- Représente fidèlement les rues et les points d'intérêts d'une ville.



## Modèle : Réduction



### Carte de prévision météorologique :

- Ne prend en compte que quelques variables clés parmi de nombreuses autres, pour prédire le temps :
  - Température,
  - Humidité,
  - Pression atmosphérique,
  - ...



Source : <https://www.isome.fr/2019/11/05/isome-investit-dans-la-maquette-numerique/>

### Maquette architecturale d'un bâtiment :

- Version réduite du bâtiment réel, conservant :
  - les caractéristiques architecturales principales,
  - les proportions,
  - les fonctionnalités clés.
- Facilite la visualisation et la communication des plans architecturaux sans la complexité ni la taille du bâtiment.

# Modèle

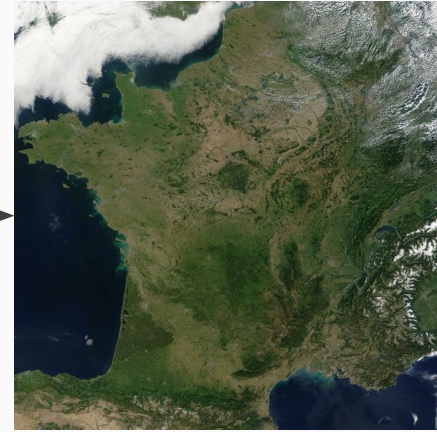


modèle

$\mu$

système modélisé

ReprésentationDe ►



- Représente un système modélisé via :
  - une description d'un système *existant* (**modèle descriptif**),
  - une spécification d'un système à *construire* (**modèle prescriptif**).
- Relation entre un système et un modèle  $\rightarrow$  *ReprésentationDe* (notée  $\mu$ )

# Modèle

```
<France>
  <Region>
    <Nom>Nouvelle-Aquitaine</Nom>
    <Departements>
      <Departement>
        <Nom>Pyrénées-Atlantiques</Nom>
        <Numero>64</Numero>
      </Departement>
      <Departement>
        <Nom>Landes</Nom>
        <Numero>40</Numero>
      </Departement>
      ...
    </Departements>
  </Region>
  ...
</France>
```

modèle

μ ►

système  
modélisé



modèle

μ ►

système  
modélisé



- Écrit dans un langage qui peut-être :
  - **Non** ou **peu formalisé**, langage naturel
  - **Formel** ou bien défini
    - Syntaxe, grammaire, sémantique
    - Métamodèle

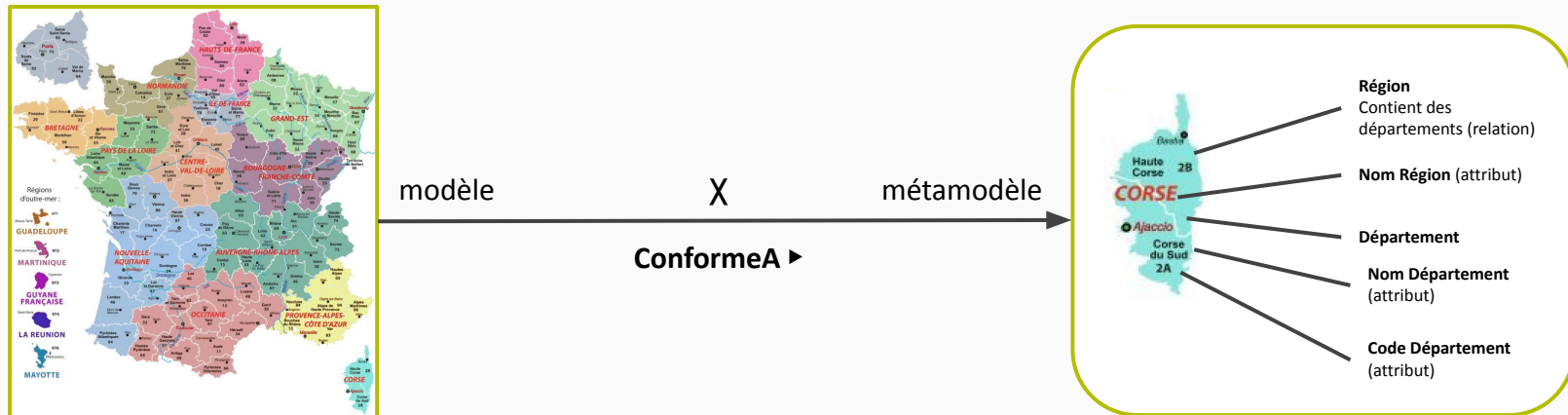


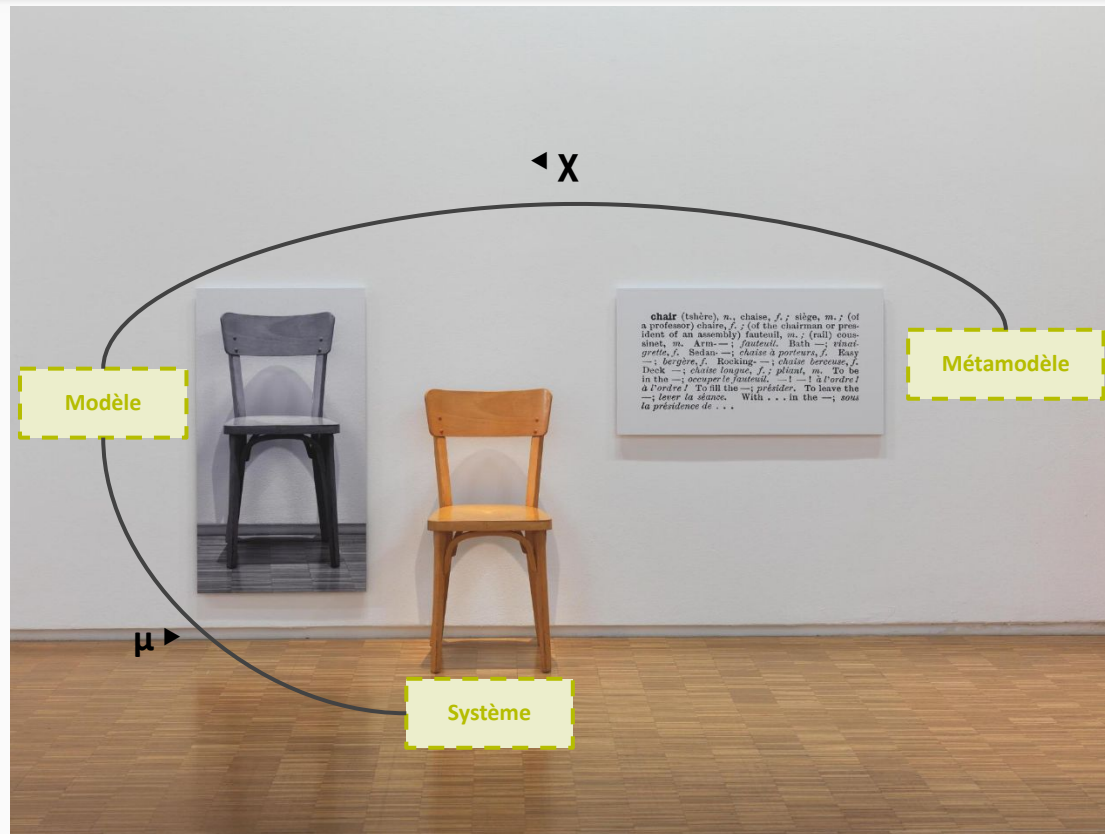
# Métamodèle



# Métamodèle

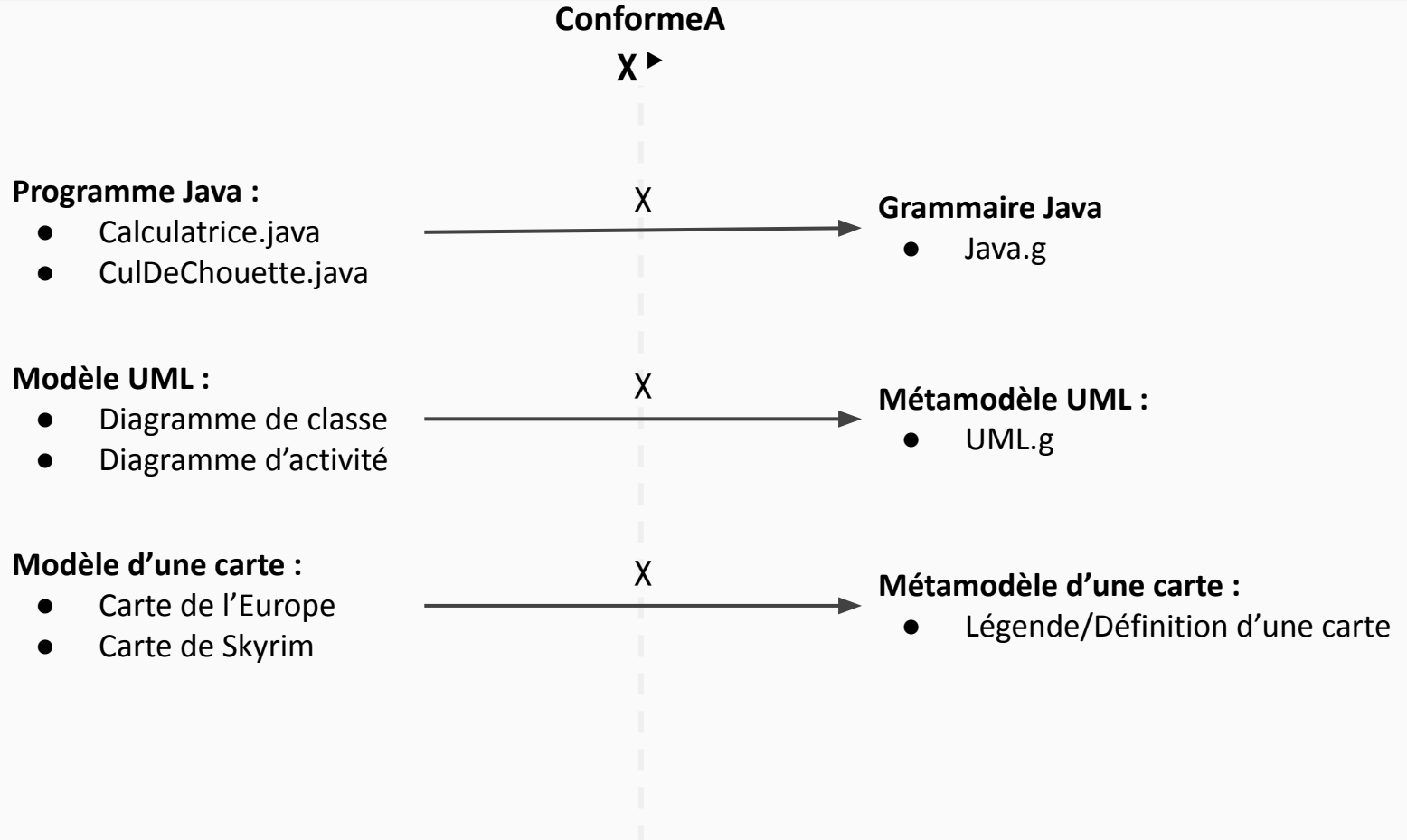
- Modèle **abstrait** qui définit le **langage d'expression** d'un modèle : sa structure, ses contraintes, ...
- Relation de **conformité**  $\rightarrow$  *ConformeA* (notée  $\chi$ )
  - Si chacun des éléments (objets ou relations) est **instance** d'un élément du métamodèle et **respecte les contraintes** exprimées par le métamodèle,
  - Relation **essentielle**, c'est la base de l'IDM.





Oeuvre d'art "One and Three Chairs" de Joseph Kosuth au Centre Pompidou à Paris

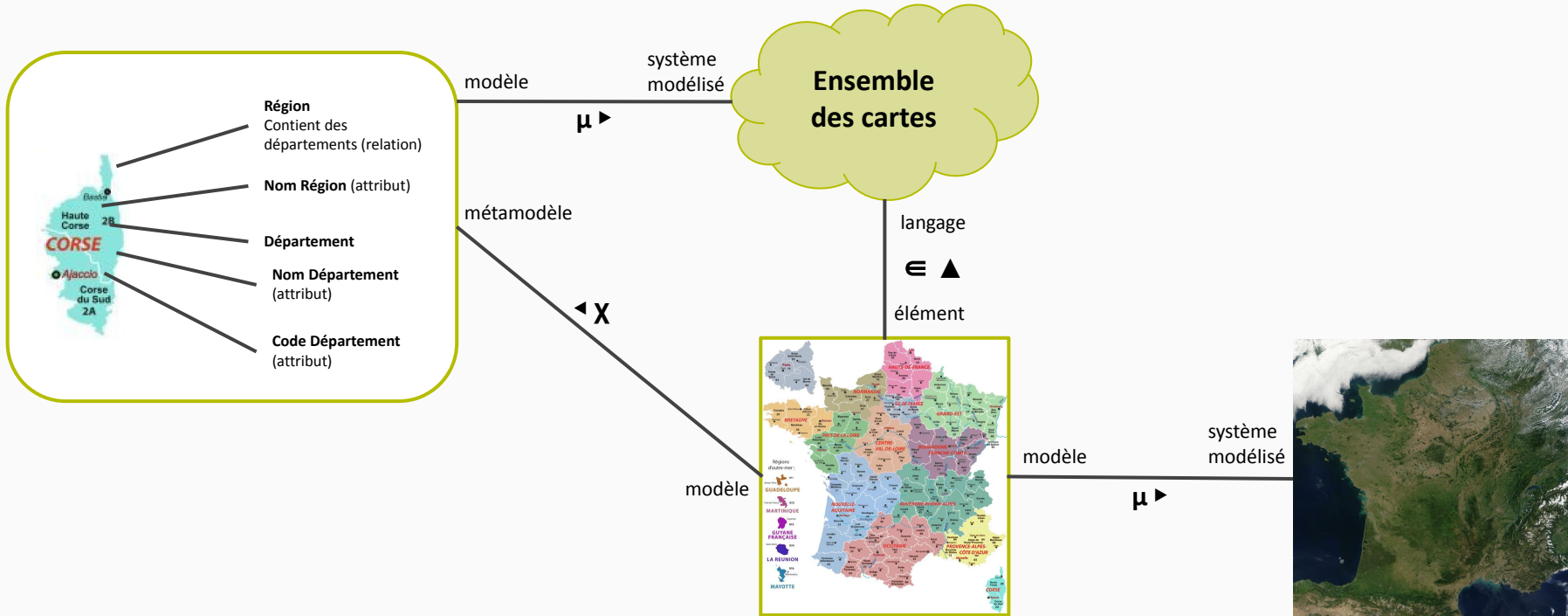
Source : <https://www.centrepompidou.fr/fr/ressources/oeuvre/c5jdxh>





# Métamodèle et langage

- **Métamodèle** définit les **règles** et la **structure abstraite** qui guident la création et l'utilisation d'un **langage de modélisation**,
  - MM modélise un langage  $\neq$  MM est un langage





# **Langage de modélisation**



- **Langage** : définit selon le tuple  $\{AS, CS, M_{ca}, SD, M_{cs}\}$  avec :
  - $AS$  : syntaxe abstraite,
  - $CS$  : syntaxe concrète,
  - $M_{ca}$  : correspondance entre les syntaxes abstraites et concrètes,
  - $SD$  : domaine sémantique
  - $M_{cs}$  : correspondance entre la syntaxe concrète et le domaine sémantique.
- **General Purpose Languages (GPL)** ou **Langage à usage général** : langages qui peuvent être utilisés et appliqués à *n'importe quel secteur* ou domaine,
  - Java, UML, réseaux de Pétri, machine à état, ...
- **Domain-Specific Languages (DSL)** ou **Langage dédié** : langages *conçus pour un domaine* ou contexte précis,
  - HTML, SQL, ...

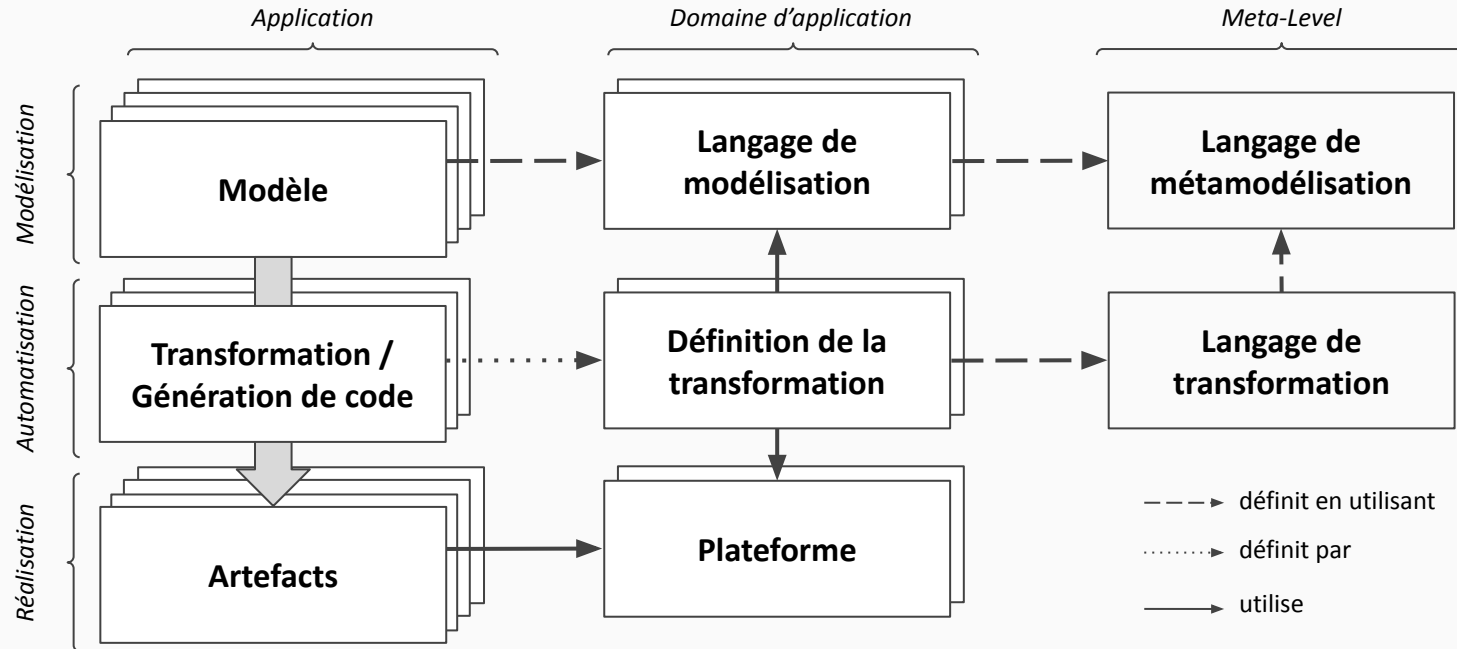


# Transformation



# Transformation

- Processus **automatisé** manipulant des **modèles** en les **convertissant** d'un modèle **source** vers un modèle **cible**,
  - **Endogène** : *source + cible* conforme au *même* MM,
    - UML vers UML
  - **Exogène** : *source + cible* conforme à des MM *différents*.
    - UML vers Java





# Références

Le contenu de ce cours est basé sur :

- Les supports pédagogiques du Dr. Eric Cariou  
**Source :** <https://lab-sticc.univ-brest.fr/~ecariou/cours/idm.html>
- Marco Brambilla , Jordi Cabot , Manuel Wimmer (2017). *Model-Driven Software Engineering in Practice, Second Edition*
- Jean-Marc Jézéquel, Benoît Combemale, Didier Vojtisek (2012). *Ingénierie Dirigée par les Modèles : des concepts à la pratique*