

Modélisation Multi-Paradigme : enjeux et problématiques

Séminaire DI

15 Mai 2008

Cécile HARDEBOLLE

✉ cecile.hardebolle@supelec.fr

Remarques préliminaires

■ Objectifs de la présentation :

- ▶ Présenter la **modélisation hétérogène** (multi-paradigme)
 - Contexte général = l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM)
- ▶ Evoquer l'existant et les **axes de recherche** liés à la modélisation hétérogène
- ▶ Positionner ma **contribution**

■ Paradigme / formalisme de modélisation :

- ▶ **Paradigme** =
« représentation du monde, manière de voir les choses »
- ▶ **Formalisme** =
convention de notation (concepts + sémantique + syntaxe concrète)

Plan de l'exposé

► Contexte

Problématique

Modélisation multi-paradigme

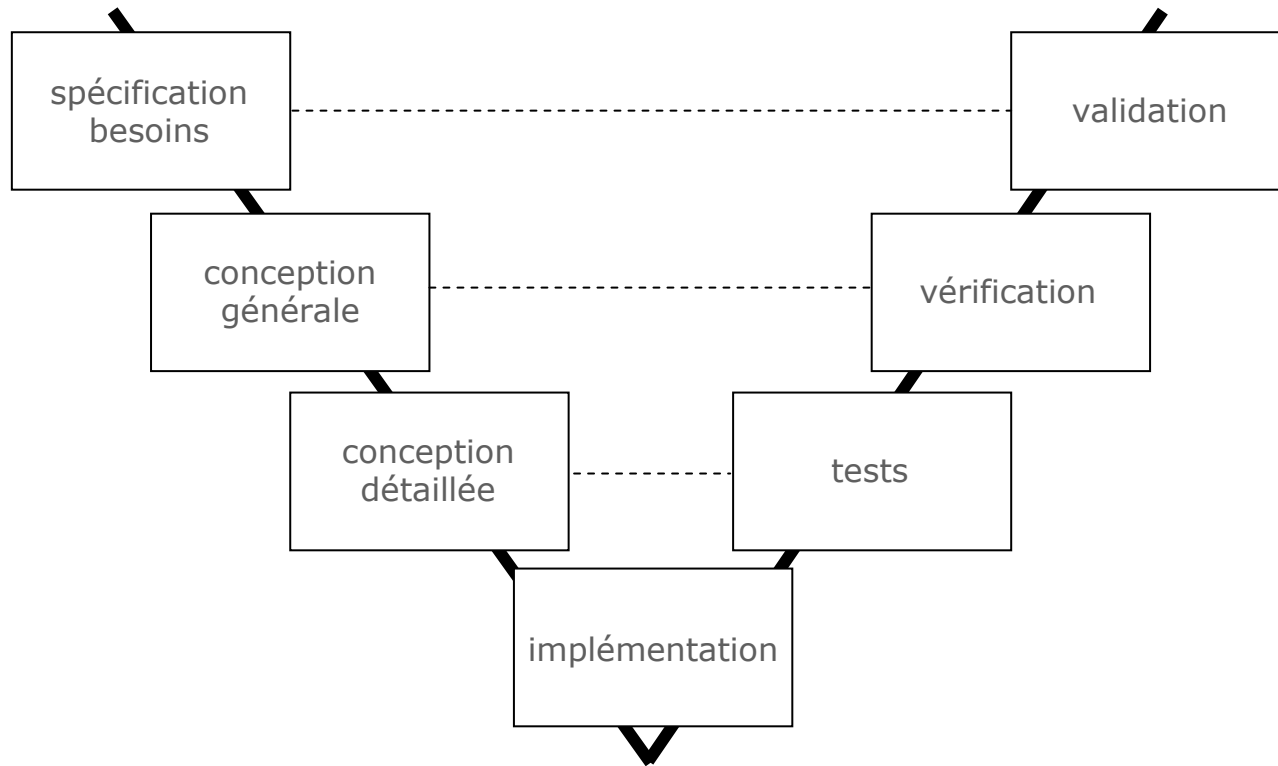
Existant & axes de recherche

Contribution

Conclusion

Contexte : MDE et cycle en V

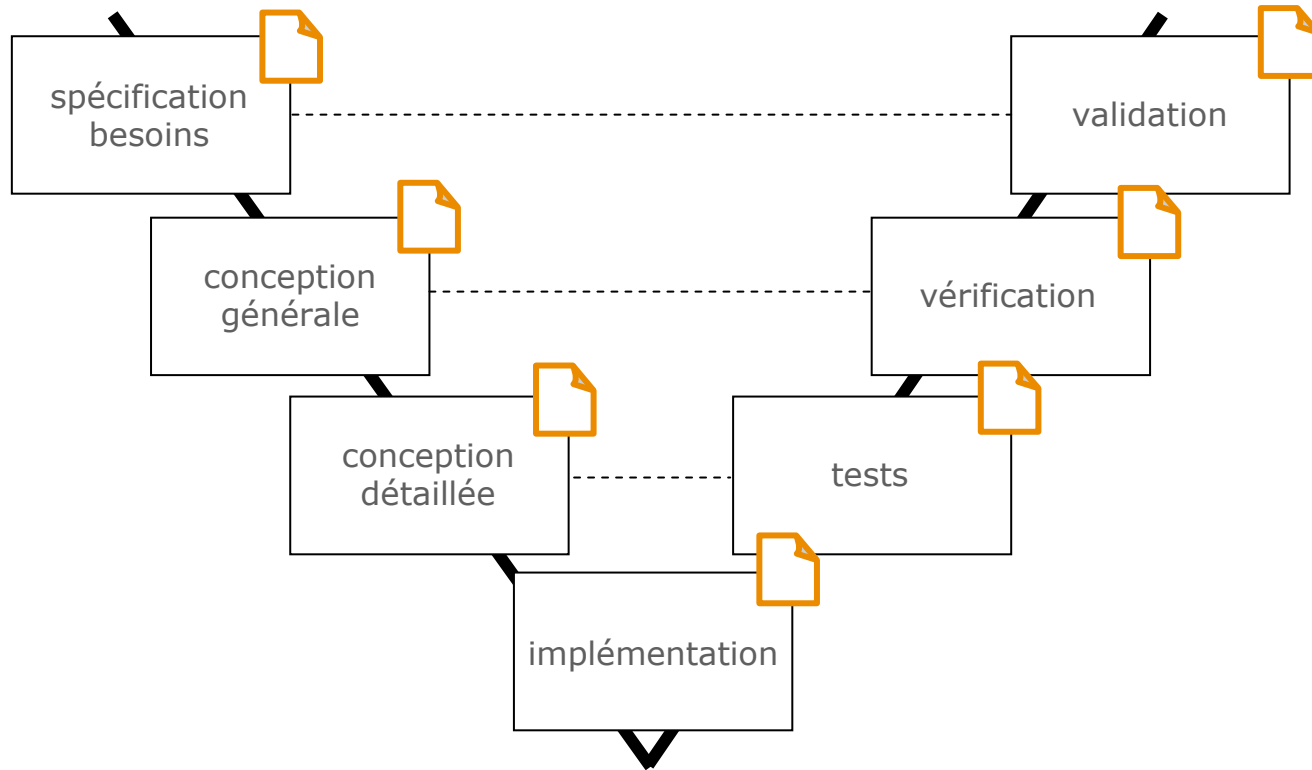
■ Le cycle en V :



- Objectif : développer des **systèmes** (logiciels, matériels, mixtes...)

Contexte : MDE et cycle en V

■ L'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM/MDE) :

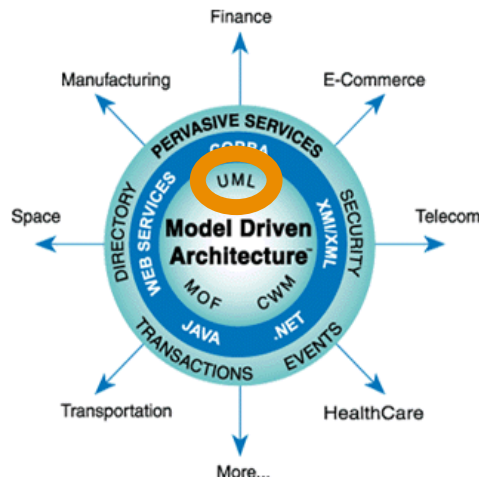


- ▶ Des **modèles** à toutes les étapes !
- ▶ Des outils pour traiter les modèles le + automatiquement possible

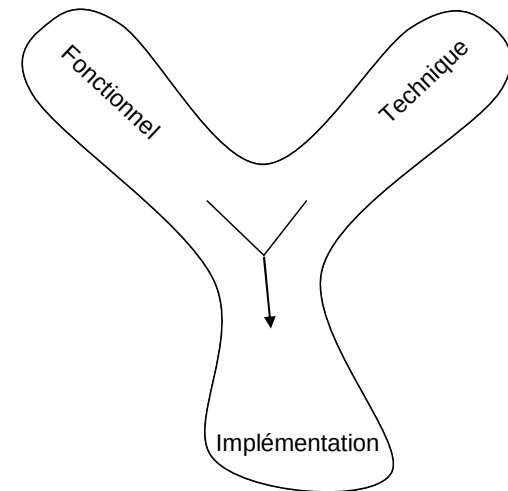
Contexte : MDE et cycle en V

■ L'Architecture Dirigée par les Modèles (ADM/MDA) :

- ▶ ≈ MDE pour les systèmes **logiciels**
- ▶ Standards (OMG) :

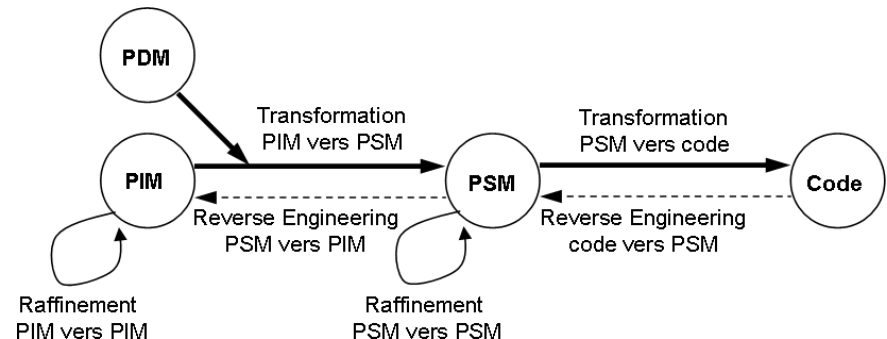


▶ Cycle en Y :



▶ Techniques :

- Vues
- Abstraction/Raffinement & **Transformations** de modèles
- Profils
- **Méta-modélisation**



Plan de l'exposé

Contexte

► **Problématique**

Modélisation multi-paradigme

Existant & axes de recherche

Contribution

Conclusion

Problématique : MDE et systèmes « complexes »

■ Système :

▶ Définition =

- Ensemble d'éléments en interaction
- Pour réaliser une fonction (finalité) par rapport à son environnement

▶ Propriétés & comportement =

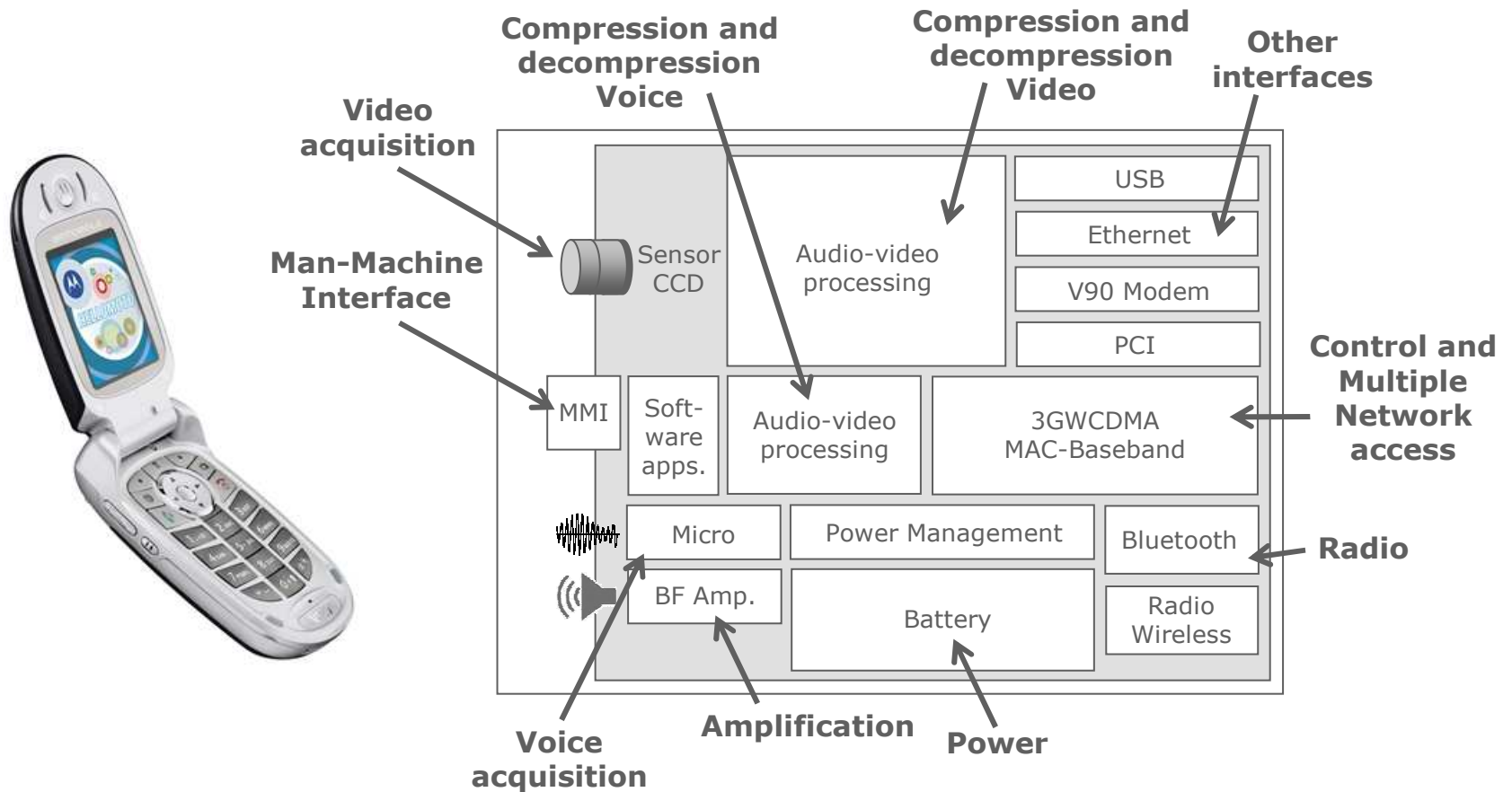
- Résultat de l'interaction des éléments
- Problème de « l'émergence » (tout $\neq$ Σ parties)

▶ Complexité =

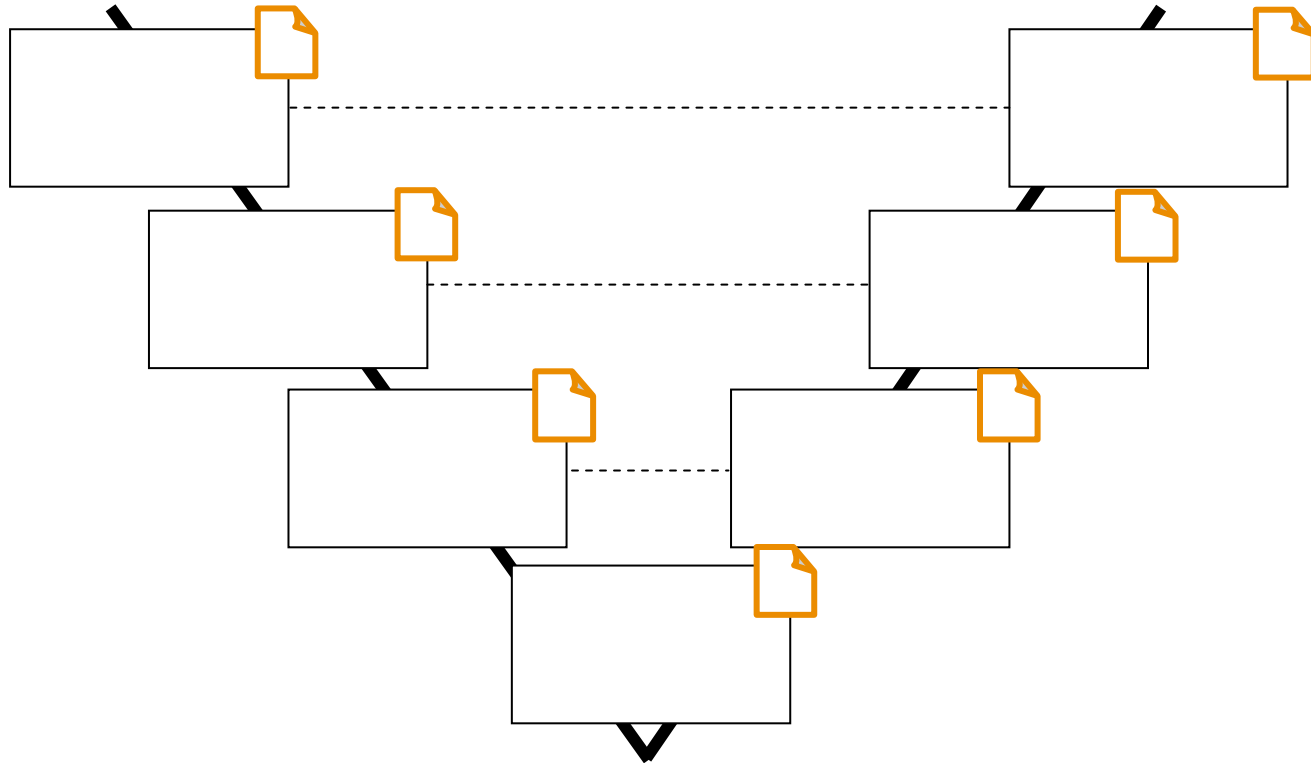
- Nombre & nature des éléments
- Organisation interne
- Couplage environnement



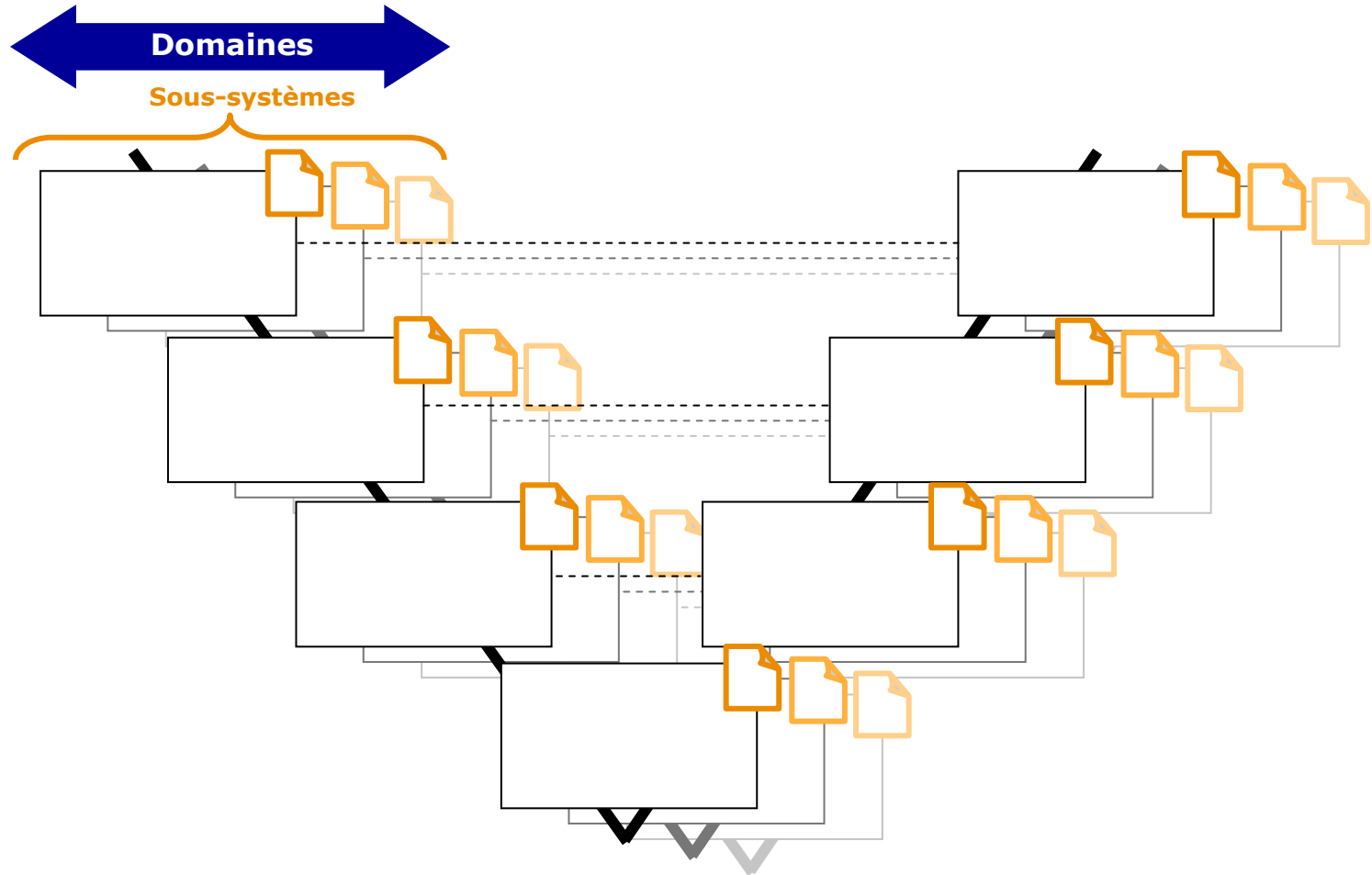
Problématique : MDE et systèmes « complexes », exemple



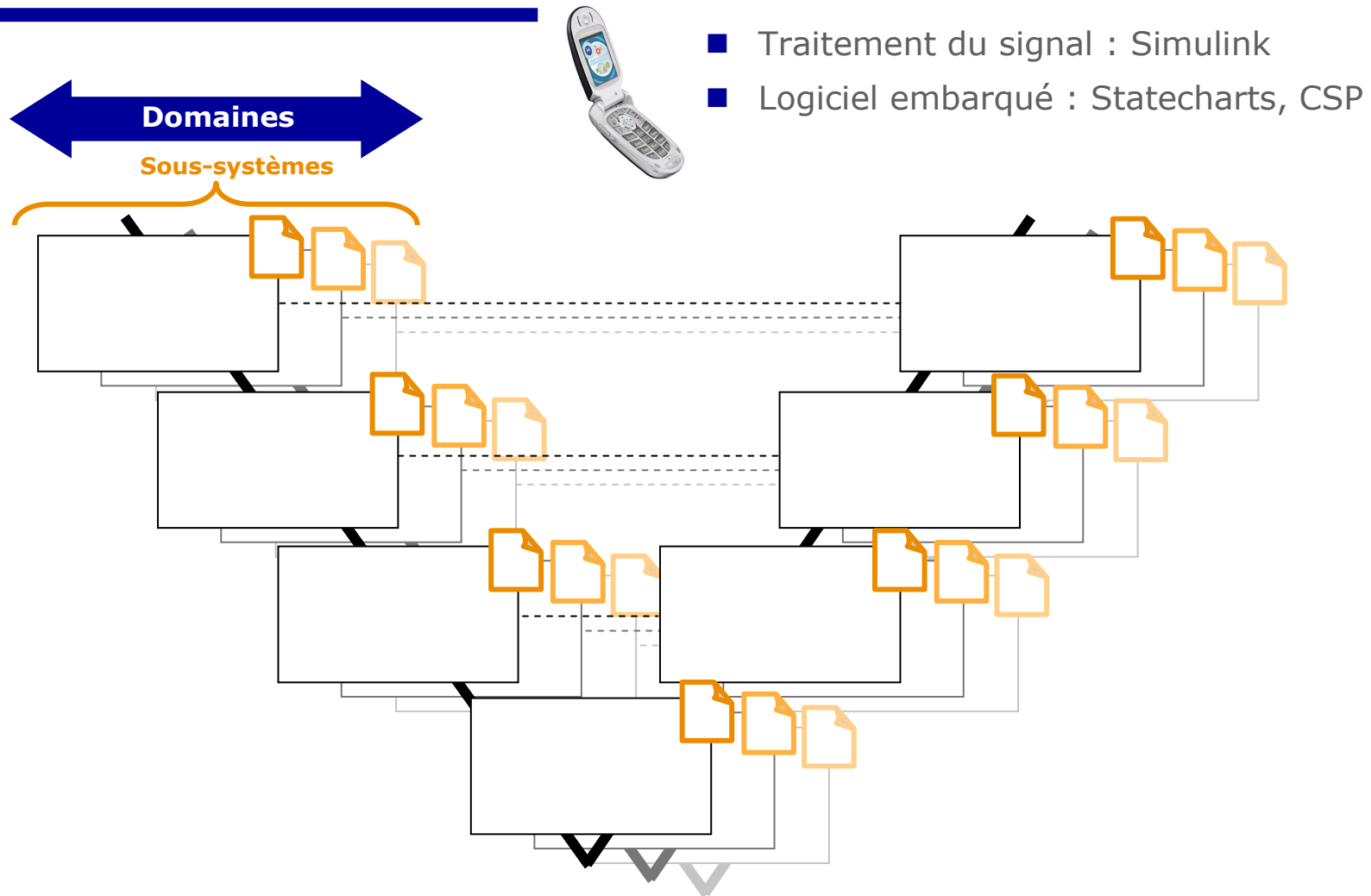
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



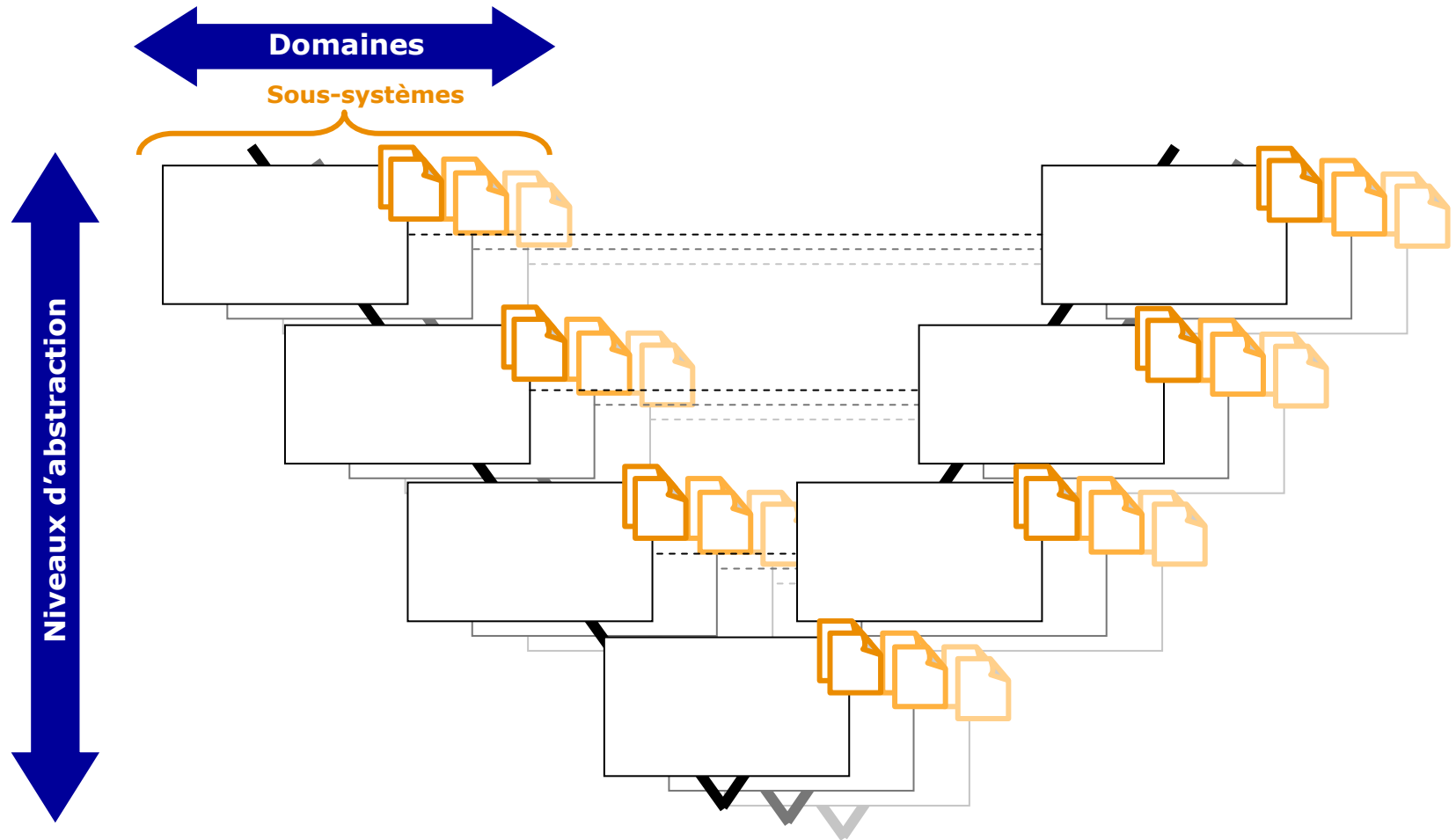
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



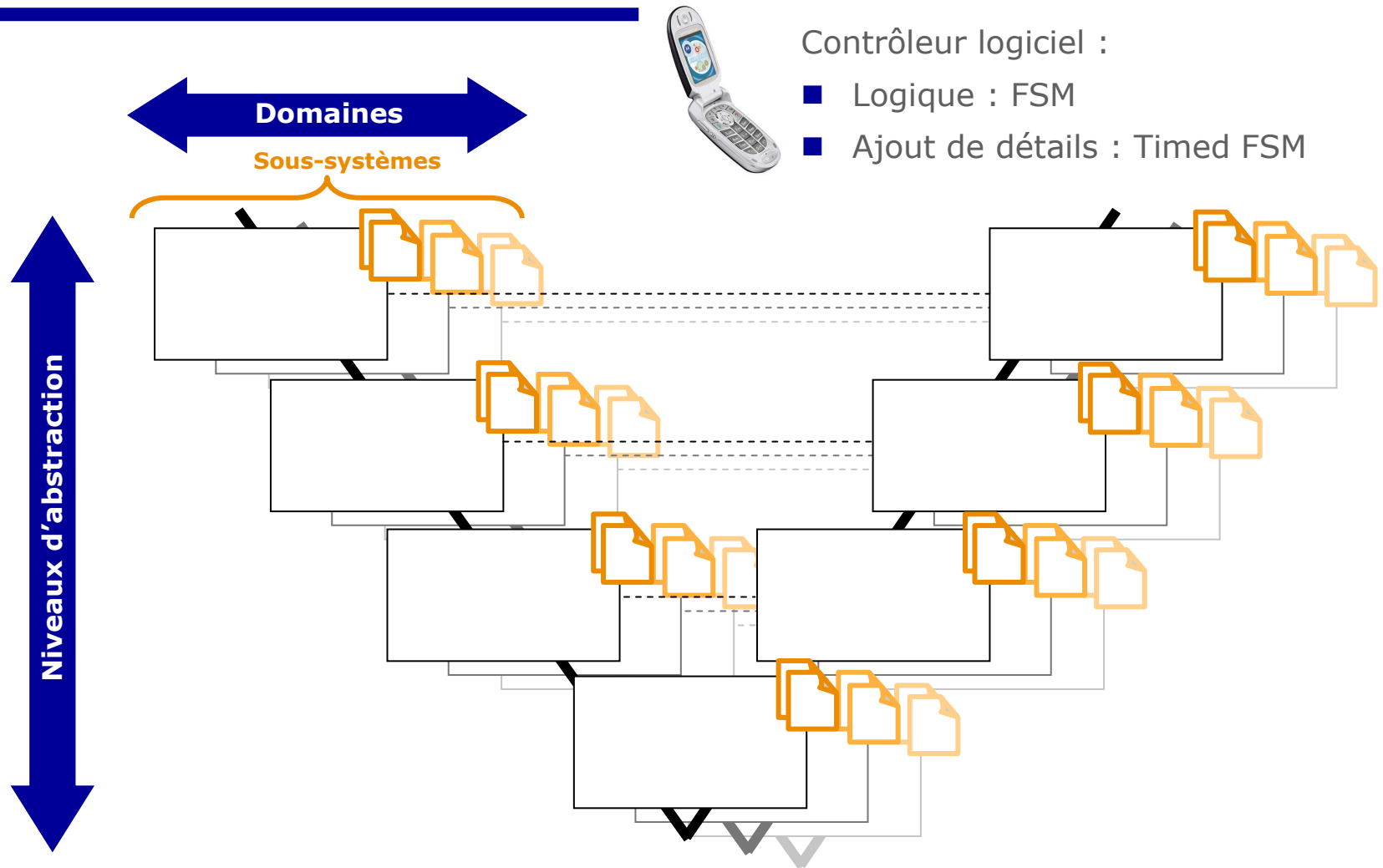
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



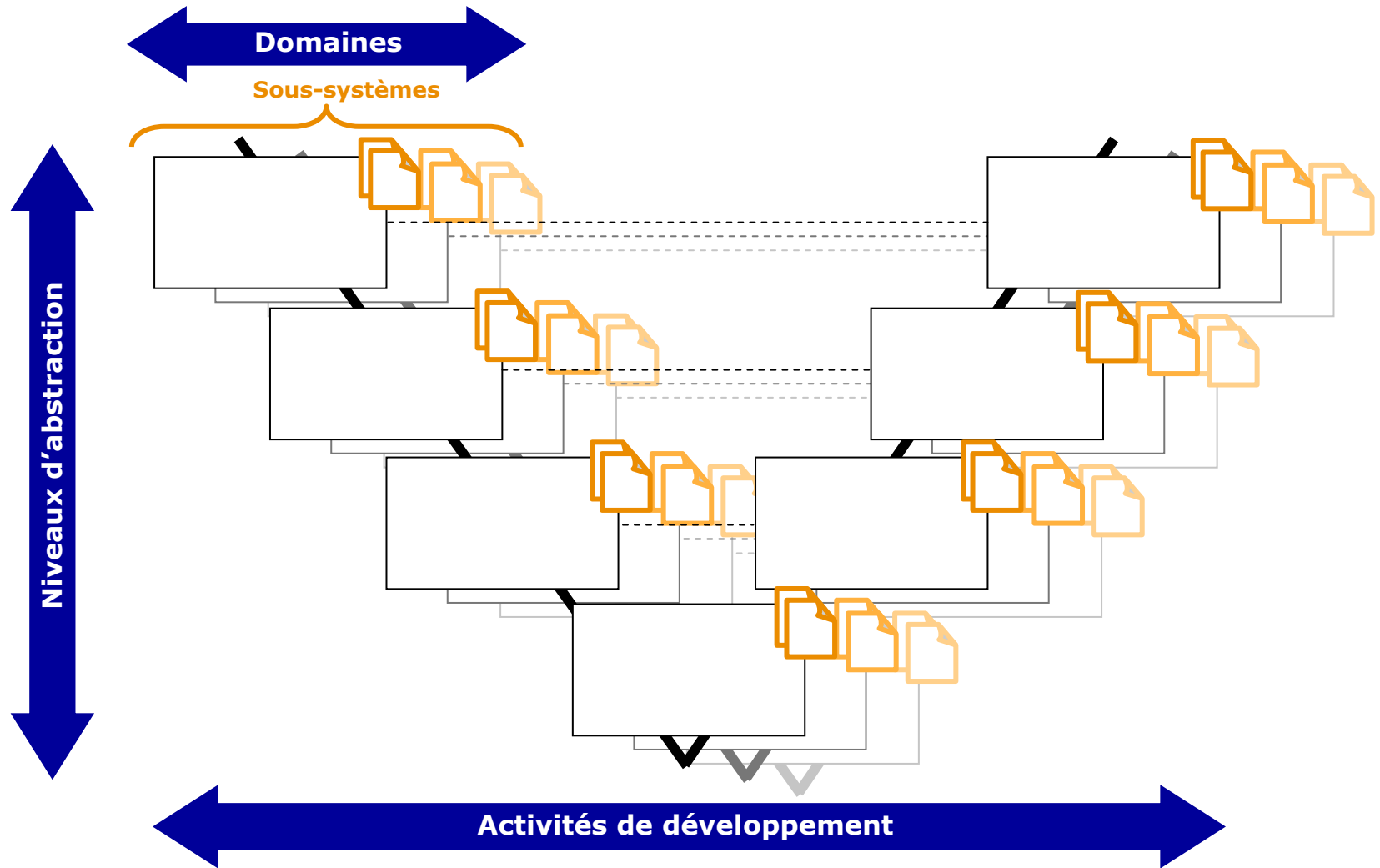
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



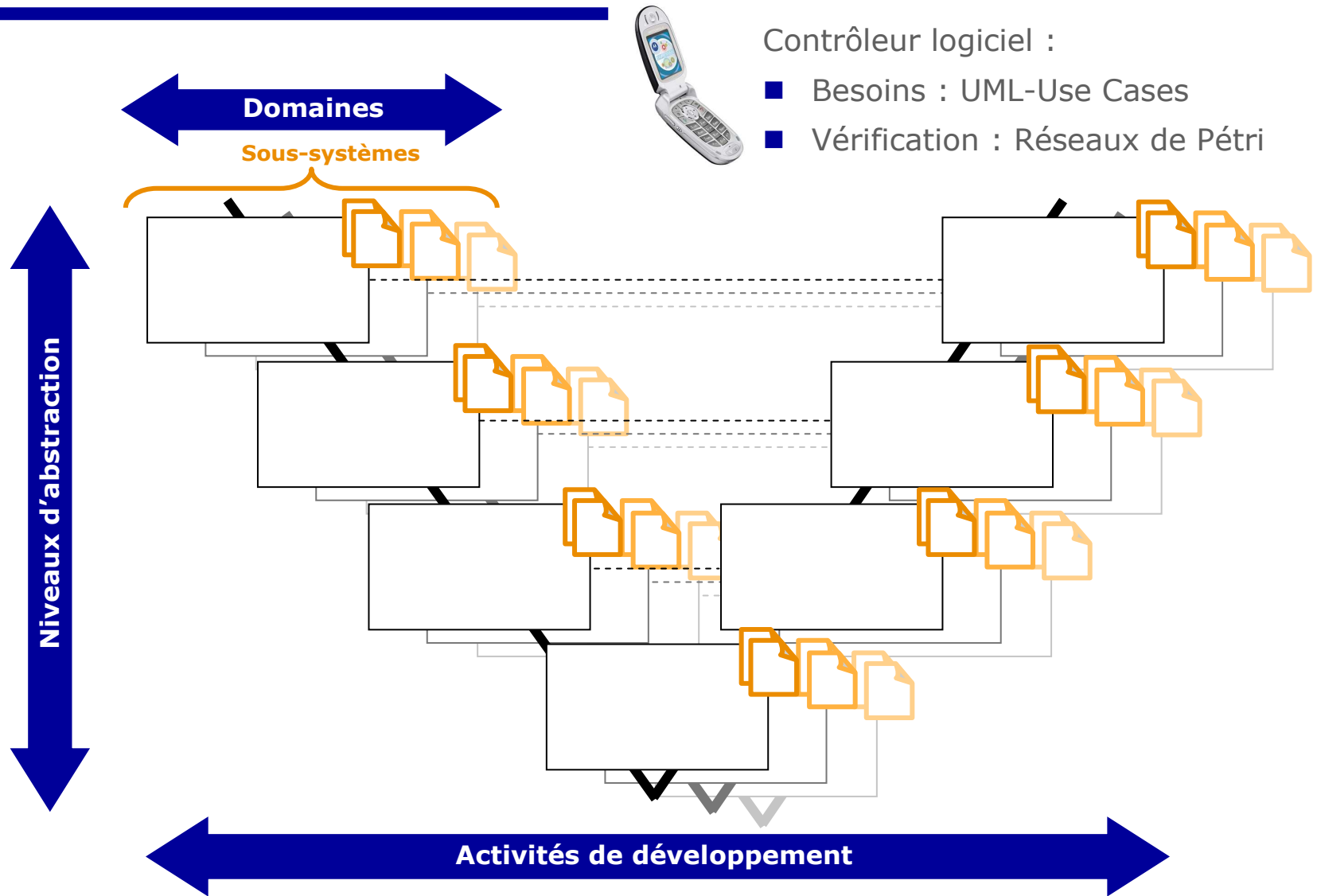
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



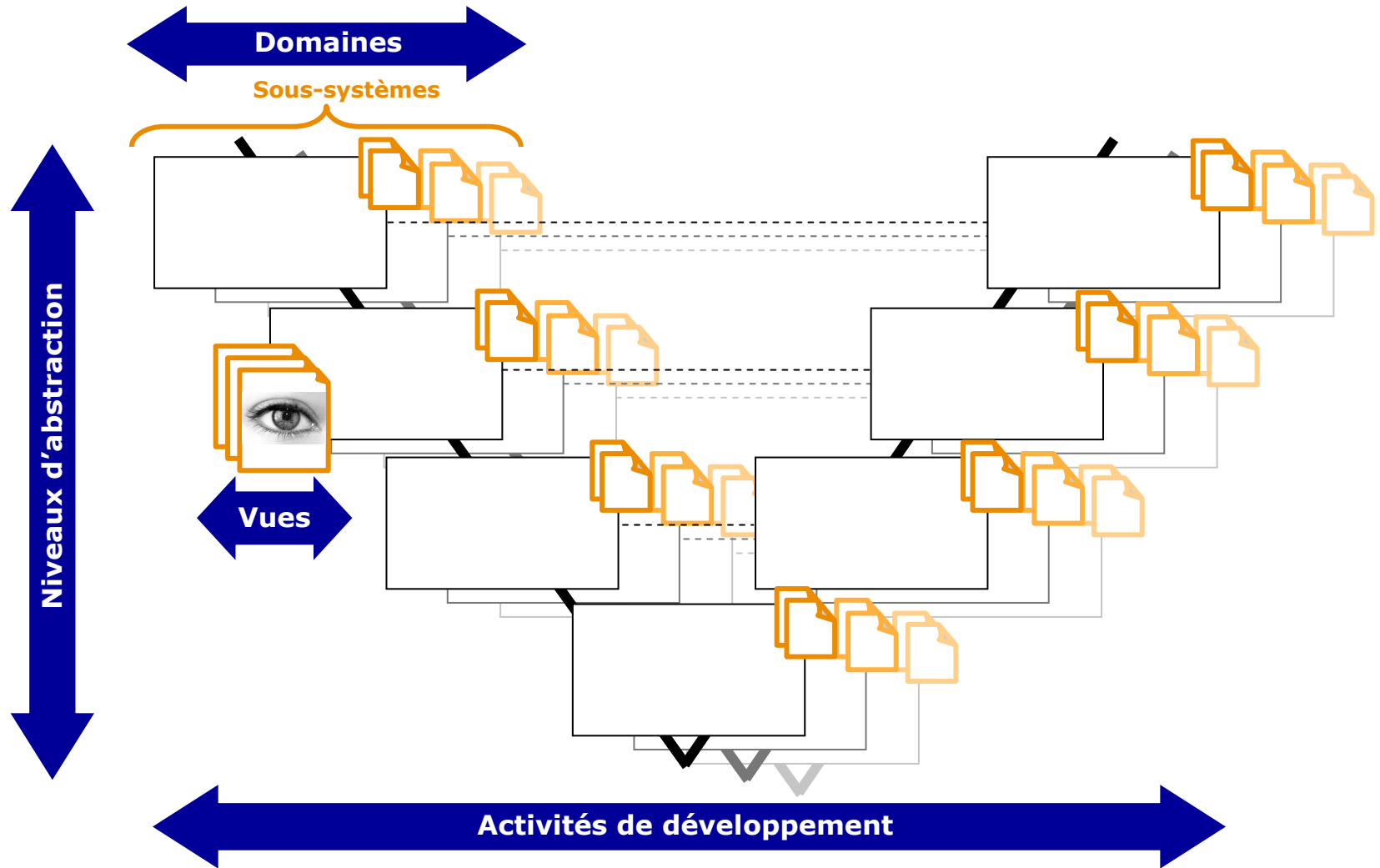
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



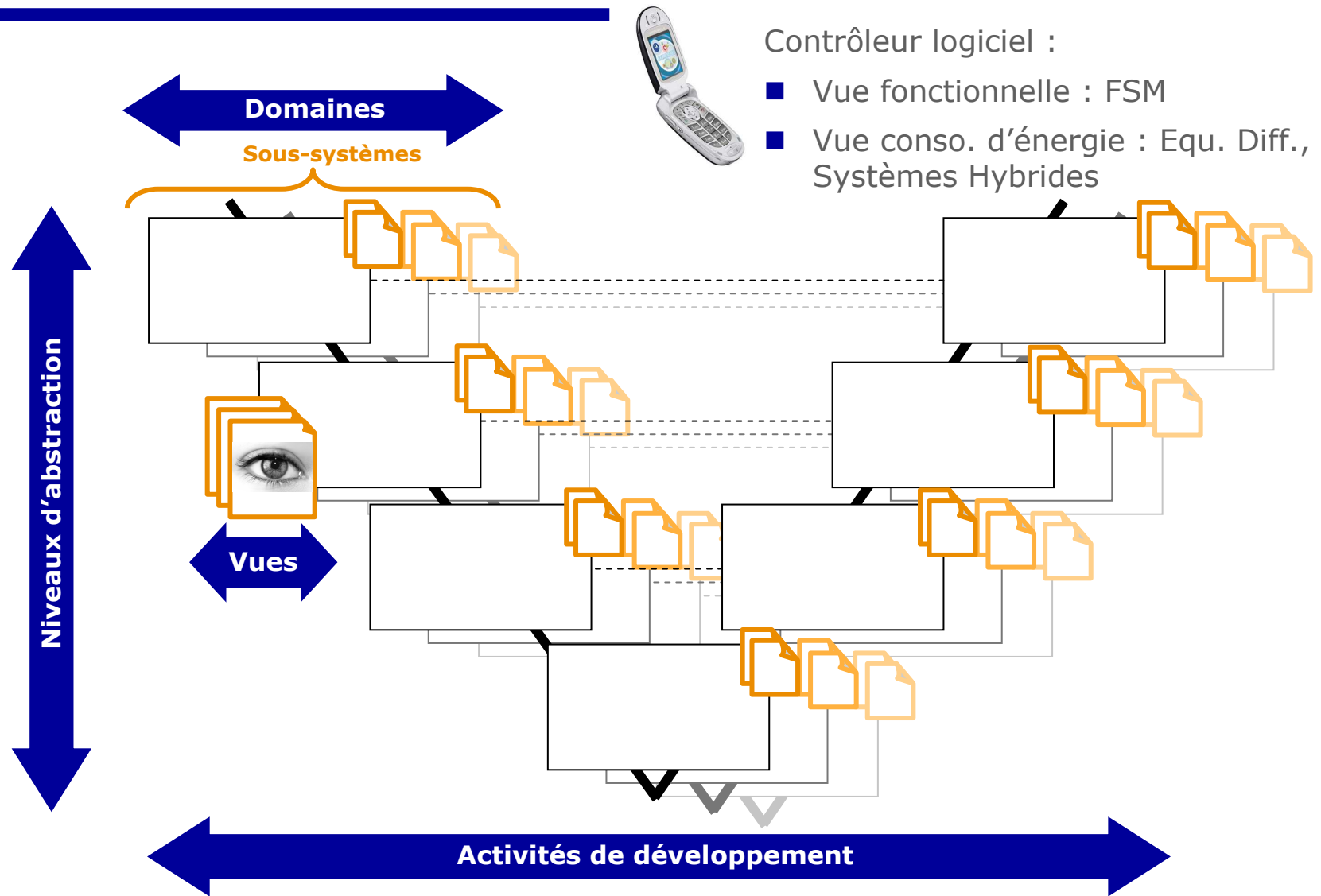
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



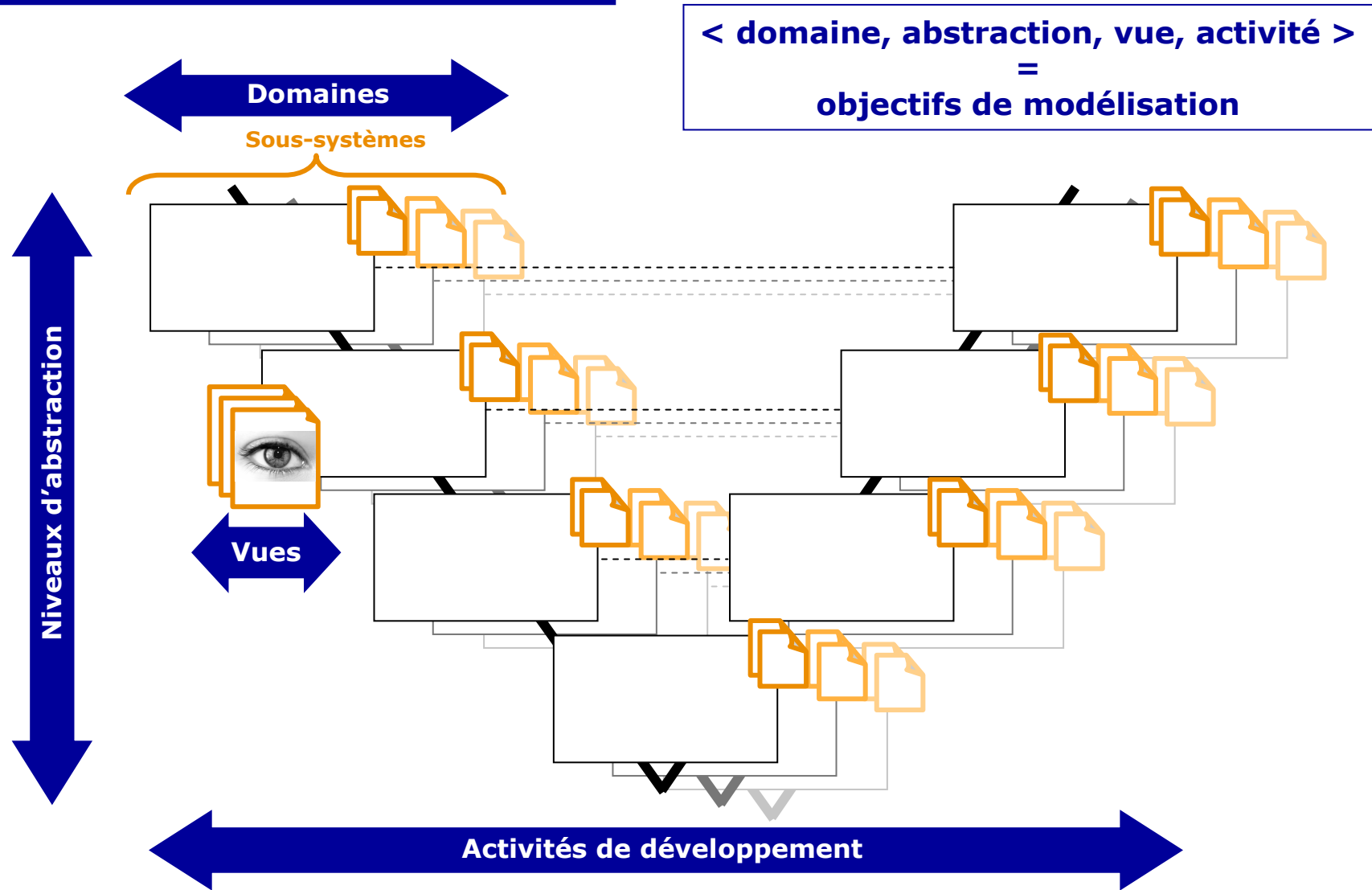
Problématique : MDE et systèmes « complexes »



Problématique : MDE et systèmes « complexes »



Problématique : MDE et systèmes « complexes »



Problématique : hétérogénéité des modèles

■ Au cours du cycle :

- ▶ Navigation sur les 4 axes
- ▶ Utilisation de **paradigmes de modélisation adaptés**
 - A un **domaine** / une **vue**
 - A un **niveau d'abstraction**
 - A une **activité**

Русский

精忠

inévitable
&
essentiel

■ A un moment donné du cycle :

- ▶ Système = **collection de modèles**
décrits avec des **paradigmes de modélisation différents**



Raisonnement global sur le système impossible !

- Différents composants,
différents aspects d'un même composant,
différents niveaux de détail d'un même composant...
- Vérification ? Validation ?...



Plan de l'exposé

Contexte

Problématique

▶ **Modélisation multi-paradigme**

Existant & axes de recherche

Contribution

Conclusion

Modélisation Multi-Paradigme : définitions

■ Modèles hétérogènes :

- ▶ = modèles décrits dans des **paradigmes différents**

Paradigmes différents **✗** Formalismes différents

- Mais formalismes différents = difficultés majeures

■ Modélisation Multi-Paradigme :

- ▶ Pour quoi ? Faciliter et automatiser :

- L'**utilisation conjointe de modèles hétérogènes** pendant le cycle de développement
- Le **raisonnement global** sur un ensemble de modèles hétérogènes

- ▶ Comment ? Utiliser :

- Des **transformations** de modèles
- La **composition** de modèles
- La **co-exécution** de modèles
- La **méta-modélisation** & ingénierie des langages de modélisation
- ...

Modélisation Multi-Paradigme : problématiques

■ Au moins 4 axes de difficultés majeures :

- ▶ **Composition de modèles de différents domaines**
 - Compositionnalité, compatibilité ?
 - Composition/Adaptation/Transformation des sémantiques de domaines ?
 - Préservation de la sémantique des modèles composés ?
- ▶ **Traitement automatique et/ou formel de la relation d'abstraction/raffinement entre modèles hétérogènes**
 - Conformité entre modèles ?
 - Raffinement/abstraction par transformation automatique ?
- ▶ **Combinaison de vues hétérogènes d'un même modèle**
 - Cohérence entre vues ?
 - Simulation conjointe ?
- ▶ **Utilisation d'un même modèle pour différentes activités**
 - Génération de code et model-checking sur un même modèle ?

Modélisation Multi-Paradigme : problématiques

■ Au moins 4 axes de difficultés majeures :

- ▶ Composition de modèles de différents domaines
 - Compositionnalité, compatibilité ?
 - Composition/Adaptation/Transformation des sémantiques de domaines ?
 - Préservation de la sémantique des modèles composés ?
- ▶ Traitement automatique et/ou formel de la relation d'abstraction/raffinement entre modèles hétérogènes
 - Conformité entre modèles ?
 - Raffinement/abstraction par transformation automatique ?
- ▶ Combinaison de vues hétérogènes d'un même modèle
 - Cohérence entre vues ?
 - Simulation conjointe ?
- ▶ Utilisation d'un même modèle pour différentes activités
 - Génération de code et model-checking sur un même modèle ?

Plan de l'exposé

Contexte

Problématique

Modélisation multi-paradigme

▶ Existant & axes de recherche

Contribution

Conclusion

Existant & axes de recherche : transformations de modèles

- Objectif : transformer automatiquement un modèle d'un langage à un autre

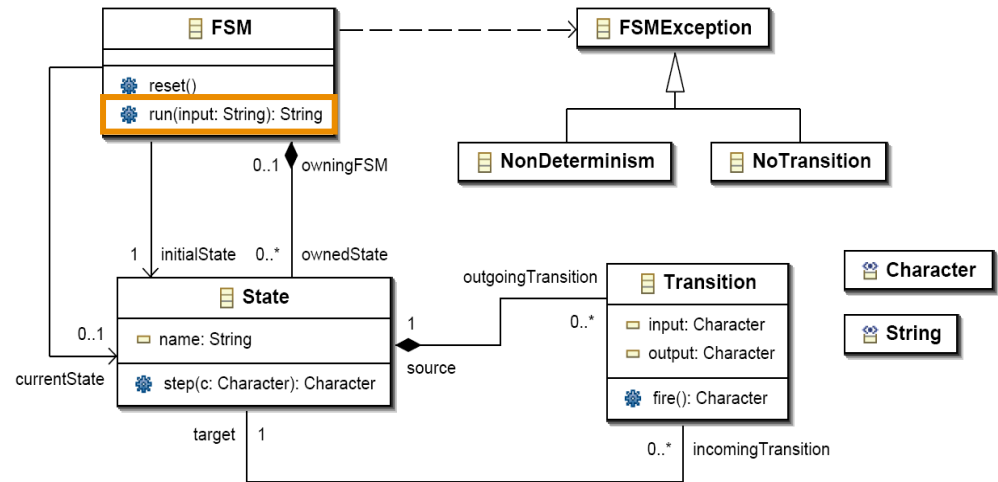
- Techniques :

- ▶ Meta-modélisation
- ▶ Ingénierie des langages
- ▶ Transformations

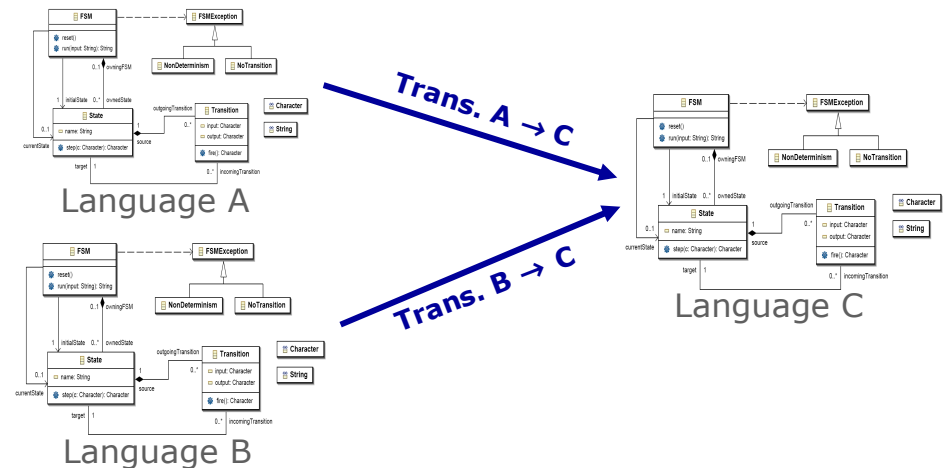
- Applications :

- ▶ Transformation vers un formalisme union
 - ▶ Transformation vers un formalisme tiers
 - ▶ Tissage de modèles
- + Fondements sémantiques

FSM meta-model and semantics with Kermeta



Model transformation (e.g. with ATOM3)



Existant & axes de recherche : composition de modèles

- Objectif : composer des modèles hétérogènes pour former un modèle global dont on sait définir le comportement

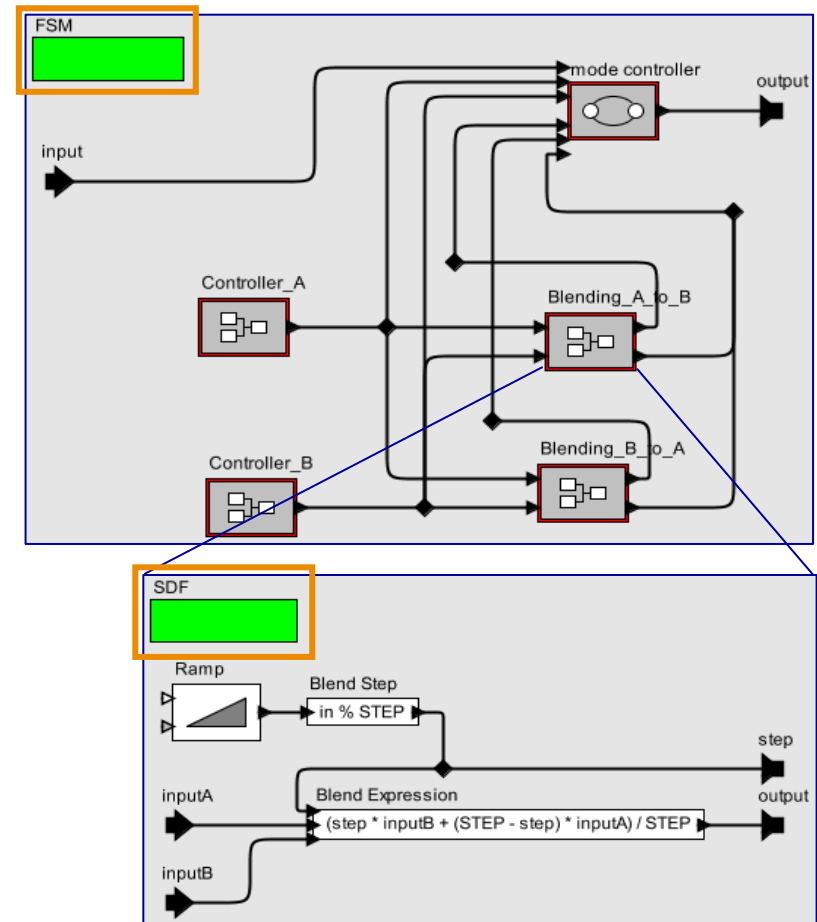
- Techniques :

- ▶ Modèles de Calcul
- ▶ Co-algèbres
- ▶ Algèbres de traces

- Applications :

- ▶ Composition « horizontale » (composition des domaines)
 - Hiérarchique
 - « à plat »
- ▶ Composition « verticale » (composition des vues)
- ▶ Composition des sémantiques
 - Opérations co-algébriques
 - Structures de traces

Hierarchical model composition with Ptolemy II



Existant & axes de recherche : composition de composants

- Objectif : composer des composants potentiellement hétérogènes interagissant de façon potentiellement hétérogène

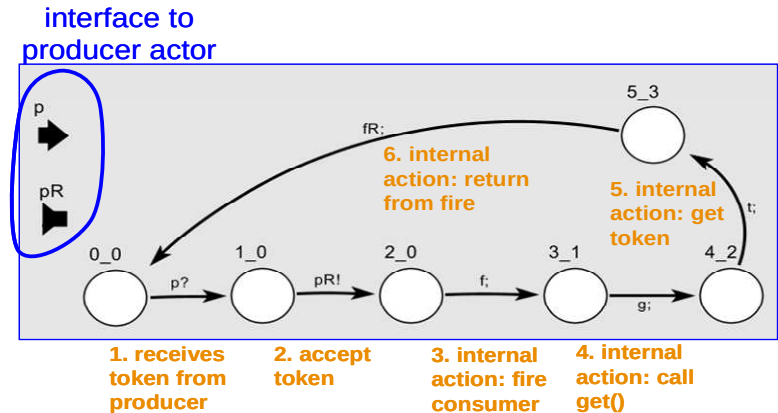
- Techniques :

- ▶ Théorie des interfaces
- ▶ Adaptation logicielle
- ▶ Interactions hétérogènes

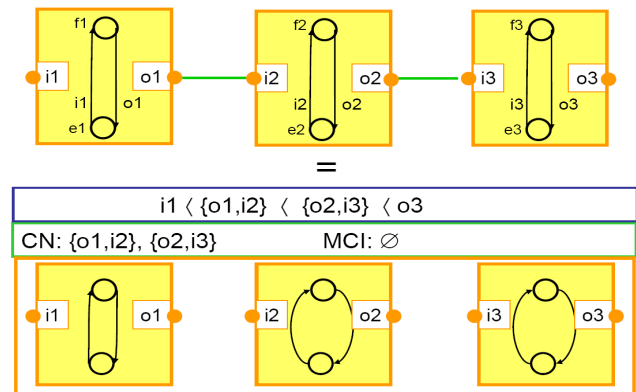
- Applications :

- ▶ Vérification de compatibilité composant/modèle de calcul
- ▶ Adaptation sémantique
- ▶ Correction par construction
 - « Compositionnalité »
= interactions entre composants
 - « Composabilité »
= formation d'un nouveau composant

Compatibility checking in Ptolemy II
(SDF Consumer Actor in SDF Domain)



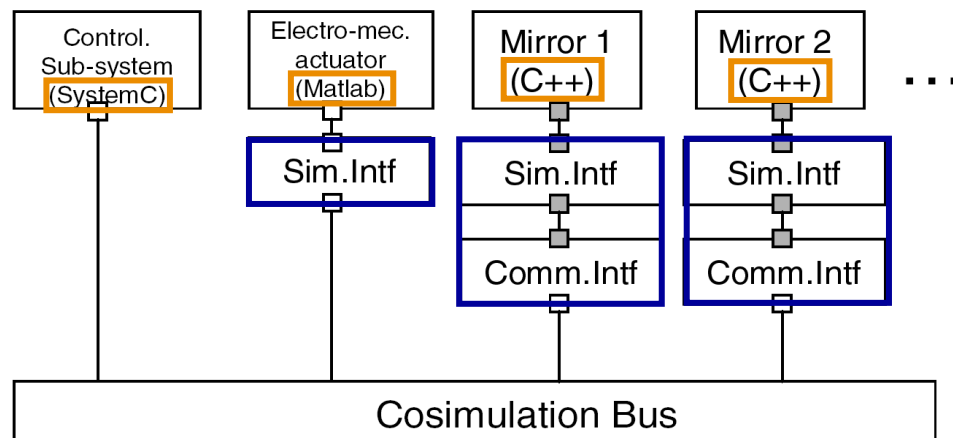
Component composition with BIP



Existant & axes de recherche : co-simulation

- Objectif : **simuler conjointement** des modèles hétérogènes
- Techniques :
 - Simulation
 - Adaptation logicielle
- Applications :
 - Simulation conjointe de modèles
 - Bénéficie des performances des simulateurs spécialisés

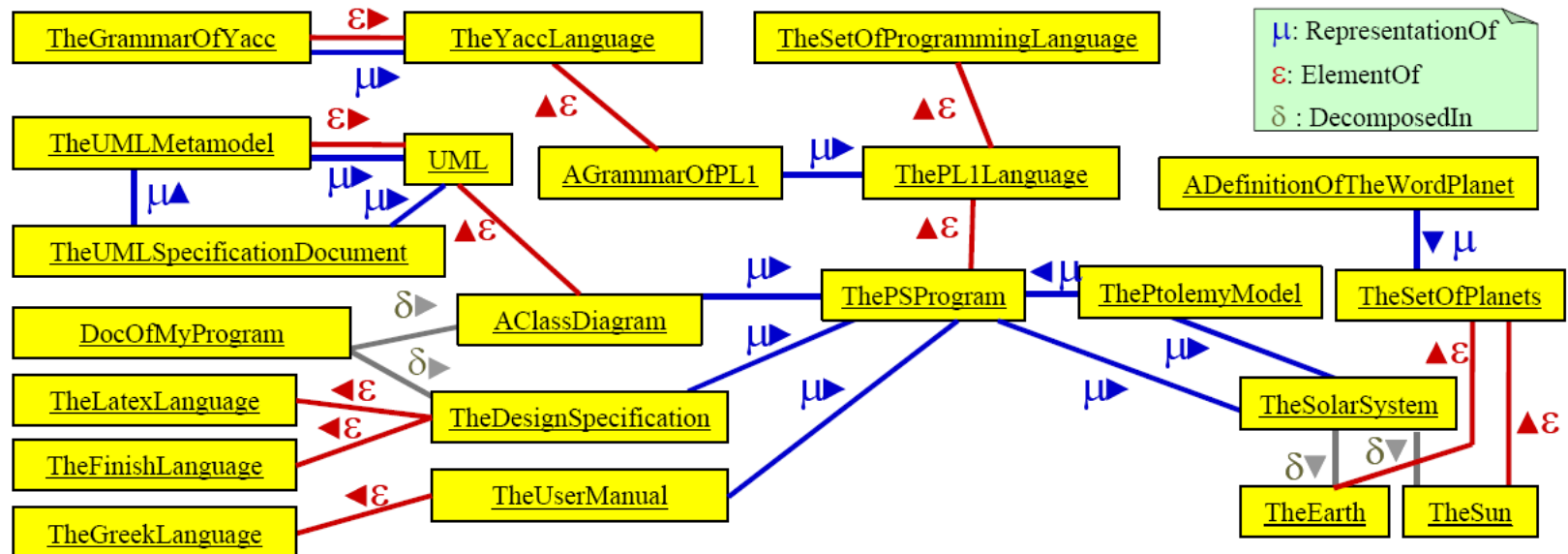
Co-simulation of an optical MEM switch using an approach based on SystemC



Existant & axes de recherche : méga-modèles

- Objectif : caractérisation des relations entre modèles (& meta-modèles, etc.) pour pouvoir les traiter automatiquement
- Techniques :
 - Ontologies
 - Etymologie

Example of (a model of) a Megamodel: The Solar System as seen by Ptolemy



Existant & axes de recherche : bilan

- Des approches d'horizons différents
pour traiter des problèmes différents
- Quelles caractéristiques aurait l'approche de modélisation multi-paradigme idéale ?
 - ▶ Support pour un ensemble ouvert de paradigmes de modélisation
 - Pouvoir ajouter de nouveaux paradigmes « facilement »
 - ▶ Support pour plusieurs types d'activités
 - Eviter la multiplication des outils
 - Pouvoir utiliser le même modèle pour
 - ◆ *Le design*
 - ◆ *La génération de code*
 - ◆ *La vérification formelle*
 - ◆ ...
 - ▶ Support pour la vérification formelle de propriétés
 - Maîtriser les phases de V & V (criticité, complexité, coût !)

Plan de l'exposé

Contexte

Problématique

Modélisation multi-paradigme

Axes de recherche

▶ Contribution

Conclusion

Contribution : l'approche ModHel'X

■ Type d'approche :

- ▶ Composition de modèles hétérogènes

■ Hétérogénéité traitée :

- ▶ Hétérogénéité de domaines
 - Composition « horizontale »
 - Approche hiérarchique

■ Problématique(s) majeure(s) :

- ▶ Expression « exploitable » de la **sémantique des langages utilisés**
 - $\neq$ de spécifications en langage naturel !
 - Exécutabilité
- ▶ **Préservation** des modèles composés
 - Les modèles composés ne doivent pas être modifiés par la composition
 - Principe de réutilisation et de modularité

Contribution : l'approche ModHel'X

■ Travaux les plus proches :

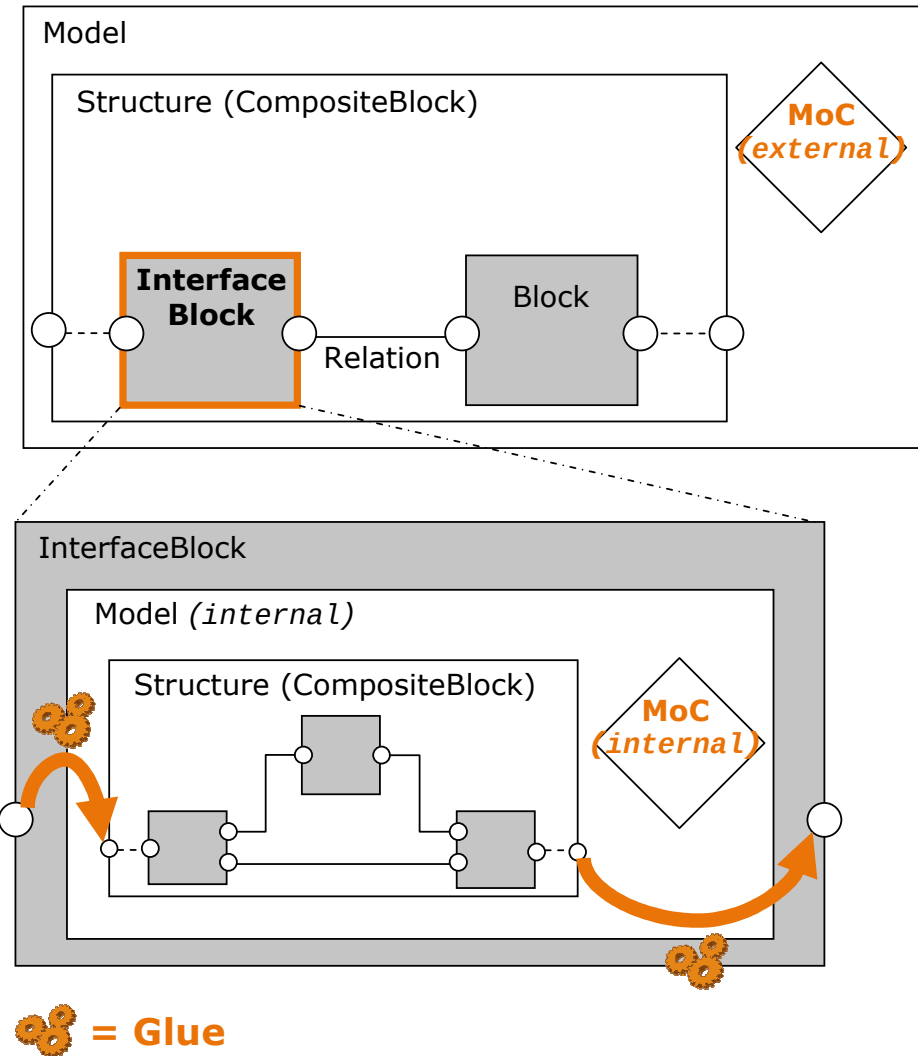
- ▶ Ptolemy II

■ Contribution principale :

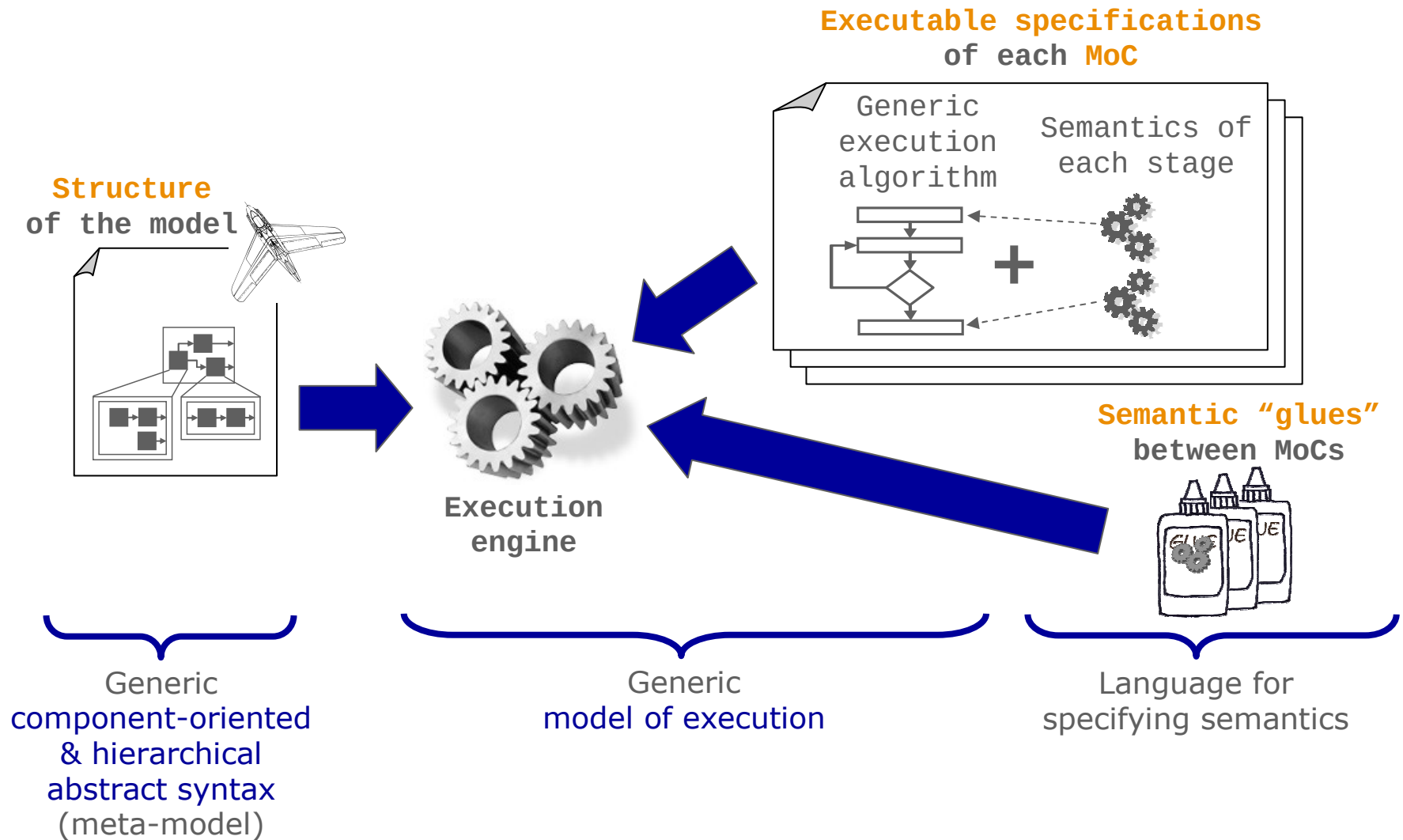
- ▶ **Adaptation sémantique**
entre modèles hétérogènes
 - Choix
 - Customisation

■ Critères :

- ▶ Multi-langages
 - Possibilité d'ajouter des langages à la plate-forme
- ▶ Multi-activités
 - Utilisation de la plate-forme pour la conception, la simulation, le test, la génération de code



Contribution : architecture générale de ModHel'X



Plan de l'exposé

Contexte

Problématique

Modélisation multi-paradigme

Axes de recherche

Contribution

▶ Conclusion

Conclusion

■ Problématique :

- ▶ Hétérogénéité des modèles $\Rightarrow$ Raisonnement global impossible

■ Modélisation multi-paradigme :

- ▶ Permettre et automatiser



- l'utilisation conjointe de modèles hétérogènes
- le raisonnement global sur un ensemble de modèles hétérogènes

- ▶ 4 axes de difficultés majeurs : domaine, abstraction, vue, activité

■ Existant & axes de recherche :

- ▶ Des approches d'horizons différents
pour traiter des problèmes différents
- ▶ De nombreux axes de recherche !

■ Contribution : ModHel'X

- ▶ Composition de modèles hétérogènes avec adaptation sémantique

Références

- Basu A., M. Bozga, and J. Sifakis. Modeling Heterogeneous Real-time Systems in BIP. In 4th IEEE International Conference on Software Engineering and Formal Methods (SEFM06), pages 3–12, September 2006.
- de Alfaro L. and T. A. Henzinger. Interface Theories for Component-Based Design. In Henzinger T. A. and C. M. Kirsch, editors, Embedded Software, First International Workshop, EMSOFT 2001, volume 2211, pages 148–165, Tahoe City, CA, USA, October 2001. Springer.
- de Lara J. and H. Vangheluwe. ATOM3: A Tool for Multi-formalism Modelling and Meta-modelling. In 5th Fundamental Approaches to Software Engineering International Conference (FASE 2002), pages 595–603, April 2002.
- Eker J., J. W. Janneck, E. A. Lee, et al. Taming heterogeneity – The Ptolemy approach. Proceedings of the IEEE, Special Issue on Modeling and Design of Embedded Software, 91(1):127–144, January 2003.
- Favre J.-M. Megamodeling and Etymology. In Cordy J. R., R. Lämmel, and A. Winter, editors, Transformation Techniques in Software Engineering, number 05161 in Dagstuhl Seminar Proceedings, Dagstuhl, Germany, 2006. Internationales Begegnungs- und Forschungszentrum fuer Informatik (IBFI), Schloss Dagstuhl, Germany.
- Gerin P., S. Yoo, G. Nicolescu, et al. Scalable and flexible cosimulation of SoC designs with heterogeneous multi-processor target architectures. In ASP-DAC '01: Proceedings of the 2001 conference on Asia South Pacific design automation, pages 63–68, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- Göbller G., S. Graf, M. E. Majster-Cederbaum, et al. Ensuring properties of interaction systems. In Reps T. W., M. Sagiv, and J. Bauer, editors, Program Analysis and Compilation, Theory and Practice, Essays Dedicated to Reinhard Wilhelm on the Occasion of His 60th Birthday, volume 4444 of Lecture Notes in Computer Science, pages 201–224. Springer, 2007.
- C. Hardebolle and F. Boulanger. ModHel'X: A Component-Oriented Approach to Multi-Formalism Modeling. Proceedings of the 2007 Workshop on Multi-Paradigm Modeling (MPM'07) at the 10th IEEE/ACM International Conference on Model-Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2007), BME-DAAI Technical Report Series, J. de Lara, T. Levendovszky and P. J. Mosterman, 1 : p. 49-60. Nashville TN, United States. October 2007.

Références

- Kong C. and P. Alexander. The Rosetta Meta-Model Framework. In Proceedings of the IEEE Engineering of Computer-Based Systems Symposium and Workshop (ECBS'03), April 2003.
- Morel B. and P. Alexander. Automating Component Adaptation for Reuse. In 18th IEEE International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2003), pages 142–151, Montreal, Canada, October 2003. IEEE Computer Society.
- Mosterman P. J. and H. Vangheluwe. Computer Automated Multi-Paradigm Modeling: An Introduction. SIMULATION: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International, 80(9):433–450, 2004. Special Issue: Grand Challenges for Modeling and Simulation.
- Muller P.-A., F. Fleurey, and J.-M. Jézéquel. Weaving Executability into Object-Oriented Meta-Languages. In Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS/UML 2005), pages 264–278, 2005.