

## **AEE : un projet pour la conception des logiciels embarqués dans l'automobile**

Françoise Simonot-Lion

► **To cite this version:**

Françoise Simonot-Lion. AEE : un projet pour la conception des logiciels embarqués dans l'automobile. Journées ASPROM - UIMM " Logiciels et systèmes embarqués " 2001, ASPROM - UIMM, 2001, Paris/France, 51 p. inria-00107543

**HAL Id: inria-00107543**

**<https://hal.inria.fr/inria-00107543>**

Submitted on 19 Oct 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# **AEE**

## **Architecture Electronique Embarquée**

### **Un projet pour la conception des logiciels embarqués dans l'automobile**

*Françoise Simonot-Lion*

**INPL - LORIA (UMR CNRS 7503) - Nancy**

**simonot@loria.fr**

## **ASPROM**

**Logiciels et systèmes embarqués**

**Paris - 11 et 12 décembre 2001**

# Plan

- Contexte général
- Problématique et motivations
- Standardisation des architectures
- AIL-transport
- Niveaux d'abstraction d'un système
- *Projet véhicule - Niveau fonctionnel* → Objets
- Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- *Niveau matériel - Niveau logiciel* → Activités
- *Niveau opérationnel*
- Conclusions et perspectives

# Plan

## ■ Contexte général

- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-transport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ Conclusions et perspectives

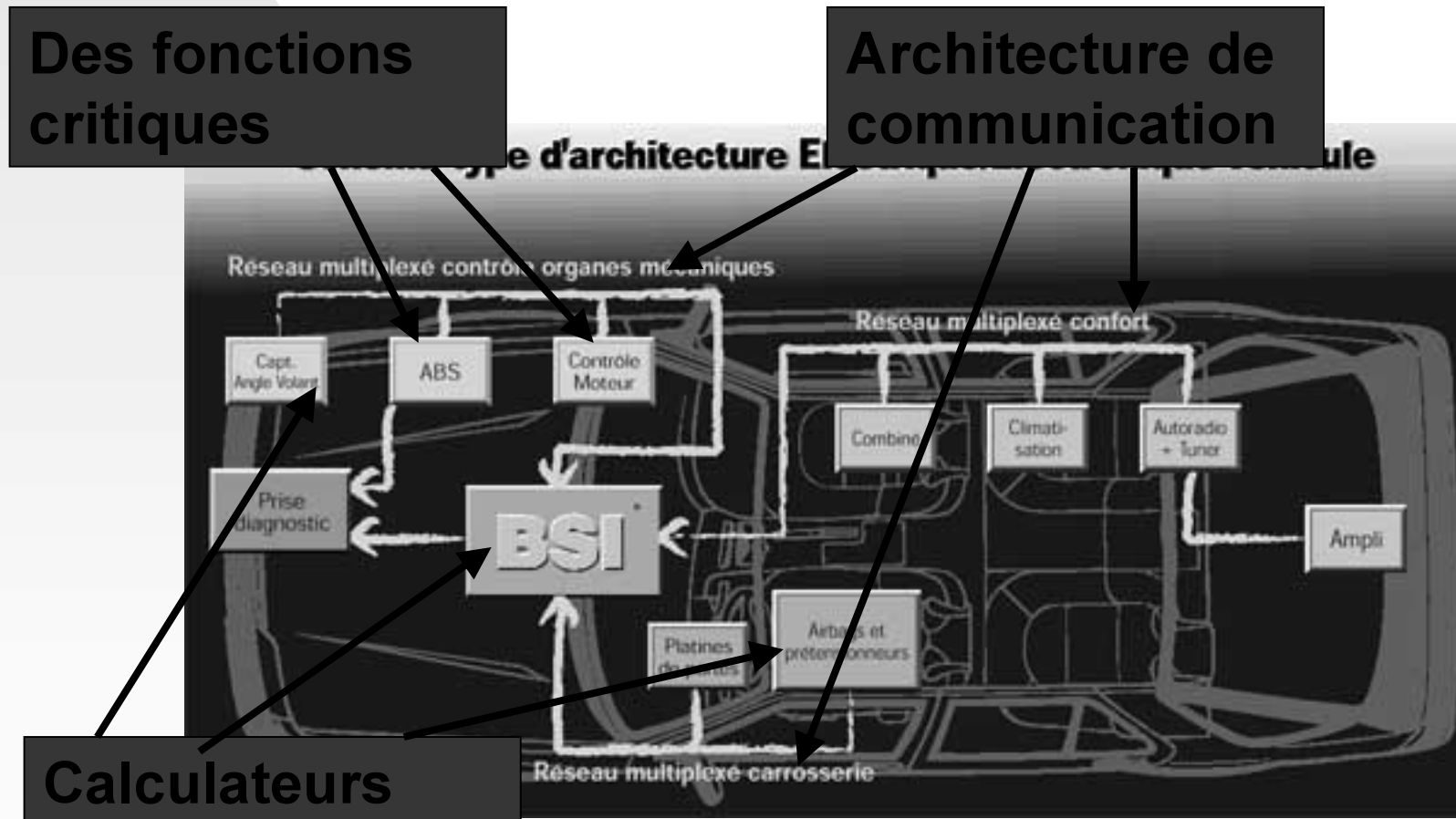
# Contexte général

## Les systèmes électroniques embarqués dans l'automobile - quelques chiffres

- 40 millions de voitures produites dans le monde (1998)
- *faible progression de la production automobile*
- valeur des systèmes électronique en 1995: 37 milliards \$  
↓ *progression de 10% par an*
- valeur des systèmes électronique en 2000: 60 milliards \$
- **coût électronique / coût véhicule = 20%**

# Contexte général

## Les systèmes électroniques embarqués dans l'automobile



# Contexte général

## Acteurs du développement

- **cycle de développement partagé entre**
  - **équipementiers**
  - **constructeurs**
- **relations constructeurs / équipementiers**
  - **propriétés intellectuelles**
  - **échange de documents et / ou produits**
  - **boîte noire / boîte grise / boîte blanche**
  - **cahier des charges (exigences) / test**

# Plan

- ≡ Contexte général

- **Problématique et motivations**

- ≡ Standardisation des architectures

- ≡ AIL-transport

- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système

- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*

- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation

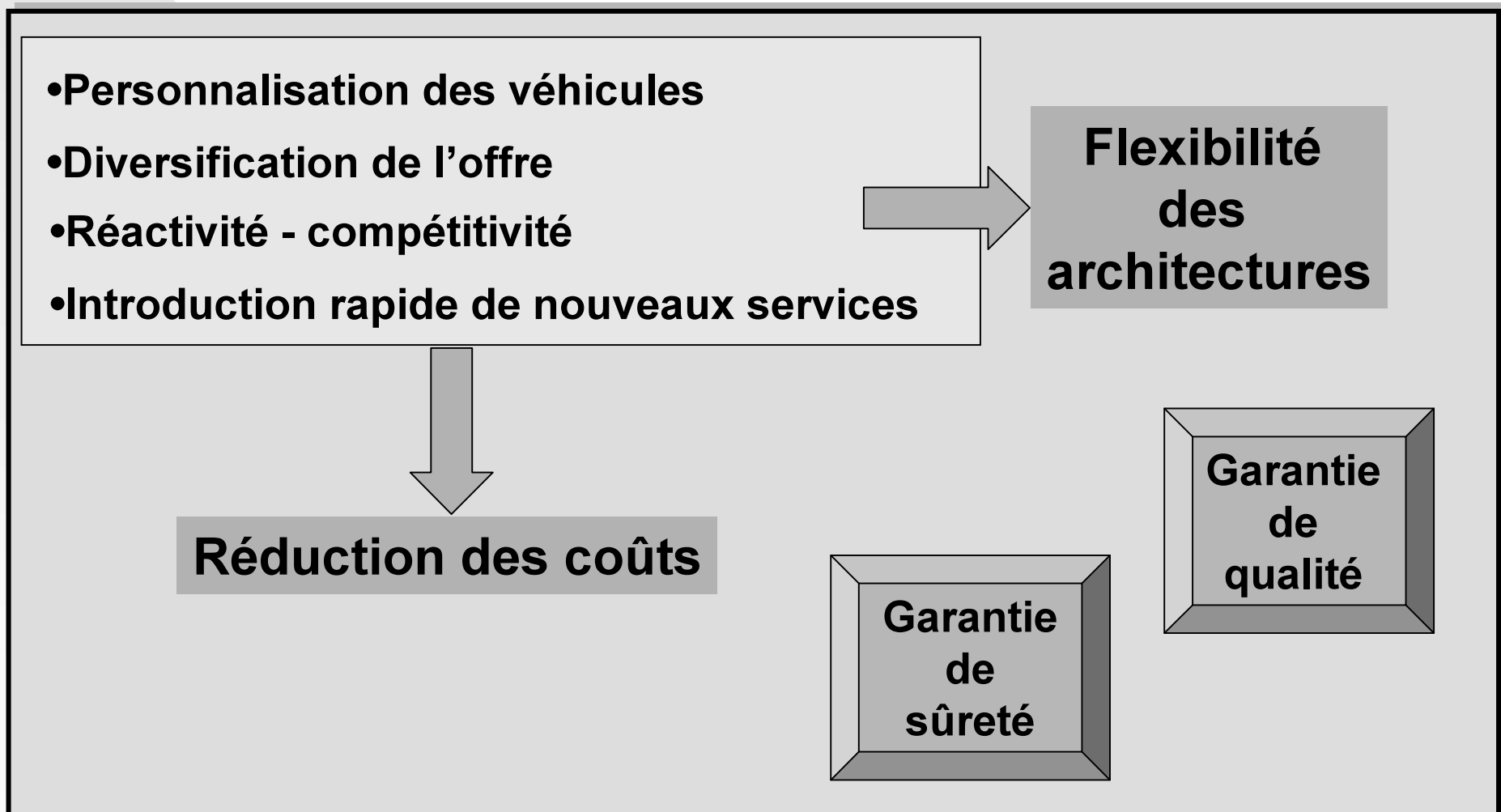
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*

- ≡ *Niveau opérationnel*

- ≡ Conclusions et perspectives



# Problématique et motivations



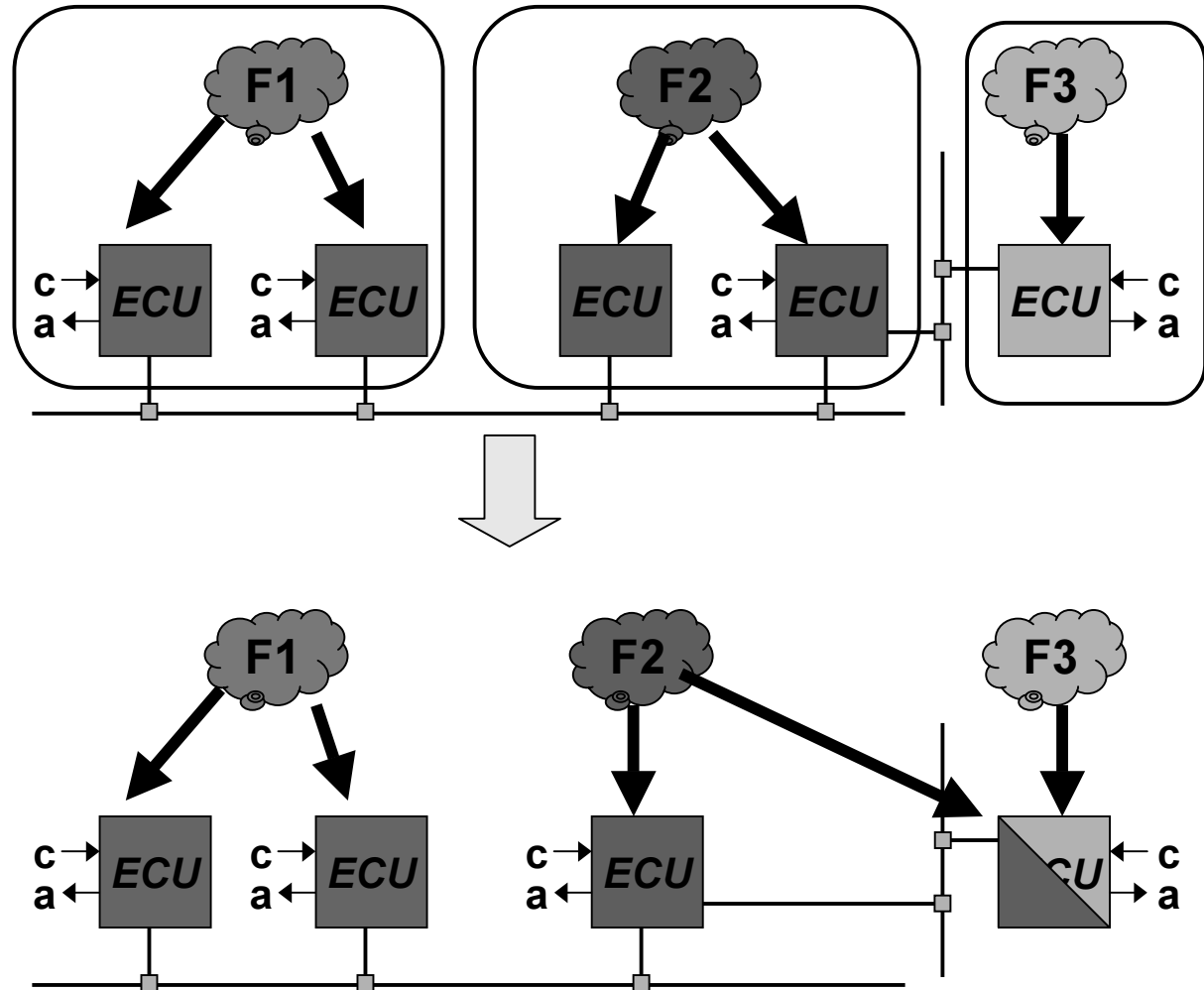
# Problématique et motivations

Réduction des coûts

Optimiser

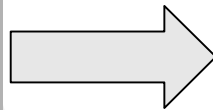
- le matériel
- et
- la distribution (logiciel/matériel)

**ECU** : calculateur  
**c** : capteur  
**a** : actionneur



# Problématique et motivations

**Flexibilité  
des  
architectures**



- **Construire une architecture par composition de composants (« plug and play »)**
- **Réutiliser des composants (composants sur étagère - « COTS »)**

# Problématique et motivations

**Maîtriser le processus de développement  
par une approche :**

- ***composants***
- **composition de composants (*système*)**

**sous des contraintes de qualité et de sûreté**

**Assurer l'indépendance :**  
**matériel / logiciel**  
**logiciel / logiciel**

# Problématique et motivations

**AEE**  
Architecture Electronique Embarquée

<http://aee.inria.fr>

## Constructeurs :

PSA PEUGEOT CITROËN



## Laboratoires de recherche :



## Equipementiers :



SIEMENS

Valeo

+ EADS Launch Vehicles

**Financé par le Ministère de l'Industrie (septembre 1998 - décembre 2001)**

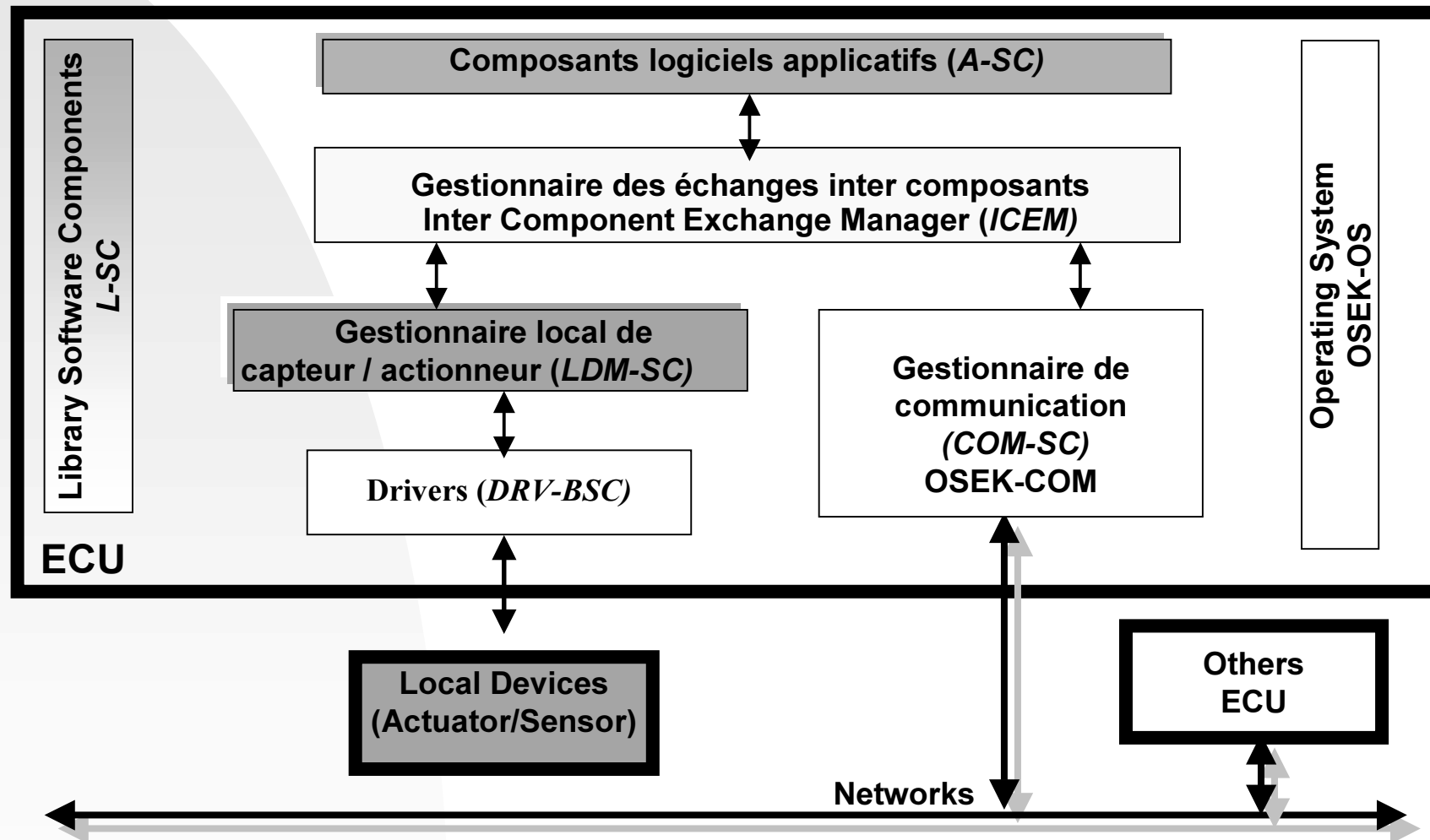
# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations

## ■ Standardisation des architectures

- ≡ AIL-tranepport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ Conclusions et perspectives

# Architecture logicielle embarquée - standardisation



# Plan

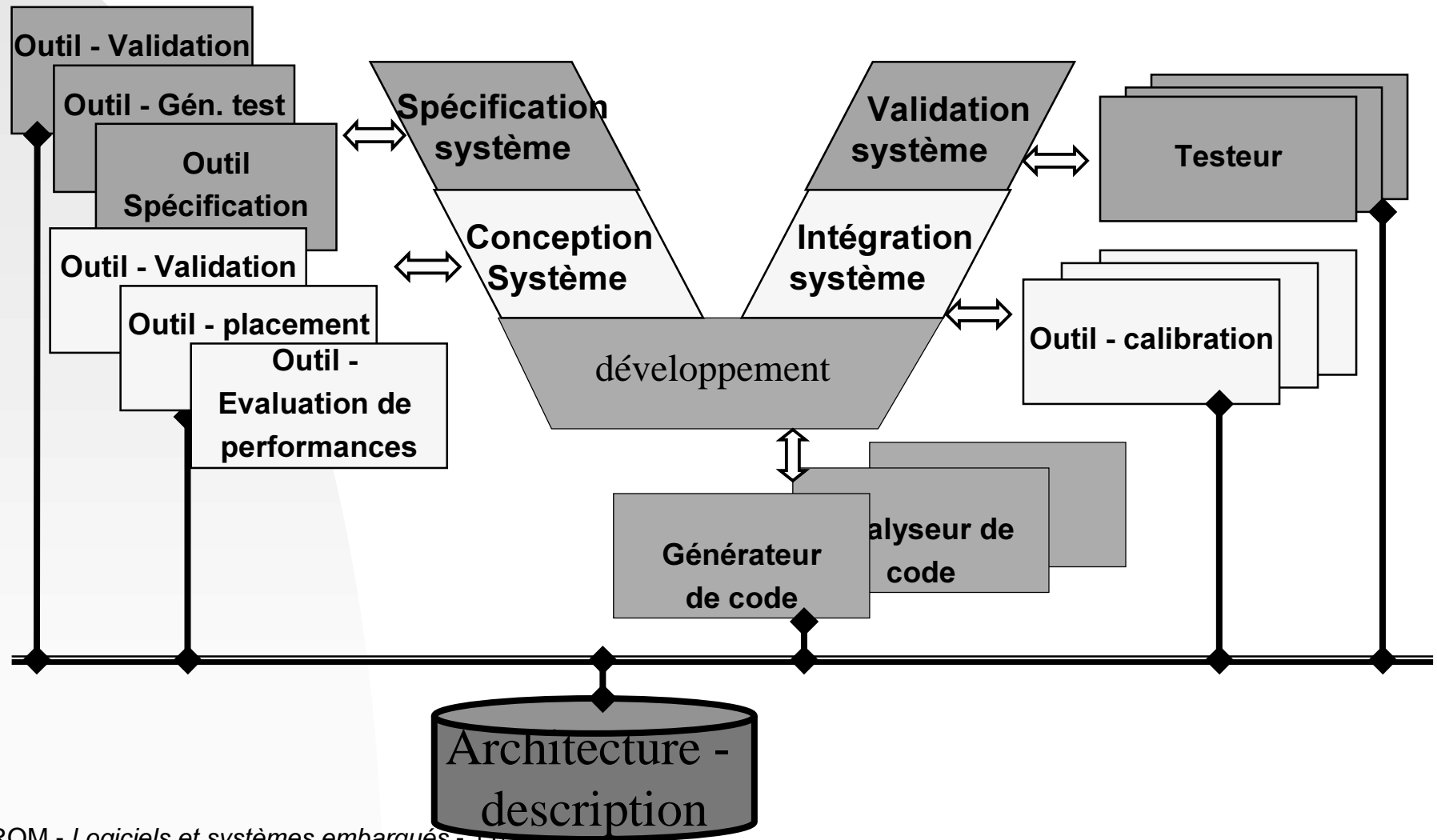
- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures

## ■ ALL-transport

- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ Conclusions et perspectives



# AIL\_Transport



# AIL\_Transport

## Architecture Implementation Language pour les applications dans le domaine du transport : AIL\_Transport

- Définit un référentiel commun pour modéliser tout ou partie d'une architecture électronique embarquée
- Facilite les échanges entre les acteurs
- Est utilisé à toute étape du processus de développement

### Diagramme de classes UML

# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-traneport

## ■ Niveaux d'abstraction d'un système

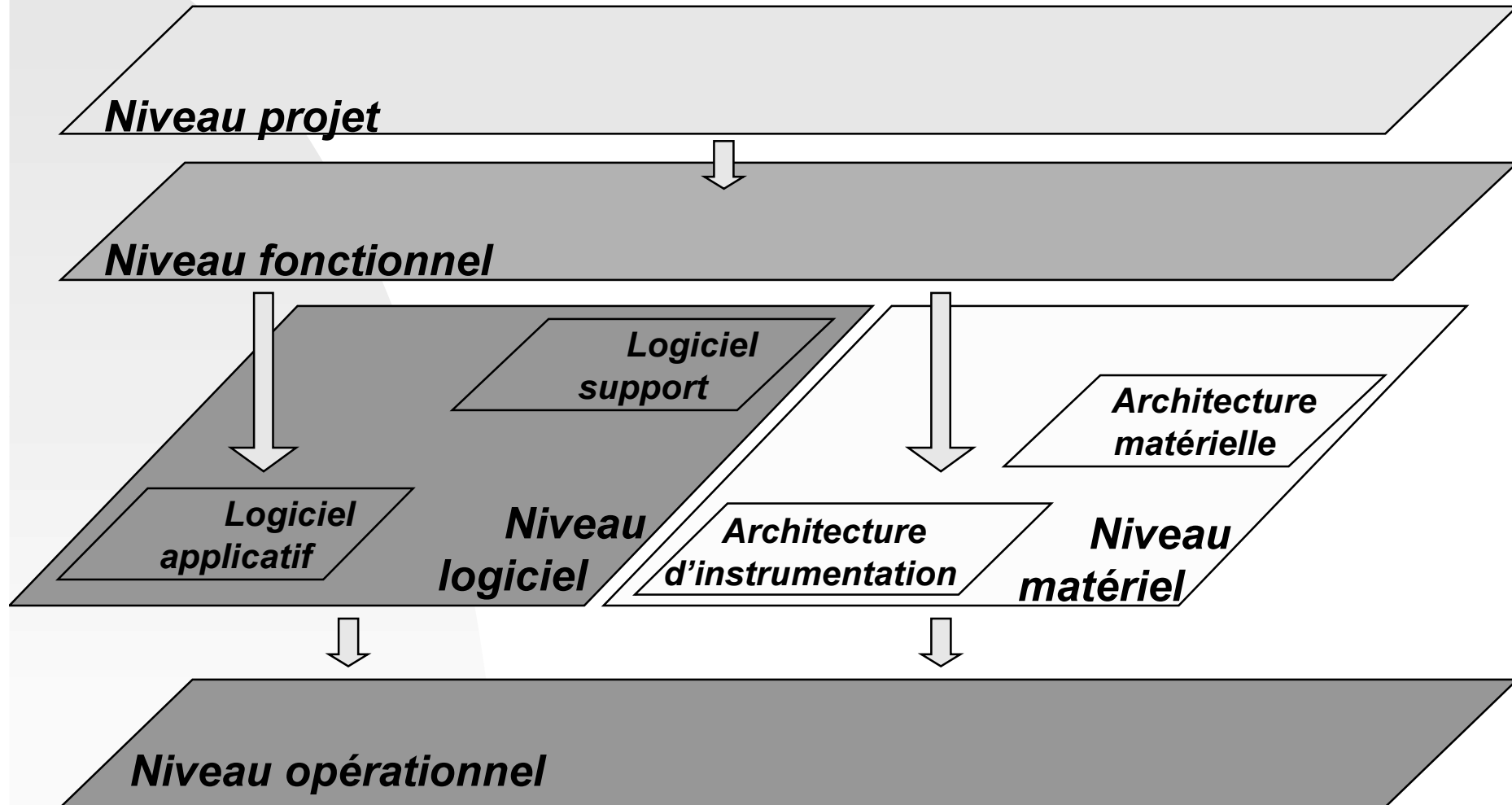
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ Conclusions et perspectives

# Niveaux d'abstraction d'un système

- Définissent des points de vue sur tout ou partie d'une architecture électronique embarquée
- Relèvent de 3 cadres d'utilisation différents
  - une vue de haut niveau (spécification du produit - spécification fonctionnelle)
  - une vue de bas niveau décrivant le système tel qu'il est
  - une vue intermédiaire décrivant le système sous son angle logiciel et matériel

**Niveau de l'implantation**

# Niveaux d'abstraction d'un système



# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-traneport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système

## ■ **Projet véhicule - Niveau fonctionnel**

- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ Conclusions et perspectives

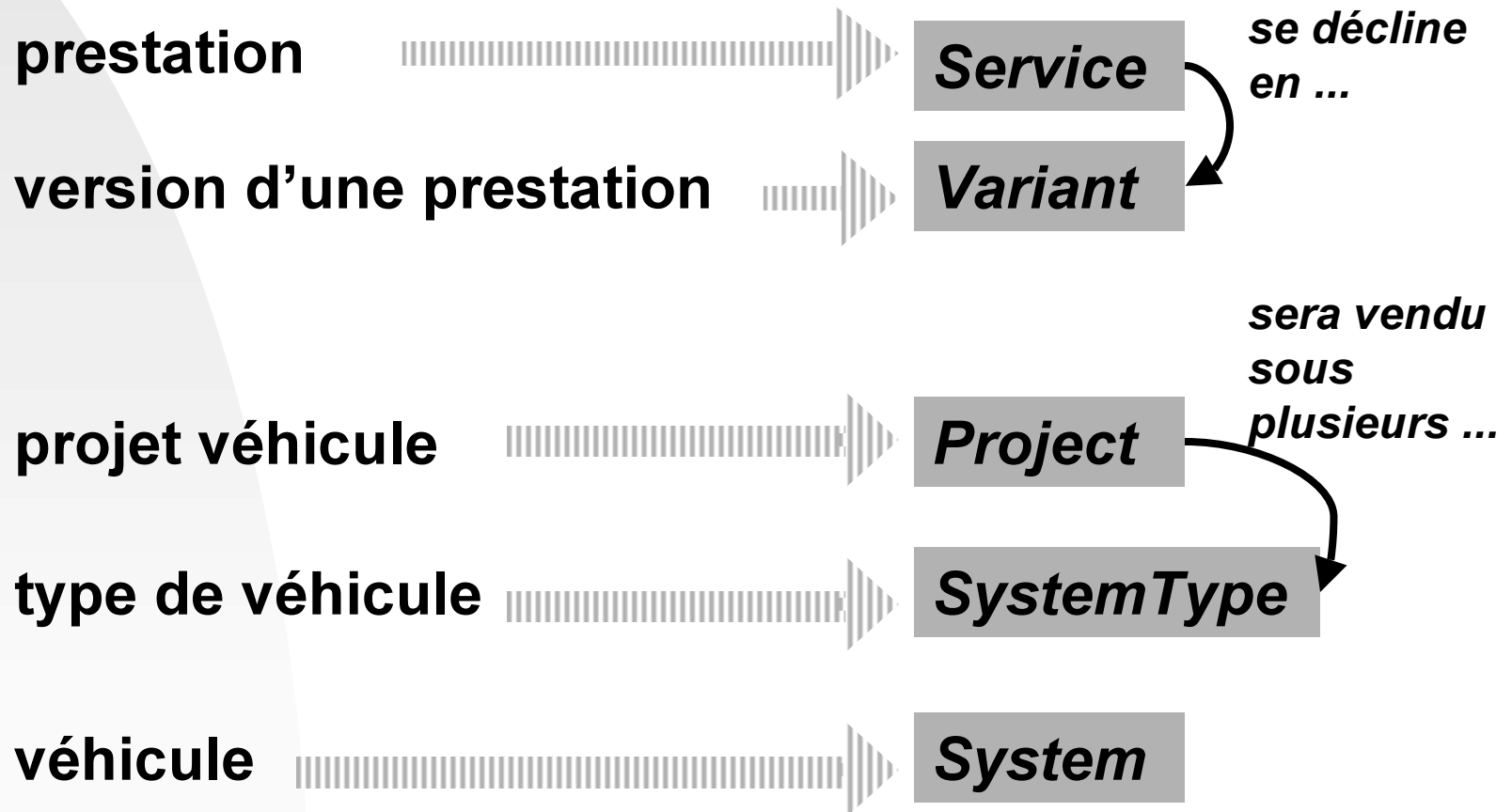
## AIL\_Transport : Objets au niveau projet véhicule

permettent de modéliser la *variété* des différents véhicules d'un projet (gamme) suivant :

- le type (luxe, standard, ...)
- les choix offerts au client (alternative ou option)

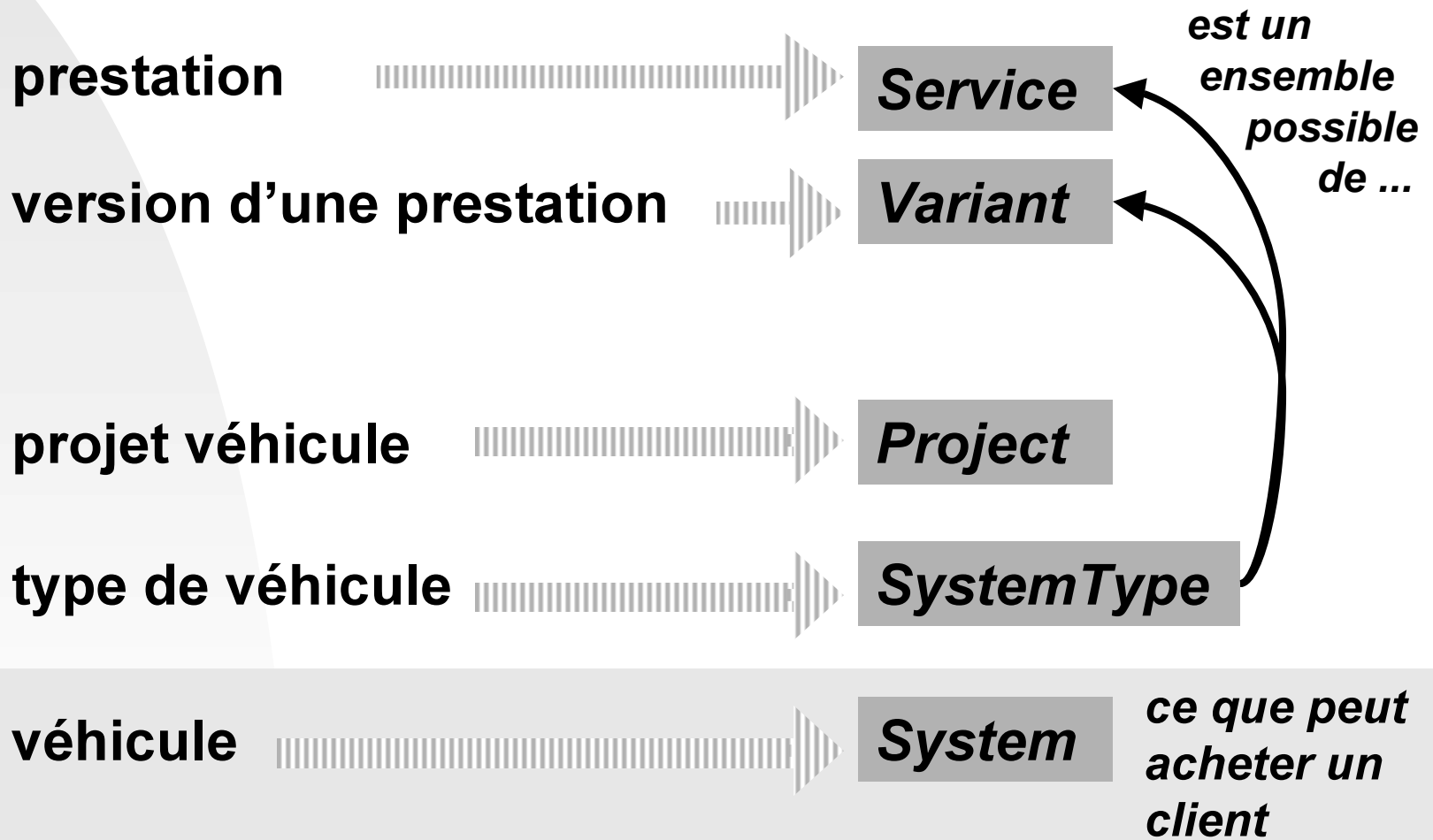
- Un **véhicule** est la réalisation d'un ensemble de **prestations**
- Suivant le **type** du véhicule, des **prestations** sont fournies ou en options
- Une **prestation** peut se décliner en plusieurs **versions**
- Suivant le **type** du véhicule, une **prestation** possible est fournie dans une **version** imposée ou choisie par le client parmi des **versions** proposées

# AIL\_Transport : Objets au niveau projet véhicule





# AIL\_Transport : Objets au niveau projet véhicule



# AIL\_Transport : Activités au niveau projet véhicule

- **validation de cohérence**

*exemple: tout système électronique possible (objet **System**) embarqué dans un véhicule d'une gamme donnée (objet **Project**) réfère des prestations (objet **Service**) existantes dans une version (objet **Variant**) existante et possible pour le type du véhicule (objet **SystemType**) et la prestation choisie*

- **documentation**

## AIL\_Transport : Objets au niveau fonctionnel

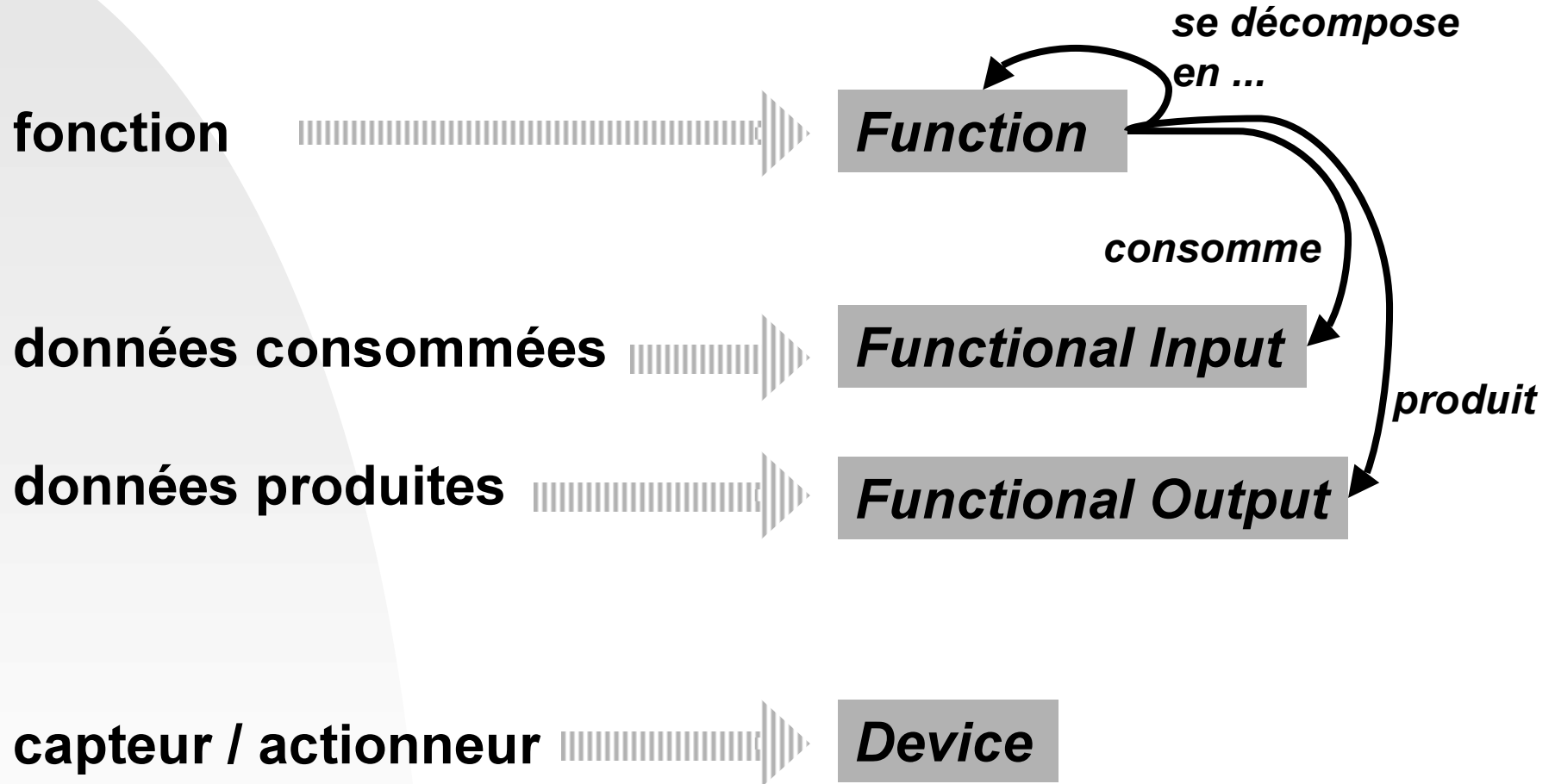
permettent de modéliser la spécification fonctionnelle d'un véhicule donné abstraction faite de la distribution et de l'implantation

- chaque **version** d'une **prestation** est réalisée par une **fonction**
- il peut y avoir (lors des études) plusieurs solutions alternatives
- à chaque **véhicule** correspond plusieurs "**organisations**" d'un ensemble de fonctions
- il peut y avoir (lors des études) plusieurs solutions alternatives

## **AIL\_Transport : Objets au niveau fonctionnel**

- **toute fonction est éventuellement  
consommatrice de données fonctionnelles en  
entrées  
productrice de données fonctionnelles en sorties**
- **le modèle supporte les entités source et puits de  
données (capteurs / actionneurs)**
- **l'organisation des fonctions repose sur les flux de  
données entre ces fonctions**
- **le modèle supporte une spécification hiérarchique**

# AIL\_Transport : Objets au niveau fonctionnel



# AIL\_Transport : Objets au niveau fonctionnel

organisation des  
fonctions / véhicule



**Functional Architecture**

contient des ...

**Function**

est reliée à d'autres fonctions  
ou device par ses ...

**Functional Input**

**Functional Output**

via des ...

Connexion fonction / fonction,  
fonction / device:  
flux de données



**Functional Flow**

# AIL\_Transport : Activités au niveau fonctionnel

- **validation de cohérence**

*exemple: dans une système embarqué (objet **FunctionalArchitecture**)  
toute donnée consommée (objet **Functional Input**) par une  
fonction (objet **Function**) est produite (objet **Functional  
Output**) par une fonction ou un device.*

- **validation des spécifications fonctionnelles**

**connexion à un outil (machine à états; prouveur)**

- **documentation**

# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-traneport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*

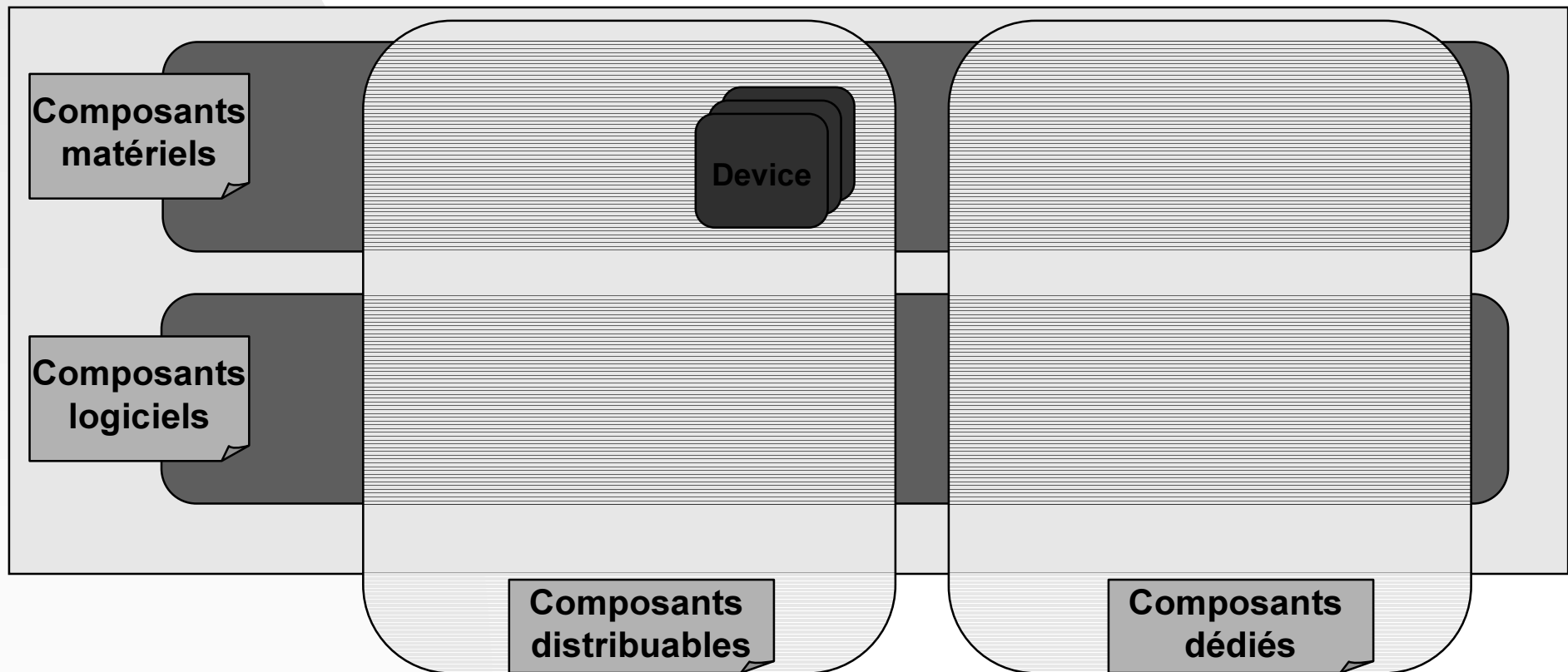
## ■ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation

- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*
- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ *Conclusions et perspectives*



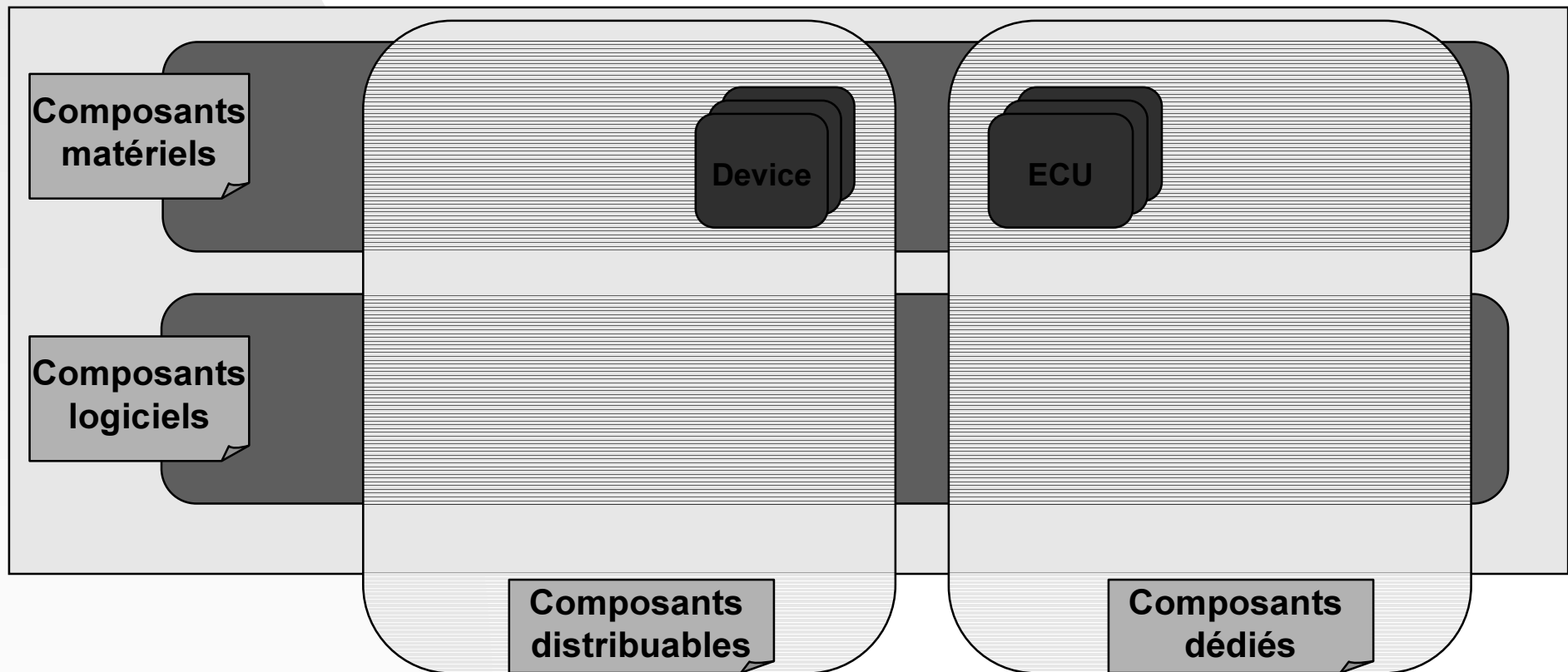
# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

•Capteurs / Actionneurs



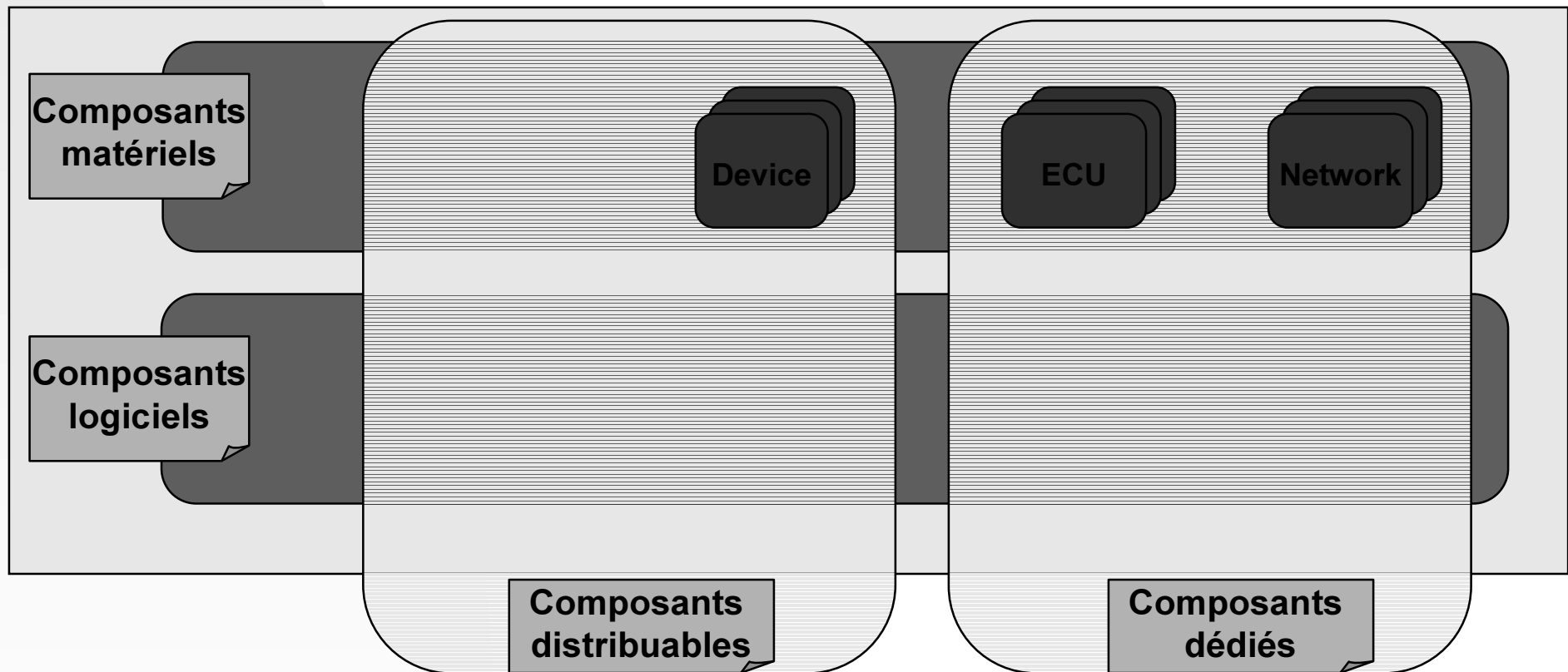
# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

• Calculateur



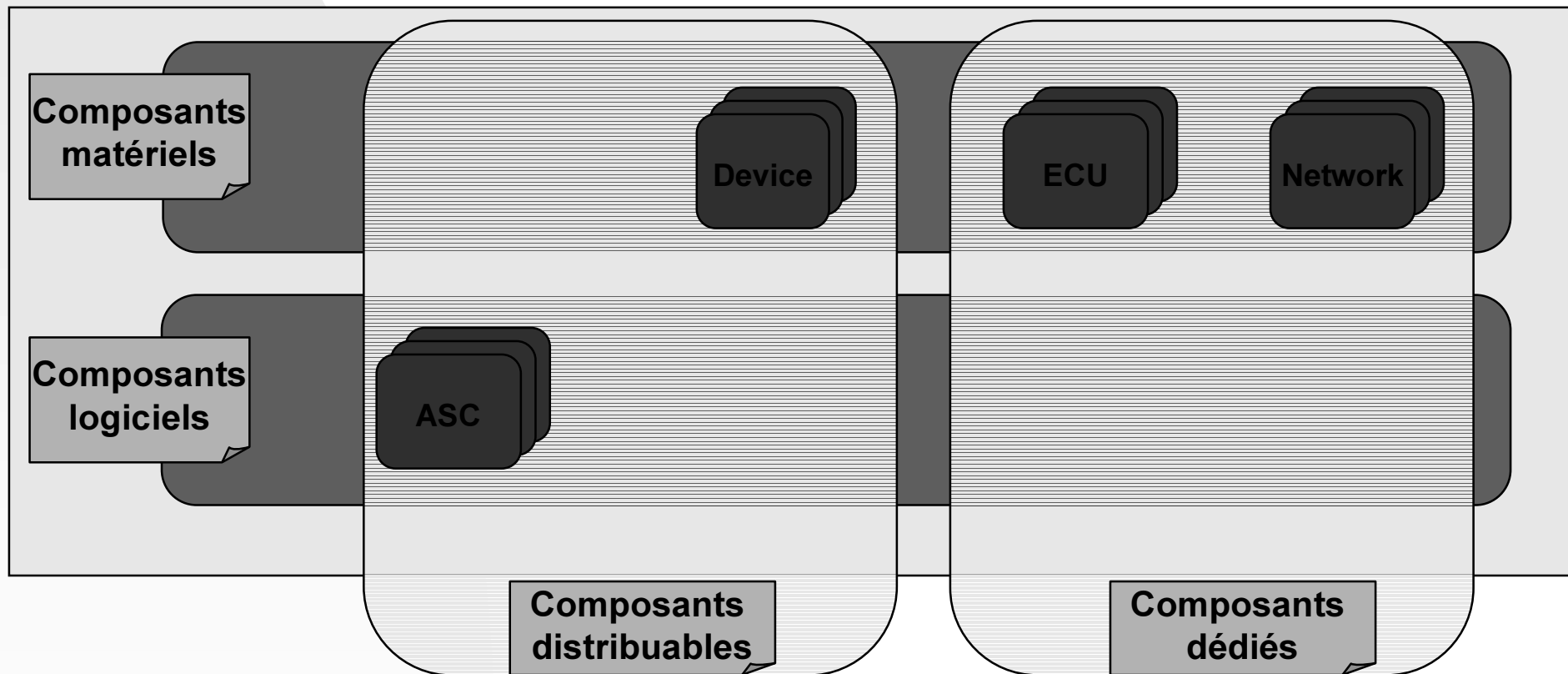
# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

## • Moyens de communication



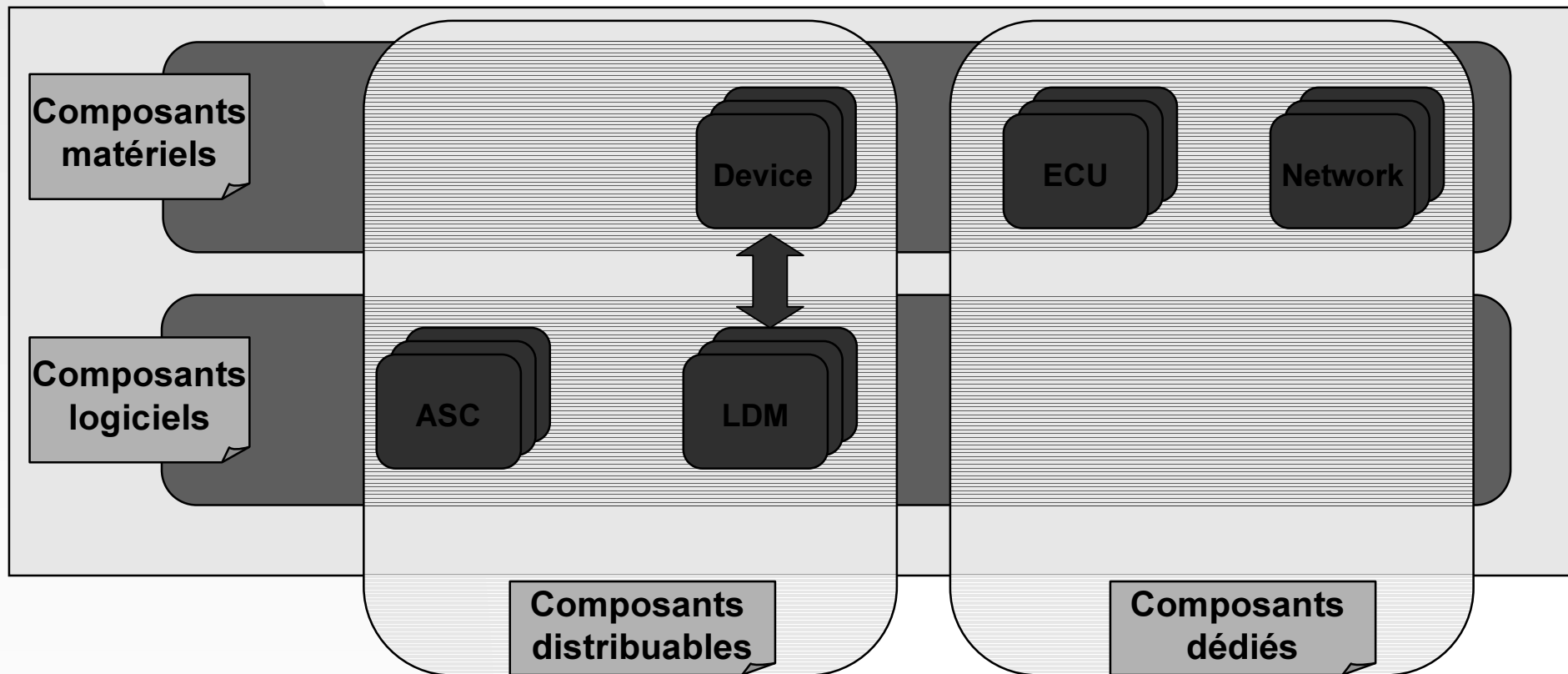
# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

• Composants logiciels applicatifs



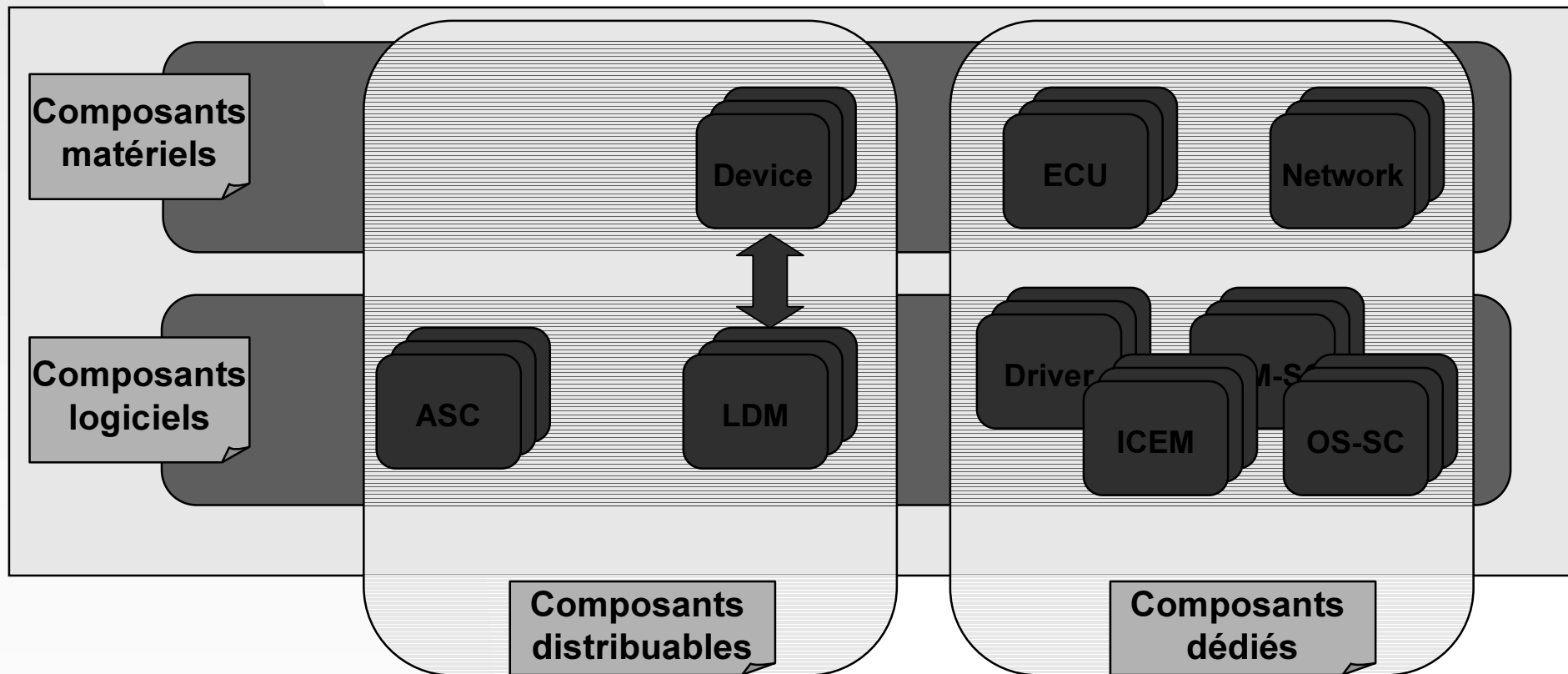
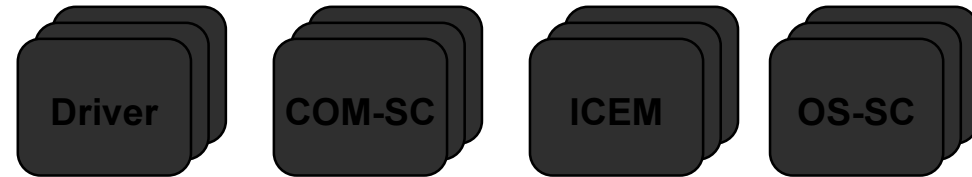
# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

- Gestionnaire local des capteurs / actionneurs



# AIL\_Transport : du niveau fonctionnel au niveau de l'implantation

• Divers mécanismes exécutifs



# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-traneport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation

## ■ **Niveau matériel - Niveau logiciel**

- ≡ *Niveau opérationnel*
- ≡ *Conclusions et perspectives*

# AIL\_Transport : Objets au niveau logiciel

permettent de modéliser la partie du système réalisée sous forme de logiciel

- le modèle doit permettre la distinction entre logiciel **distribuable** et logiciel **dédié**
- la plus petite entité modélisée au niveau logiciel doit correspondre à une **entité de programmation** (génération de code)
- les **coopérations** entre fonctions au niveau fonctionnel se retrouvent au niveau logiciel



## AIL\_Transport : Objets au niveau logiciel

composant logiciel  *SoftwareComponent*

données consommées  *SoftwareInput*

données produites  *SoftwareOutput*

organisation des  
composants logiciels  *Allocatable Components  
Architecture*

connexion entre  
composants  
logiciels  *SoftwareFlow*

# AIL\_Transport : Objets au niveau logiciel

**Un composant logiciel**

***Software component***

**... peut être un  
composant distribuable**



***Free Software component***

**c'est-à-dire un:**

**composant applicatif**



**ASC**

**gestionnaire local de  
capteur / actionneur**



**LDM**

# AIL\_Transport : Objets au niveau logiciel

Un composant logiciel

*Software component*

... peut être aussi un composant dédié à un  
calculateur

c'est-à-dire un :

composant du  
gestionnaire d'échange



driver d'E/S



composant du système  
d'exploitation



# AIL\_Transport : Objets au niveau logiciel

Un composant logiciel

*Software component*

est constitué de:

entités de  
programmation



*Logical Task*

Caractérisée par :

mode d'activation  
*WCET/type de processeur*  
paramètres d'ordonnancement

...

# AIL\_Transport : Activités au niveau logiciel

- **validation de cohérence**
- **génération de code**
- **documentation**

# AIL\_Transport : Objets au niveau matériel

**permettent de modéliser la partie du système réalisée sous forme de matériel**

- le modèle décrit les calculateurs (micro-contrôleurs) et les réseaux
- le modèle décrit la connexion des calculateurs sur les réseaux

# AIL\_Transport : Objets au niveau matériel

calculateur



*ECU*

réseau



*Network*

connexion de  
calculateur sur  
réseau



*Network Connection*

## AIL\_Transport : Activités au niveau matériel

- **validation de cohérence**
- **calcul de coûts**
- **dérivation des plans de câblage**
- **documentation**



# Plan

- ≡ Contexte général
- ≡ Problématique et motivations
- ≡ Standardisation des architectures
- ≡ AIL-traneport
- ≡ Niveaux d'abstraction d'un système
- ≡ *Projet véhicule - Niveau fonctionnel*
- ≡ Entre niveau fonctionnel et niveau d'implantation
- ≡ *Niveau matériel - Niveau logiciel*

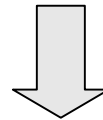
## ■ ***Niveau opérationnel***

- ≡ Conclusions et perspectives

## **AIL\_Transport : Objets au niveau opérationnel**

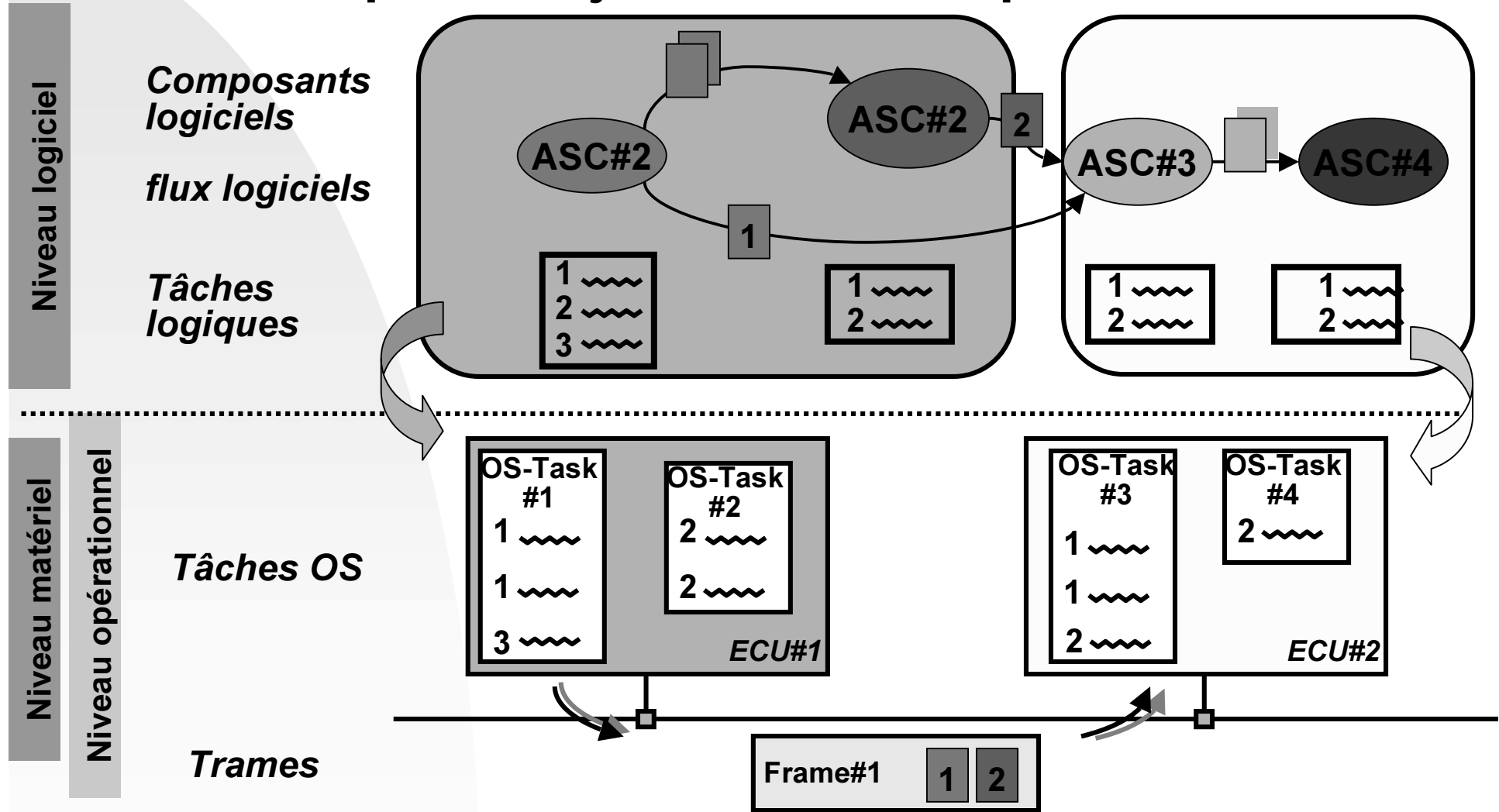
**permettent de modéliser la projection des tâches logiques sur les calculateurs**

- **le modèle représente, donc, les tâches au sens d'un système exécutif (cf. OSEK)**



- **le modèle représente par conséquent, les trames circulant sur les réseaux (projection de flux de données logicielles échangées par des tâches logiques distantes)**

# AIL\_Transport : Objets au niveau opérationnel

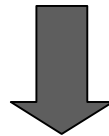


# AIL\_Transport : Activités au niveau opérationnel

- **validation de cohérence**
- **placement automatique**
- **validation de propriétés temps réel (évaluation de performances)**
- **documentation**

## Conclusions et perspectives

- **AIL\_Transport : un langage de référence pour modéliser les systèmes électroniques embarqués dans l'automobile**
  - maîtrise de la diversité des systèmes
  - facilite les échanges constructeurs / équipementiers
- validation sur des prototypes (outils de placement, d'évaluation de performances, de documentation, démonstrateurs)



- **standardisation: UML Profile, XML Application**
- **projet européen ITEA - EAST EEA**