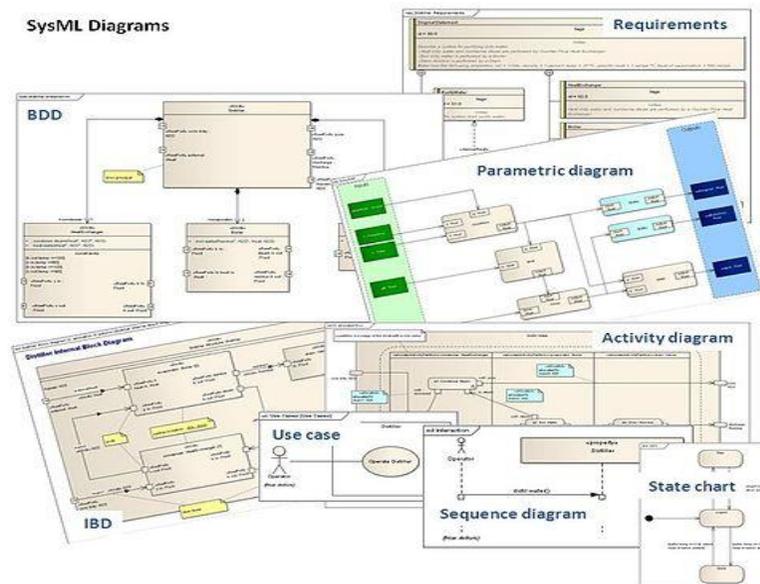


Systems Modeling Language

SysML



Lionel GENDRE et Jean-Marie VIRELY
ENS Cachan

Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

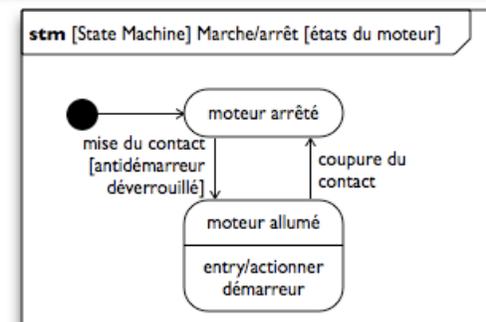
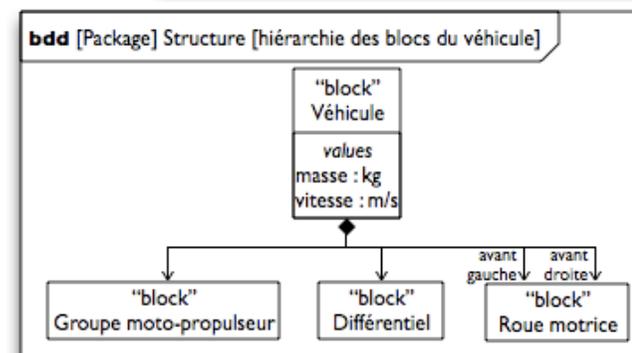
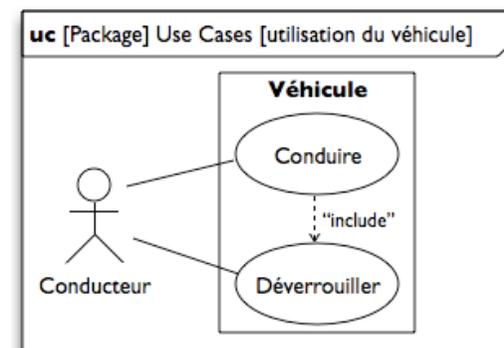
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- **Le langage SysML**
 - **signifiés** : éléments d'un **modèle**
 - **signifiants** : symboles + textes

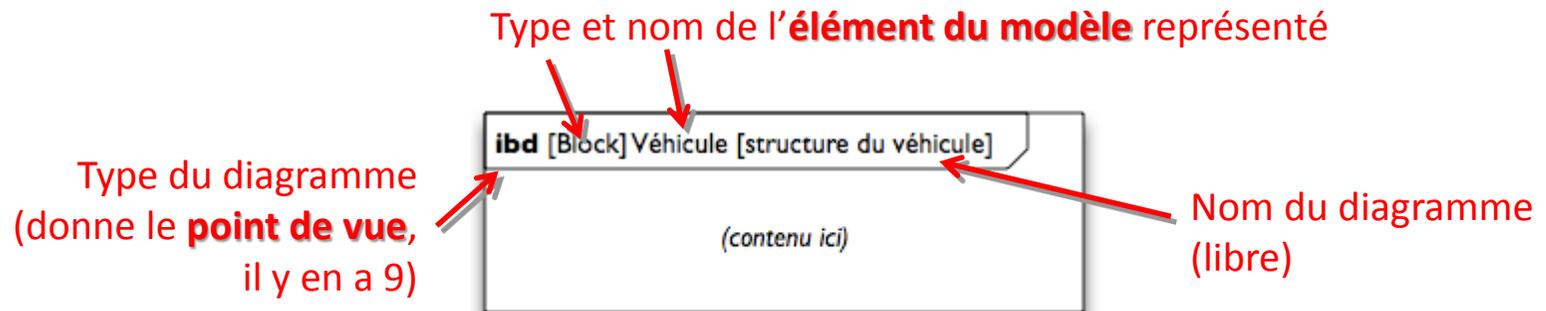
- **« Diagrammes SysML »**
 - **diagramme** : représentation d'une partie d'un modèle selon un point de vue
 - **interdépendants**

- **SysML n'est pas une méthode**
 - l'utilisation du langage est **libre**



- **Diagramme : en-tête + contenu**

- **en-tête** : ce qui est représenté
- **contenu** : la représentation



- **Toujours une vue interne d'un élément...**

- ... **identifié** par son nom, **réutilisé** ailleurs...
- ... ce qui assure la **cohérence** des descriptions.

- **Diagrammes fonctionnels :**

- **uc** : use case diagram (*diagramme des cas d'utilisation*)
- **req** : requirement diagram (*diagramme des exigences*)

- **Diagrammes structurels :**

- **bdd** : block definition diagram (*diagramme de définition des blocs*)
- **ibd** : internal block diagram (*diagramme interne d'un bloc*)
- **pkg** : package diagram (*diagramme des paquets*)

- **Diagrammes comportementaux :**

- **act** : activity diagram (*diagramme d'activités*)
- **stm** : state machine diagram (*diagramme d'états*)
- **sd** : sequence diagram (*diagramme de séquence*)
- **par** : parametric diagram (*diagramme paramétrique*)

Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

La modélisation
structurelle

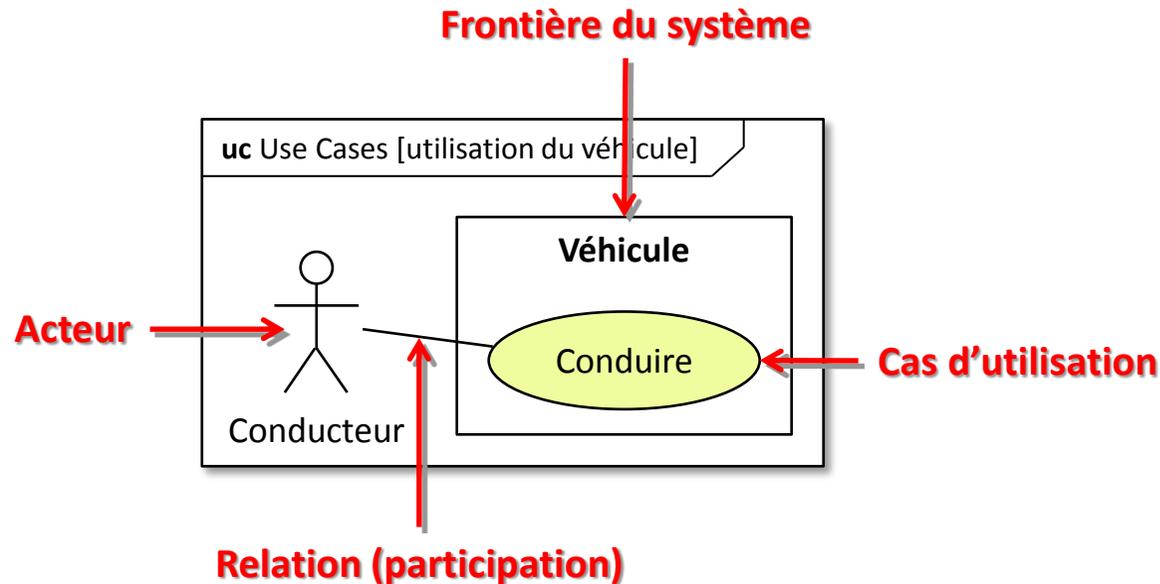
La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes

La modélisation fonctionnelle

- Diagramme des **cas d'utilisation**
- Diagramme des **exigences**

- **Objectif : décrire**
 - des **cas d'utilisation** : actions réalisées en utilisant le système
 - des **acteurs** extérieurs au système, qui réalisent et/ou subissent ces actions
- ...et les **relier**



Les diagrammes

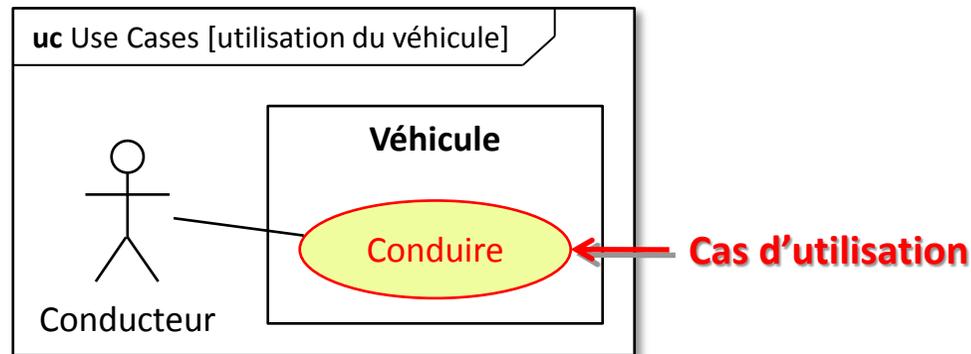
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

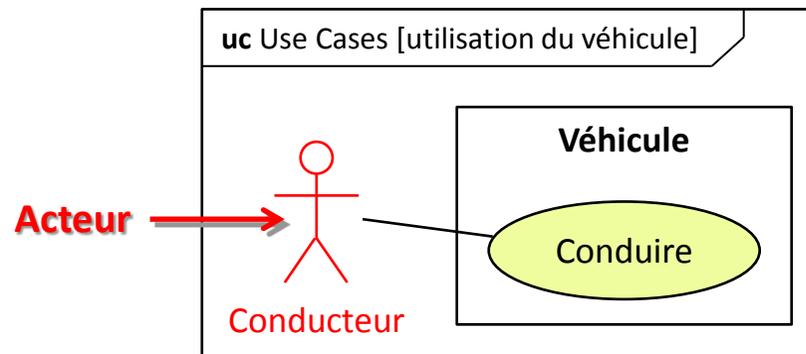
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- Descriptions d'**actions réalisables en utilisant le système**
- **Services rendus** par le système aux acteurs
- **Forme** : verbe à l'infinitif



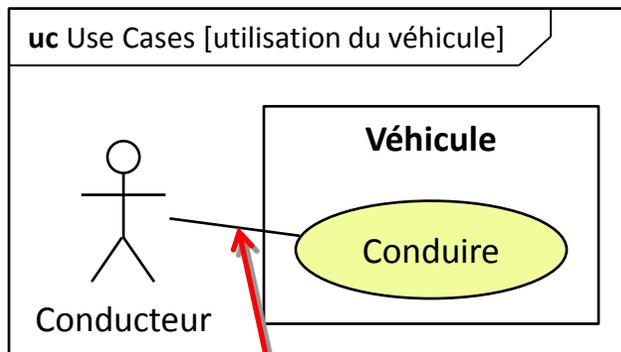
- Entités **externes** qui **accomplissent** et/ou **subissent** les actions de façon **autonome** :
 - individu(s)
 - systèmes automatisés
 - serveurs...
- Nommés d'après leur **rôle** en tant qu'utilisateurs



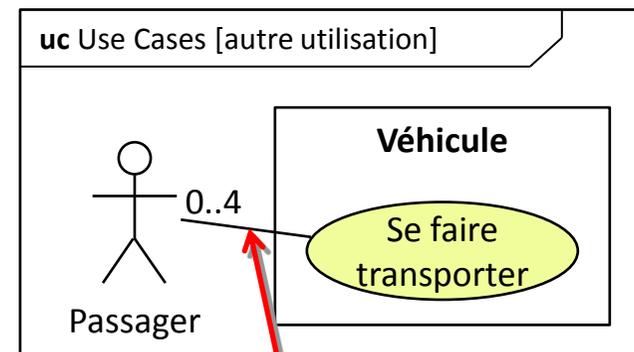
Autre représentation (synonyme) :

« actor »
Conducteur

- **Participation** : un acteur réalise et/ou subit un cas d'utilisation
 - **multiplicité** : nombre d'acteurs de ce type participant à ce cas d'utilisation (1 par défaut)

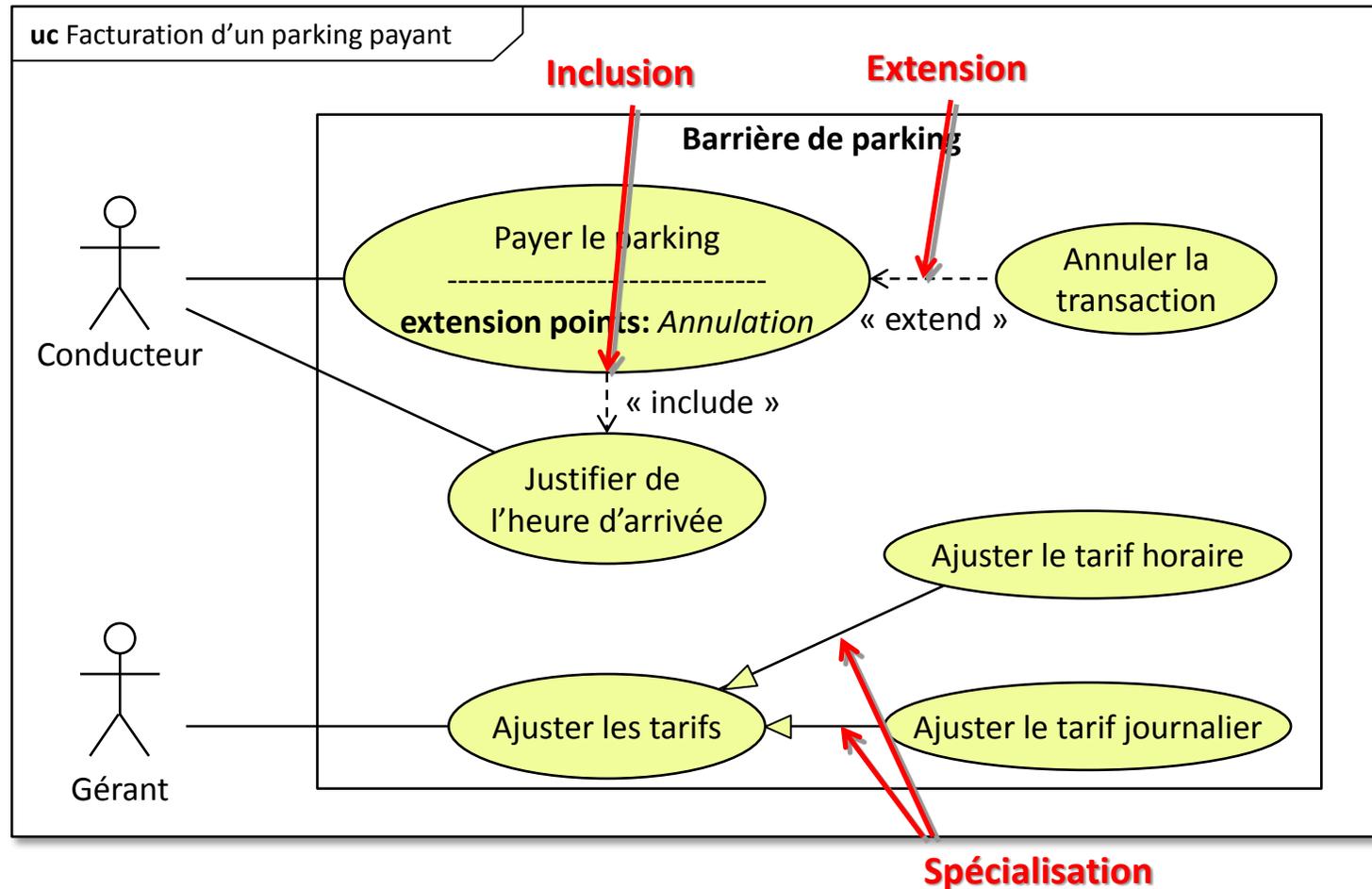


Participation



Participation avec multiplicité

- **Relations logiques** entre acteurs ou cas d'utilisations



Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

La modélisation
structurelle

La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes



- Dessiner un diagramme des cas d'utilisation d'un **système de vidéosurveillance**
- **Acteurs :**
 - **opérateur**, pouvant être **qualifié** ou **non qualifié**
 - **intrus**
 - **superviseur**
- **Cas d'utilisation :**
 - **surveiller**, soit **automatiquement** soit **manuellement**
 - **gérer la panne**
- **Règles :**
 - **Surveiller** implique toujours au moins un **opérateur**, et éventuellement un ou plusieurs **intrus**
 - Tout **opérateur** peut **surveiller automatiquement**
 - Seul un **opérateur qualifié** peut **surveiller manuellement**
 - Une **panne** peut survenir lorsqu'on **surveille**, et le **superviseur** (il y en a un seul) doit alors **gérer la panne**

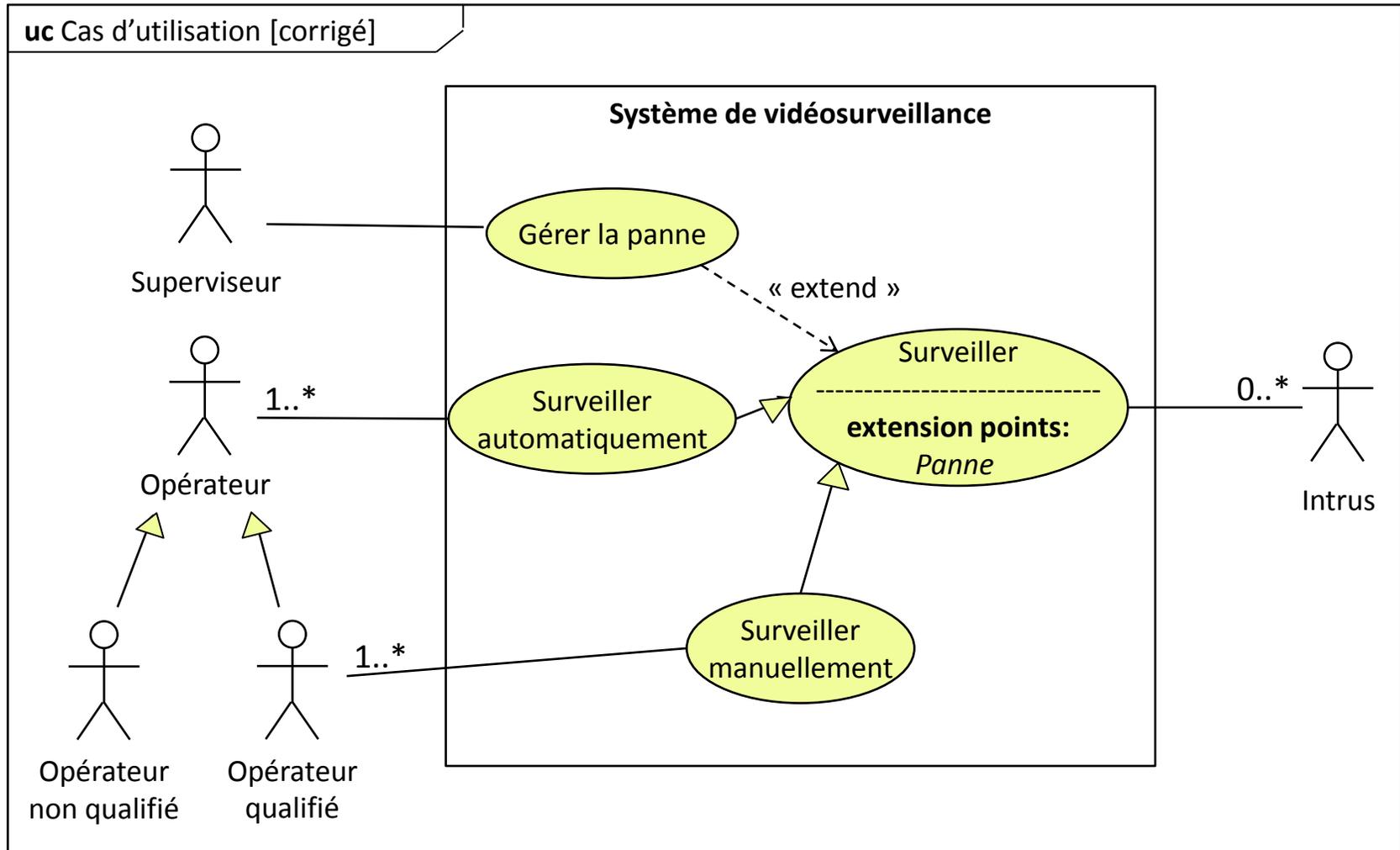
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

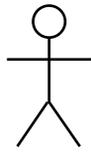
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

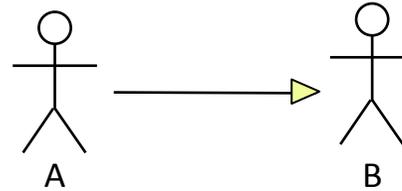


- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



Nom du rôle

Acteur : individu ou système externe qui accomplit ou subit les actions



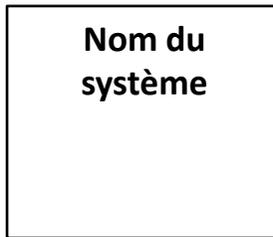
Spécialisation : A est un type spécialisé de B, et hérite de ses cas d'utilisation



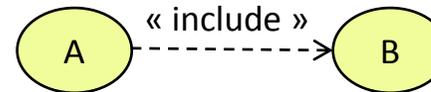
Cas d'utilisation : action pouvant être accomplie par l'usage du système



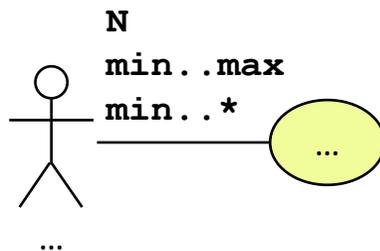
Spécialisation : A est un type spécialisé de B, et hérite de ses acteurs



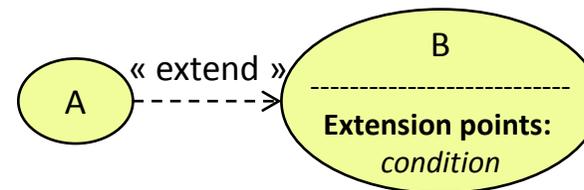
Frontière entre le système et son environnement



Inclusion : B est *toujours* exécuté au cours de l'exécution de A

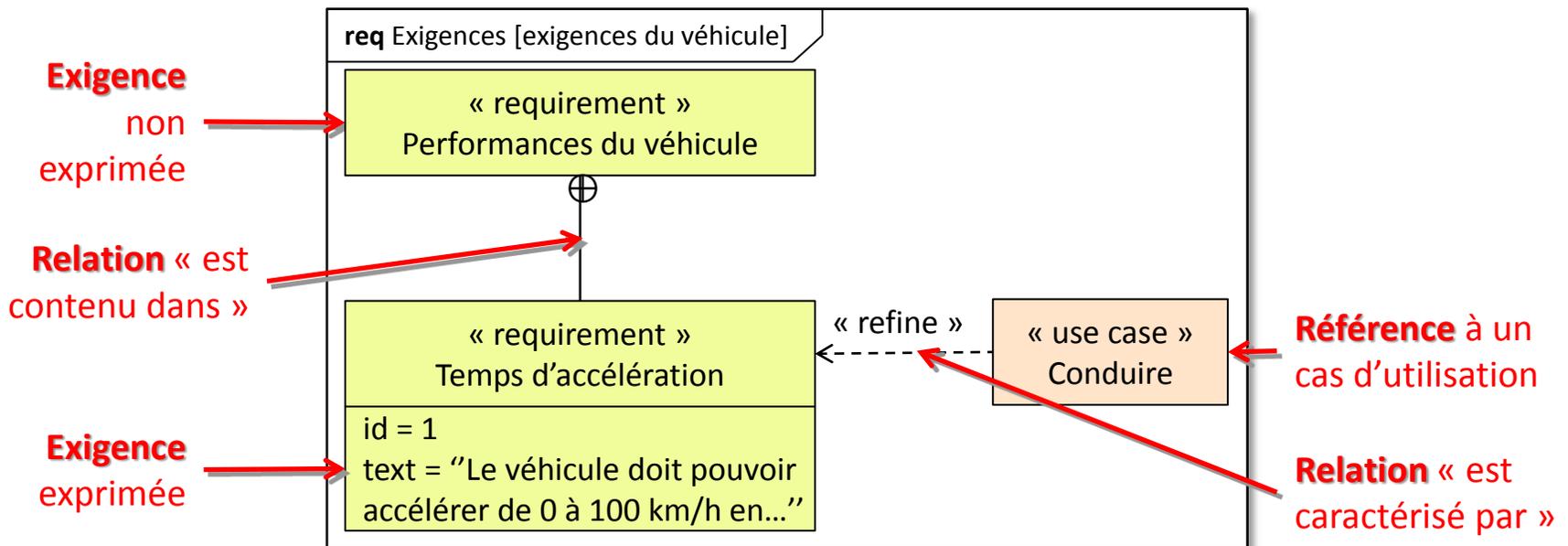


Participation avec multiplicité

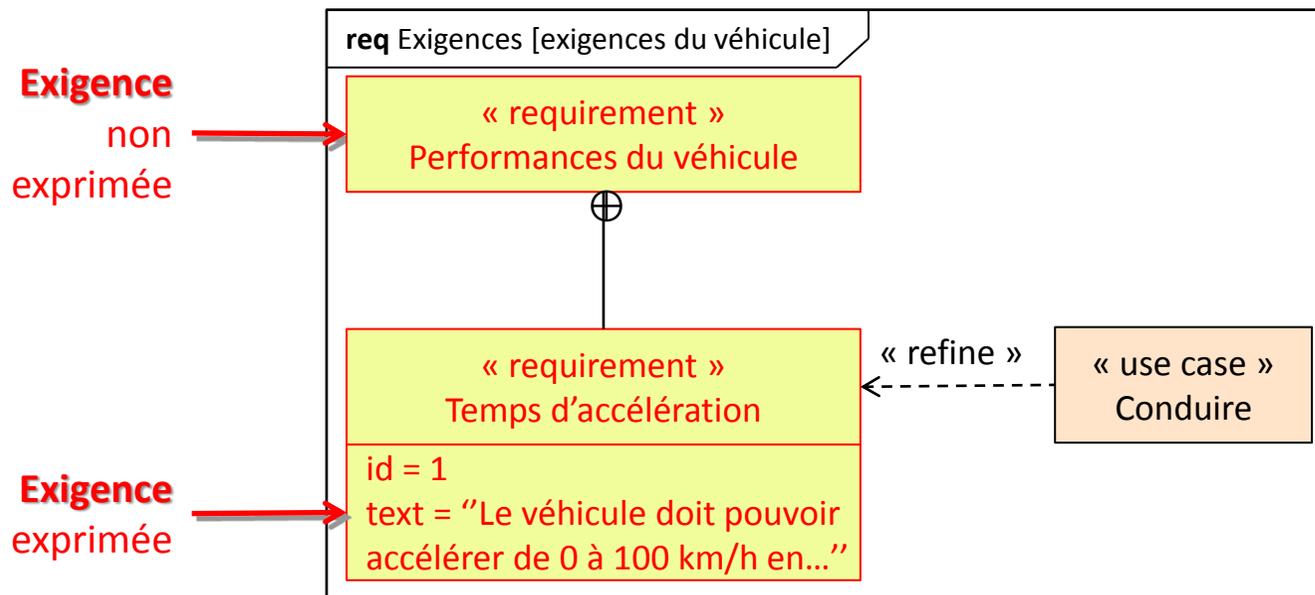


Extension : A est exécuté lors de l'exécution de B *si une condition est remplie*

- **Objectifs :**
 - **spécifier des exigences** (caractéristiques ou qualités attendues)
 - les **hiérarchiser**
 - les **documenter** (éléments auxquels elles s'appliquent, traçabilité, méthodes de vérification...)



- **Exigence** : toute propriété ou capacité attendue
 - du **système** ou de son **comportement**
 - **chiffrée** (caractéristique) ou **non** (qualité)
 - **exprimée** par une phrase comportant le verbe « **doit** »



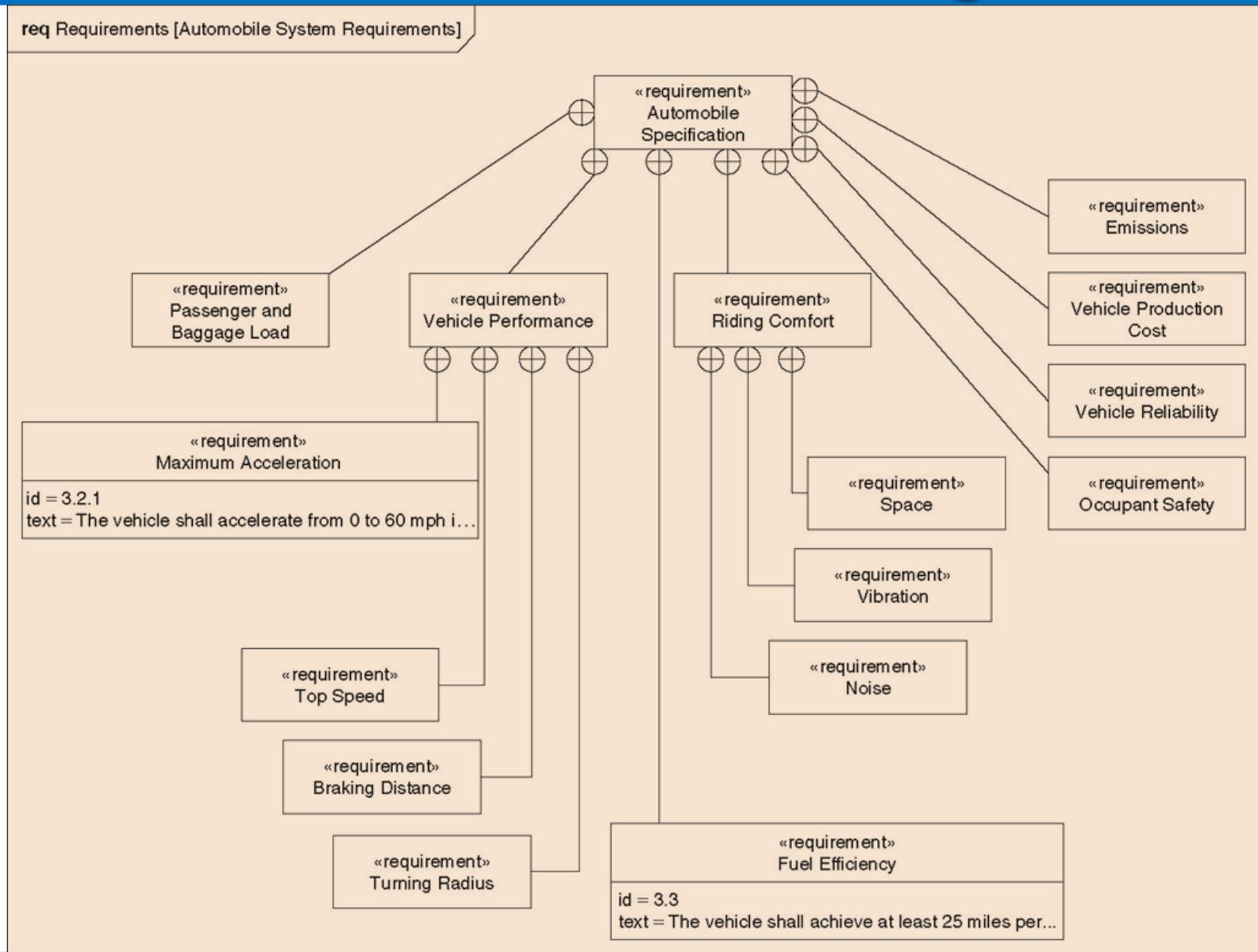
Les diagrammes

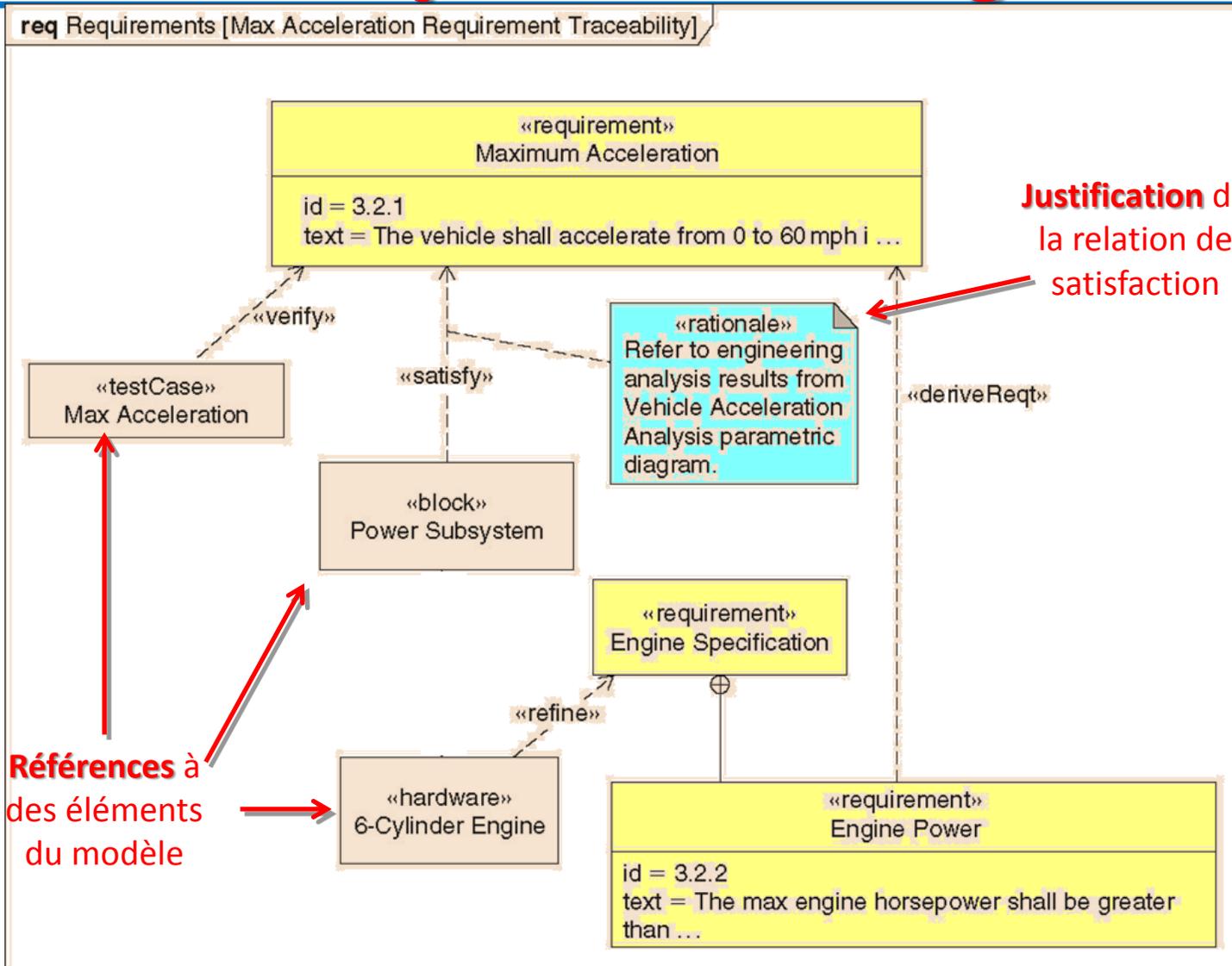
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

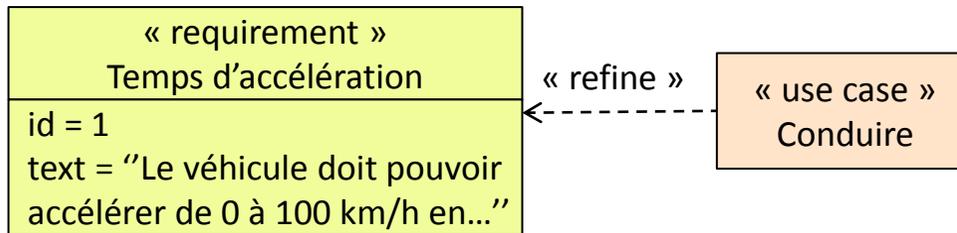
Les relations entre diagrammes



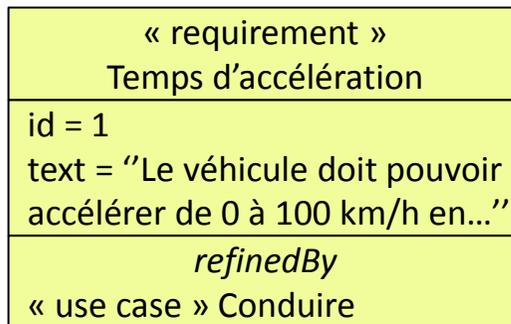


- Liens entre exigences et structures/comportements

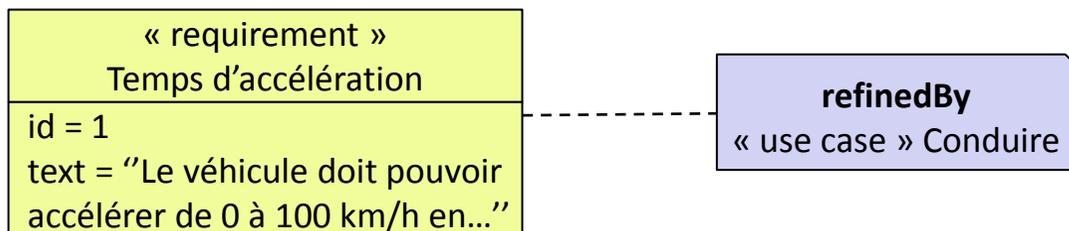
- Les trois représentations ci-dessous sont **synonymes** :



Notation directe



Notation compartimentée



Notation « post-it »

Les diagrammes

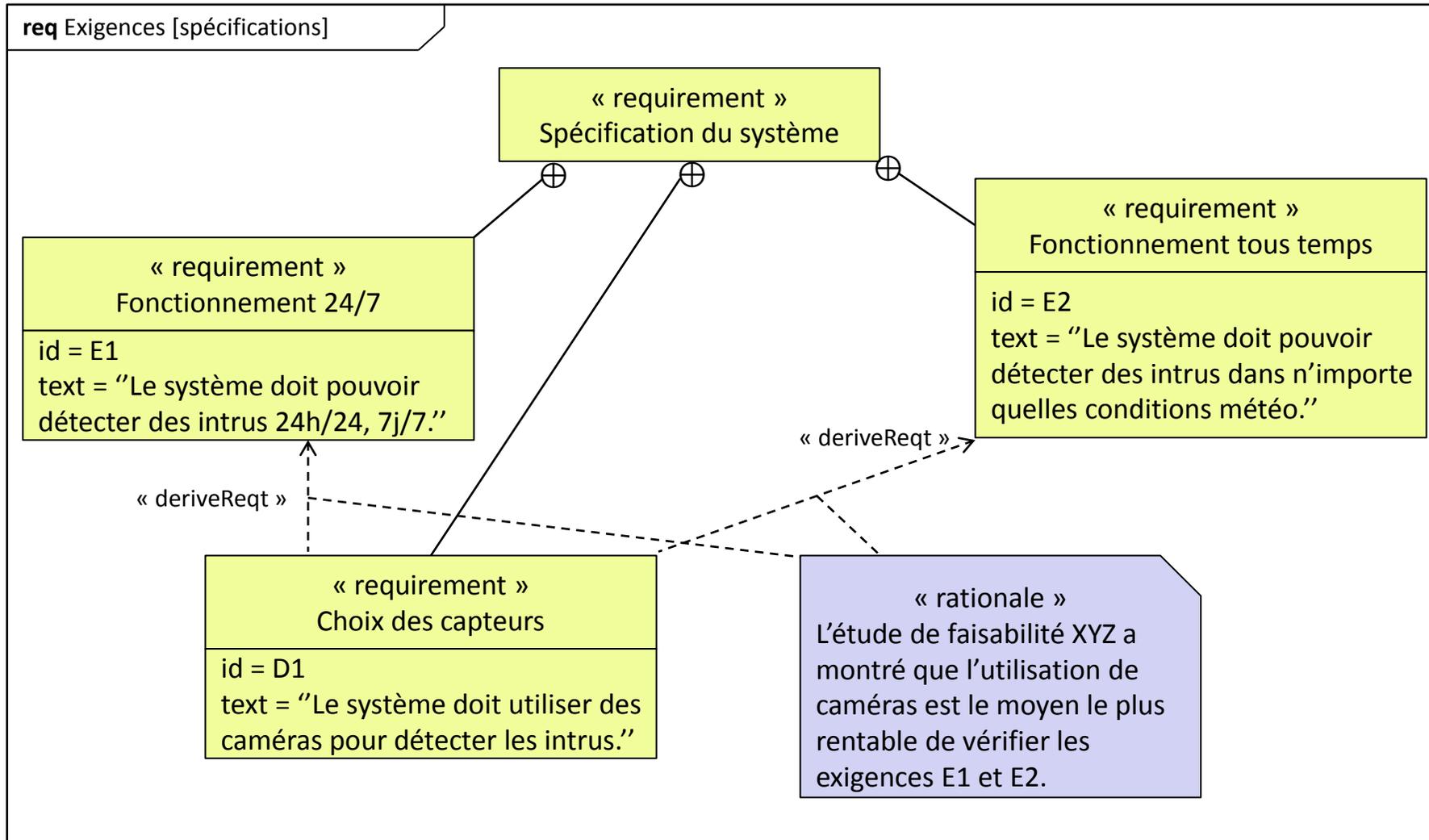
La modélisation
fonctionnelle

La modélisation
structurelle

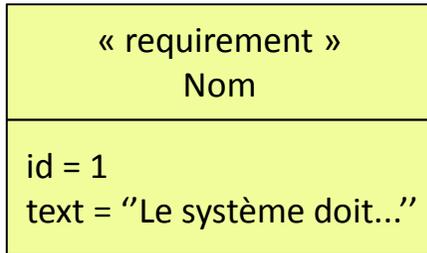
La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes

- Dessiner un diagramme des exigences pour le **système de vidéosurveillance** à partir des données suivantes :
- **E1** : Le système doit pouvoir détecter des intrus 24h/24, 7j/7.
- **E2** : Le système doit pouvoir détecter des intrus dans n'importe quelles conditions météorologiques.
- **D1** : Le système doit utiliser des caméras pour détecter les intrus.
- En effet, l'étude de faisabilité XYZ a montré que l'utilisation de caméras est le moyen le plus rentable de vérifier les exigences **E1** et **E2**.
- La spécification du système contient les exigences **E1**, **E2** et **D1**.



Les diagrammes

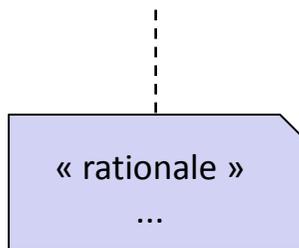


La modélisation fonctionnelle

Exigence : qualité ou caractéristique attendue du système ou de son comportement

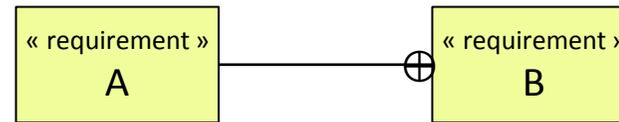
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

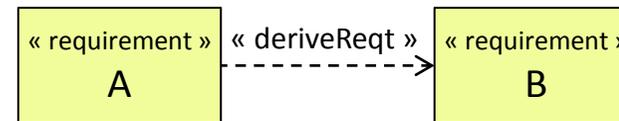


Les relations entre diagrammes

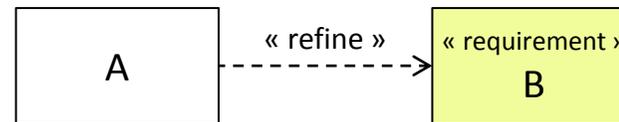
Justification de l'exigence ou de la relation désignée



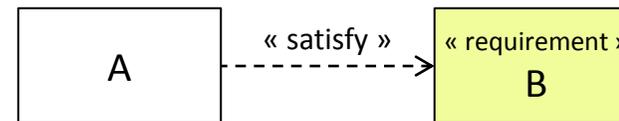
Inclusion : B contient A (la satisfaction de A est nécessaire à celle de B)



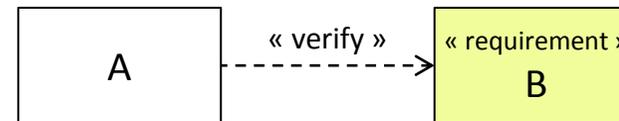
Dérivation : A a été identifiée comme un moyen de satisfaire B



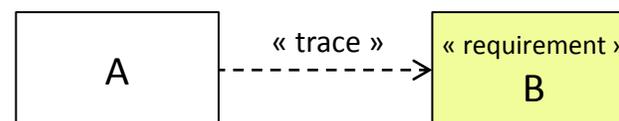
Raffinement : A raffine B (B concerne A)



Satisfaction : les propriétés réalisées de A sont conformes à B



Vérification : A permet de déterminer si B est réalisée ou non



Traçabilité : A est à l'origine de B

Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

La modélisation
structurelle

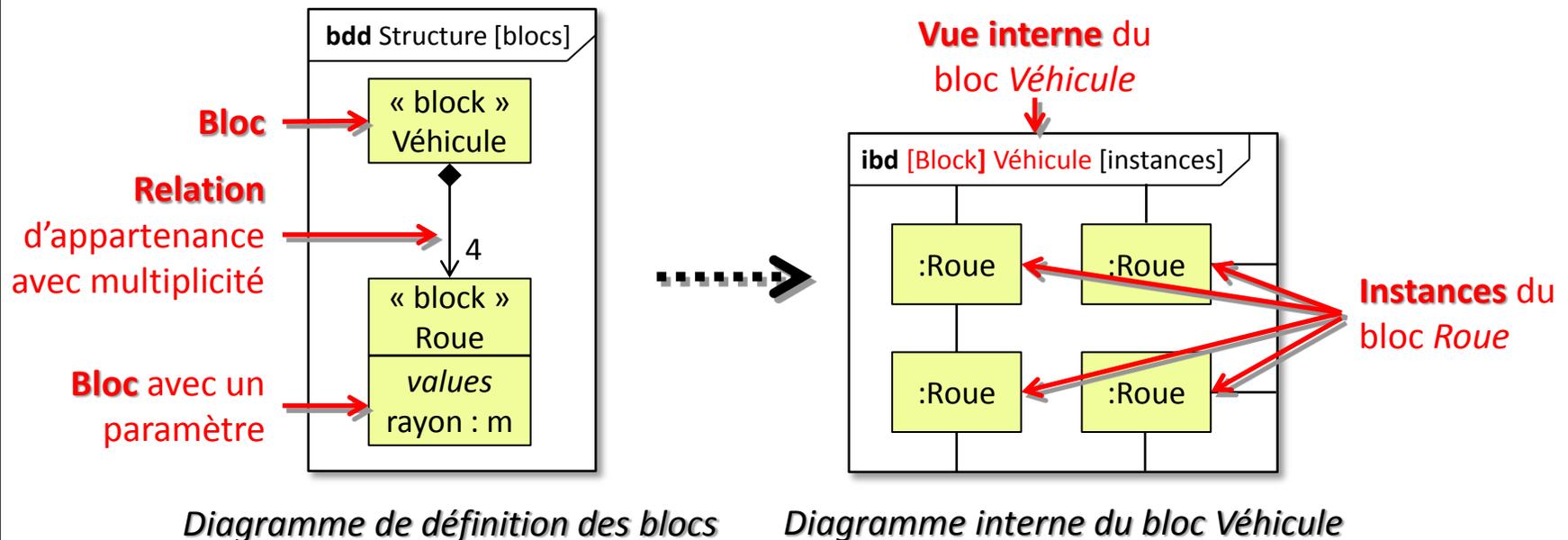
La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes

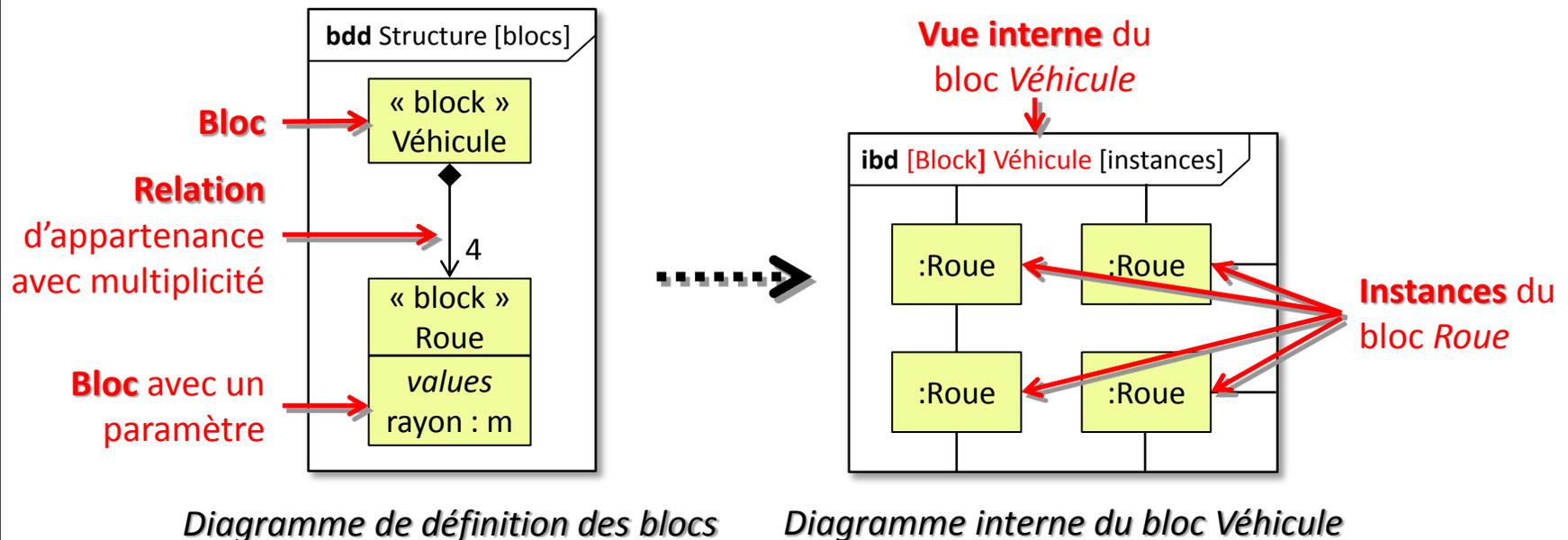
La modélisation structurelle

- Diagramme de **définition des blocs**
- Diagramme **interne d'un bloc**
- (Diagramme des **paquets**)

- En SysML, les **composants** sont modélisés par des **objets** issus de **classes** :
 - classes : **blocs** (modèles *génériques* de composants)
 - objets : **instances des blocs** (modèles *particularisés* de composants)



- Deux diagrammes utilisés **conjointement** :
 - **diagramme de définition de blocs** : pour définir les (classes de) modèles de composants
 - **diagramme interne d'un bloc** : pour représenter l'intérieur d'un bloc (ses composants et leurs liens structurels)



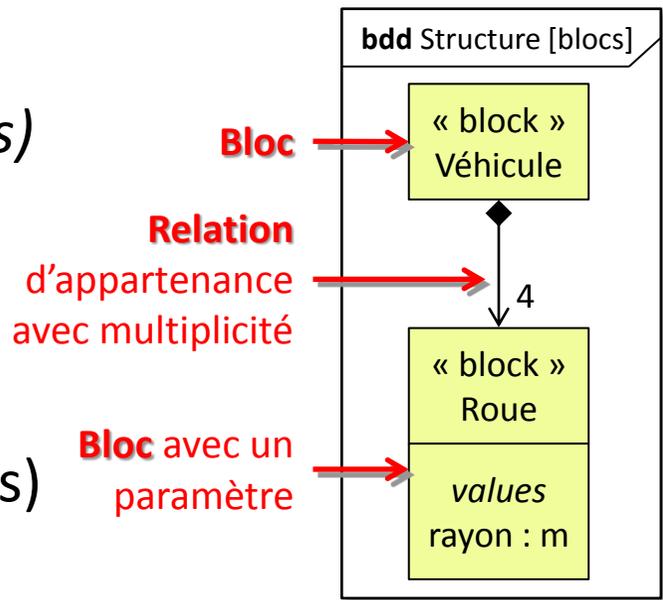
- **Bloc** : classe de modèles de composants
 - du produit ou de son environnement
 - matériels, logiciels, acteurs, abstractions...

- **Un bloc est caractérisé par :**

- ses **paramètres** (*values*)
- les **blocs qui lui appartiennent** (*parts*)
- ses **ports** (définis plus loin)

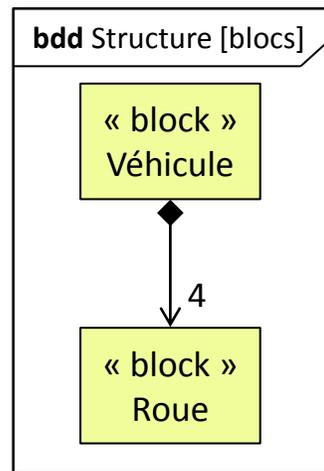
- **... représentés :**

- soit **graphiquement** (sauf paramètres)
- soit dans des **compartiments**

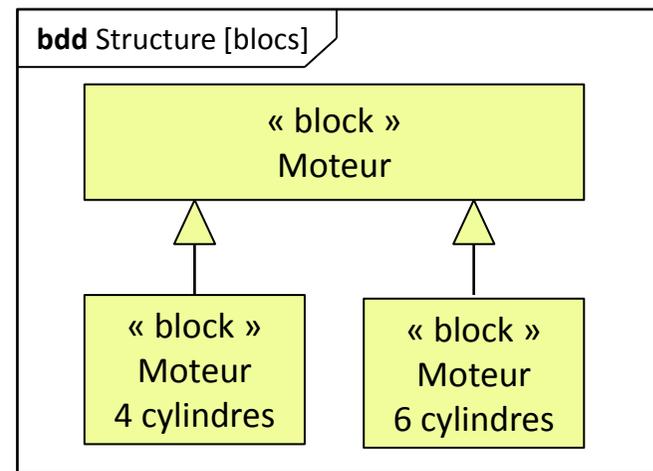


• 3 types :

- **appartenance** (ou composition, ou agrégation forte) : « a un »
- **référence** (ou agrégation faible), peu utilisée
- **spécialisation** (cf. acteurs et use cases) : « est un »

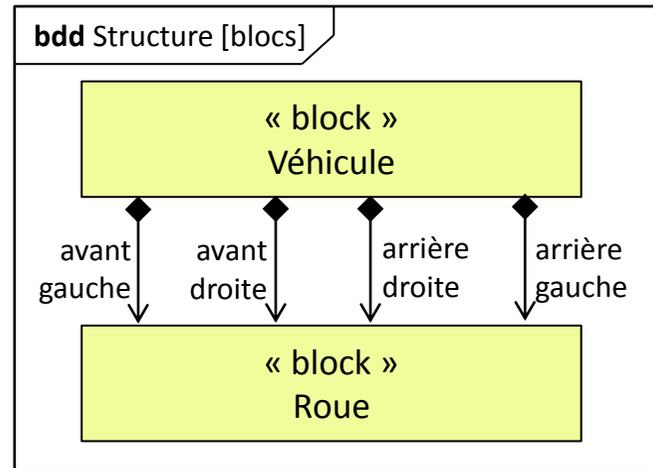


appartenance

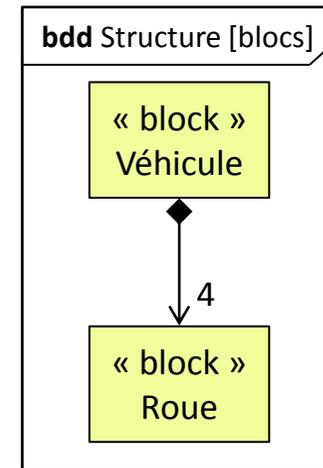


spécialisation

- **Rôle** : nom donné à la relation d'appartenance
 - permet de **distinguer** les instances qu'il possède
 - **conseil** : nommer du point de vue du « propriétaire » et en **minuscules** (pour distinguer des noms de blocs)
- **Multiplicité** : nombre d'instances ayant le même rôle
 - 1 par défaut

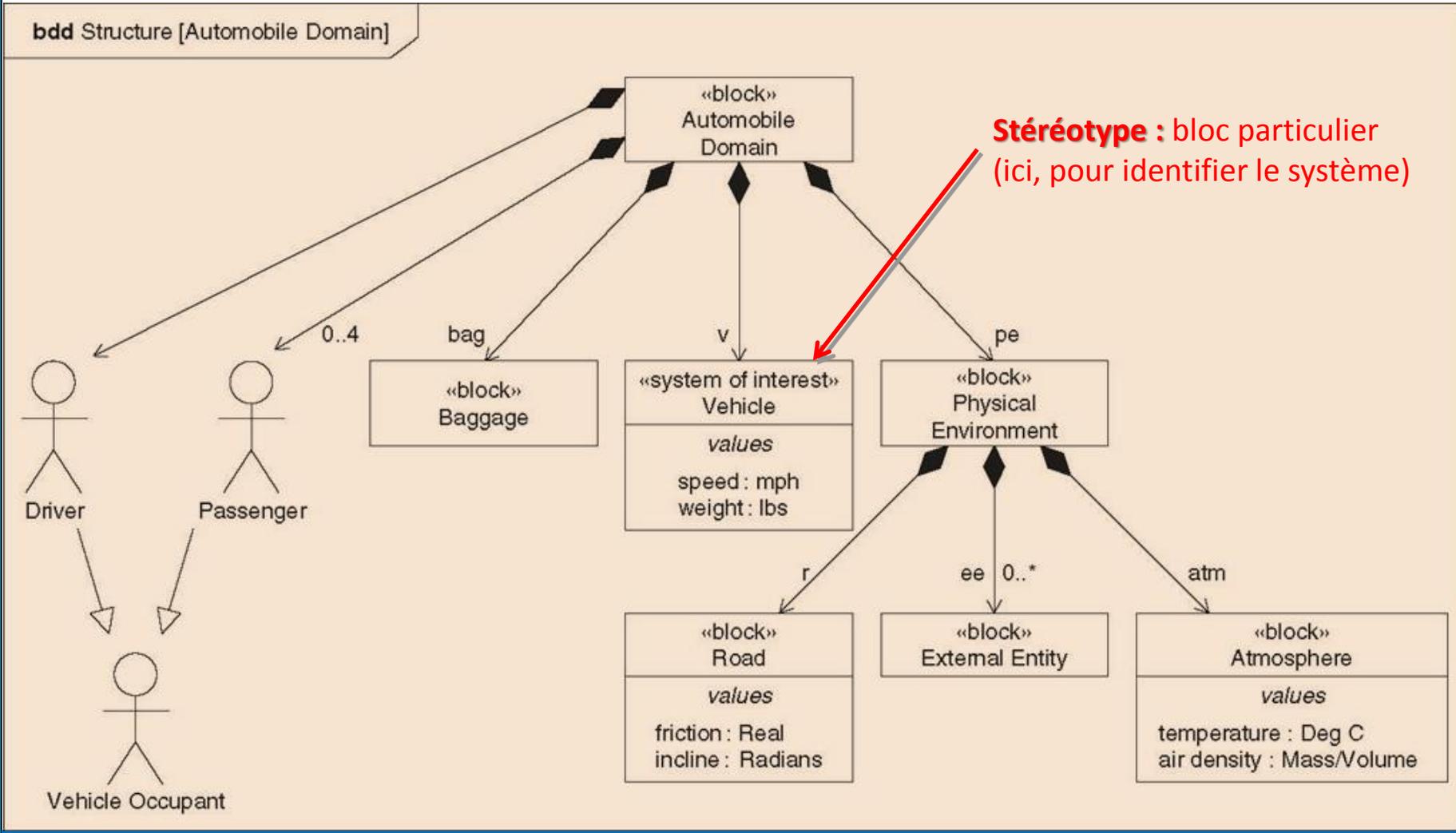


rôles distincts



rôles non distincts

- **Point de vue externe** : le système dans son environnement



Les diagrammes

- Point de vue interne : les composants du système

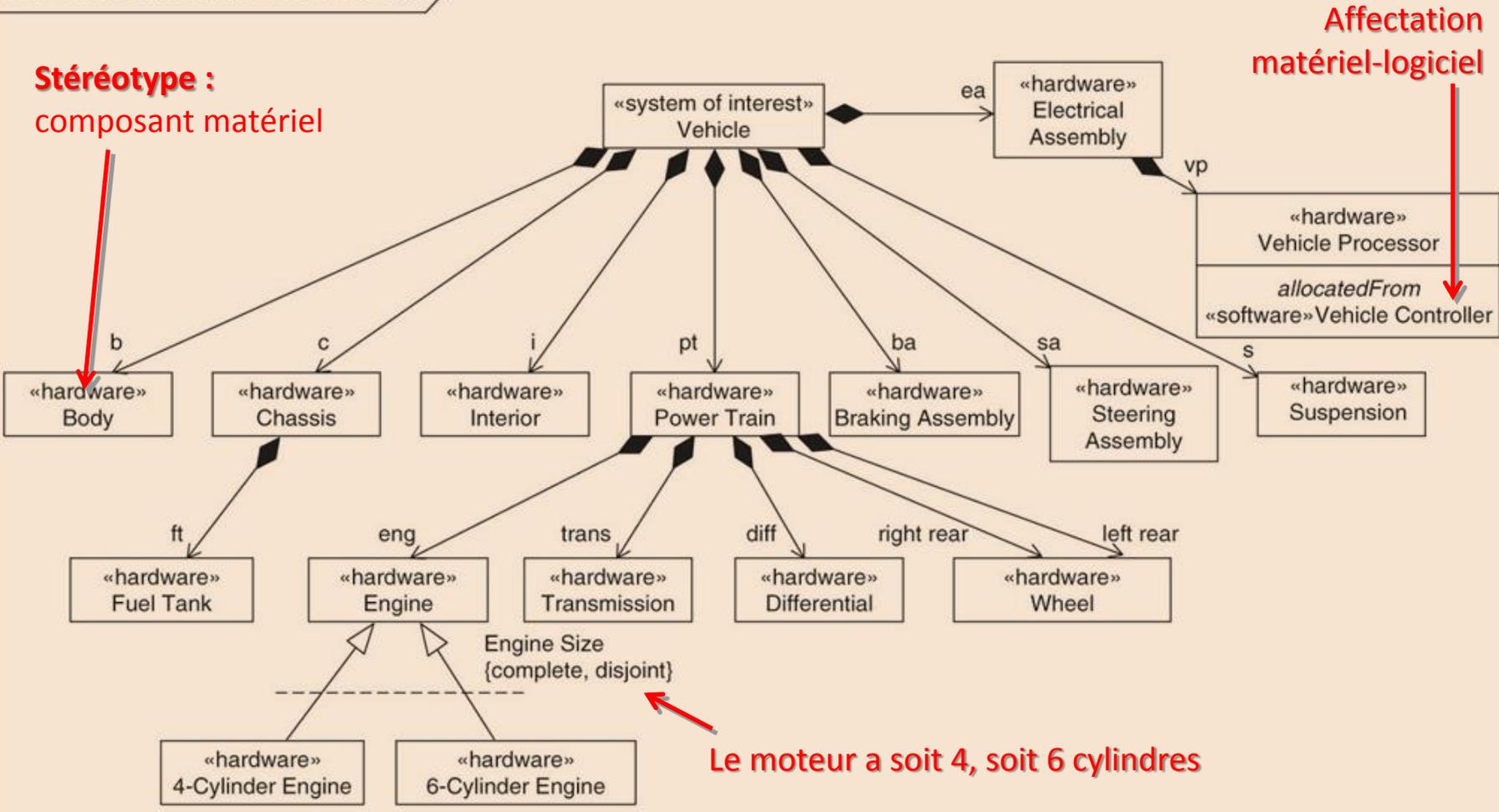
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

bdd Vehicle Structure [Vehicle Hierarchy]



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

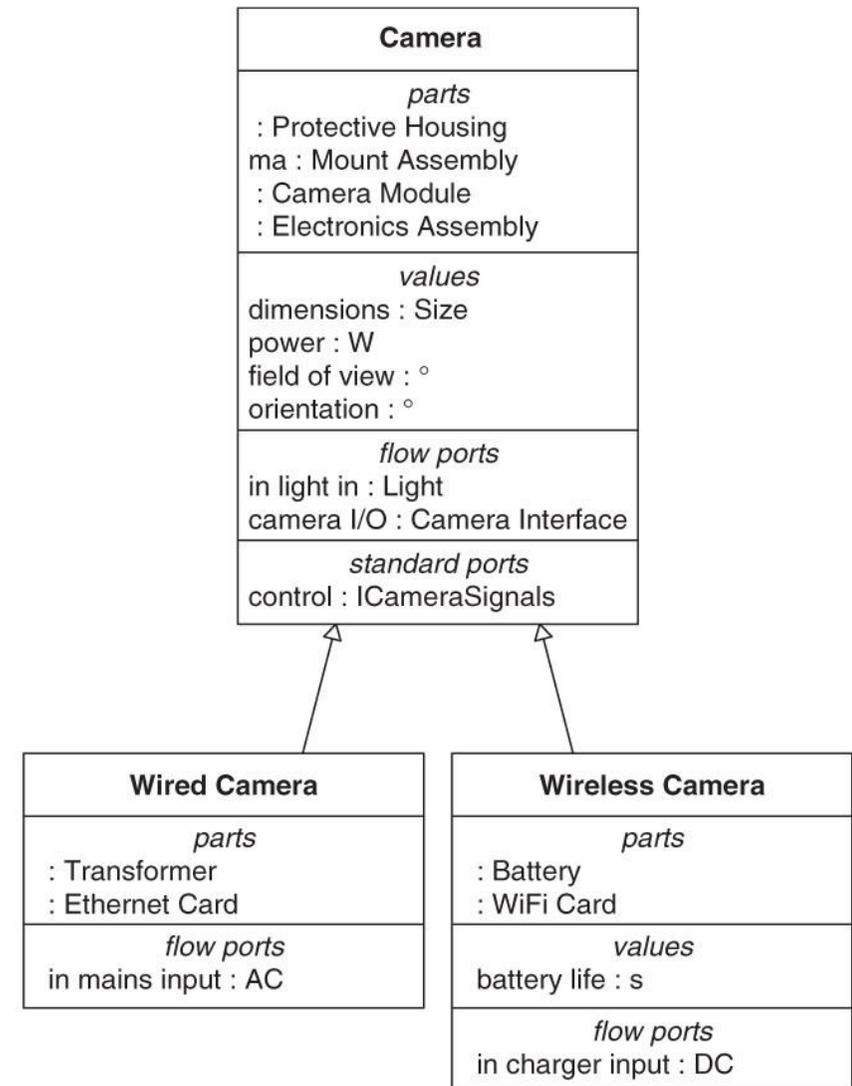
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- Le bloc **spécialisé** :
 - **hérite** de toutes les propriétés du bloc **général**
 - peut éventuellement en posséder **d'autres**

bdd [Package] Structure [Two Specialized Types of Camera]



Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

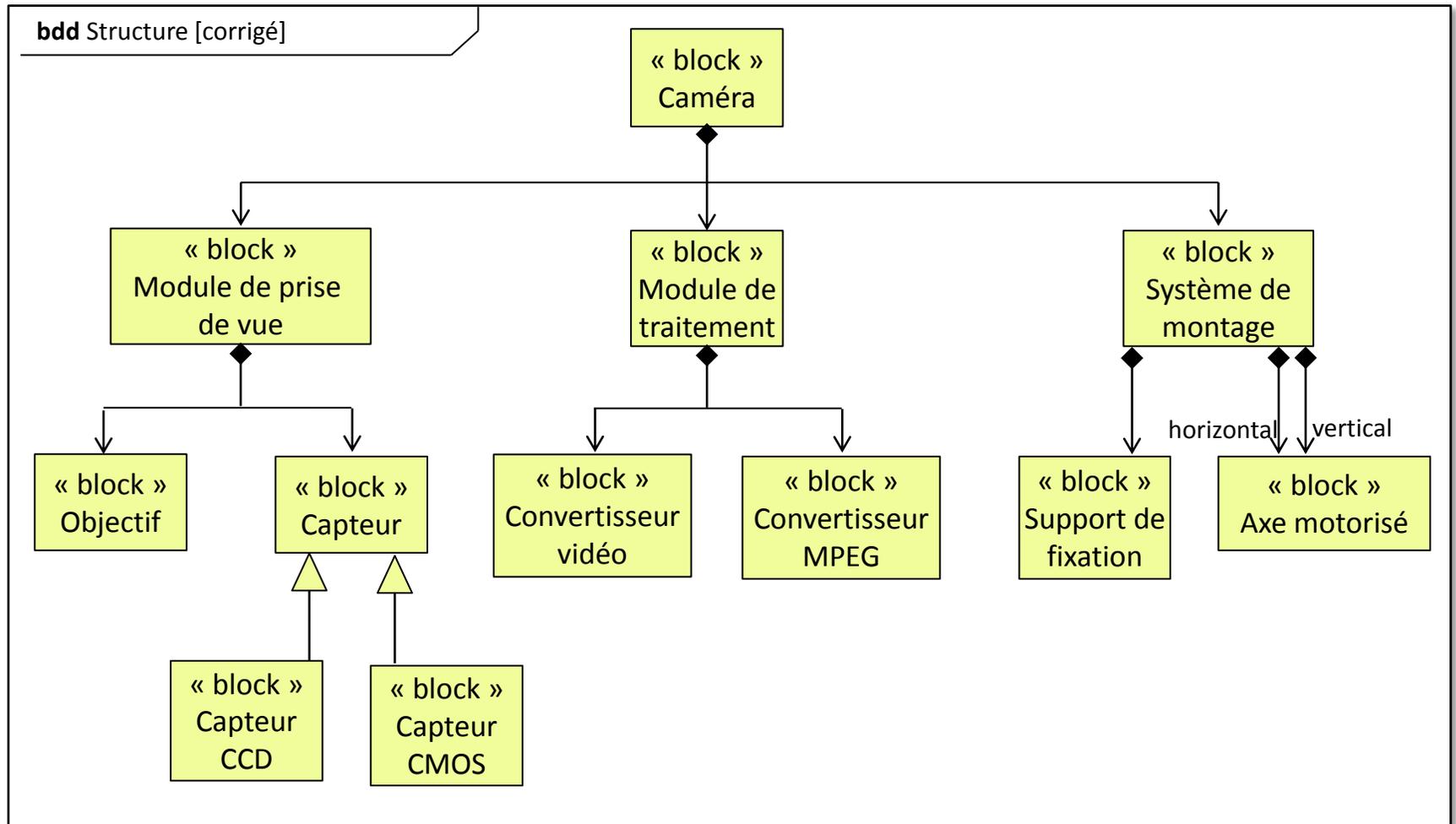
La modélisation
structurelle

La modélisation
comportementale

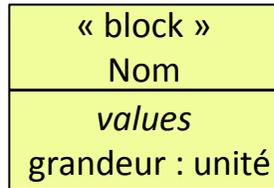
Les relations
entre diagrammes

- Proposer un diagramme de définition des blocs d'une **caméra** faisant apparaître les éléments suivants :
- un **module de prise de vue**, constitué :
 - d'un **objectif**
 - et d'un **capteur**, pouvant être **CCD** ou **CMOS** ;
- un **module de traitement**, constitué :
 - d'un **convertisseur vidéo**
 - et d'un **convertisseur MPEG**
- un **système de montage**, constitué :
 - d'un **support de fixation**,
 - et de deux **axes motorisés**, identiques mais disposés différemment : l'un est **horizontal** et l'autre **vertical**.

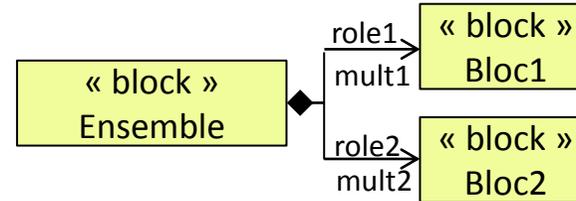
- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes

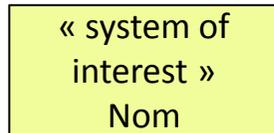


Bloc (classe de modèles de composants) avec un **paramètre**

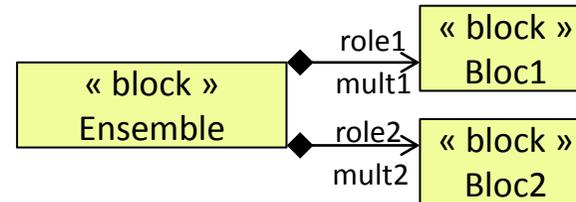


Relations d'appartenance (ou **composition**) avec **noms de rôles** et **multiplicités**

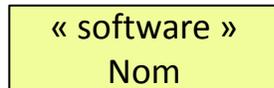
Stéréotypes (blocs spécifiques)



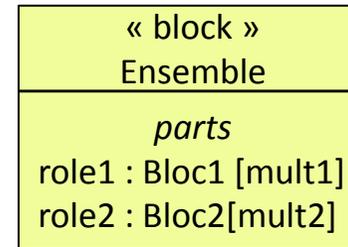
Système d'étude



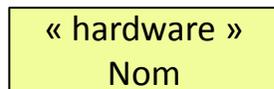
(synonyme)



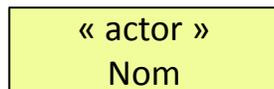
Logiciel



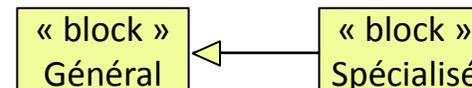
(synonyme)



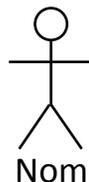
Matériel



Acteur



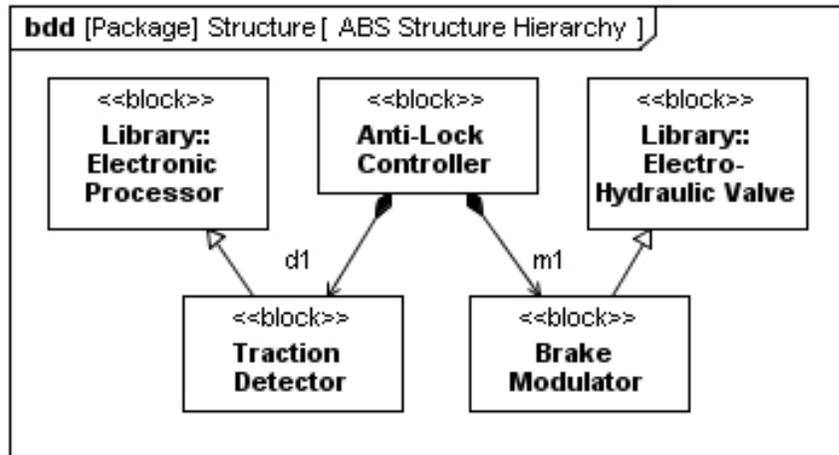
Relation de spécialisation



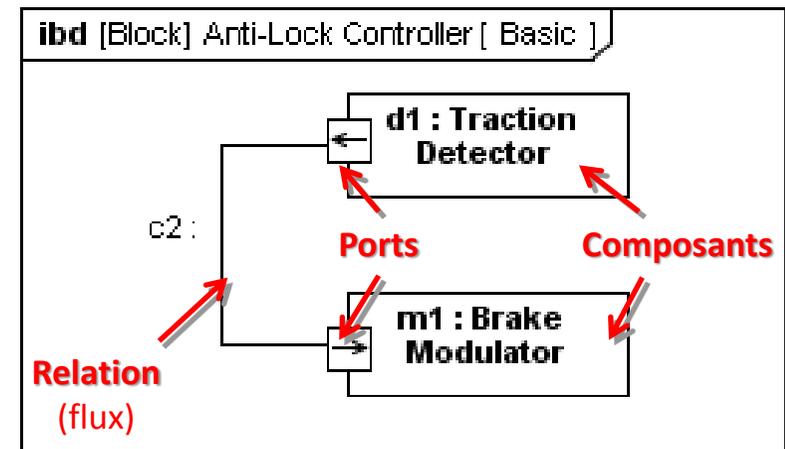
Acteur (synonyme)

- Représente l'intérieur d'un bloc :
 - ses **composants** (*parts*)
 - leurs **interfaces**, et éventuellement celles du bloc (ports)
 - les **relations** entre ces interfaces
- ...en accord avec sa définition (bdd)

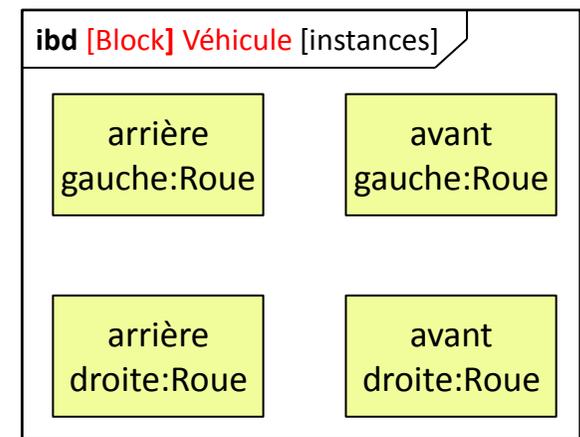
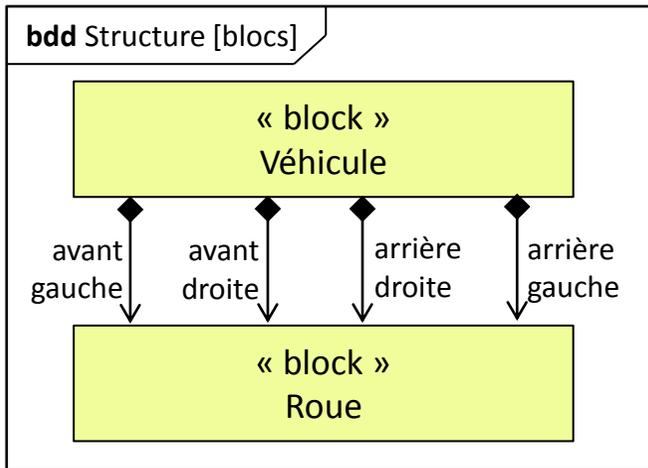
Définition des blocs



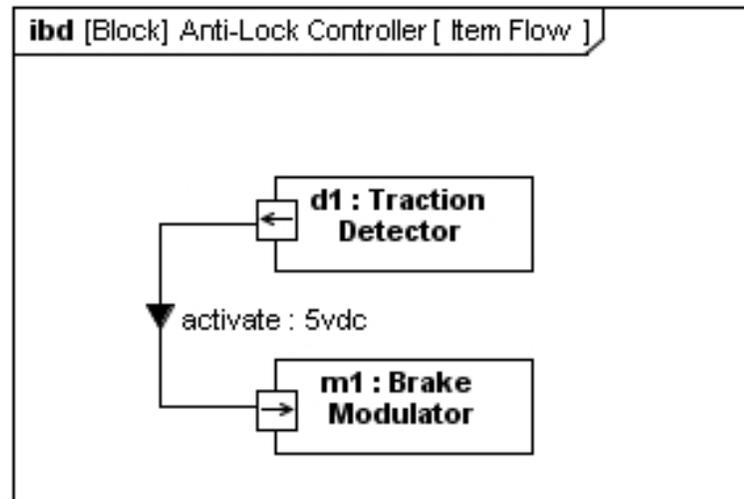
Vue du bloc Anti-Lock Controller



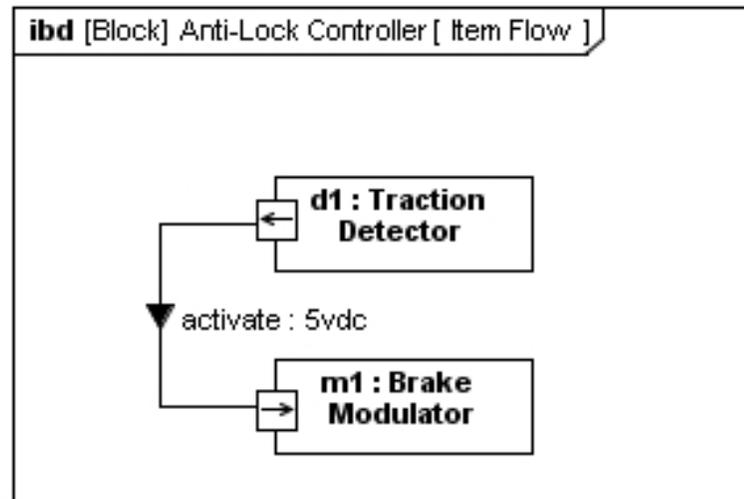
- Principe : **instanciation** des blocs contenus
 - **nom** : `nom_du_rôle:Nom_du_bloc`
 - **nombre** égal à la multiplicité (*indiscernables si >1 !*)
- **Conseil** : lire les noms d'instances de **droite à gauche**



- **Ports : interfaces orientées** pouvant être de **2 sortes**
 - **port de flux** (*flow port*) : permet un **flux** de matière, d'énergie et/ou d'information
 - **port standard** (*standard port*) : permet à un composant de fournir un **service** (informatique) à un autre

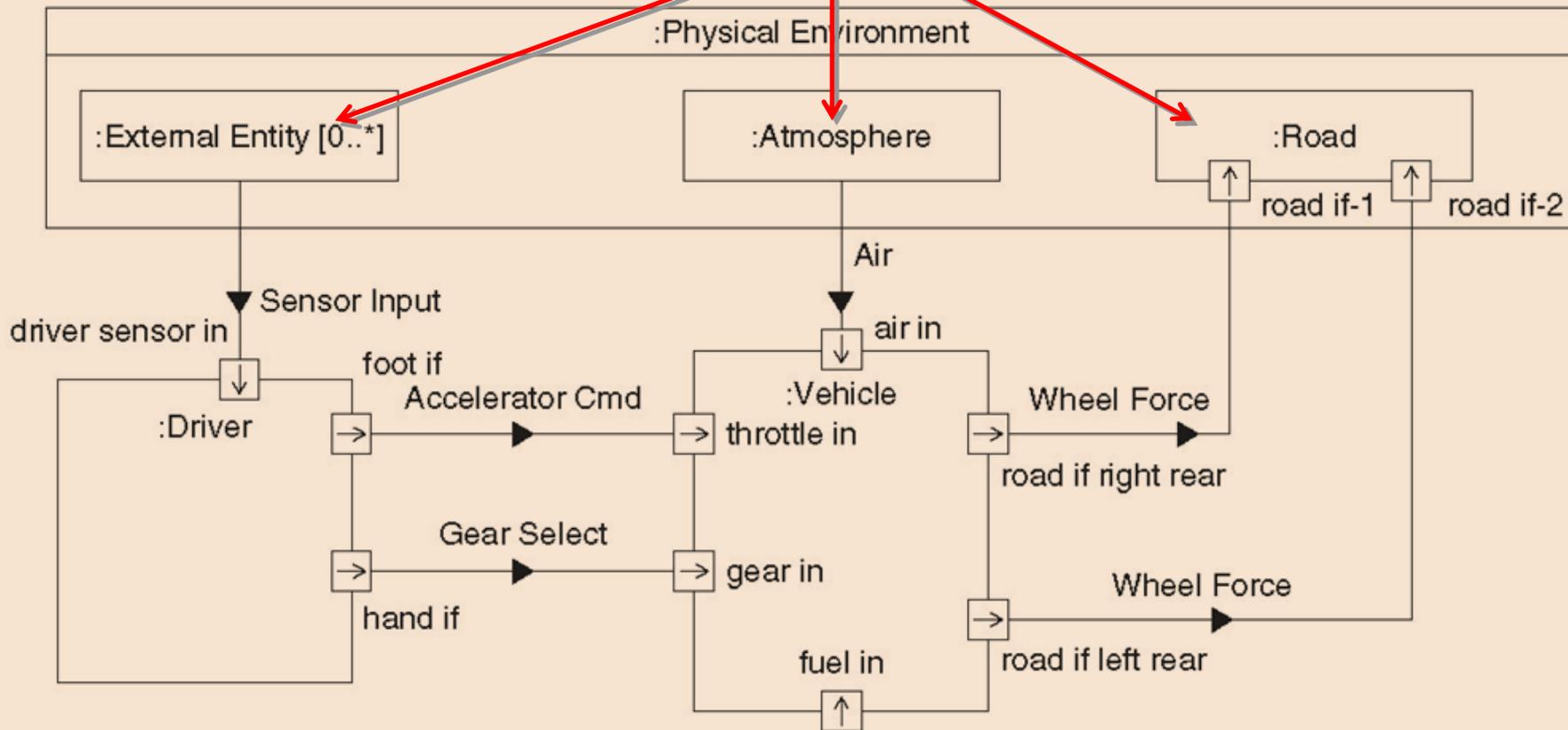


- Les **ports de flux** possèdent :
 - un **sens**
 - un **nom** facultatif décrivant l'interface représentée
- Les **flux** de matière, d'énergie et/ou d'information
 - circulent **entre deux ports**
 - possèdent un **nom** facultatif
- **Nommer au moins un des deux !**



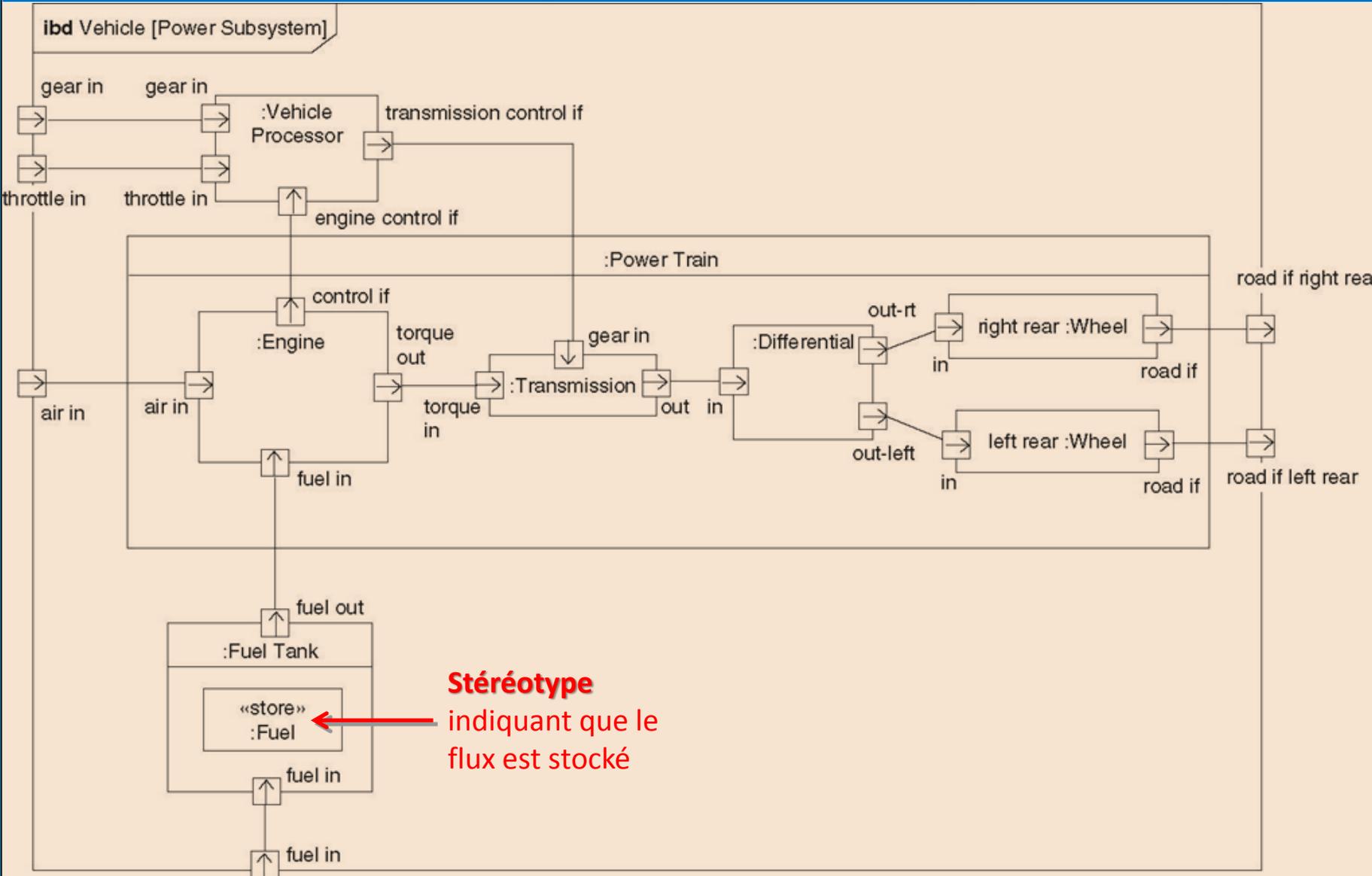
ibd Automobile Domain [Vehicle Context Diagram]

Encapsulation

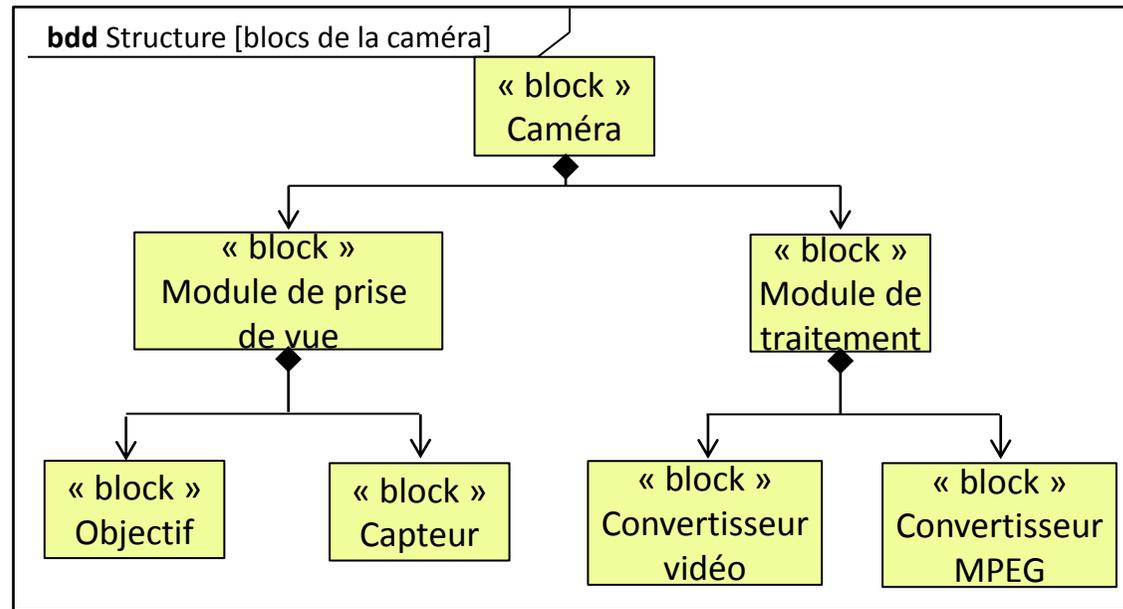


- **Attention** : décrit la **structure**, pas des **fonctions** ou des **comportements** !

- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes

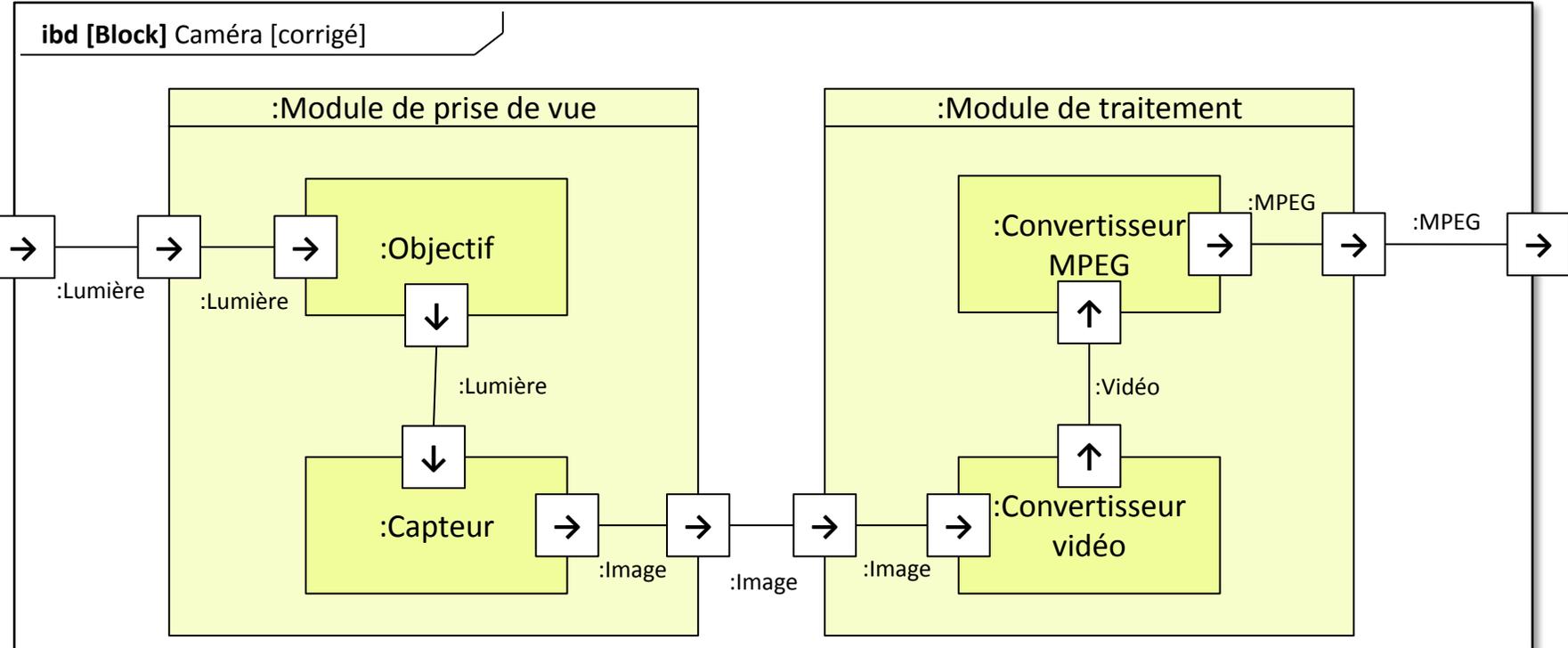


Stéréotype indiquant que le flux est stocké



- Construire un **diagramme interne** du bloc **« Caméra »** représentant :
 - un flux **« Lumière »** circulant de **l'extérieur de la caméra** à **l'objectif**,
 - un flux **« Lumière »** circulant de **l'objectif** au **capteur**,
 - un flux **« Image »** circulant du **capteur** au **convertisseur vidéo**,
 - un flux **« Vidéo »** circulant du **convertisseur vidéo** au **convertisseur MPEG**,
 - et un flux **« MPEG »** circulant du **convertisseur MPEG** à **l'extérieur de la caméra**.

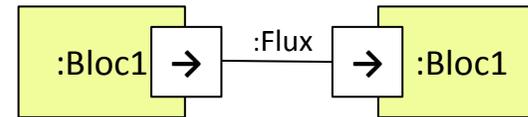
- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



Les diagrammes



Instance d'un bloc
(modèle de composant)

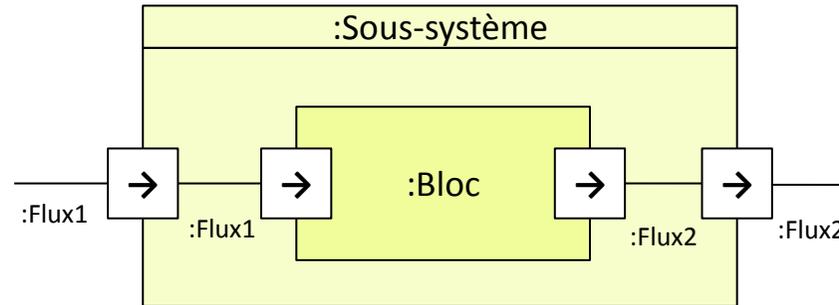


Flux avec nom

La modélisation fonctionnelle



Port de flux entrant



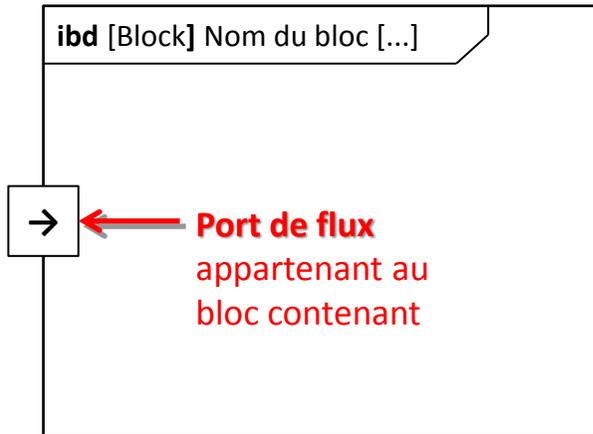
Délégation de ports

La modélisation structurelle



Port de flux sortant

La modélisation comportementale



Port de flux appartenant au bloc contenant

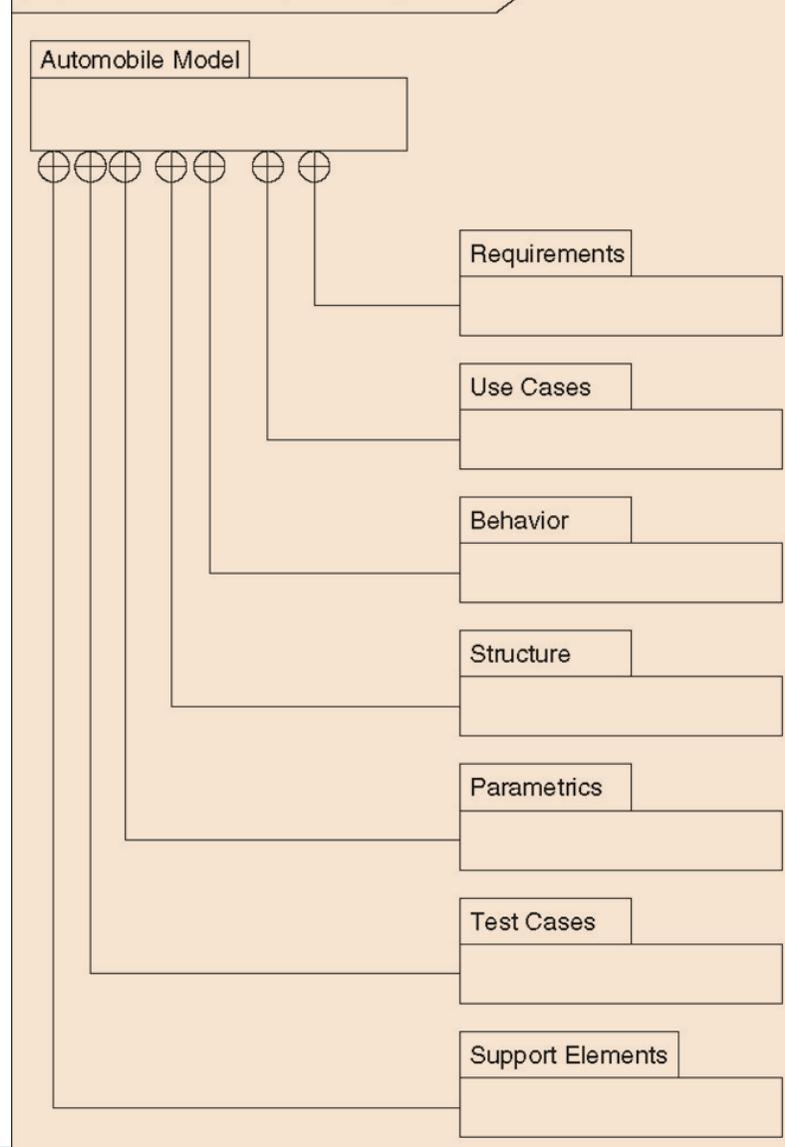
Les relations entre diagrammes



- Un paquet :
 - contient d'autres éléments
 - est analogue à un **dossier informatique** :
 - sert à **classer les données**
 - est d'autant plus utile que les données sont nombreuses...

- Les **diagrammes de haut niveau** représentent souvent le contenu d'un paquet

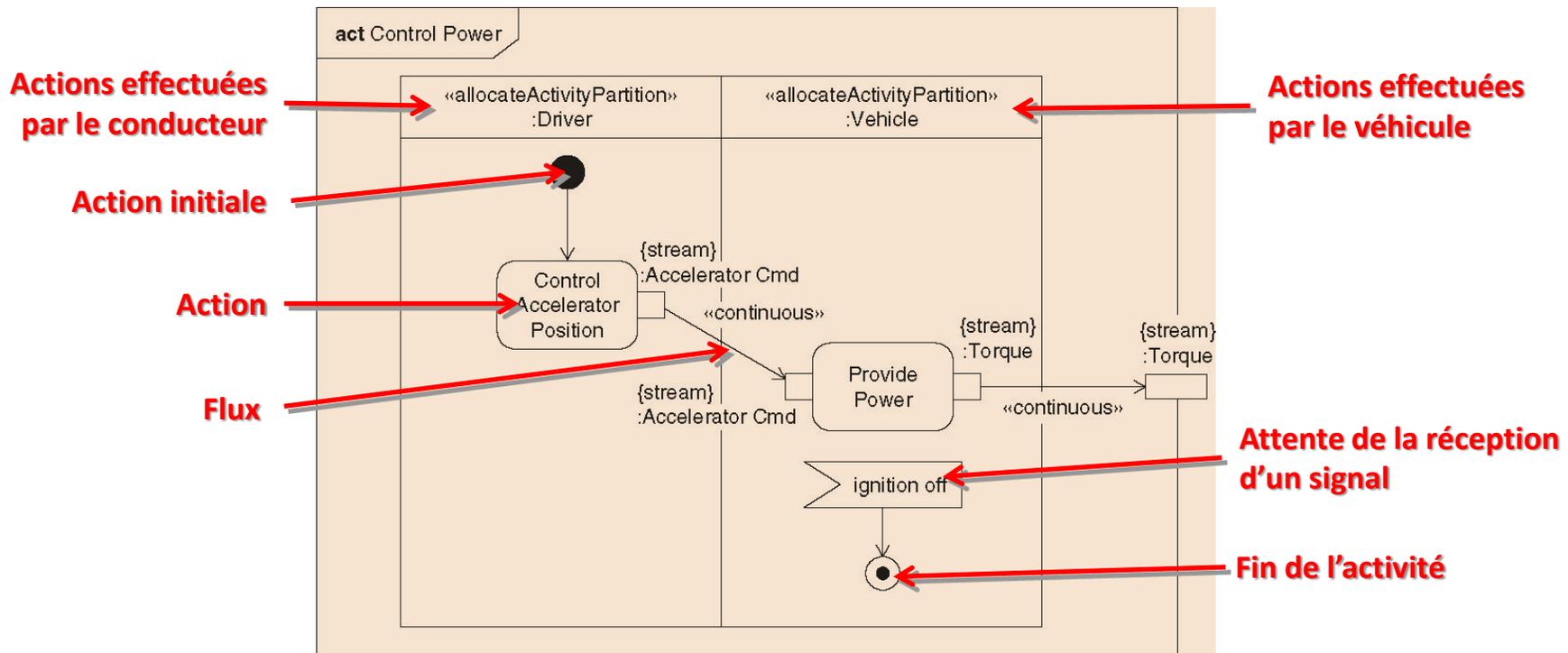
pkg Automobile Model [Model Organization]



La modélisation comportementale

- **Causale**, par une suite d'étapes :
 - diagramme **d'activités**
 - diagramme **d'états** (*state machine*)
 - diagramme **de séquence**
- **Acausale**, par des équations :
 - diagramme **paramétrique**

- **Objectif** : décrire
 - des **actions** (transformations de flux)
 - les **flux** transformés par ces actions
 - l'**ordre** et les **conditions d'exécution** de ces actions
- ... et **attribuer les actions aux composants**



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

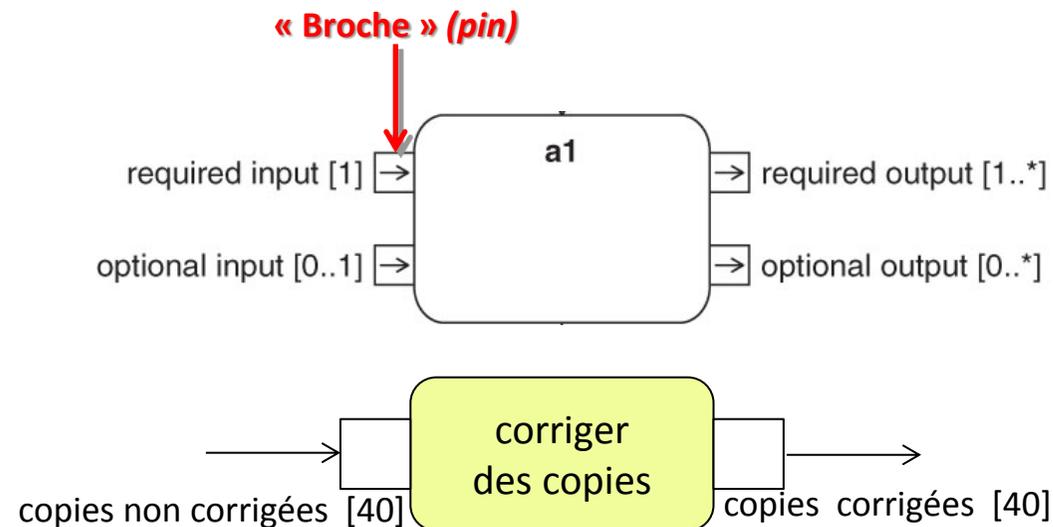
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

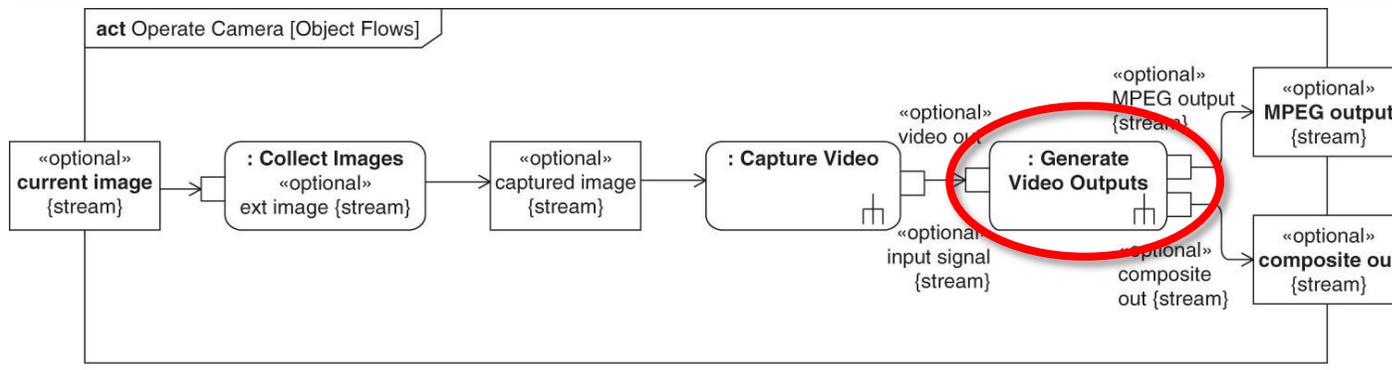
- **Une action :**

- transforme un **flux d'entrée** (matière, énergie, information) en un **flux de sortie**
- **démarre** lorsque les entrées nécessaires sont présentes
- **s'arrête** une fois qu'elle a produit les sorties demandées

- **Sémantique : réseau de Petri (cf. Grafcet)**



- Une « macro-action » représente une autre activité :
 - elle s'appelle alors « :Nom_de_l'activité »



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

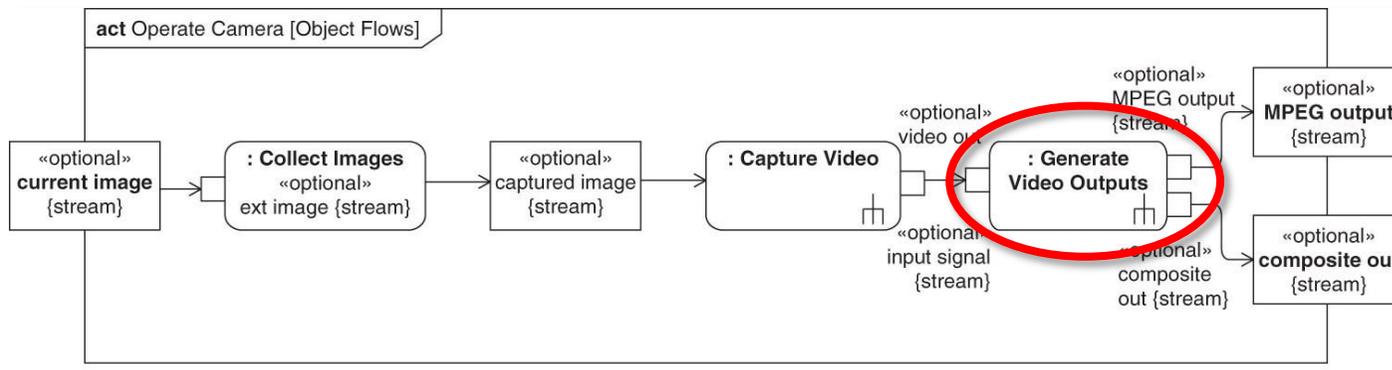
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



- Une « macro-action » représente une autre activité :
 - elle s'appelle alors « :Nom_de_l'activité »
 - le « **râteau** » indique que l'activité est définie sur un autre diagramme



Les diagrammes

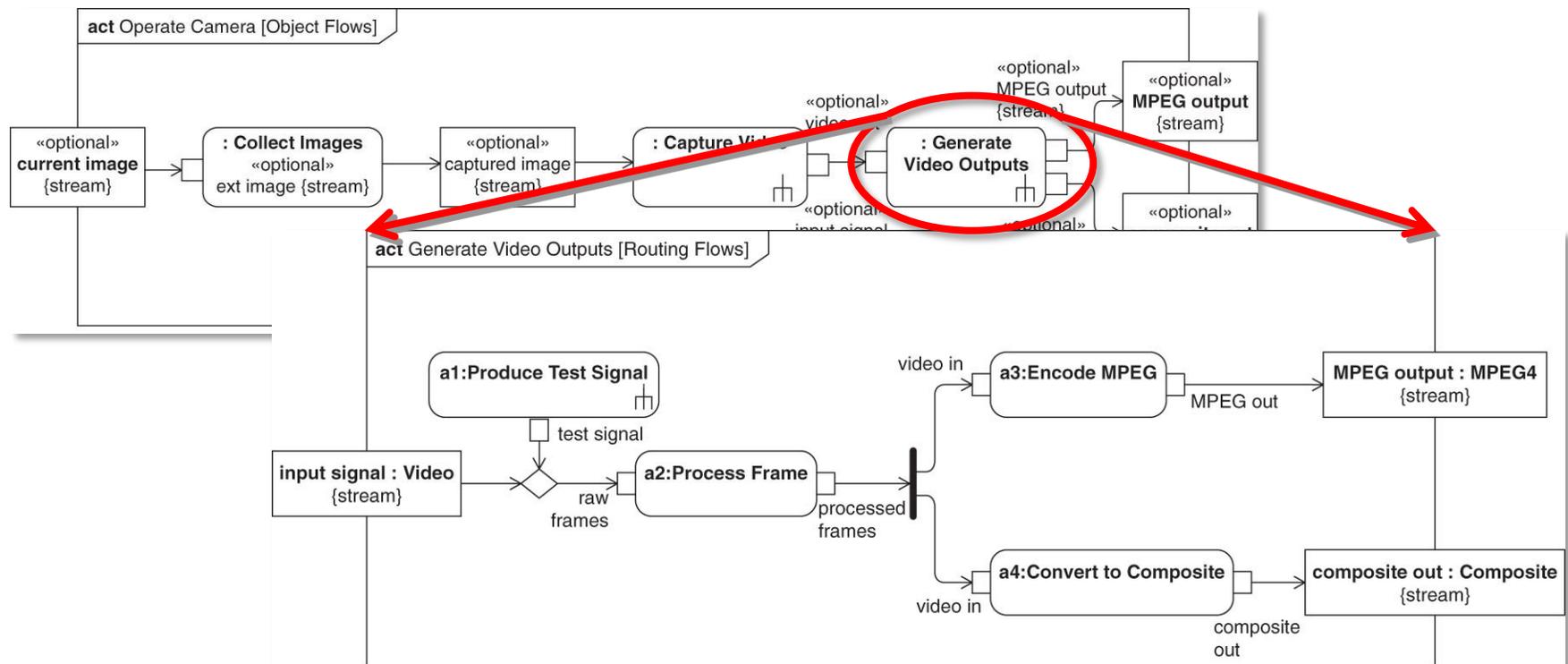
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- Une « macro-action » représente une autre activité :
 - elle s'appelle alors « :Nom_de_l'activité »
 - le « râteau » indique que l'activité est définie sur un autre diagramme



Les diagrammes

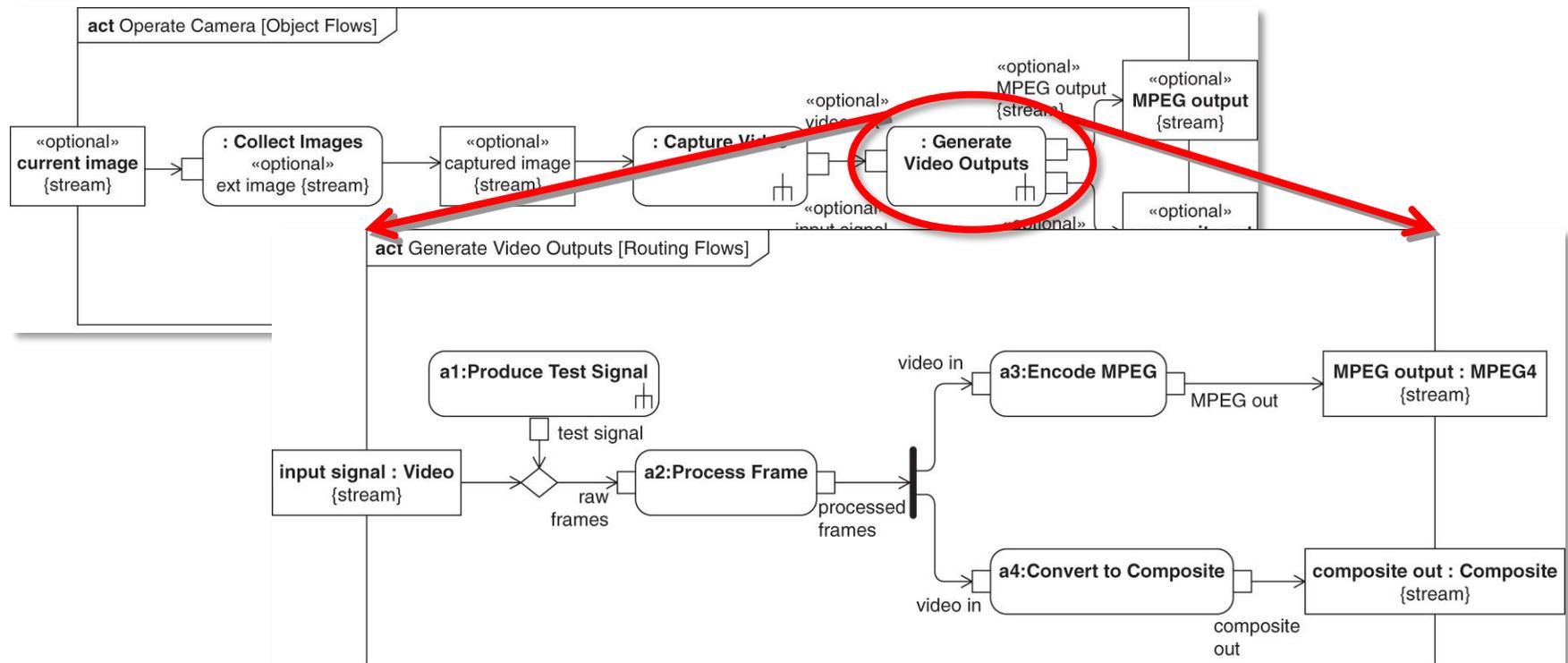
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- Une « macro-action » représente une autre activité :
 - elle s'appelle alors « :Nom_de_l'activité »
 - le « râteau » indique que l'activité est définie sur un autre diagramme
 - les entrées et sorties doivent correspondre



Les diagrammes

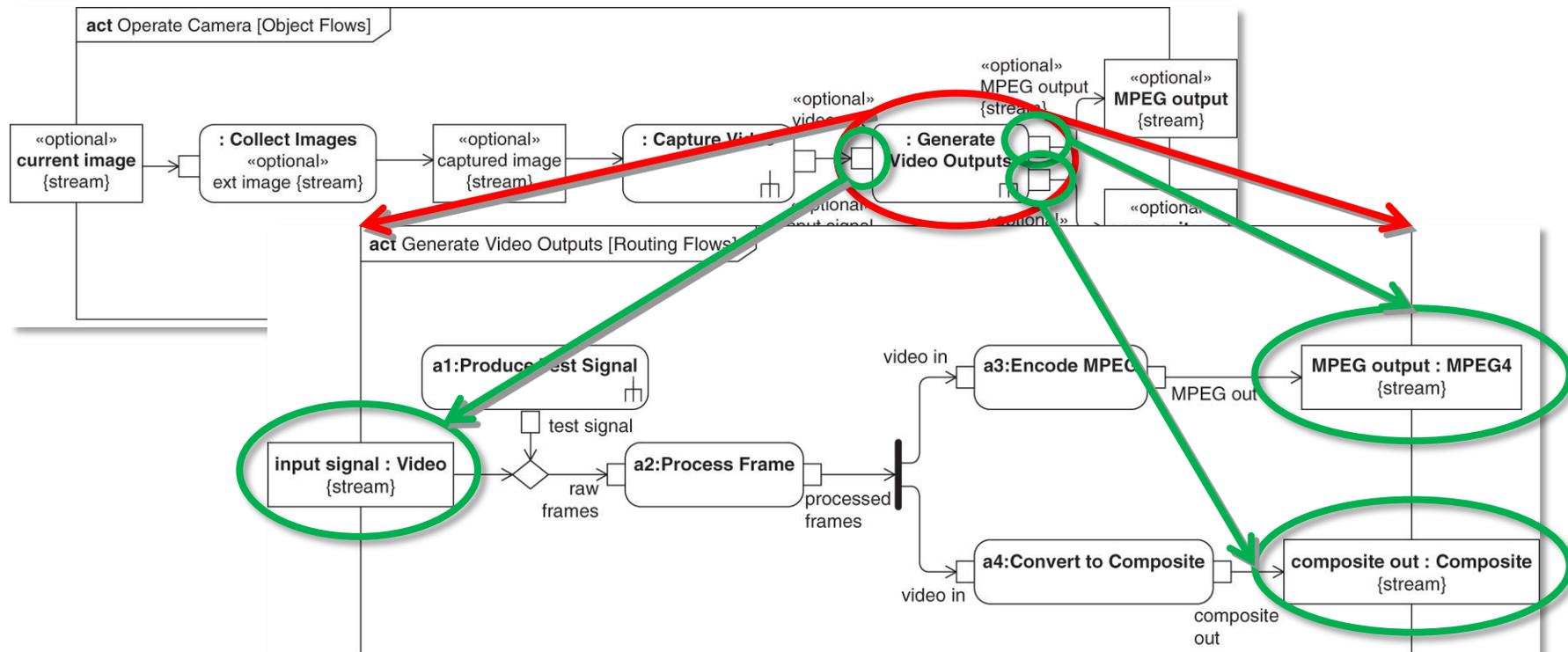
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- Une « macro-action » représente une autre activité :
 - elle s'appelle alors « :Nom_de_l'activité »
 - le « râteau » indique que l'activité est définie sur un autre diagramme
 - les entrées et sorties doivent correspondre



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

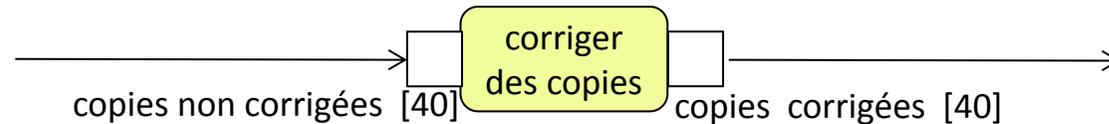
Les relations entre diagrammes



- **Discret « nonstreaming » :**

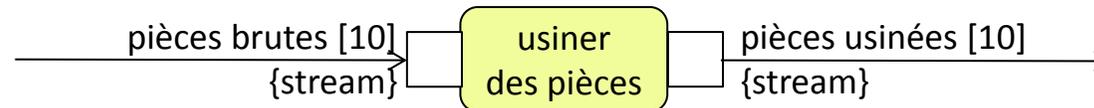
- les entrées sont traitées par **lots entiers**
- **exemple** : correction de copies

Sémantique séquentielle



- **Discret « streaming » :**

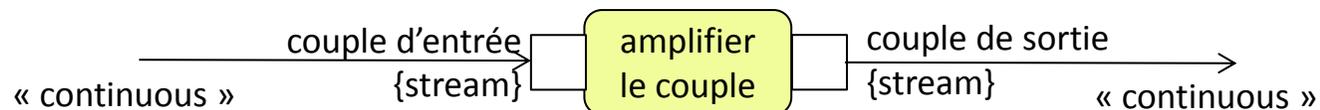
- l'action accepte des entrées/produit des sorties **sans avoir fini** le lot courant
- **exemple** : chaîne de production (à plusieurs postes en série)



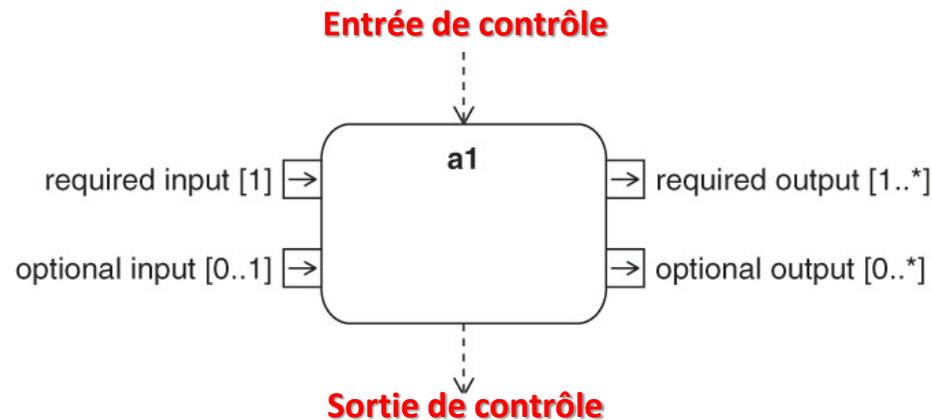
- **Continu (et forcément « streaming ») :**

- **exemple** : transformation de mouvement

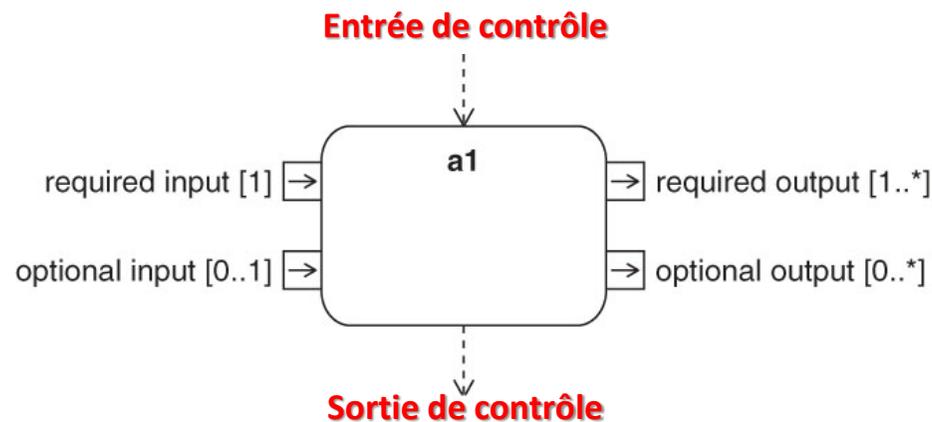
Sémantique fonctionnelle



- **2 types de flux :**
 - **flux d'objets** (matière, énergie, information) : matière d'oeuvre
 - **flux de contrôle** : conditions supplémentaires de démarrage des actions

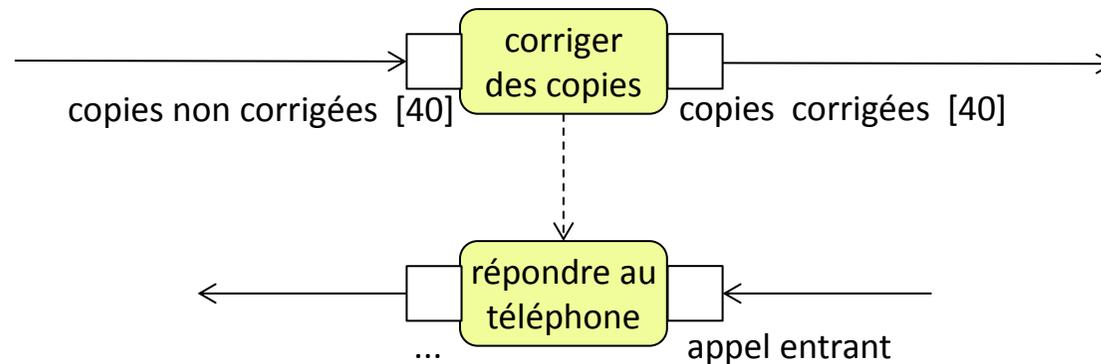


- **2 types de flux :**
 - **flux d'objets** (matière, énergie, information) : matière d'oeuvre
 - **flux de contrôle** : conditions supplémentaires de démarrage des actions
- Une action munie d'**entrées/sorties de contrôle** :
 - **ne peut démarrer** que si ses entrées de contrôle sont activées
 - active ses sorties de contrôle **une fois terminée**



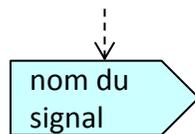


- Une action munie d'entrées/sorties de contrôle :
 - **ne peut démarrer** que si ses entrées de contrôle sont activées
 - active ses sorties de contrôle **une fois terminée**

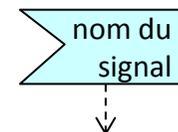


- Les flux de contrôle permettent d'imposer un **ordre d'exécution des actions**

- **Signaux : pour coupler des comportements**



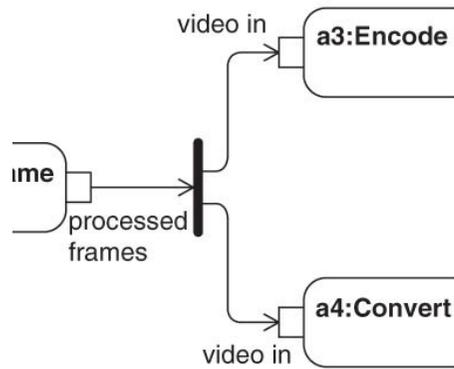
Emission d'un signal : envoie le signal lorsqu'il est activé



Réception d'un signal : s'active à la réception du signal

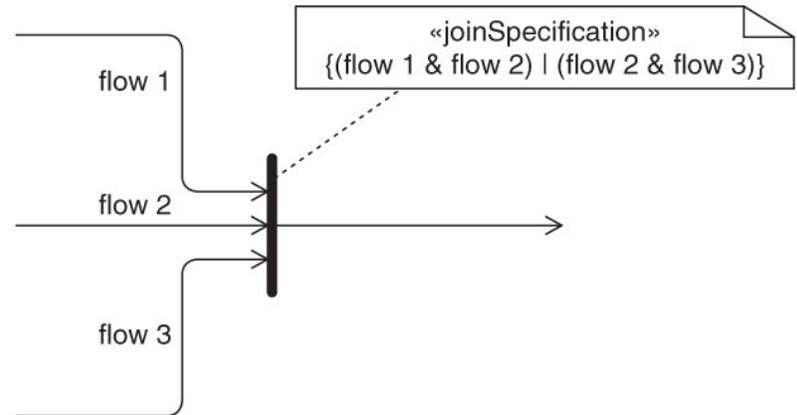
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle



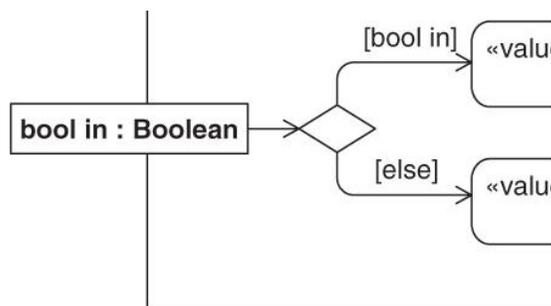
Bifurcation : l'entrée active **toutes** les sorties

La modélisation structurelle



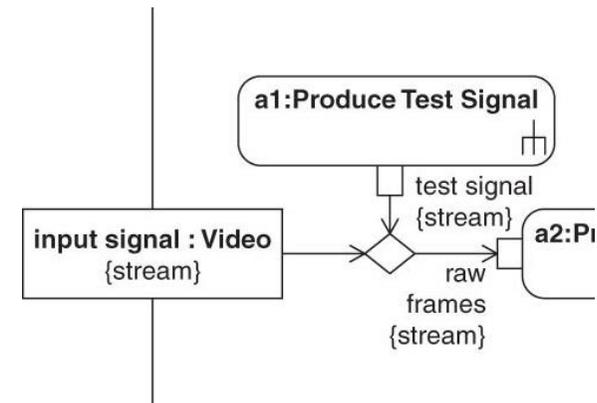
Jonction : la sortie s'active si **toutes** les entrées sont actives, **sauf mention contraire** (« **joinSpecification** »)

La modélisation comportementale



Décision : l'entrée active **une** sortie (une et une seule condition doit être vraie)

Les relations entre diagrammes



Mélange : la sortie s'active dès qu'**une** entrée est active

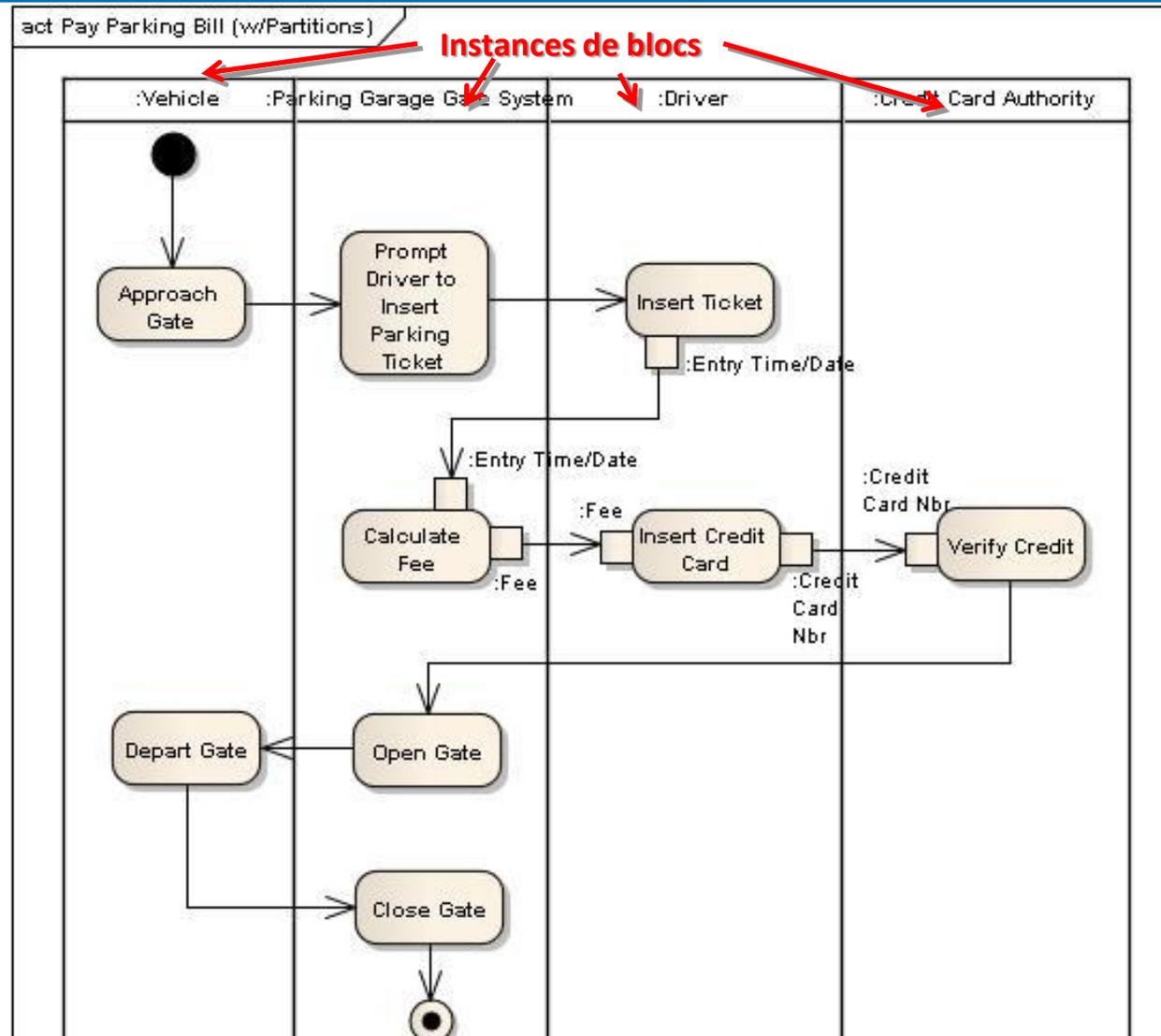
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

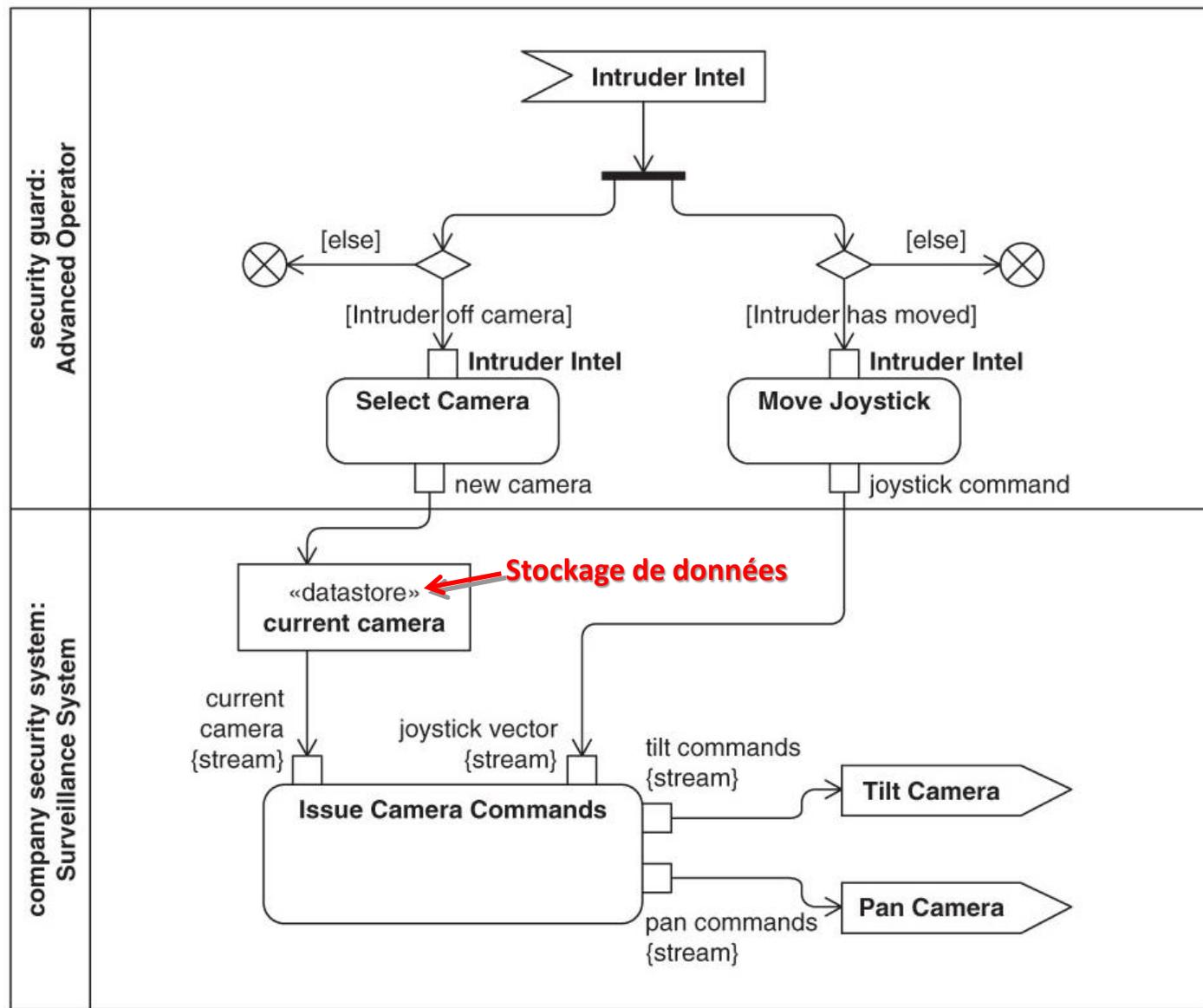
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



- Pour affecter les comportements (ou flux fonctionnels) aux **composants**

- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



- Construire un diagramme d'activité constitué des deux actions suivantes :
 - une action **contrôler l'accélérateur**,
 - active dès le démarrage de l'activité,
 - sans flux d'objet en entrée,
 - avec une sortie **:Position de l'accélérateur** produisant un flux continu,
 - effectuée par une instance d'un bloc nommée **:Conducteur** ;
 - une action **fournir du couple**,
 - avec une entrée **:Position de l'accélérateur** liée au flux précédent,
 - avec une sortie **:Couple** produisant un flux continu...
 - ... qui alimente la sortie **:Couple** de l'activité entière,
 - le tout effectué par l'instance d'un bloc nommée **:Véhicule** ;
- L'activité doit s'arrêter à la réception, par le **:Véhicule**, du signal **contact coupé**.

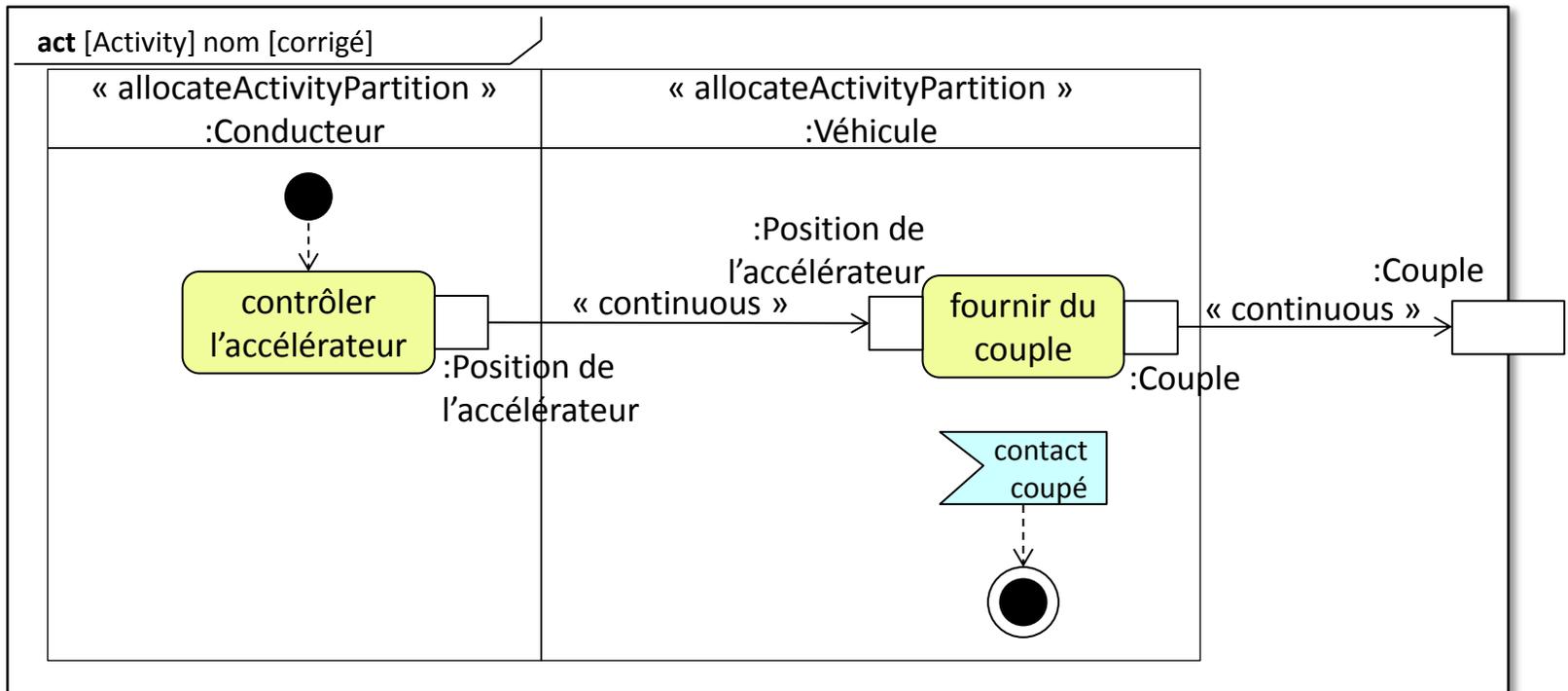
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



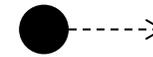
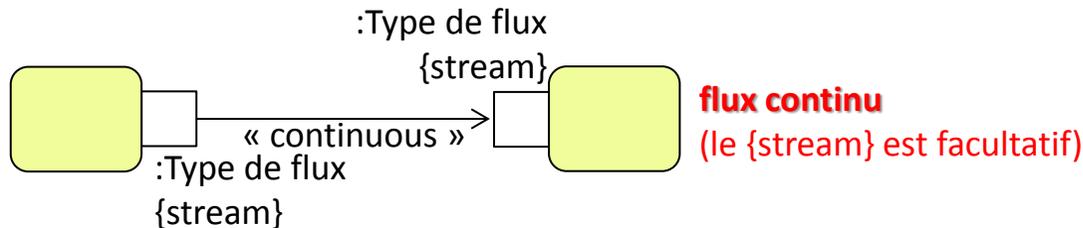
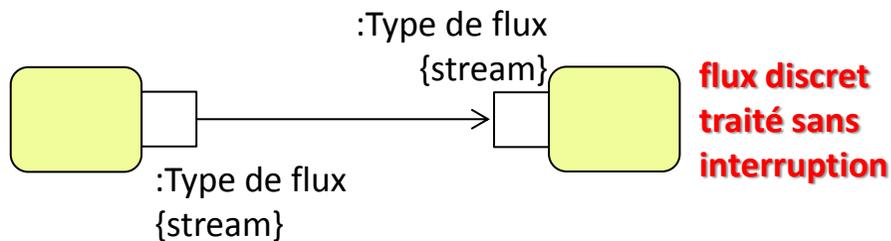
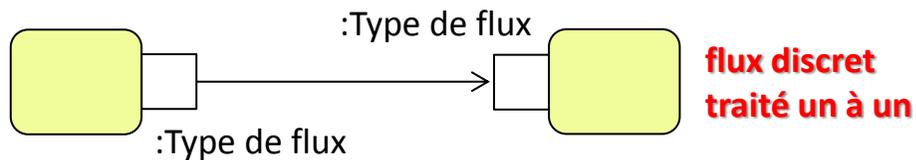
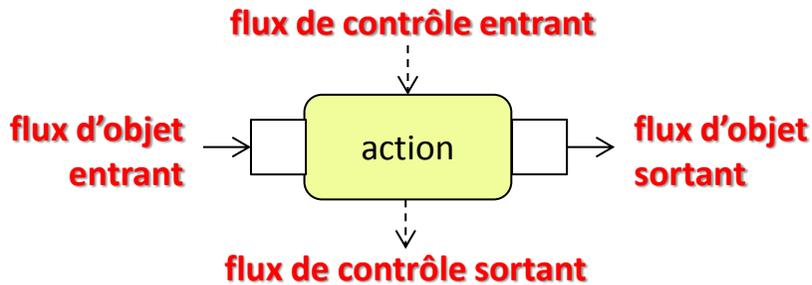
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

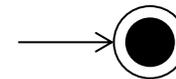
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

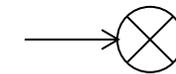
Les relations entre diagrammes



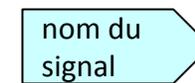
Noeud initial : s'active au démarrage de l'activité



Noeud final : arrête l'activité (et toutes ses actions)



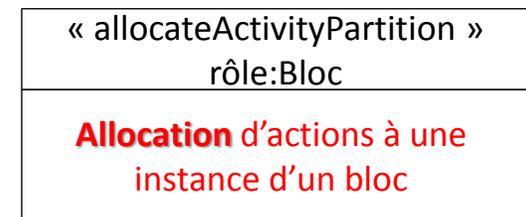
Noeud de fin de flux : termine une séquence d'actions sans arrêter l'activité



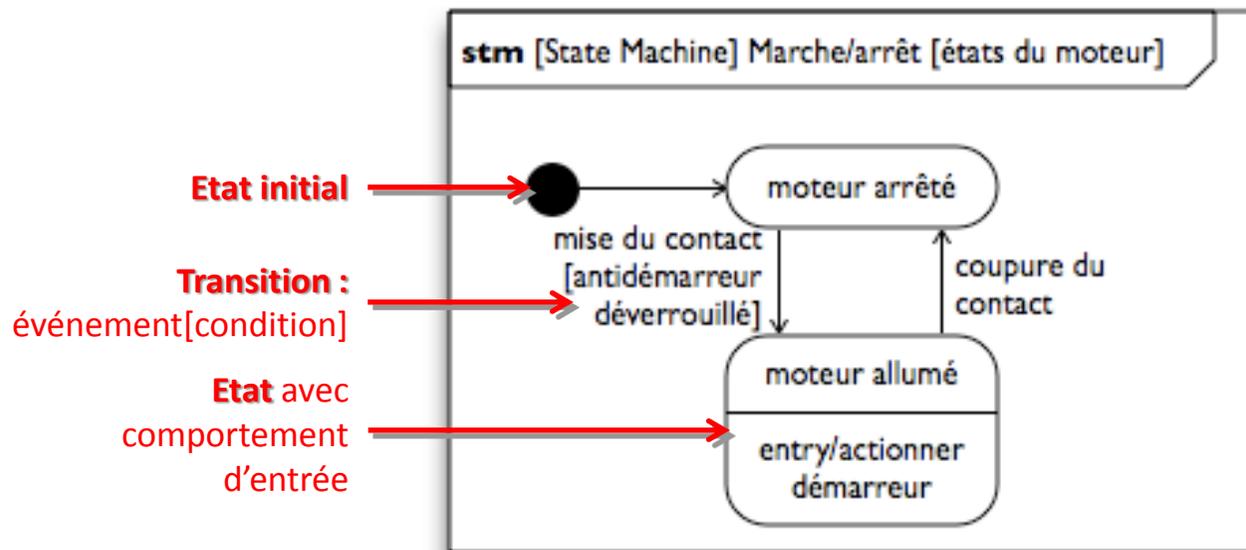
Emission d'un signal : envoie le signal lorsqu'il est activé



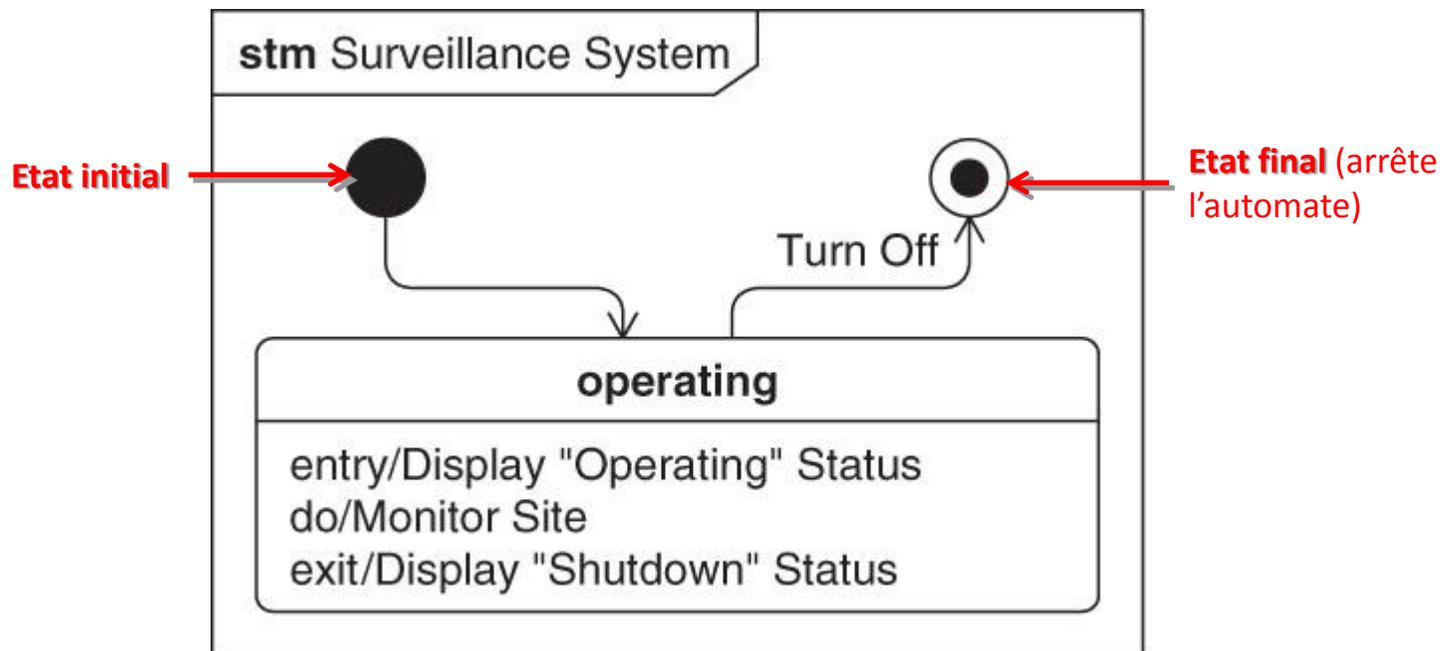
Réception d'un signal : s'active à la réception du signal



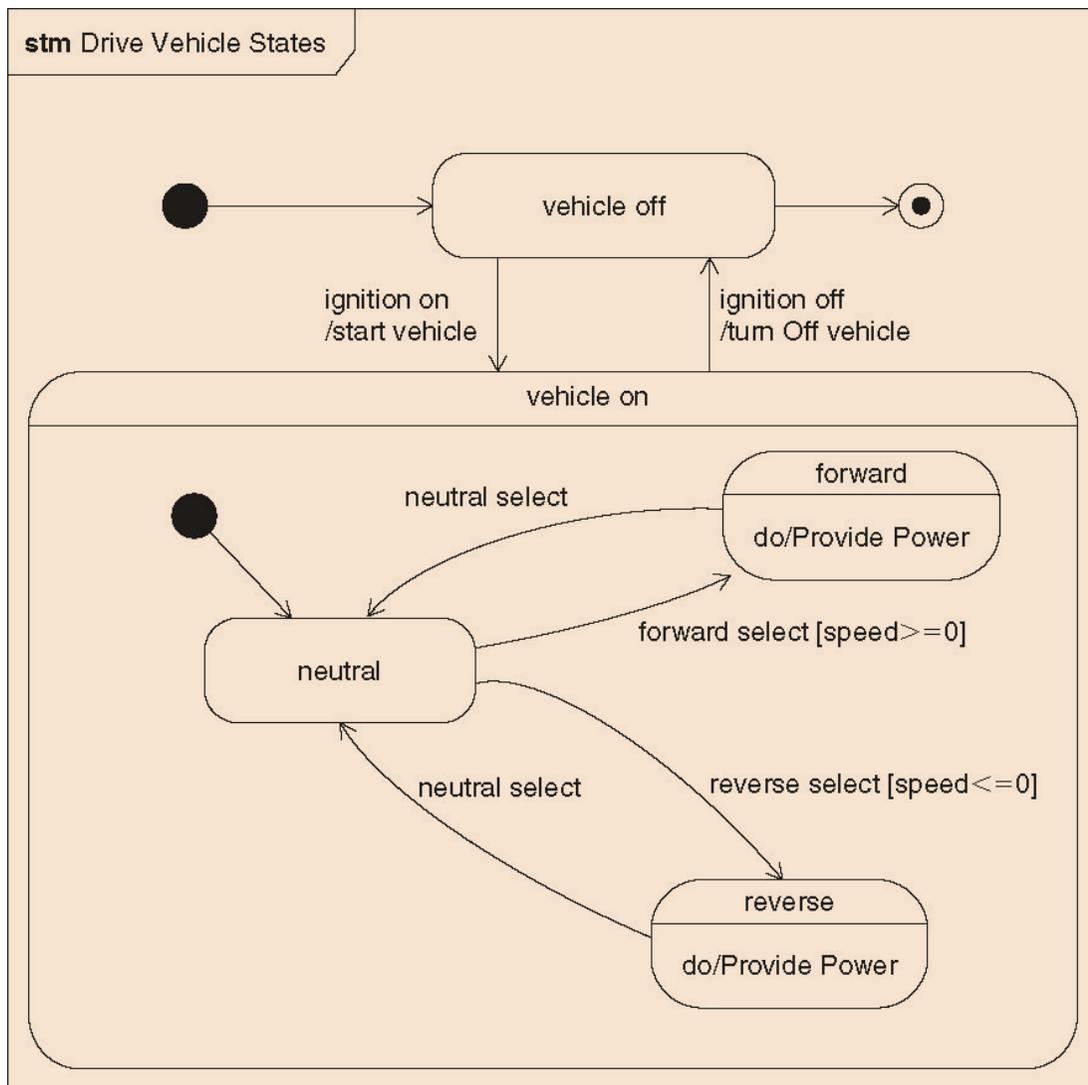
- **Objectif** : modéliser un comportement par
 - des états
 - et des **transitions** activées par des événements.
- **Automate fini** (*state machine*), **simulable**



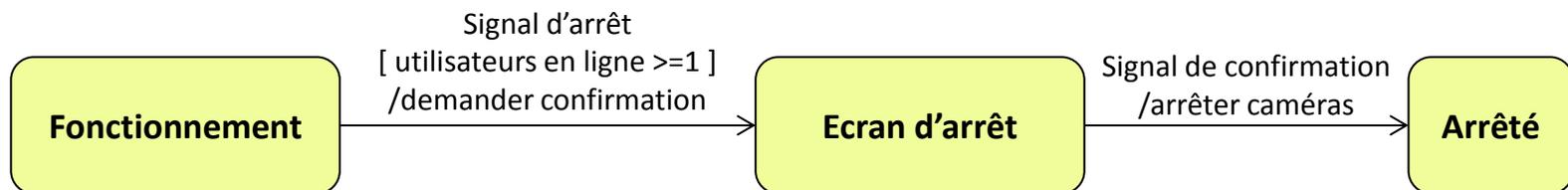
- **Etat** : étape reproductible de la vie d'un composant
 - **exclusive** (un seul état actif à la fois)
 - munie de **comportements** (entrée, phase active, sortie)



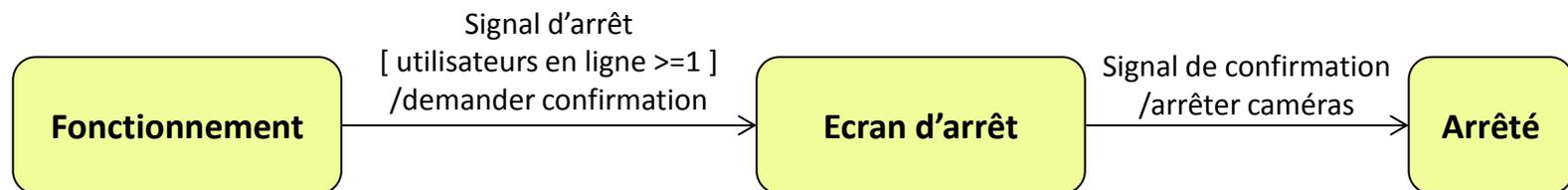
- **Etats composés :**
 - contiennent un **autre automate**
 - avec **état initial**
 - **sans état final !**



- **Transitions** : régissent les changements d'état
- Franchies lorsque :
 - un **événement déclencheur** se produit...
 - ... et qu'une **condition de garde** est vraie...
 - ... le franchissement déclenche alors une **action**
- **Notation** : événement [condition] / action



- **Quelques événements :**
 - émission/réception d'un **signal**
 - **changement** d'une grandeur : `when (x>0)`
 - condition **temporelle** : `after (60s)` ou `at (13:00)`
- **Condition de garde** : expression booléenne
- **Action** : comportement (activité, automate...)



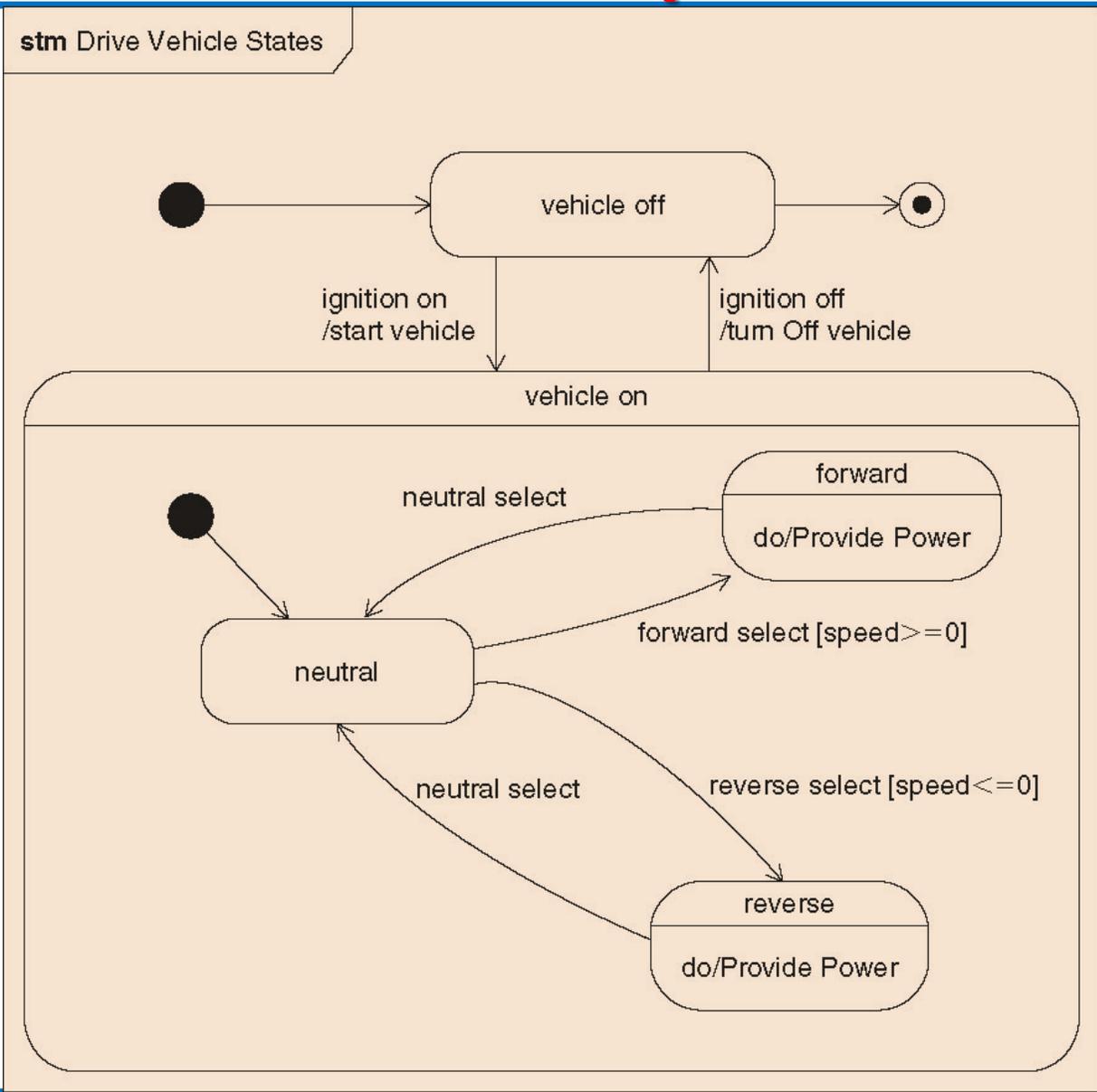
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

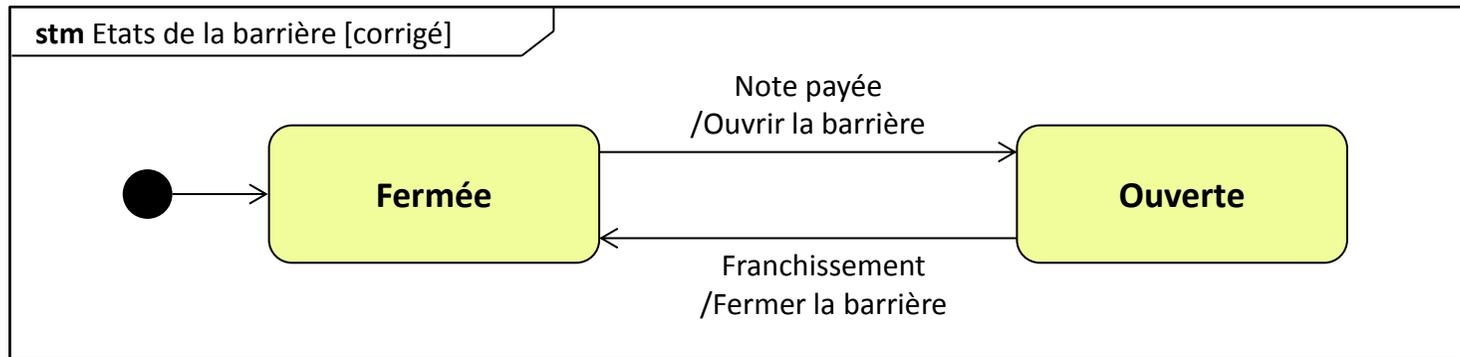
La modélisation
structurelle

La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes

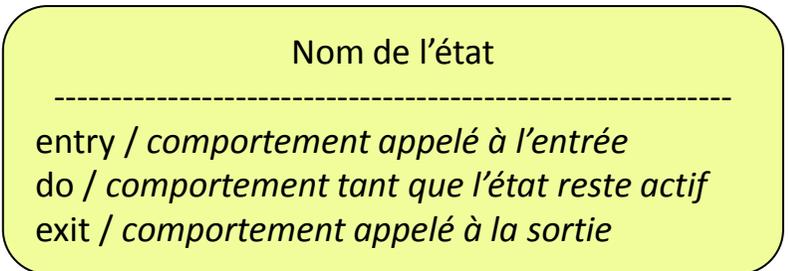


- Construire un diagramme d'états pour la barrière de parking selon les règles suivantes :
 - la barrière est initialement **Fermée** ;
 - lorsque l'événement **Note payée** se produit, un comportement **Ouvrir la barrière** est appelé, et la barrière est alors supposée **Ouverte** ;
 - lorsque l'événement **Franchissement** se produit, un comportement **Fermer la barrière** est appelé, et la barrière est alors supposée **Fermée**.



- **Variante possible** : utiliser des comportements de sortie...
- ... mais pas des comportements d'entrée (à l'état initial, cela appellerait **Fermer la barrière** alors que celle-ci est supposée déjà fermée !)

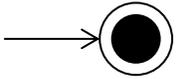
- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



événement [condition] / action



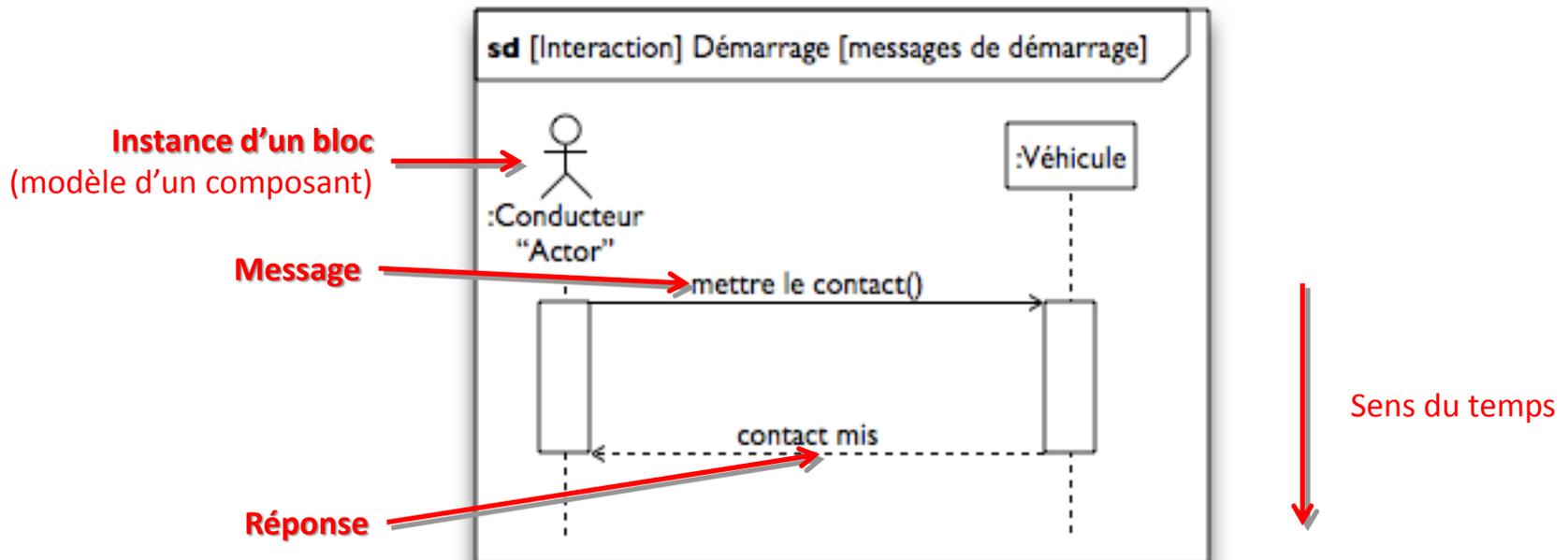
Etat initial : actif au démarrage de l'automate



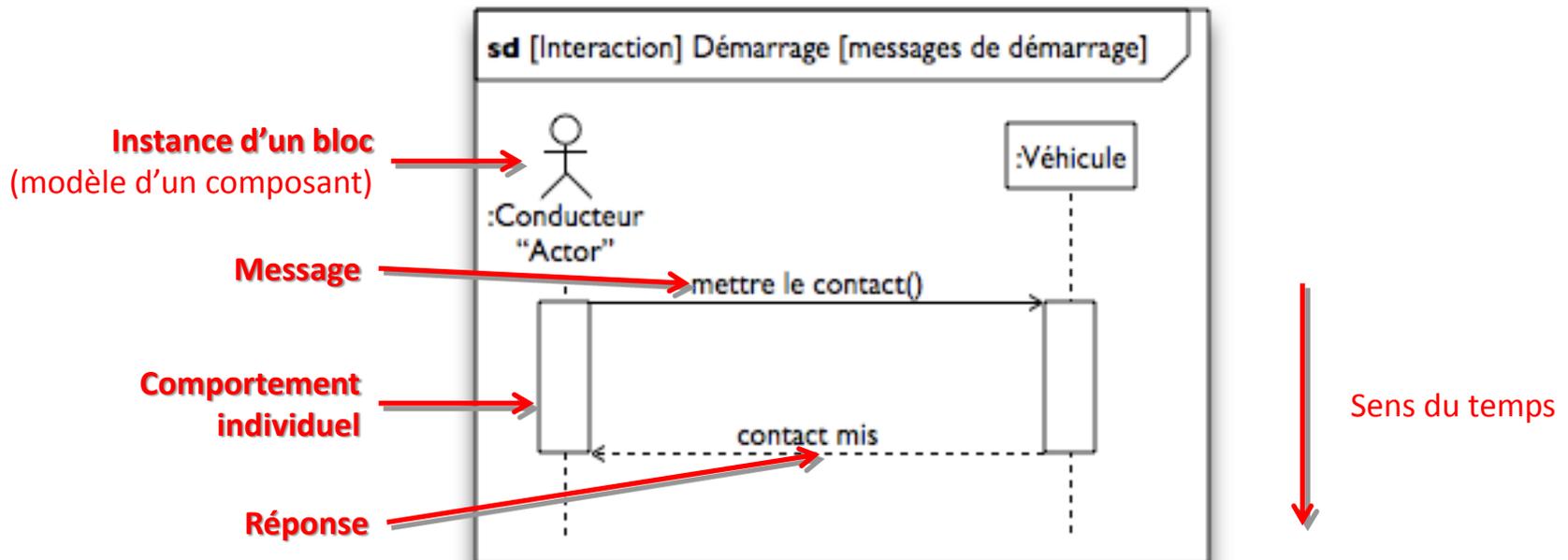
Noeud final : arrête l'automate



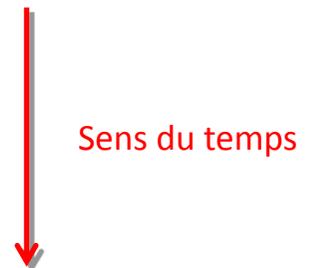
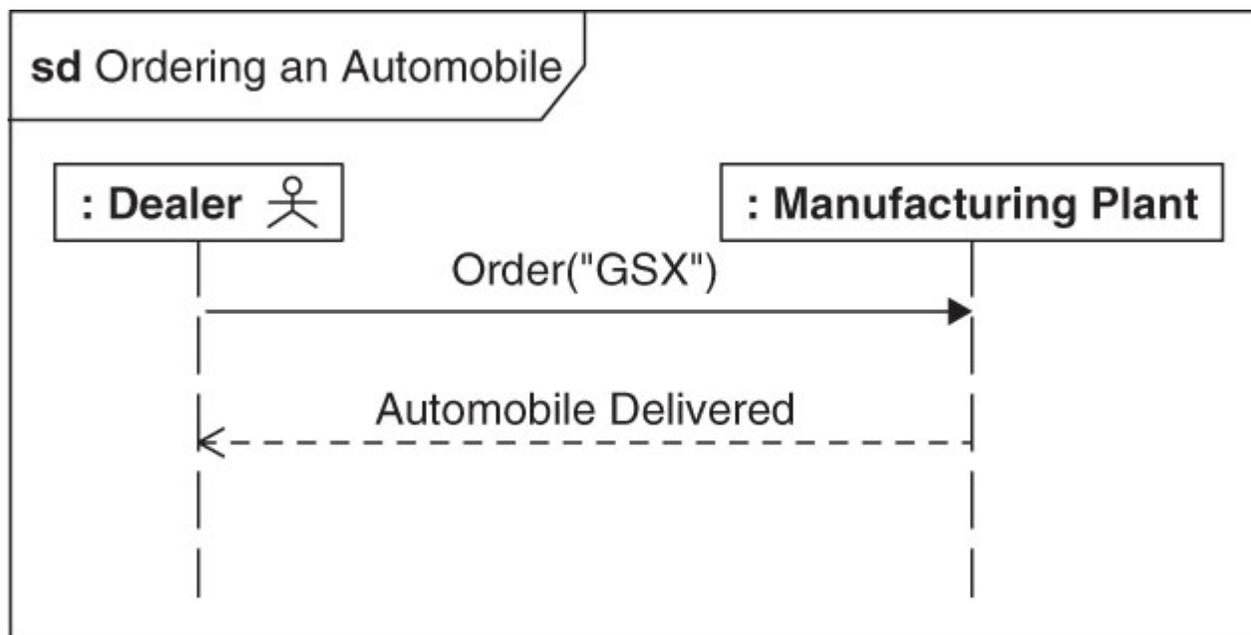
- **Objectif** : décrire les **interactions** entre composants
 - dans l'ordre **chronologique**
 - par des **messages** (appel d'un comportement chez le destinataire)
 - sans détailler les comportements individuels



- **Objectif** : décrire les **interactions** entre composants
 - dans l'ordre **chronologique**
 - par des **messages** (appel d'un comportement chez le destinataire)
 - sans détailler les comportements individuels



- Représentent la « **vie** » d'une **instance d'un bloc** :
 - **nom de l'instance** (nom du rôle:Nom du bloc)
 - **ligne** interrompue verticale



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

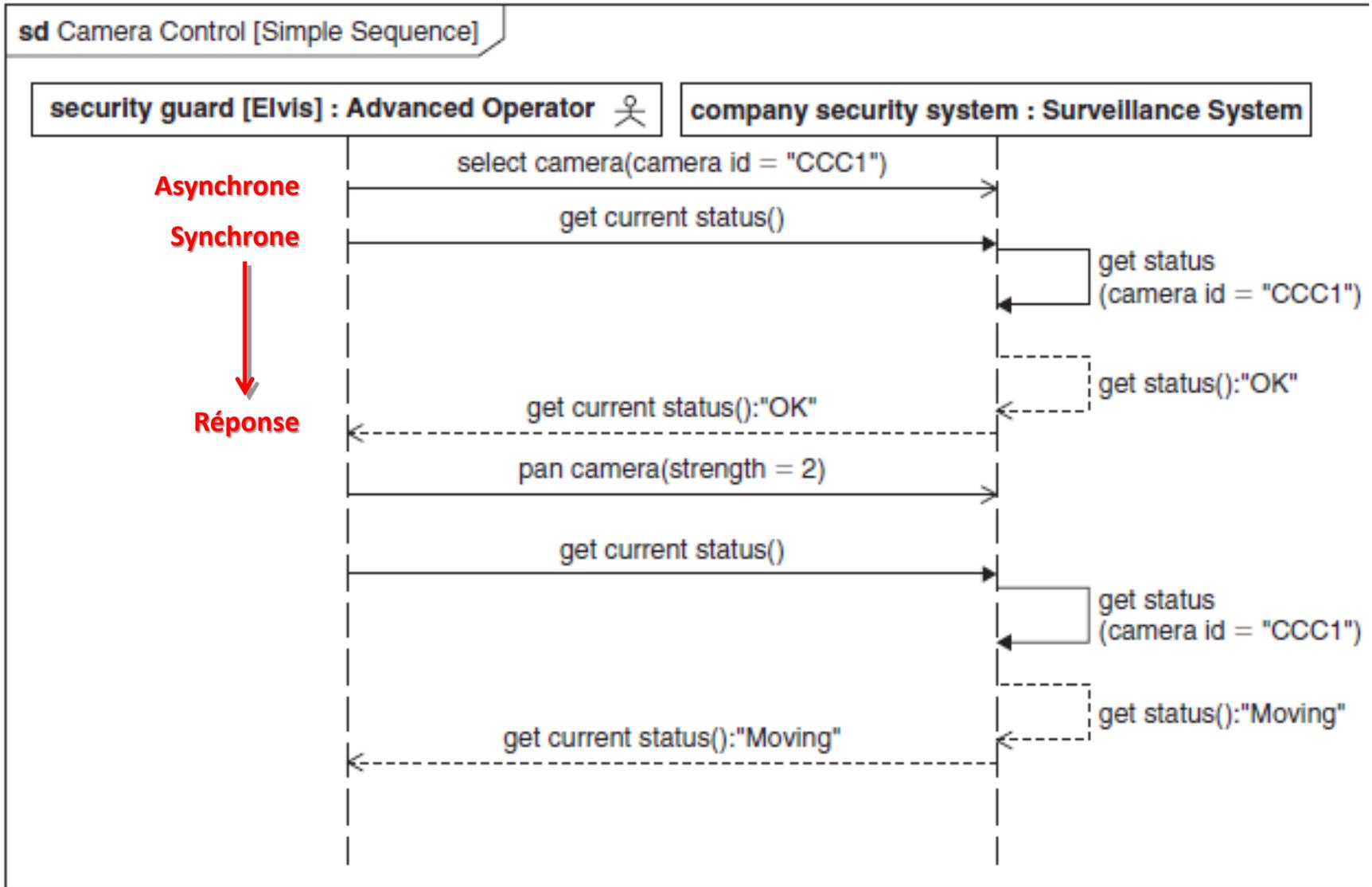
Les relations entre diagrammes

- **Appel d'un comportement** chez le destinataire
 - **signaux** (cf. activités) ou **opérations** (non présentées ici)

- **3 catégories :**

- **synchrones** : l'expéditeur attend une réponse 
- **asynchrones** : l'expéditeur n'attend pas 
- **réponses** 

- **Messages réflexifs** : interactions internes 



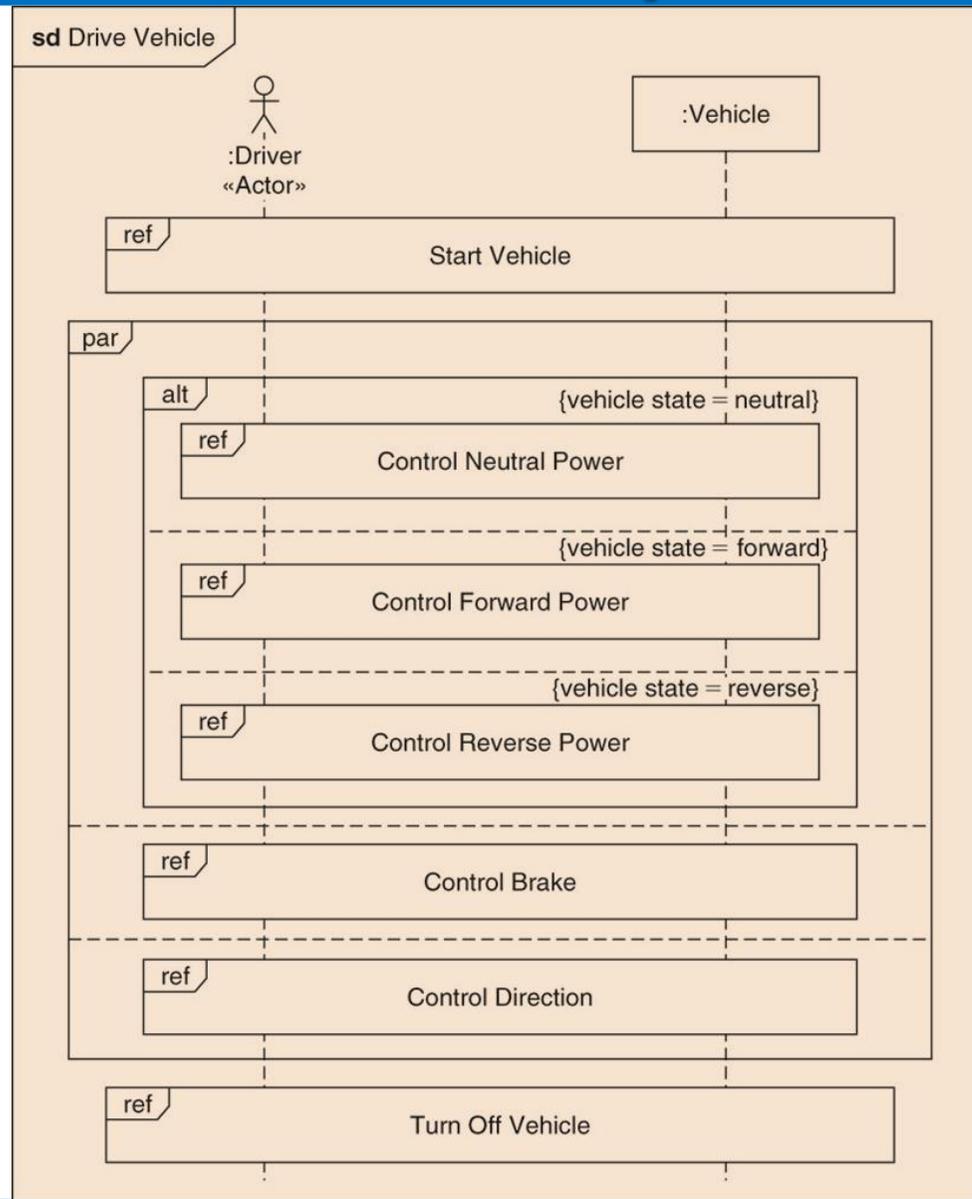
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

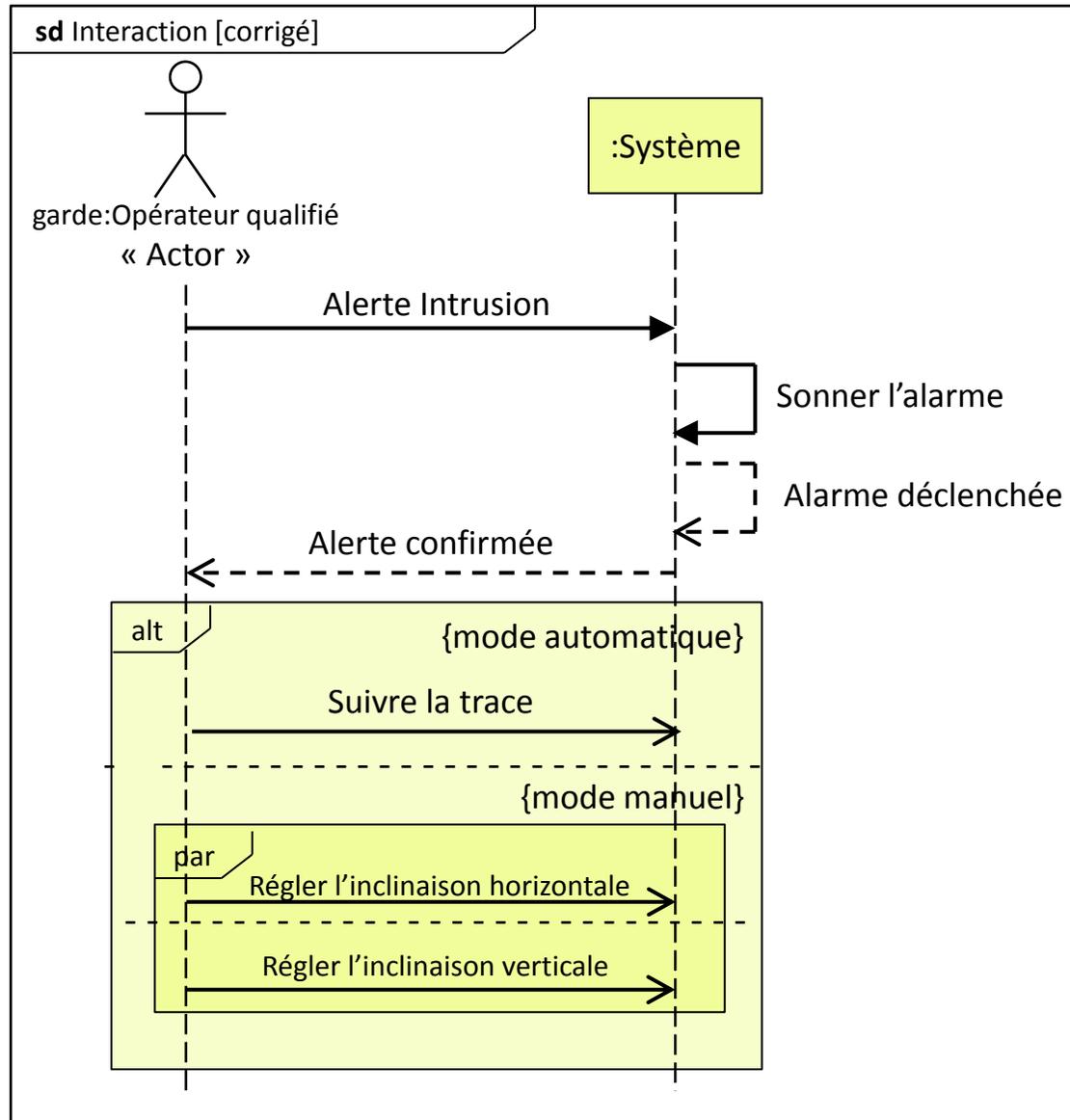
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



- Construire un diagramme de séquence représentant l'interaction suivante entre un acteur de type (bloc) **Opérateur Qualifié** ayant le rôle de **garde**, et le **:Système** :
 - le **garde** envoie une **Alerte Intrusion** au **:Système** et attend confirmation ;
 - le **:Système** déclenche une interaction interne synchrone **Sonner l'alarme**, obtient une confirmation interne **Alarme déclenchée**, puis répond **Alerte confirmée** au **garde** ;
 - ensuite :
 - si l'on est en **mode automatique**, le **garde** envoie un message **Suivre la trace** au **:Système**, sans attendre de réponse ;
 - si l'on est en **mode manuel**, le **garde** envoie simultanément les messages **Régler l'inclinaison horizontale** et **Régler l'inclinaison verticale** au **:Système**, sans attendre de réponse.

- Les diagrammes
- La modélisation fonctionnelle
- La modélisation structurelle
- La modélisation comportementale
- Les relations entre diagrammes



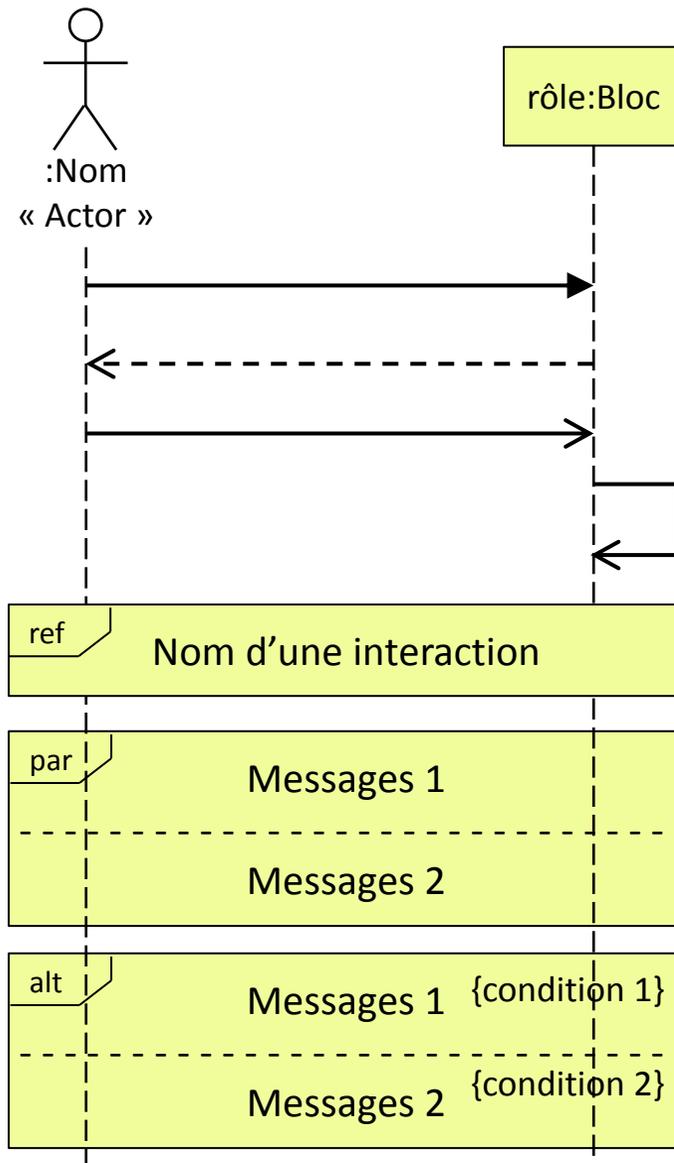
Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



Message synchrone (qui demande une réponse)

Réponse

Message asynchrone (qui ne demande pas de réponse)

Message réflexif asynchrone (interaction interne)

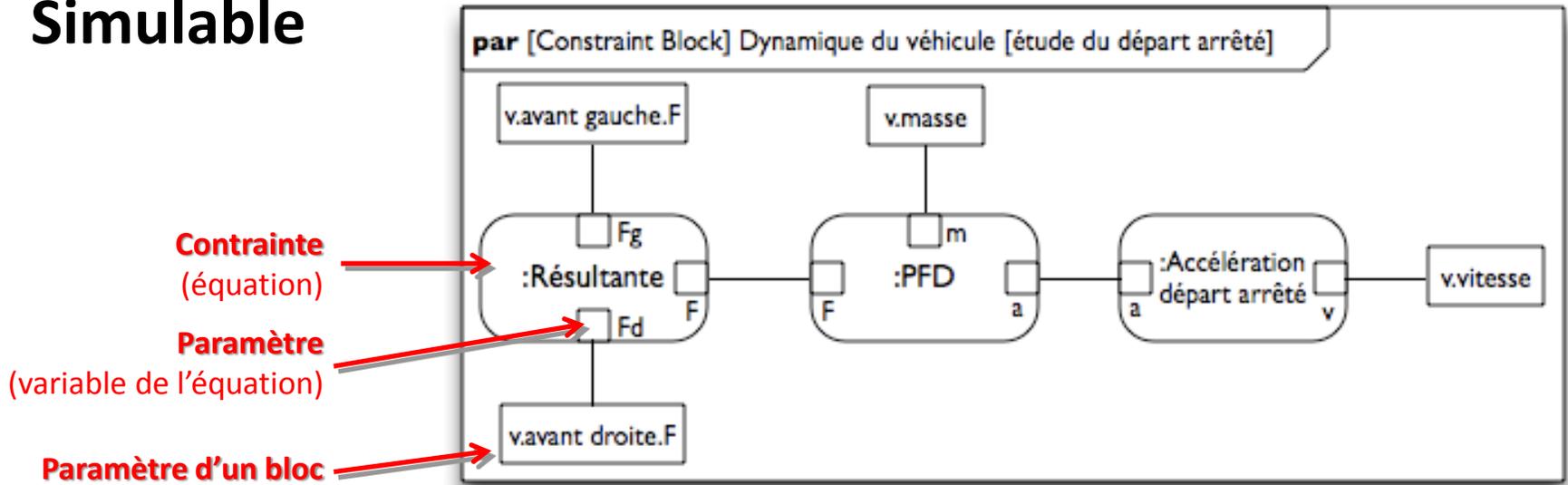
Appel d'une autre interaction
(mêmes participants)

Exécution parallèle
(simultanée)

Branchement conditionnel
(une et une seule des conditions doit être vraie)

- **Objectif** : représenter un **système d'équations** par :
 - **contraintes** : relations mathématiques
 - **paramètres** : variables de ces relations
 - **caractéristiques des blocs**

- **Simulable**



- **Contrainte** : équation, équation différentielle, inéquation...
 - paramètres
 - **relation(s)** entre ces paramètres
- **Classes de contraintes : blocs de contraintes**
 - définis sur un **bdd**
 - s'utilisent comme des blocs

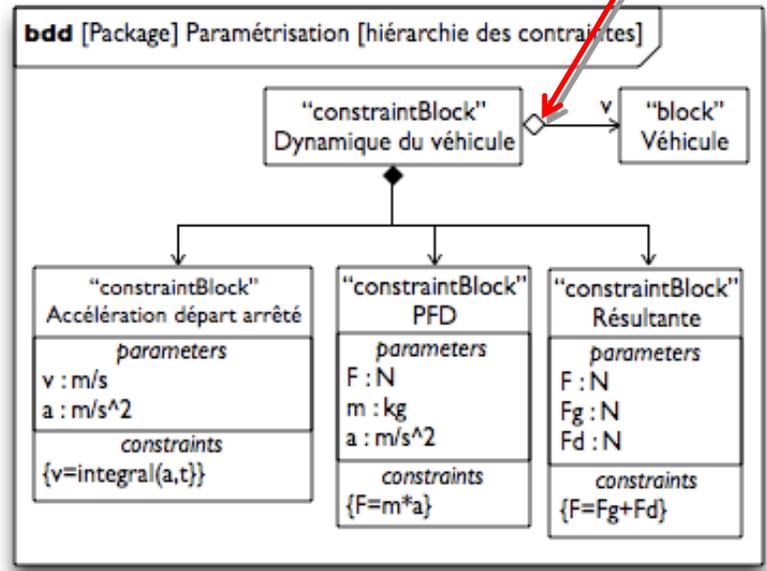
Référence avec rôle
(permet d'utiliser les propriétés du bloc Véhicule)

$$v(t) = \int_0^t a(\tau) d\tau$$

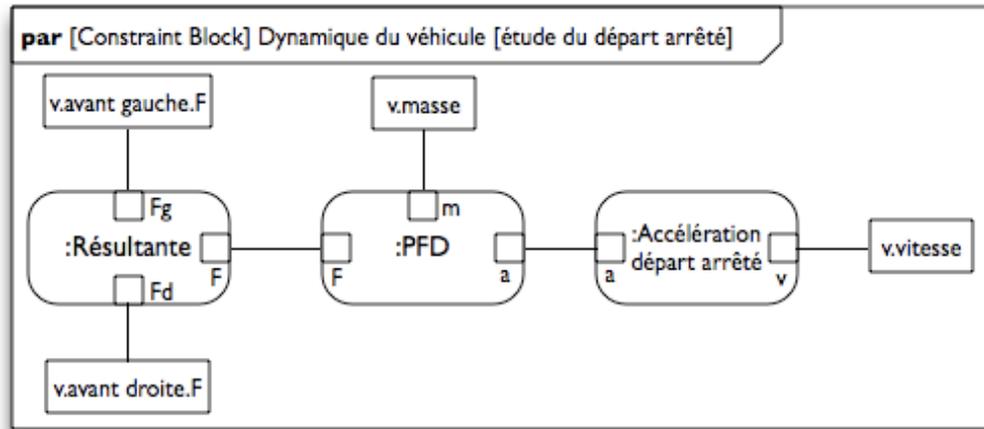
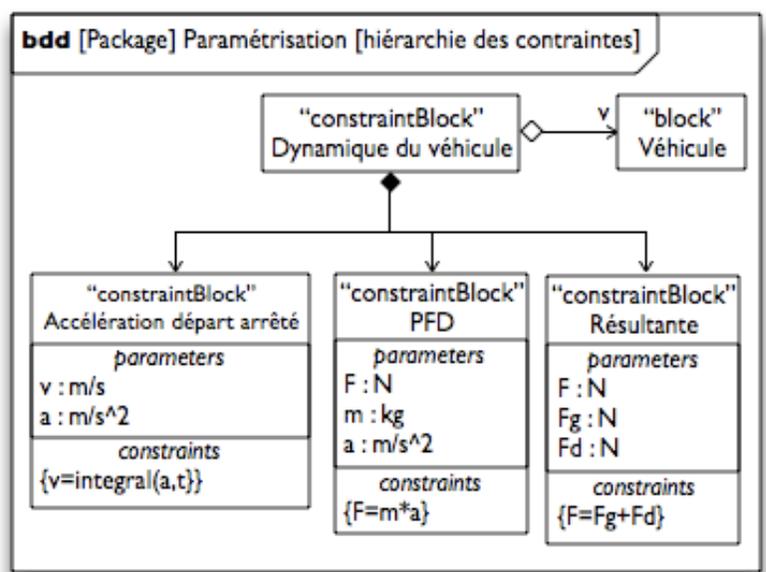
$$F(t) = ma(t)$$



$$F(t) = F_g(t) + F_d(t)$$

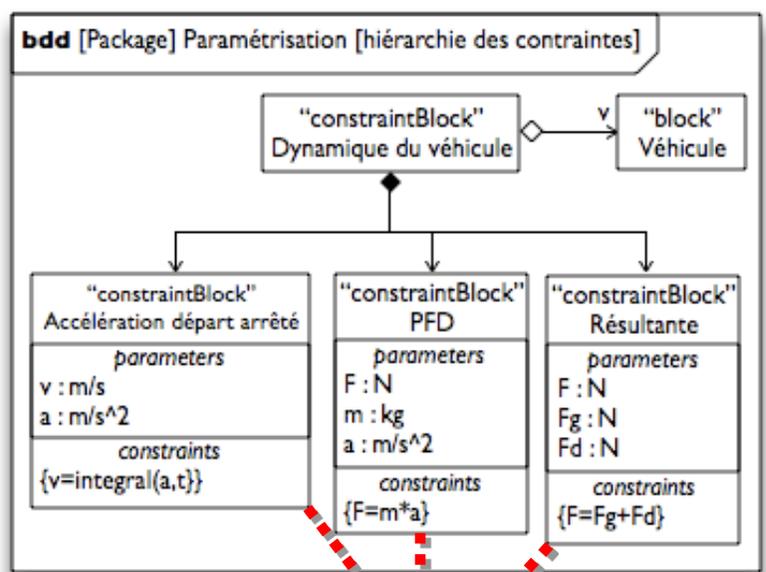


- **Définition sur un bdd...**
 - par classes...
 - avec appartenances...
 - ...rôles, multiplicités...

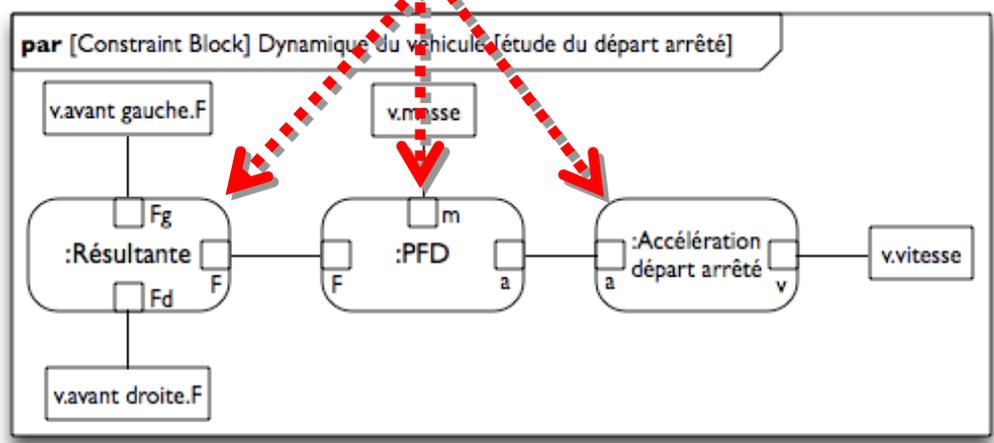


- **Définition** sur un **bdd**...
 - par **classes**...
 - avec **appartenances**...
 - ...rôles, multiplicités...

- **... et usage** sur un **par**
 - **instances** des classes
 - **relations** entre instances
 - relations avec le **reste du modèle**



Instanciation



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

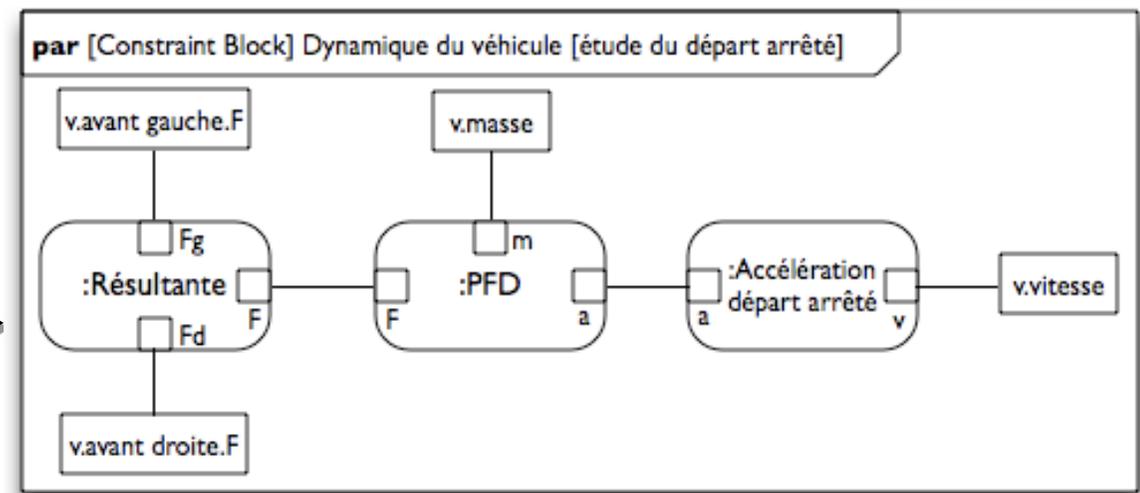
Les relations entre diagrammes

- Composition du diagramme paramétrique :
 - **instances** des blocs de contraintes ;
 - liens entre les **variables égales** ;
 - liens avec les **paramètres des blocs** référencés avec un rôle : nom du rôle.nom du paramètre

$$v(t) = \int_0^t a(\tau) d\tau$$

$$F(t) = ma(t)$$

$$F(t) = F_g(t) + F_d(t)$$



Les diagrammes

- Renseigner les valeurs numériques
- Exporter vers un logiciel de simulation
- Simuler !

La modélisation fonctionnelle

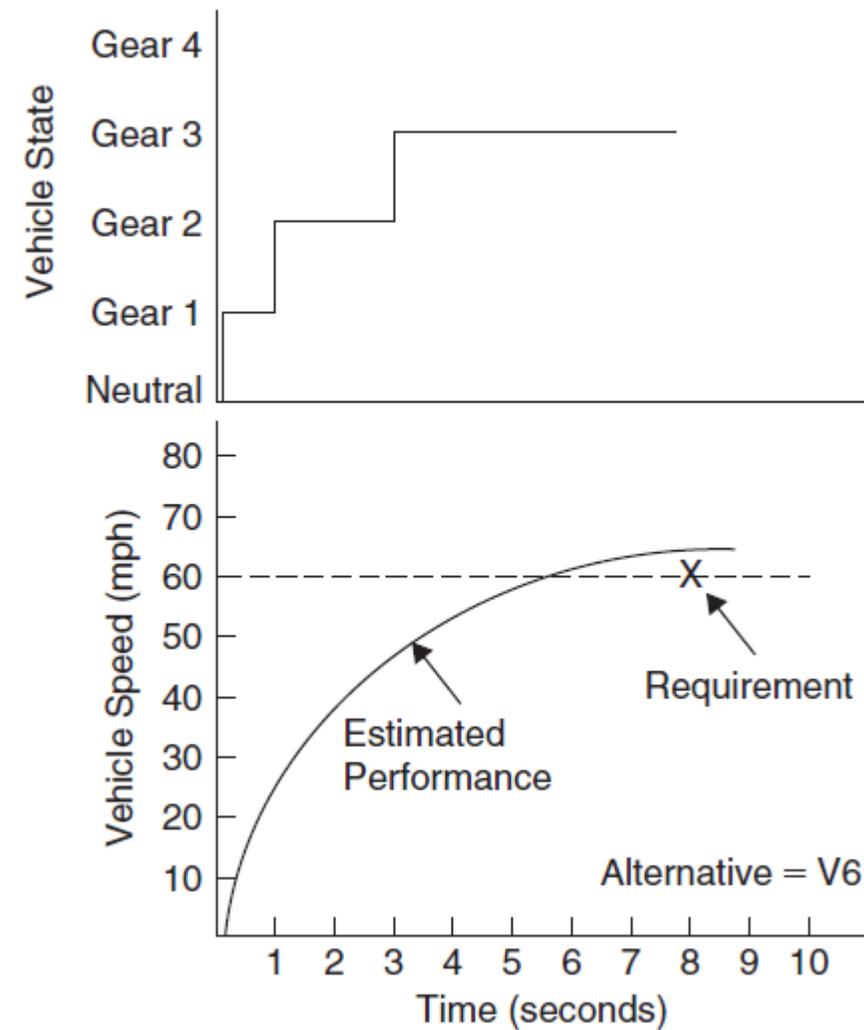
La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



tim Vehicle Performance Timeline



Les diagrammes

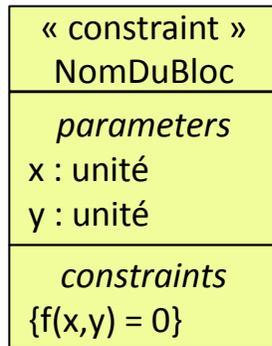
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

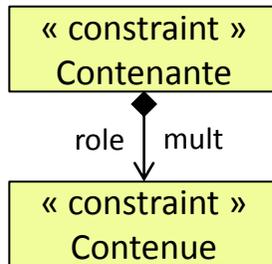
La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

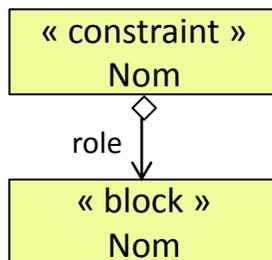
Définition (dans un bdd)



Définition d'un bloc de contrainte avec deux **paramètres** et une **contrainte** (*ie.* une relation entre ces paramètres)

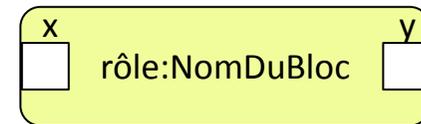


Composition de contraintes avec **rôle** et **multiplicité** éventuels

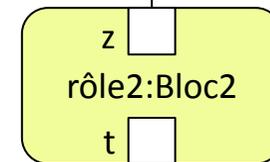
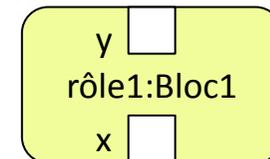


Référence : la contrainte peut utiliser les caractéristiques du bloc

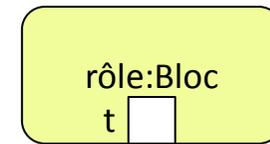
Utilisation (dans un par)



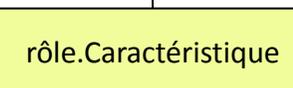
Instance d'un bloc de contrainte



Egalité entre deux paramètres de deux contraintes différentes



Egalité entre un paramètre d'une contrainte et une caractéristique d'une instance d'un bloc



Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

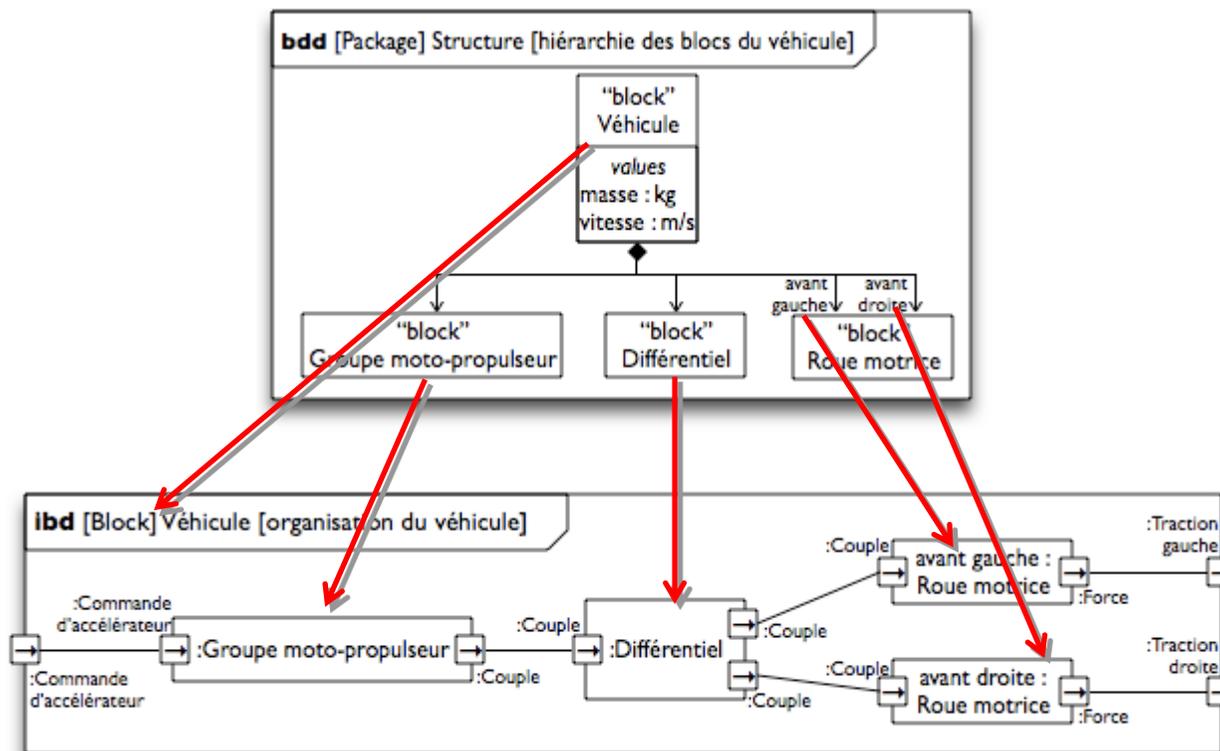
La modélisation
structurelle

La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes

Les relations entre diagrammes

- **3 grands mécanismes :**
 - réutilisation par **nom** (références, instanciations...)
 - **couplages** de comportements (signaux...)
 - **allocations** : relations entre éléments



Les diagrammes

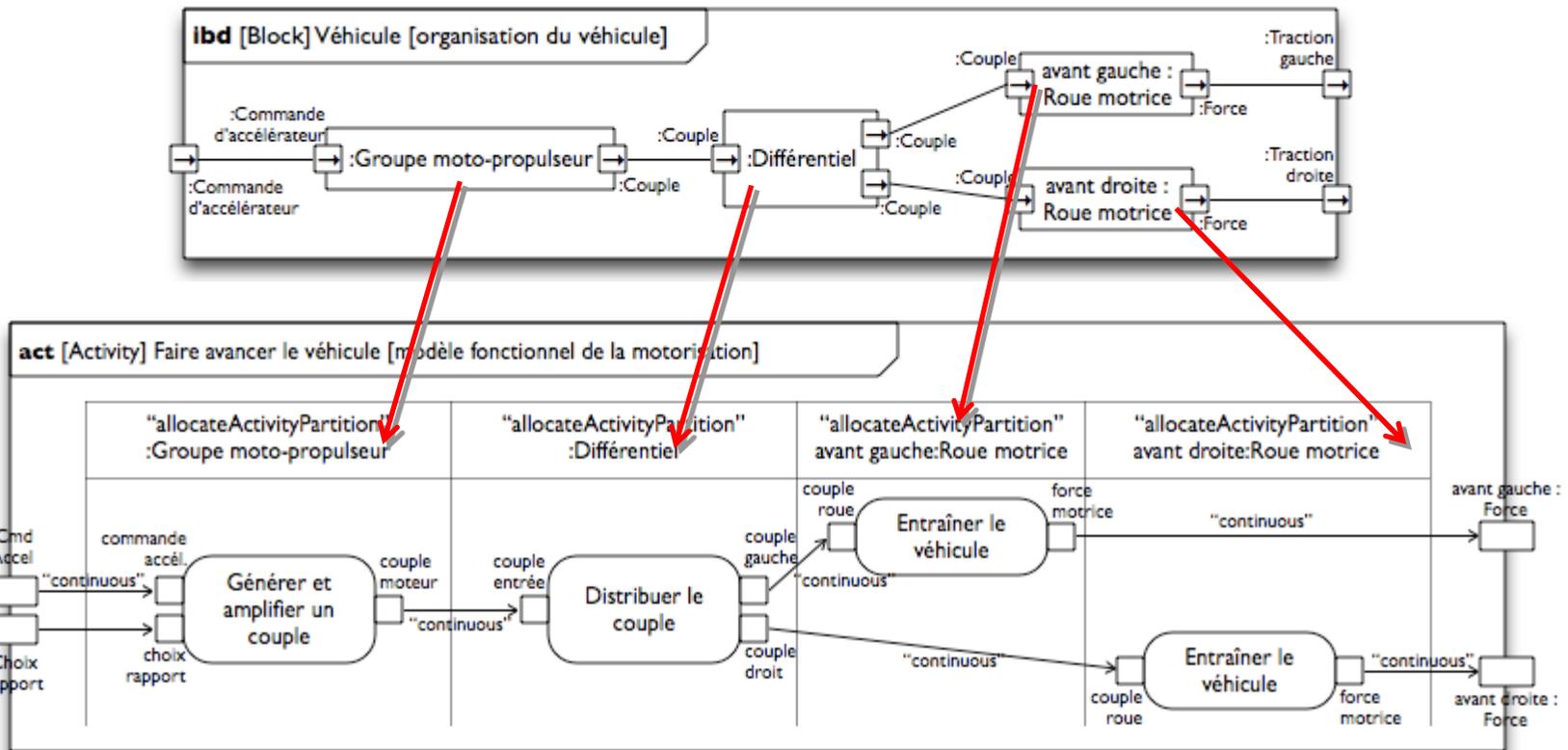
La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes

- **3 grands mécanismes :**
 - réutilisation par nom (références, instanciations...)
 - **couplages de comportements** (signaux...)
 - **allocations** : relations entre éléments



Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes



- **3 grands mécanismes :**
 - réutilisation par **nom** (références, instanciations...)
 - **couplages** de comportements (signaux...)
 - **allocations** : relations entre éléments
- **Exemples d'allocations :**
 - exigences => use cases, composants, comportements
 - logiciels => matériels
 - comportements => composants (*swimlanes*, paramétrique...)

Les diagrammes

La modélisation
fonctionnelle

La modélisation
structurelle

La modélisation
comportementale

Les relations
entre diagrammes



- **Diagrammes fonctionnels :**

- **uc** : use case diagram (*diagramme des cas d'utilisation*)
- **req** : requirement diagram (*diagramme des exigences*)

- **Diagrammes structurels :**

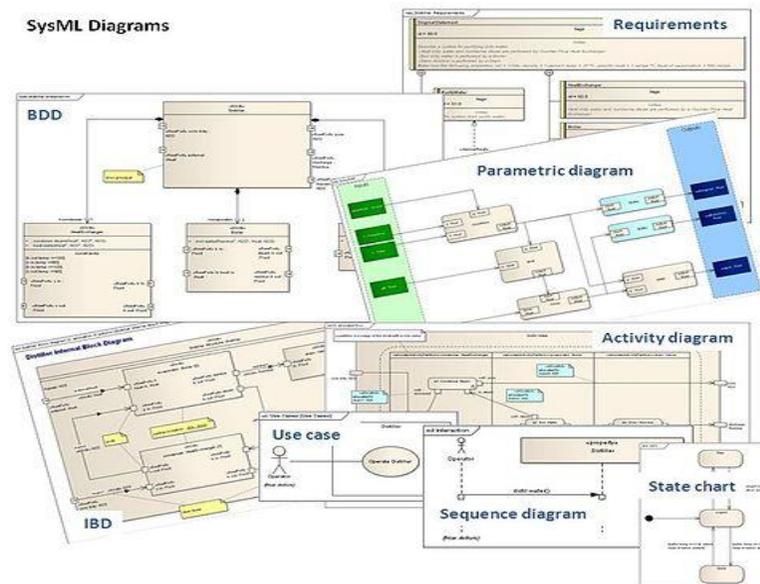
- **bdd** : block definition diagram (*diagramme de définition des blocs*)
- **ibd** : internal block diagram (*diagramme interne d'un bloc*)
- **pkg** : package diagram (*diagramme des paquets*)

- **Diagrammes comportementaux :**

- **act** : activity diagram (*diagramme d'activités*)
- **stm** : state machine diagram (*diagramme d'états*)
- **sd** : sequence diagram (*diagramme de séquence*)
- **par** : parametric diagram (*diagramme paramétrique*)

Systems Modeling Language

SysML



Lionel GENDRE et Jean-Marie VIRELY
ENS Cachan

Les diagrammes

La modélisation fonctionnelle

La modélisation structurelle

La modélisation comportementale

Les relations entre diagrammes