Etudes Innovation Recherche
en Ingénierie Système

Laurent Gasser
laurent.gasser@eiris.fr

SysML
The Language of Systems Engineering

September 14, 2012

EPFL

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Contents

- **Definitions**
- **Core Business**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Definitions : Systems Engineering

Systems Engineering is an interdisciplinary and robust approach for design, realization, and operation of systems.

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Definitions : System

A System is a set of interacting elements, organized for a purpose, in a given environment, which evolves over its entire life.

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Definitions : System Architect

The System Architect organizes the leading perspectives, evaluates choices, and assumes the technical responsibility during the system design.

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Contents

- **Definitions**
- **Core Business**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Core Business : System Thinking

- **Science proceeds by the Cartesian Decomposition**
  System Thinking better deals with complexity

Cartesian Decomposition	System Thinking
Divide and Conquer	Grasp in an extensive view
Isolate	Associate
Study the nature of interactions	Study the effect of interactions
Vary by a single parameter	Vary by parameter groups
Validate by theory	Validate by reference to reality
Investigate for facts	Investigate for relevance
Confined in a single discipline	Multi-, trans-disciplinary

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Core Business : Concerns

- **Systems Engineering deals with**
  - Finality
  - Environment
  - Behavior
  - Structure
  - Evolution

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Core Business : Complexity

- **Complexity is not equal to complication**

Double pendulum
500 EUR

1 function

©www.pendcon.de

©www.qwiki.com

Philippe Patek caliber 89
5,12 MioCHF (Nov.14, 2009)

33 functions

©Patek Philippe

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Core Business : Emergence

- **The function of an electric motor : « rotate »**

©www.bison.com

- **Which from rotor or stator performs it? Both together!**
- **The function « rotate »**
  - cannot be decomposed
  - comes from the interaction of several components
  - emerges at the motor level

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Contents

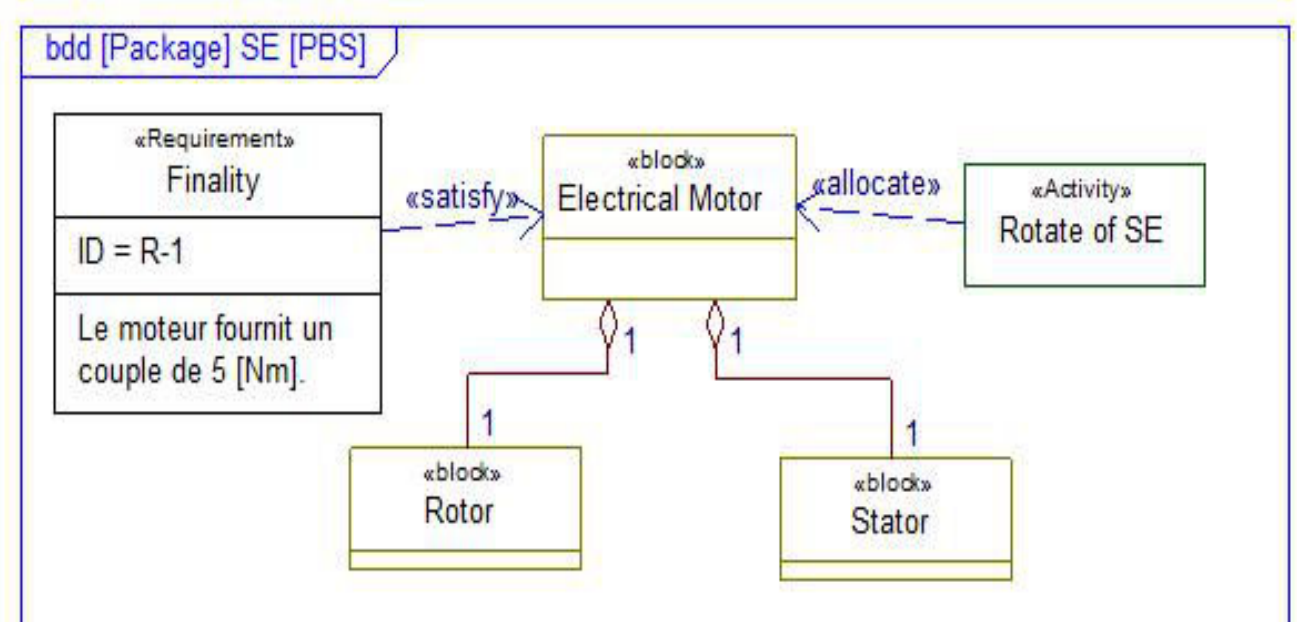
- **Definitions**
- **Core Business**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

- **Understand the Problem (Black Box)**
  - Identify external interfaces and operational scenarios → step out
  - Define what makes a solution → acceptance criteria
- **Propose a solution (White Box)**
  - Justify functional and physical architectures → internal interfaces
  - Validate continuously with stakeholders
- **Check the solution against the contract (verification)**
  - Integrate accepted components → qualify the system
  - Record deliveries in the repository

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Tools : Semantic Models



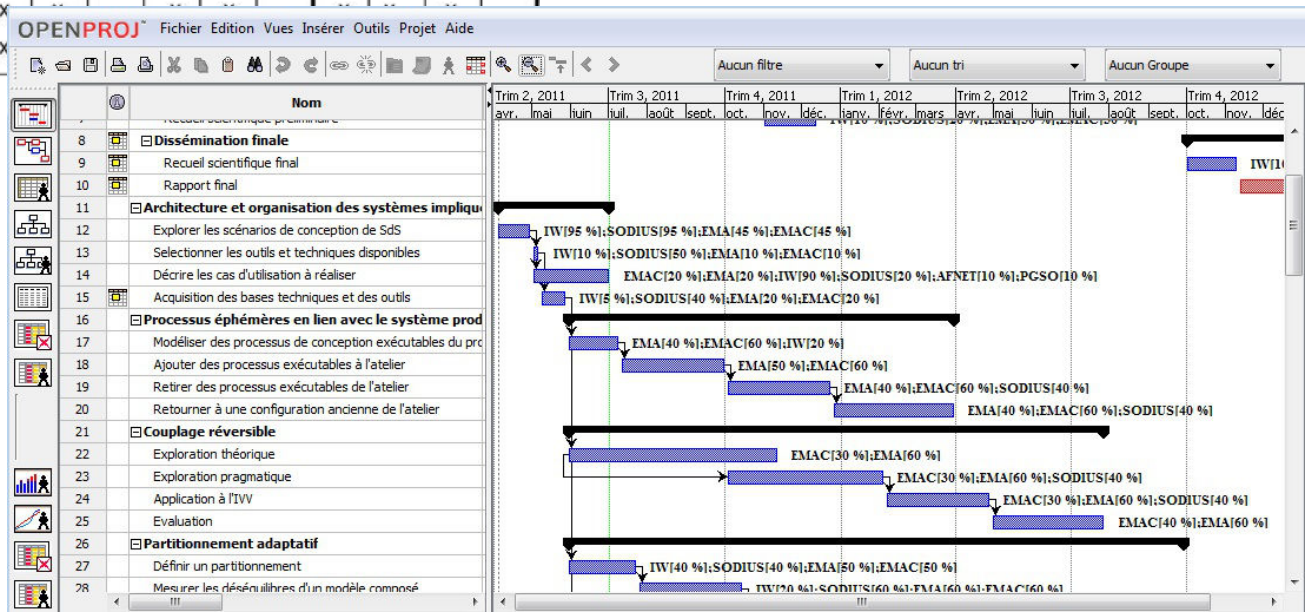
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Tools : Dependency Relationships

Requirements	Subsystems					Layers						Tiers			
	Administration	Publishing	Scheduling	Expenses	KPI Dashboard	Presentation	User Interface	Business Logic	Data Access	Services	Persistence	Client	Web	Application	Data
SR 1.1		x				x	x	x	x		x	x	x	x	x
SR 1.2		x				x	x	x	x		x	x	x	x	x
SR 1.3		x						x	x	x	x			x	x
SR 2			x			x	x	x		x		x	x	x	
SR 3			x			x	x	x		x		x	x	x	
SR 4				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SR 5					x	x									
SR 6	x					x									

©www.wordcrosswalk.com

Assigned by allocation (resource on task, function on component...)

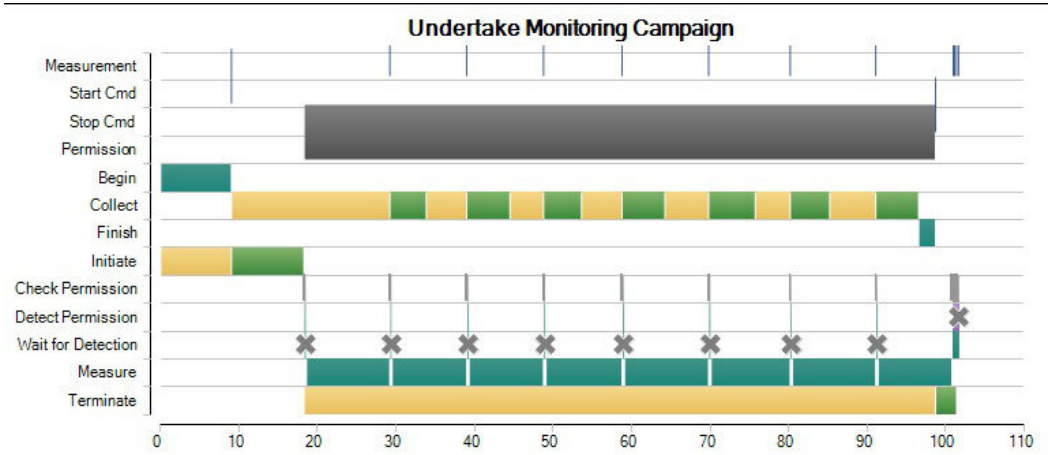


Impact by propagation (control of evolutions)

laurent.gasser@eiris.fr

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

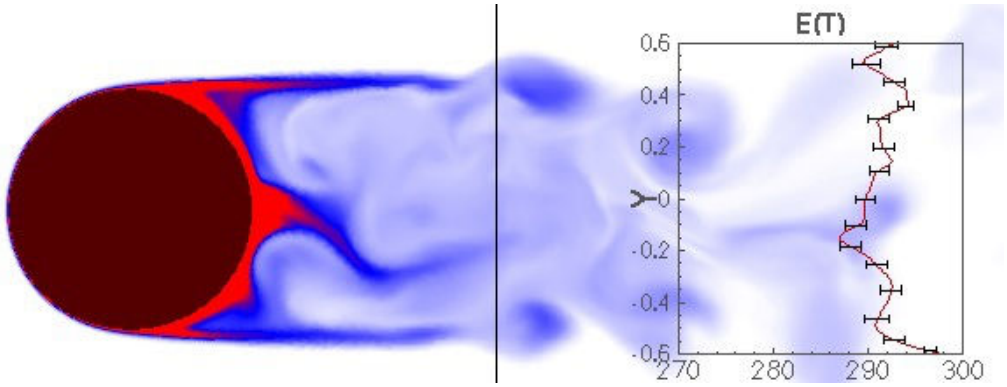
Tools : Simulation



©SODIUS

Cyclic discrete task
submitted to permission

Hot cylinder
in a turbulent flow



©Constantine, Doostan, Iaccarino

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Contents

- **History**
- **Process Coverage**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

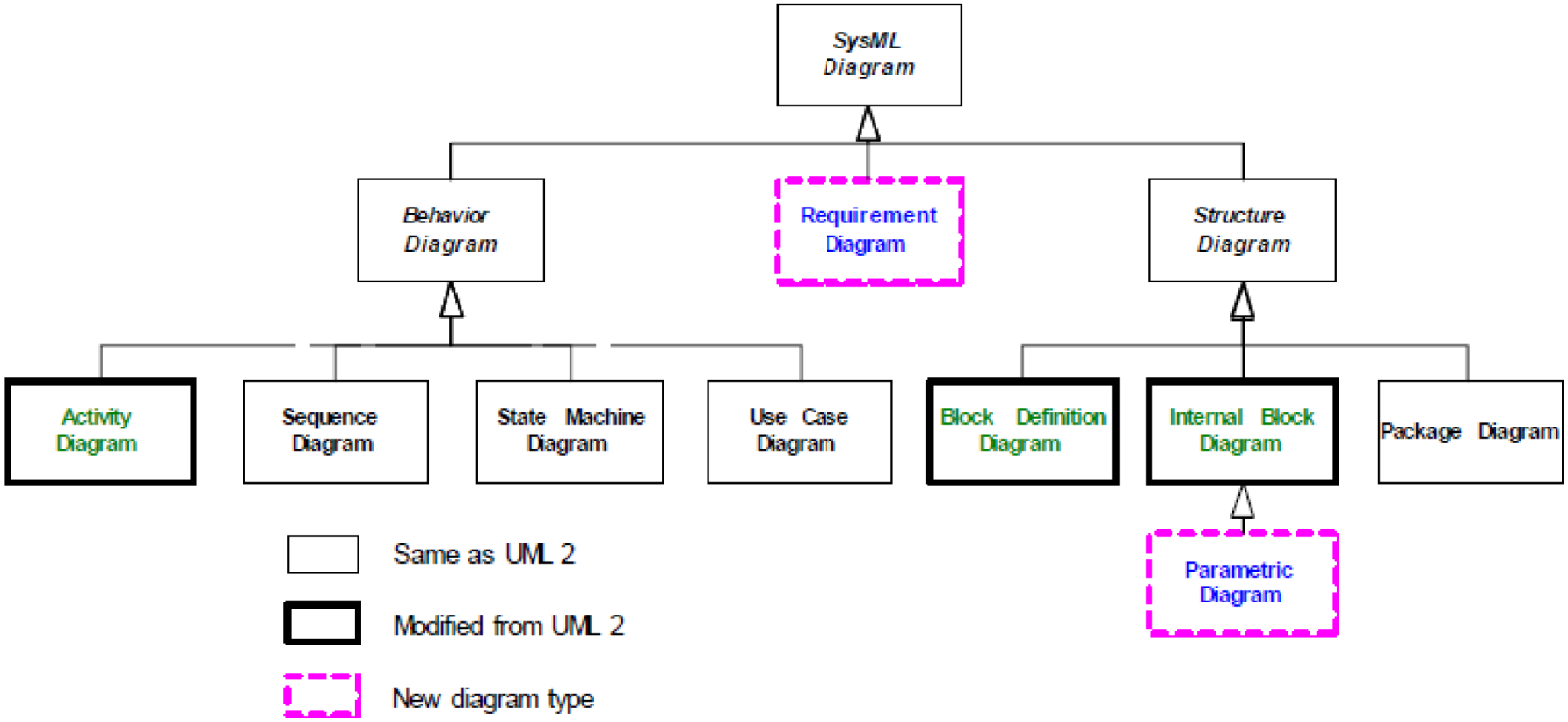
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

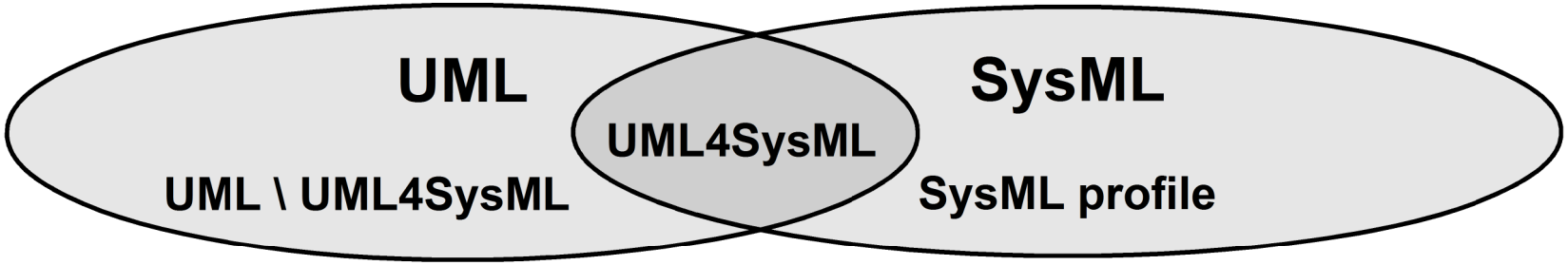
SysML : History

- **As far as we go, engineers have used models**
  - From early Leonardo da Vinci drawings to eFFBD, SADT, APTE, Bond Graphs, SDL, Modelica...
- **Software Engineers went through the object oriented unification with UML (version 1.1 in 1997)**
- **« UML for Systems Engineering RFP », document number ad/2003-03-41 by OMG and INCOSE**
- **was first issued in September 1, 2007**

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Coverage





© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

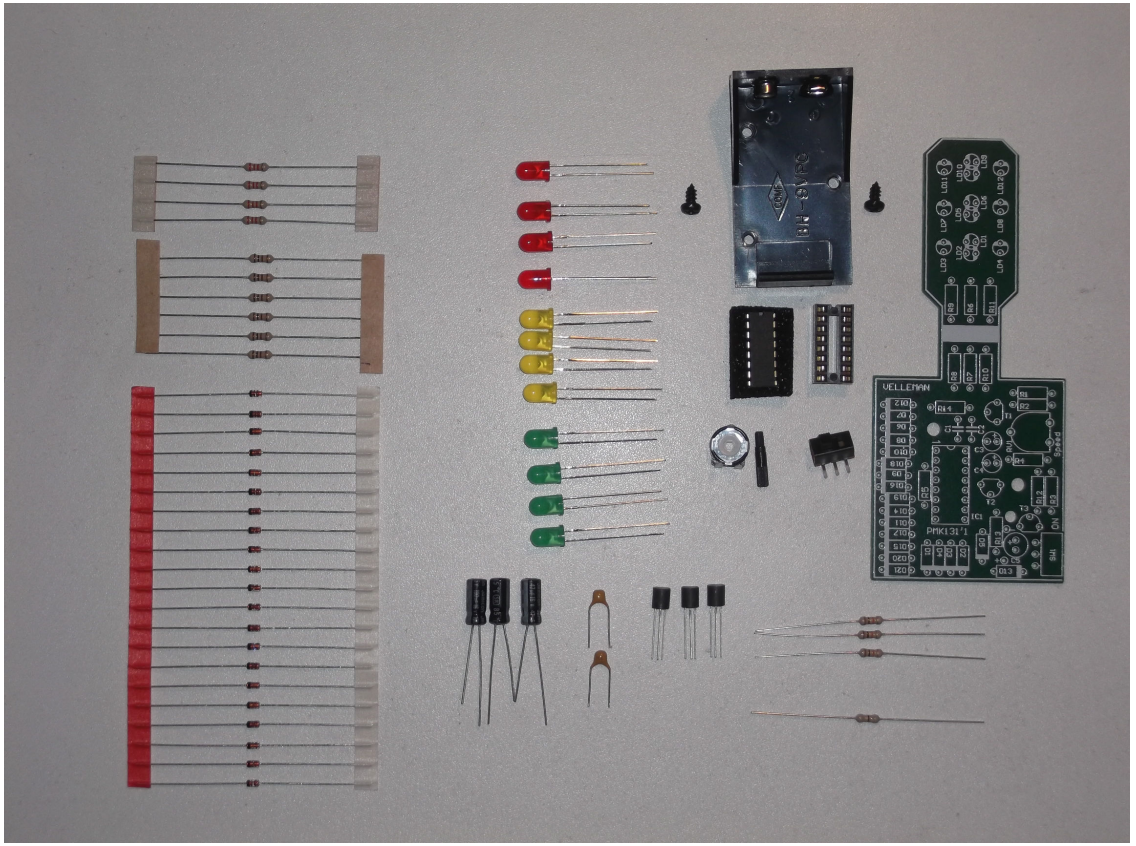
Contents

- **History**
- **Process Coverage**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Traffic Lights as Example

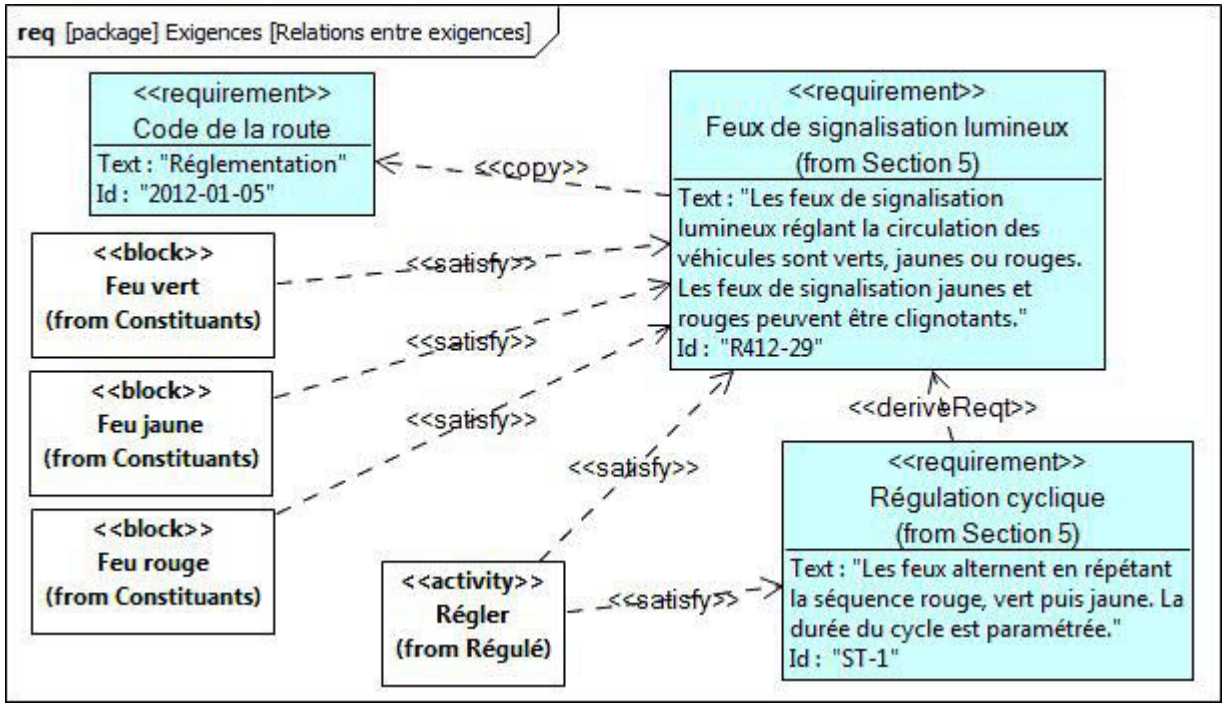
©Krömm Group



©velleman-kit

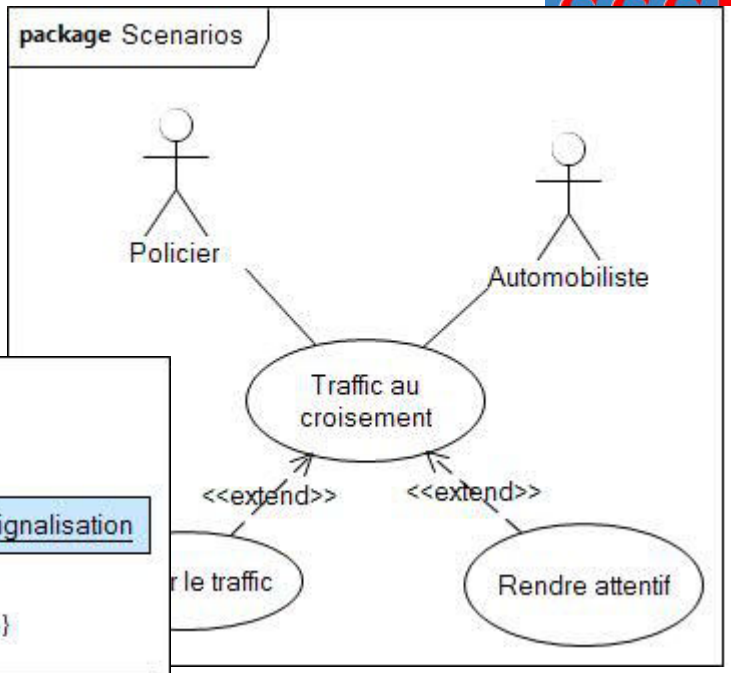
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

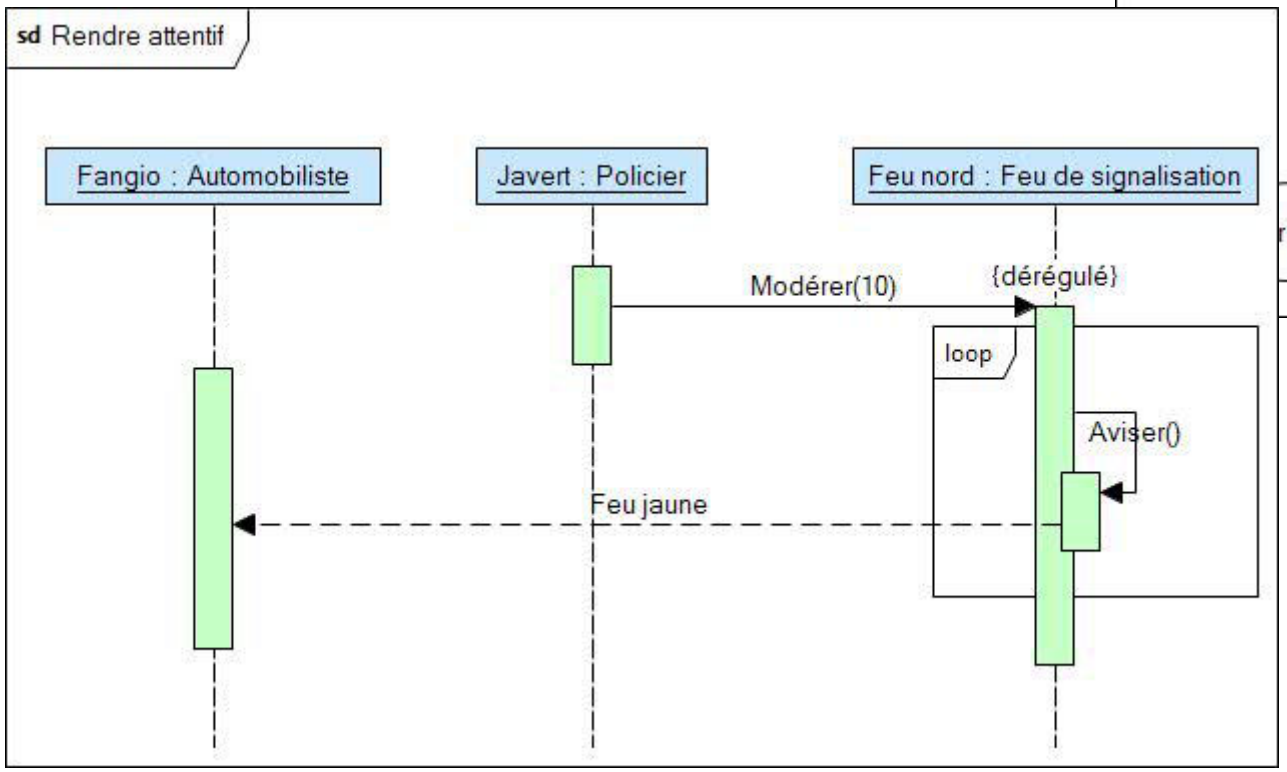
- **Requirements as text, with many relationships**
  - copy, deriveReqt, refine, satisfy, verify, ...



© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

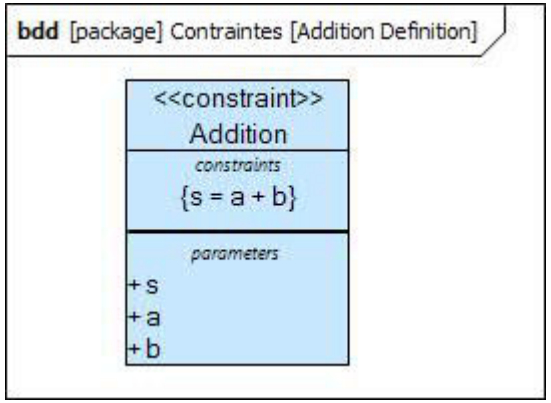
- **Identified use cases give scenarios and algorithms**

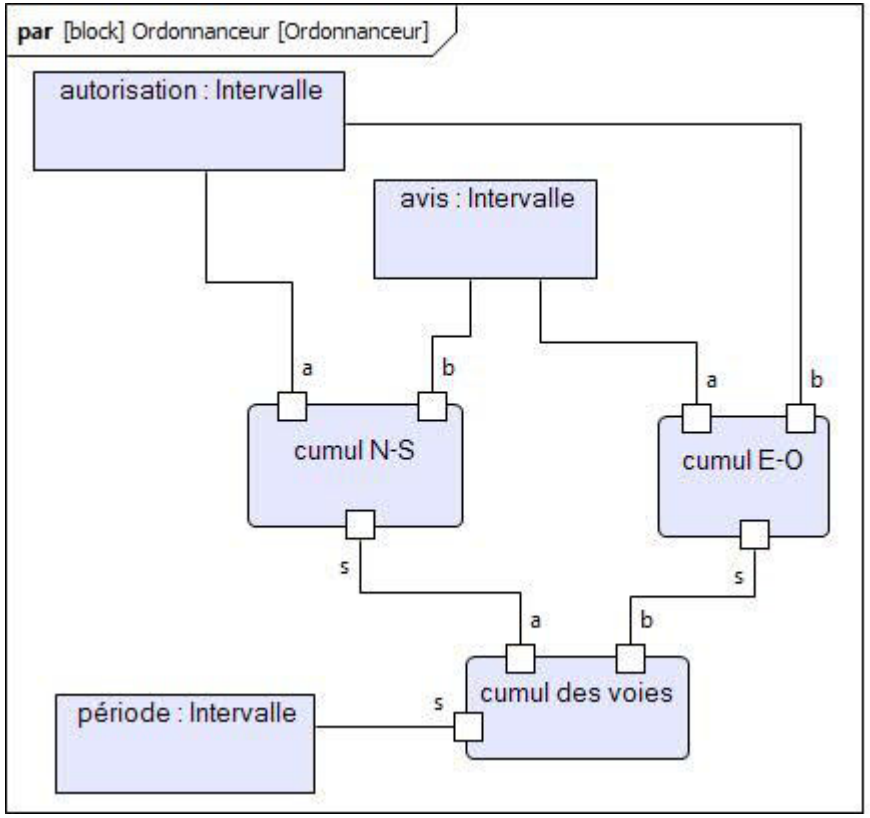




© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

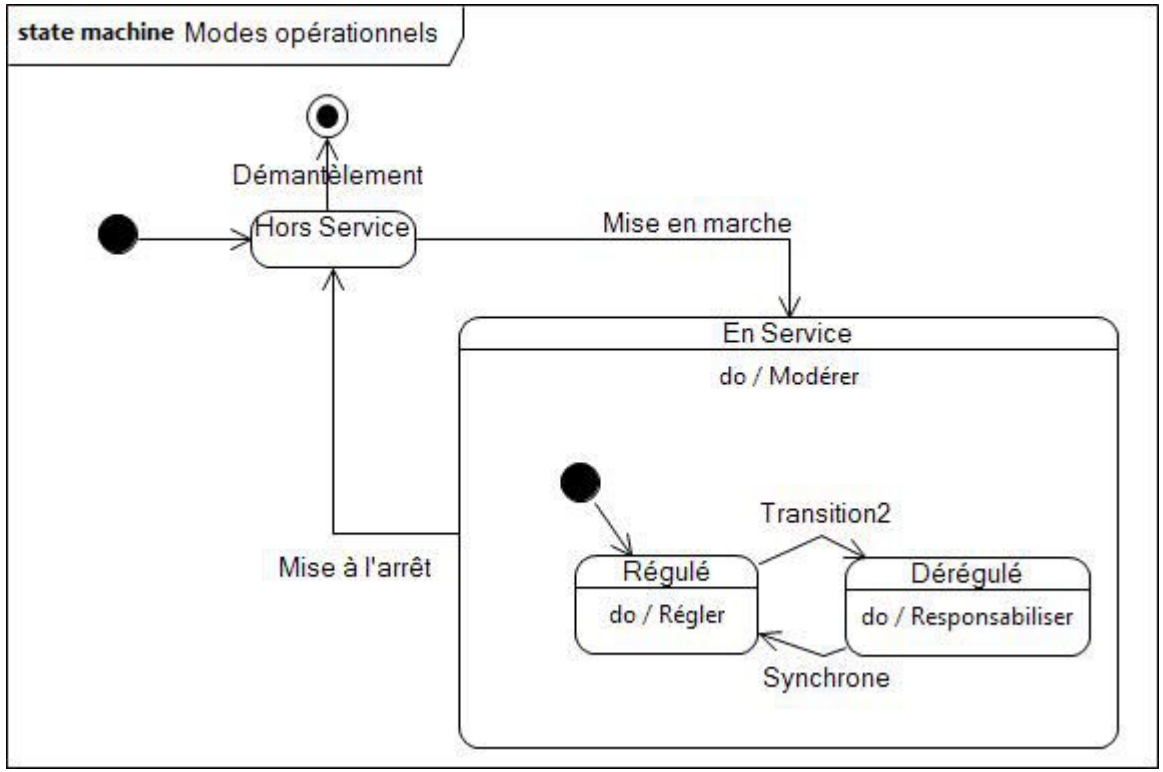
- **Parametric Constraints set quantitative and acausal laws (as measure of performance or internal rule)**





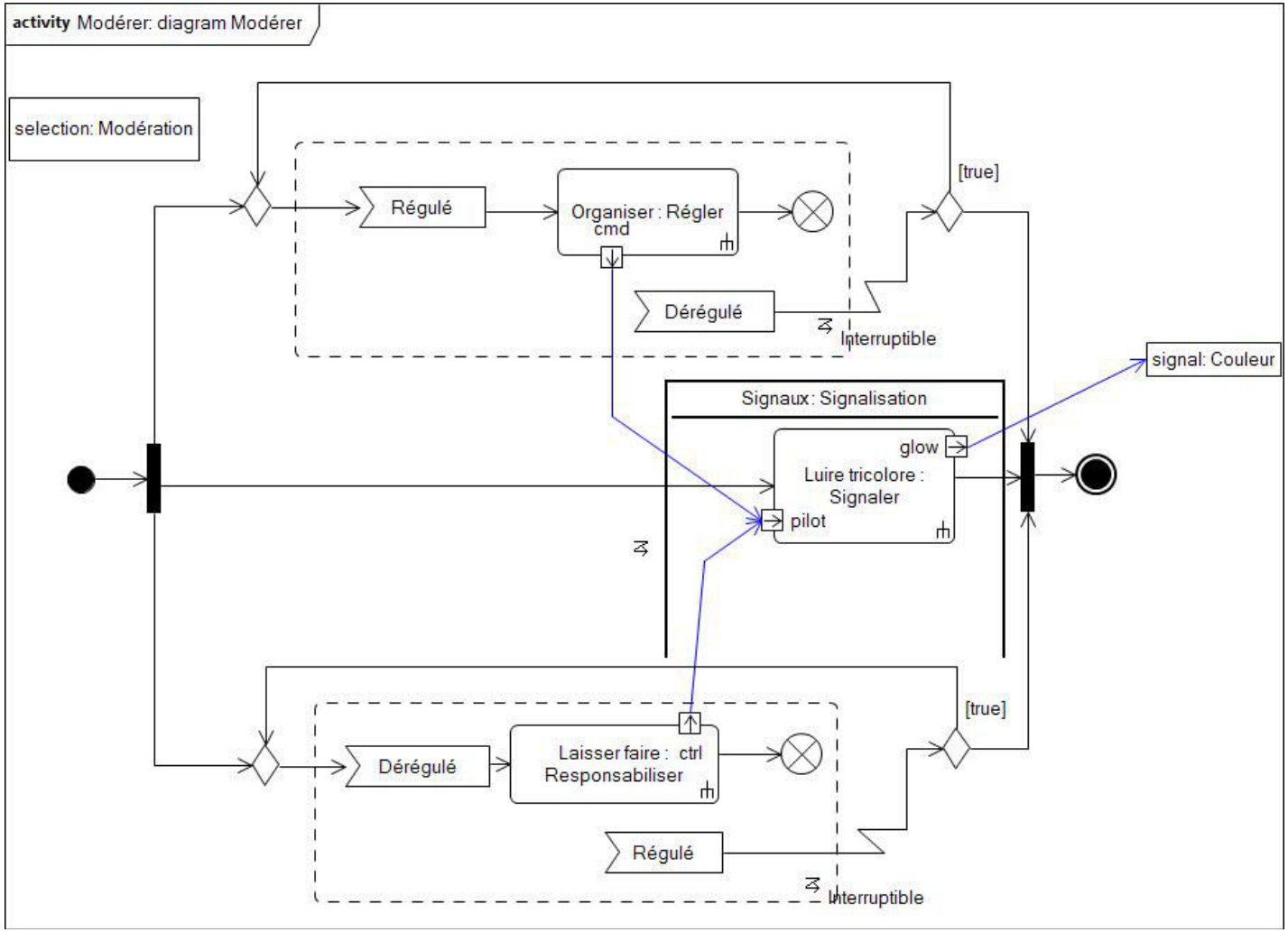
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

- **Operational modes and transitions are defined**
- **Functions are associated**



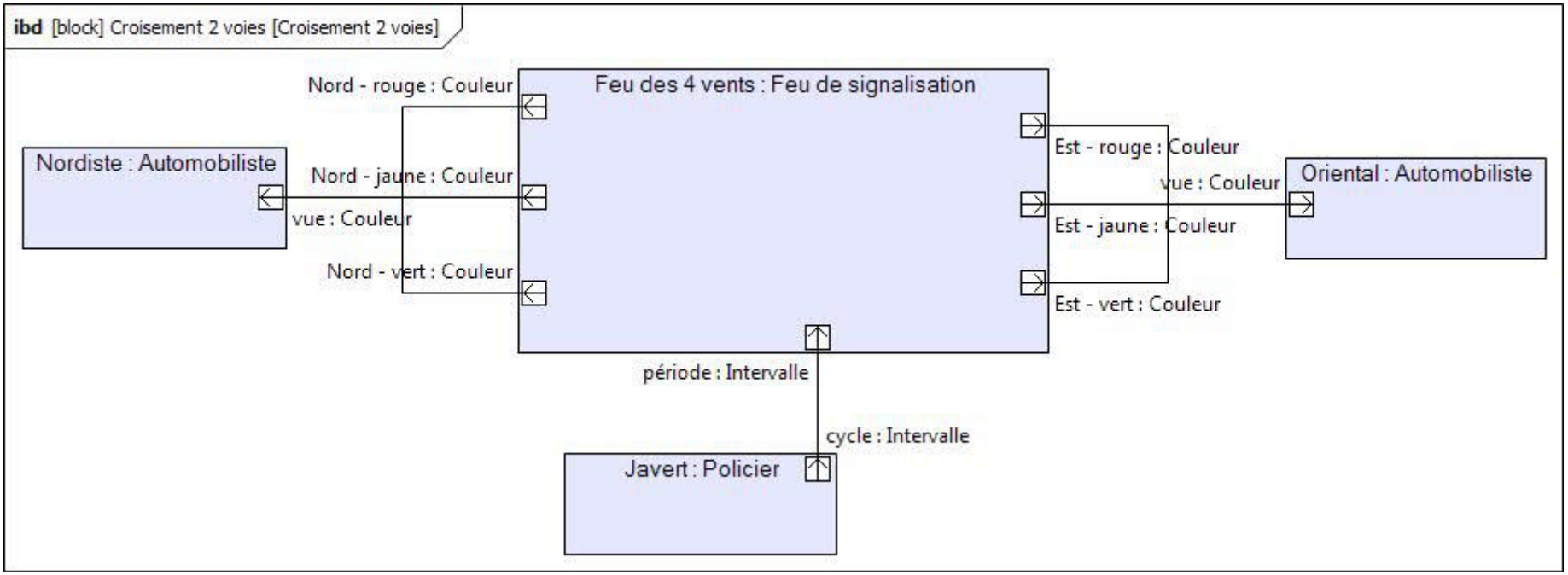
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

- **Functions and flows are described**



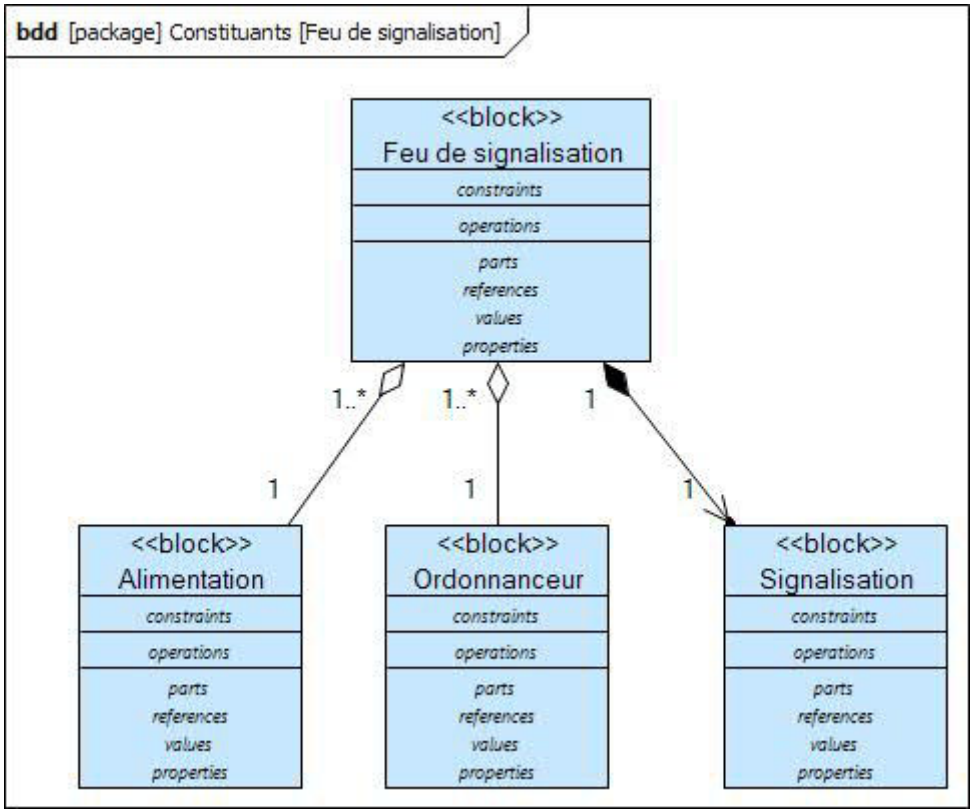
© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

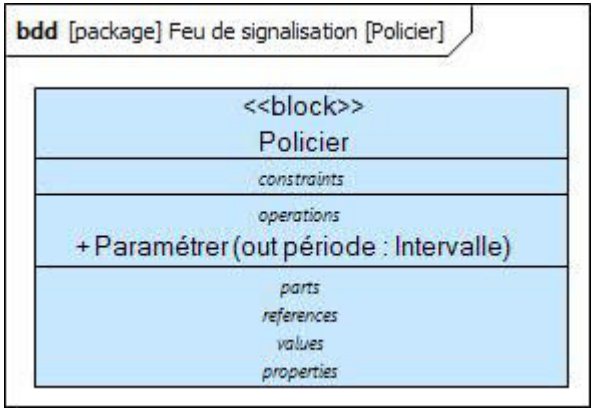
- **In its context, the system connections, flows, and interfaces are defined in a black box view**
- **Individual instances are named (configurations)**



© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

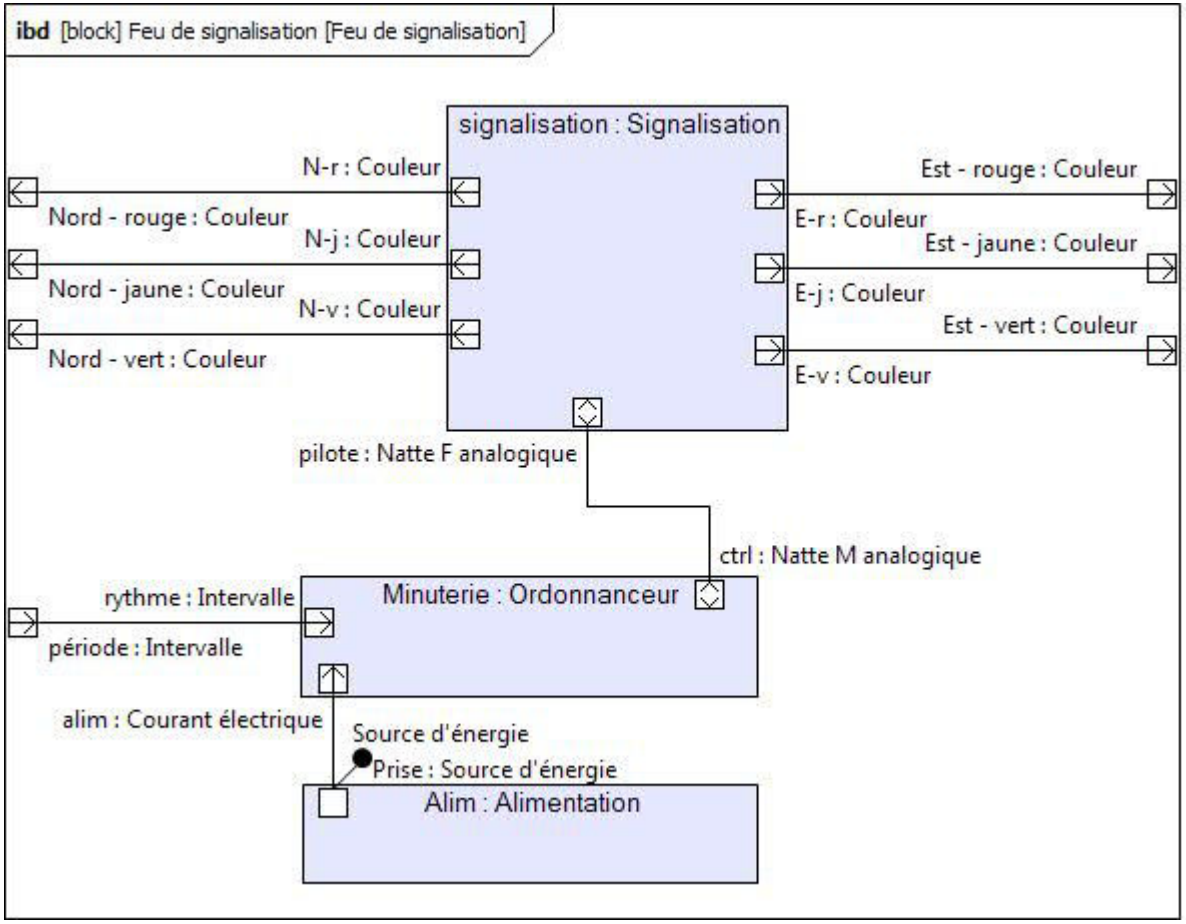
- **Defined elements are used (composition or reference)**
- **Multiplicity is given**
- **Functions and flows are allocated**





© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

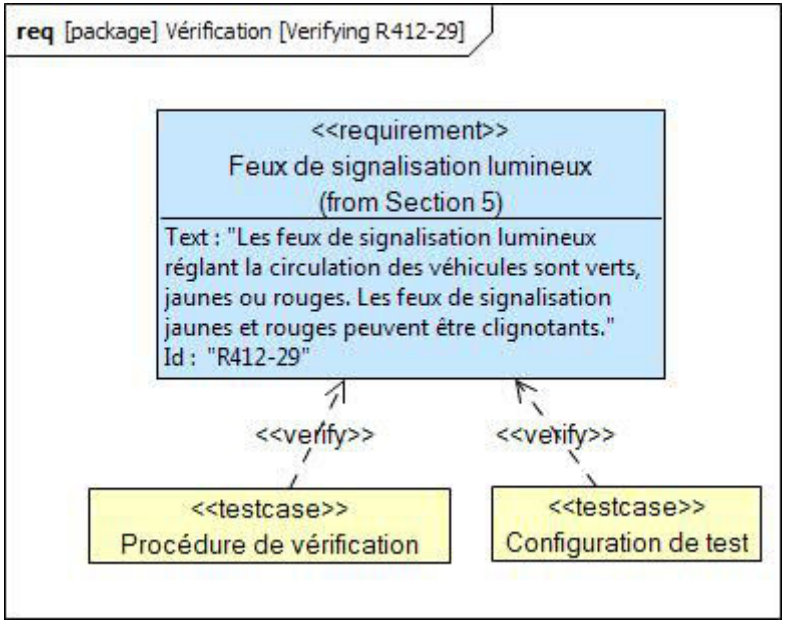
- **The architecture is built recursively (white box)**



© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Verification

- **Verification procedures (as STM, SD, and ACT) and configurations are marked as <testcase>**



© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Contents

- **History**
- **Process Coverage**
- **Method and Tools**
- **SysML**
  - History
  - Process Coverage
  - Pro and Cons

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Limitations

- **Language**
  - The standard evolves at a “software” rate (four versions issued in less than 5 years)
  - SysML extends (well-documented) and restricts (not documented) UML
  - SysML inherits from software terminology (activity instead of function, interfaces/pins/ports...)
  - Very rich meta-model, which cover definition / usage / instances of most elements

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Limitations

- **Tools**
  - may induce an analytic approach (atomized), but the language supports system thinking
  - The official SysML meta-model has not been implemented by all tools (interoperability issues)
  - Ergonomy has to make progress
  - Simulation offer of SysML models is growing

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

SysML : Extensibility

- **Language mechanisms**
  - Views and viewpoints
  - Profiles (think twice before doing it)

- **Tool support**
  - Model transformation techniques
  - Execution, Simulation

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.

Epilogue

- **SysML**
  - is demanding (steep learning curve)
  - covers Systems Engineering well
  - potential is underexploited so far

- **SysML supports systems design by models up to the detailed specification**

© Eiris-conseil 2011 Cette présentation a fait l'objet d'un dépôt légal et aucun de ses éléments ne saurait être reproduit sans autorisation expresse d'Eiris Conseil.