

Cours 2

Ingénierie système et SysML

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Plan

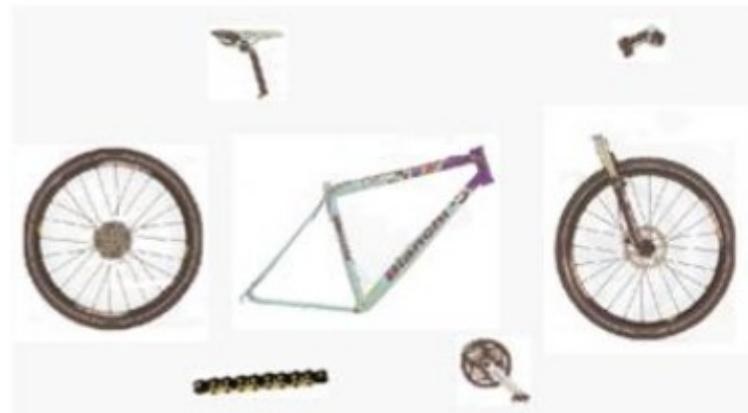
1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Notion de système

On appelle système l'**association structurée d'éléments** ayant une relation entre eux, de façon à former une entité ou un tout remplissant une ou plusieurs **fonctions**.



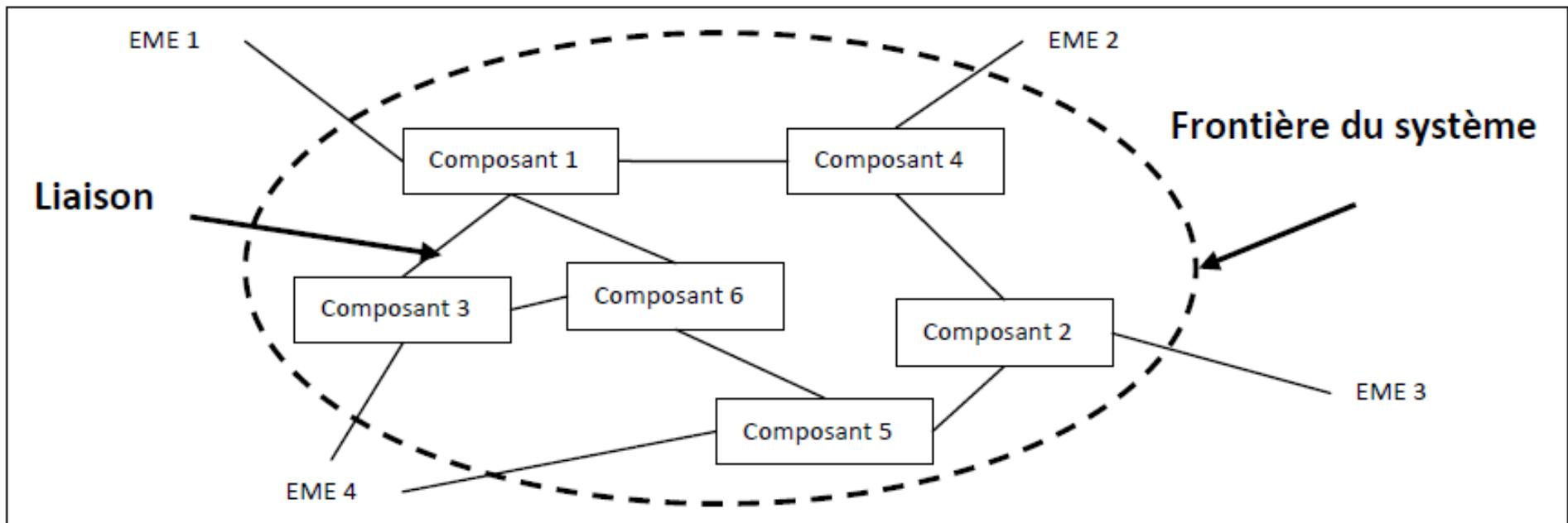
!?



Différents composants d'un vélo et leur assemblage.

Notion de système

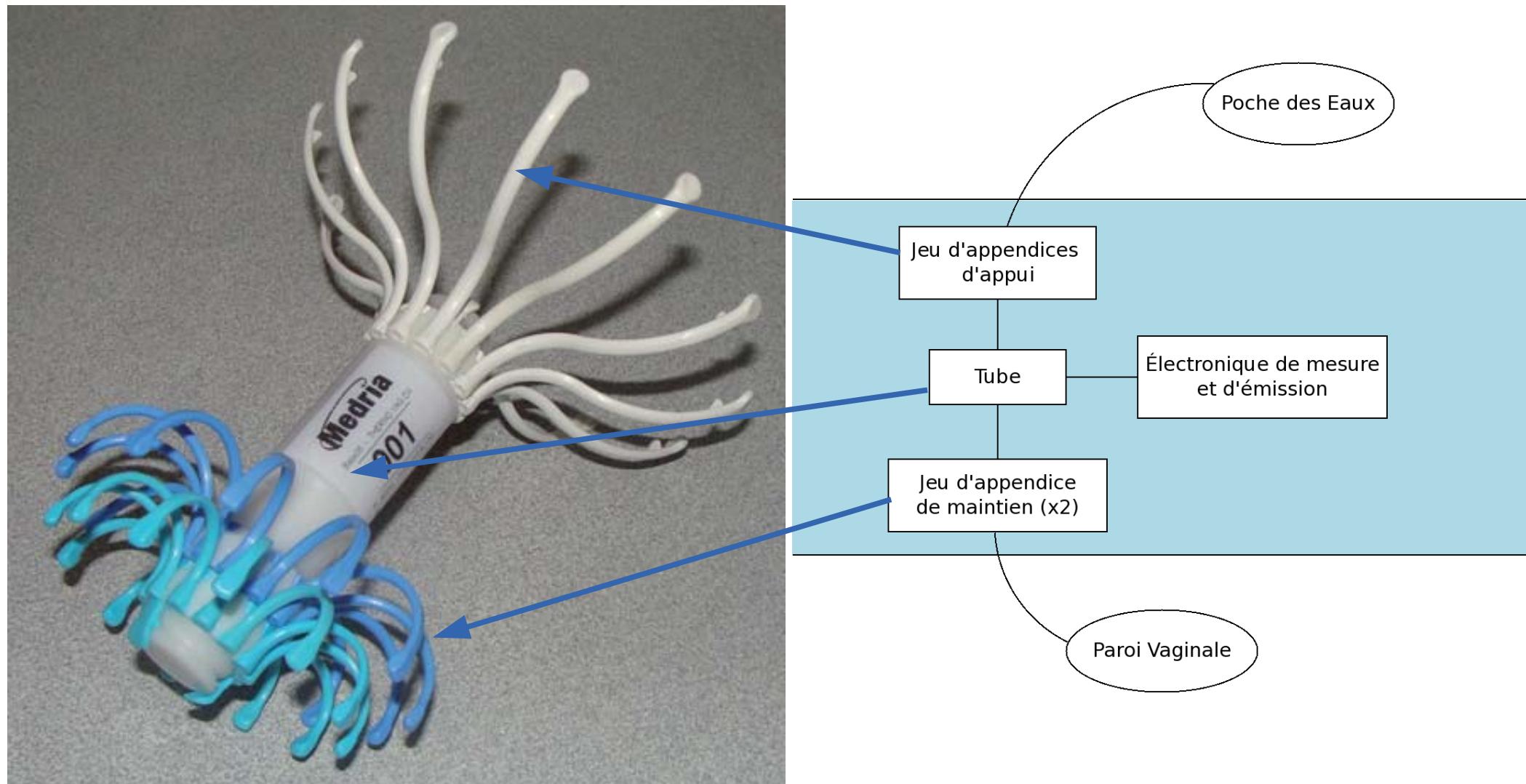
Pour étudier un système, il faut modéliser ses composants et leurs interactions



Décomposition d'un système en composants, relations entre composants et avec les éléments du milieu extérieur.

Notion de système

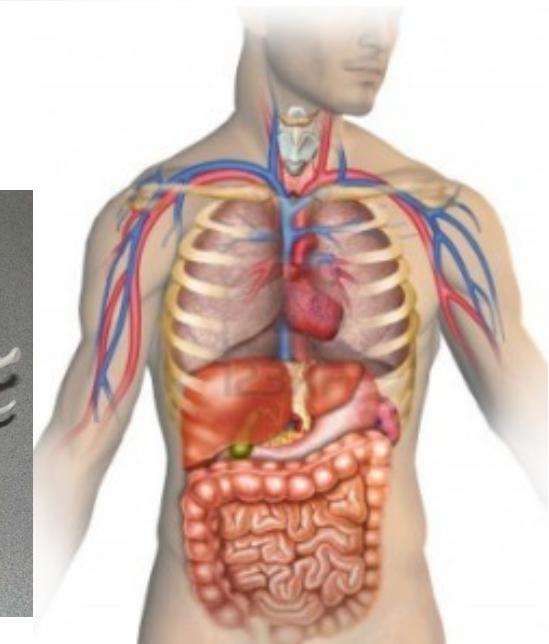
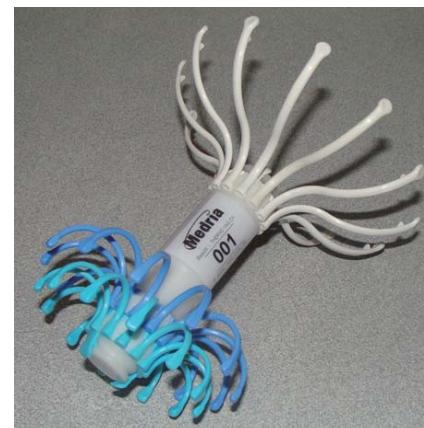
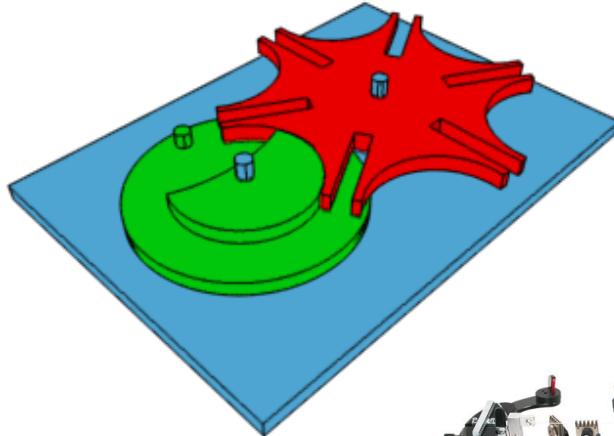
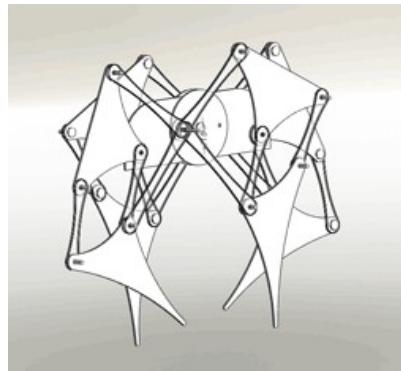
Pour étudier un système, il faut modéliser ses composants et leurs interactions



Plan

1. Introduction
2. Notion de système
 1. Définition
 2. Système simple / Système complexe
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

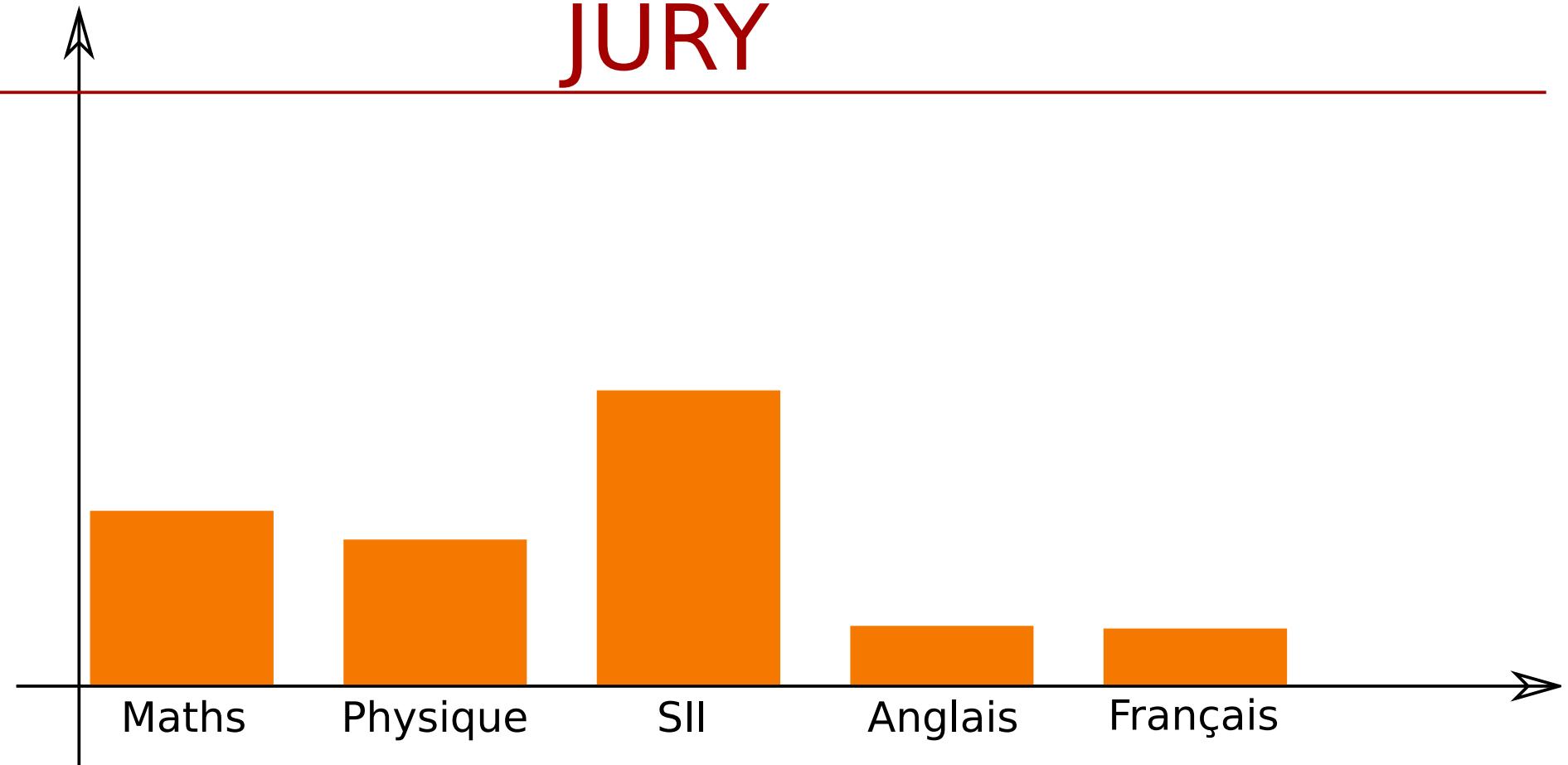
Système simple / Système complexe



Plan

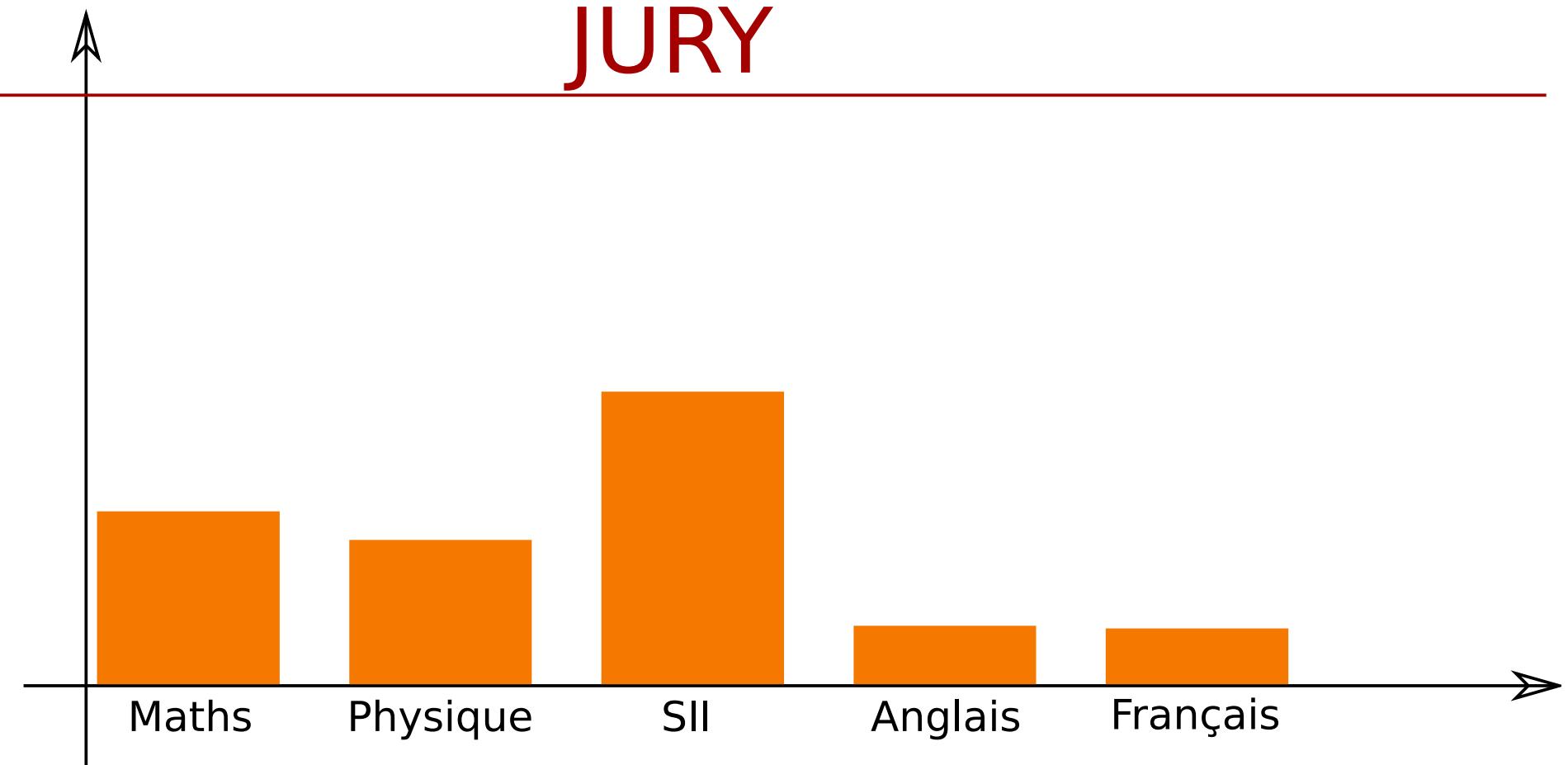
1. Introduction
2. Notion de système
3. **Introduction à l'ingénierie système**
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Prenons un élève de prépa



Prenons un élève de prépa

L'élève accède en école s'il répond aux exigences du Jury



Prenons un élève de prépa

L'élève accède en école s'il répond aux exigences du Jury

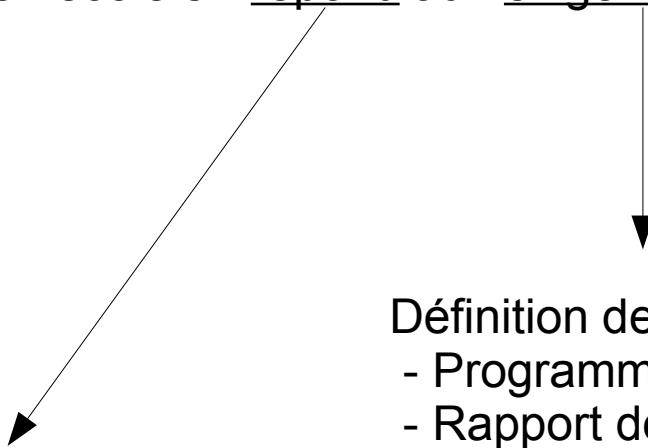


Définition des exigences :

- Programmes
- Rapport de Jury

Prenons un élève de prépa

L'élève accède en école s'il répond aux exigences du Jury

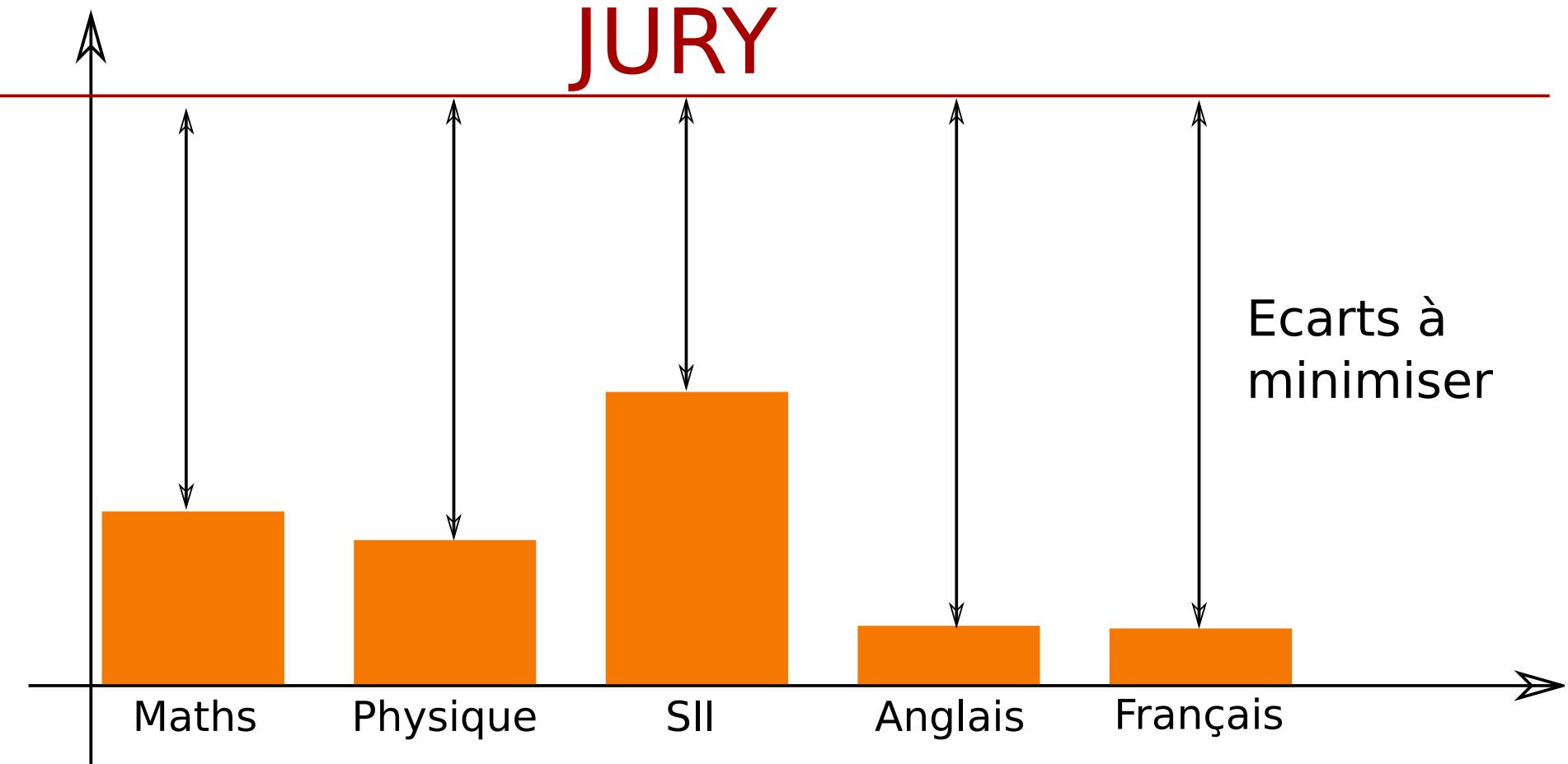


Définition des exigences :
- Programmes
- Rapport de Jury

Besoin d'une étape de validation :
- Concours

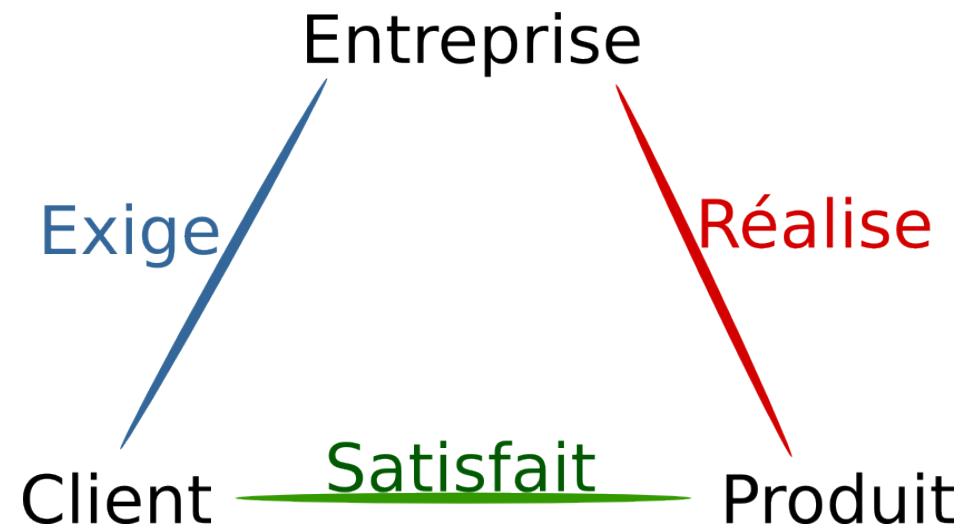
Prenons un élève de prépa

L'élève accède en école s'il répond aux exigences du Jury



Le métier d'ingénieur

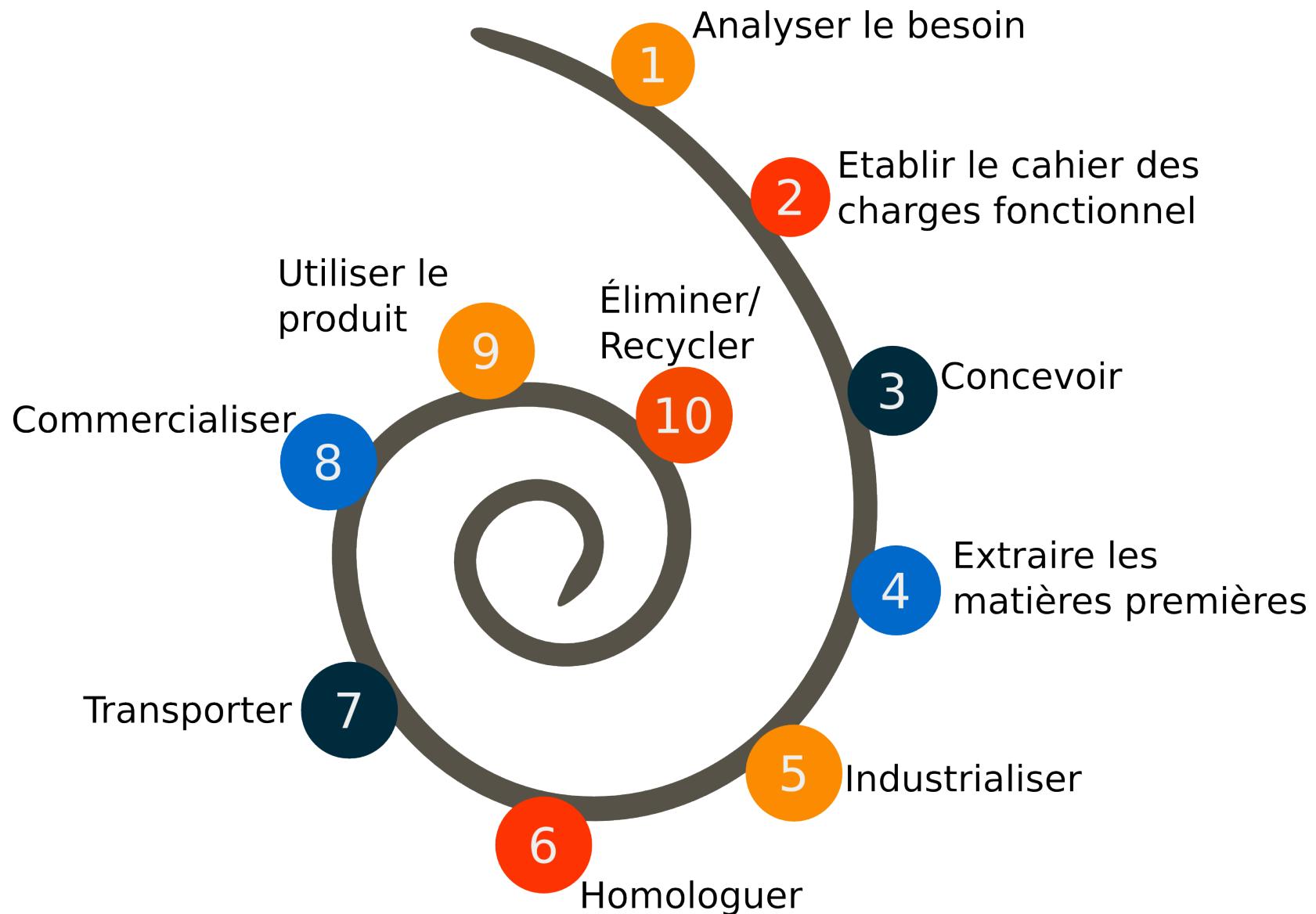
L'entreprise **réalise** un produit pour **satisfaire** le besoin **exprimé** par le client utilisateur



Ingénierie système

- Programme → • Cahier des charges
 - Contrat entre le client et l'entreprise
- Matières → • Fonction
 - Action que réalise le produit
- Concours → • Critère
 - Grandeur mesurable qui caractérise la fonction
- Coefficient → • Flexibilité
 - Importance du critère

Le cycle de vie d'un Produit



L'intérêt de l'ingénierie système

Chiffre Standish Group 10 (1996)

- Seuls 16 % des projets sont terminés dans le respect du cahier des charges.
- 31 % des projets n'aboutissent pas.
- 45 % des projets ont un dépassement budgétaire de plus de 50 % dont 11 % avec des dépassements supérieurs à 200 % (soit plus du triple du budget initialement alloué).
- 57 % des projets ont un retard de plus de 50 % dont 10 % avec un retard supérieur à 200 % (soit plus du triple du temps initialement alloué).

Plan

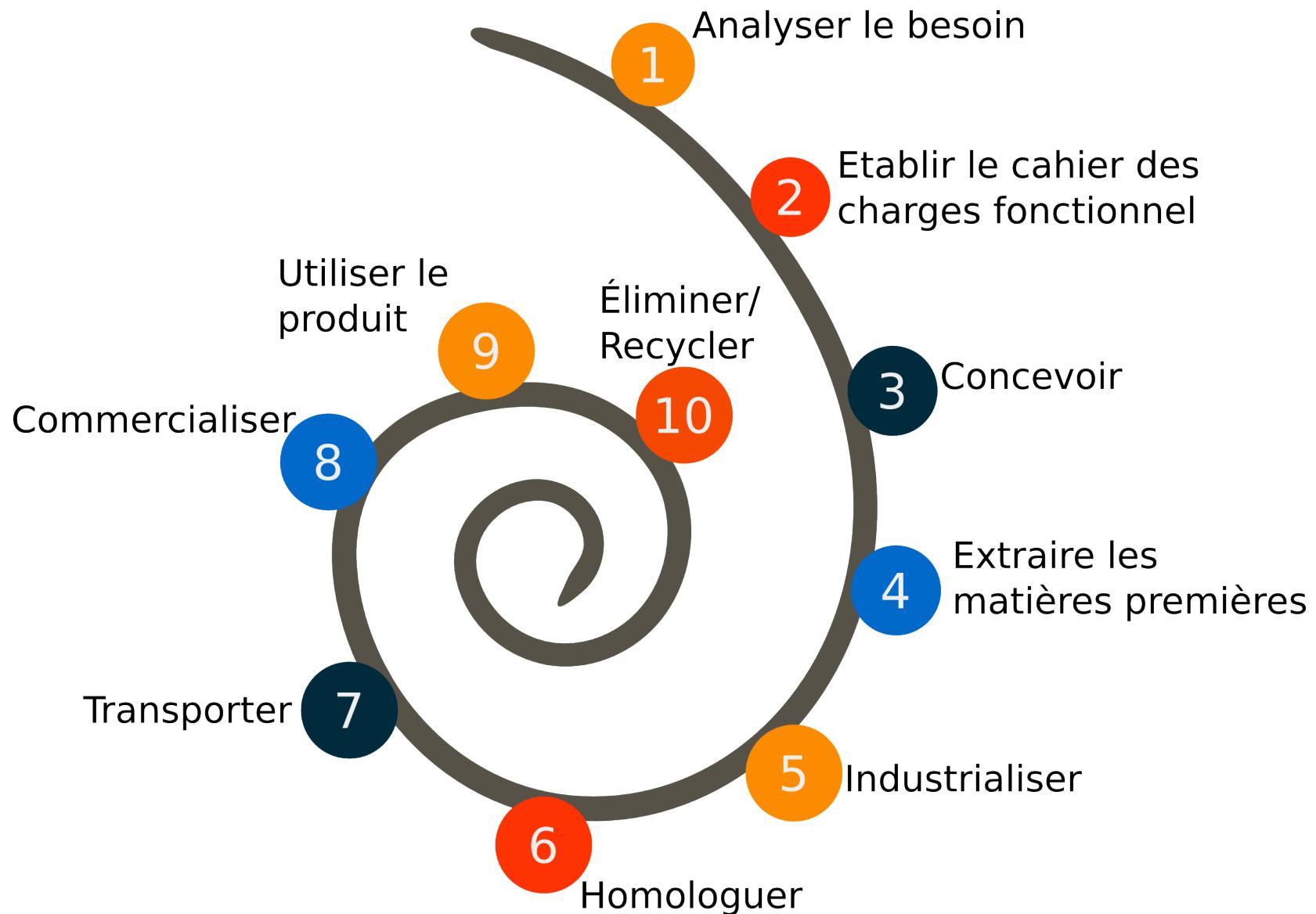
1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

L'intérêt de l'ingénierie système

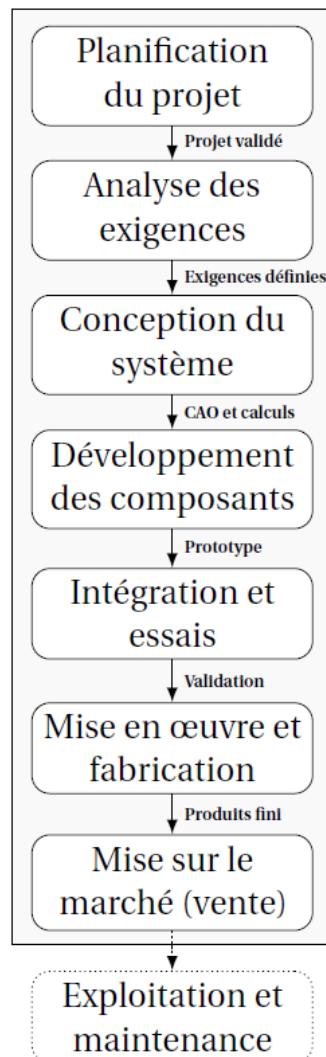
Parmis les **84 %** des projets mal menés

- 12,8 % : manque de prise en compte des utilisateurs
- 12,5 % : exigences et spécification incomplètes
- 11,8 % : changement des exigences et spécification au cours de la conception
- 7,5 % : manque de soutien de la direction
- 7,0 % : incompétences sur les technologies
- 6,4 % : manque de ressources
- 5,9 % : attentes non réalistes
- 5,3 % : objectifs non clairement explicités
- 4,3 % : délais non réalistes

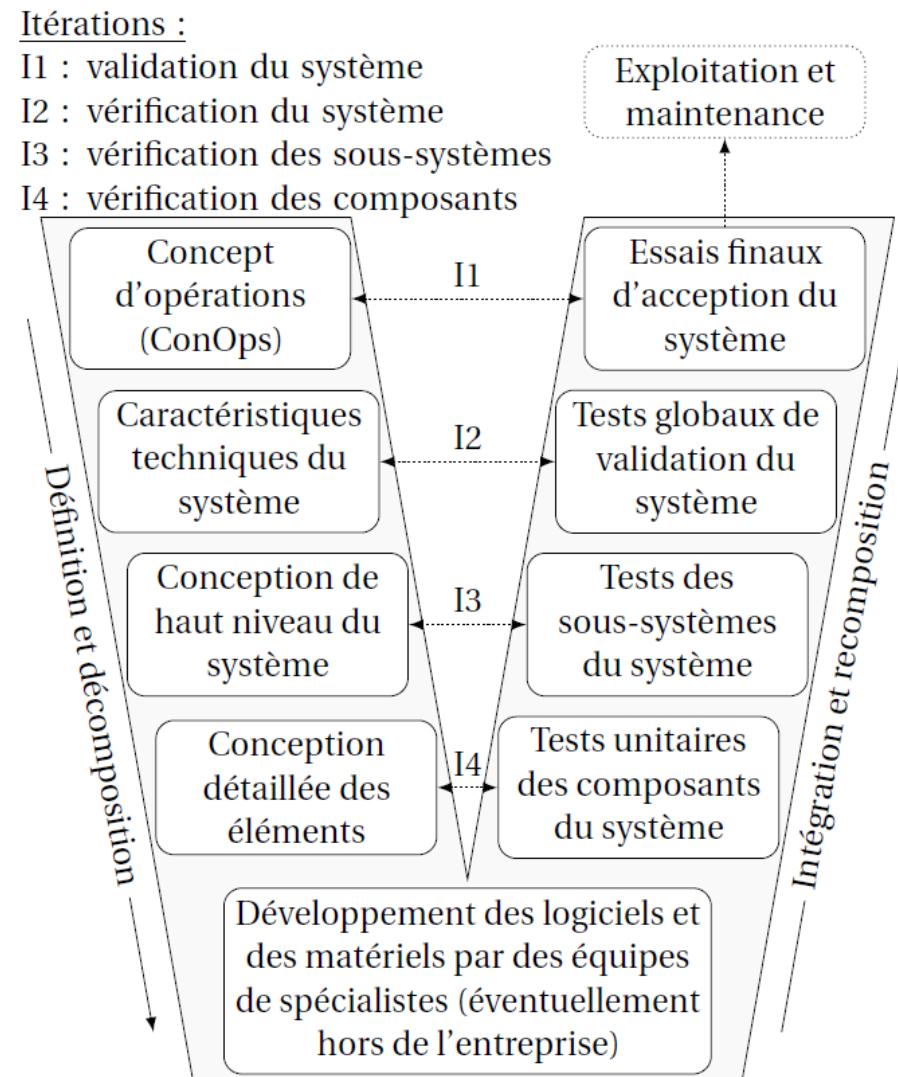
Le cycle de vie d'un Produit



Méthodes de conception



(a) En cascade



(b) En « V » (Source : IBM)

Outil de Modelisation et de conception

Objectifs du SysML

Utiliser un **langage commun** et normalisé pour tous les intervenants.

réduction des erreurs et des ambiguïtés

Permettre une représentation riche et précise du besoin, des exigences et du système.

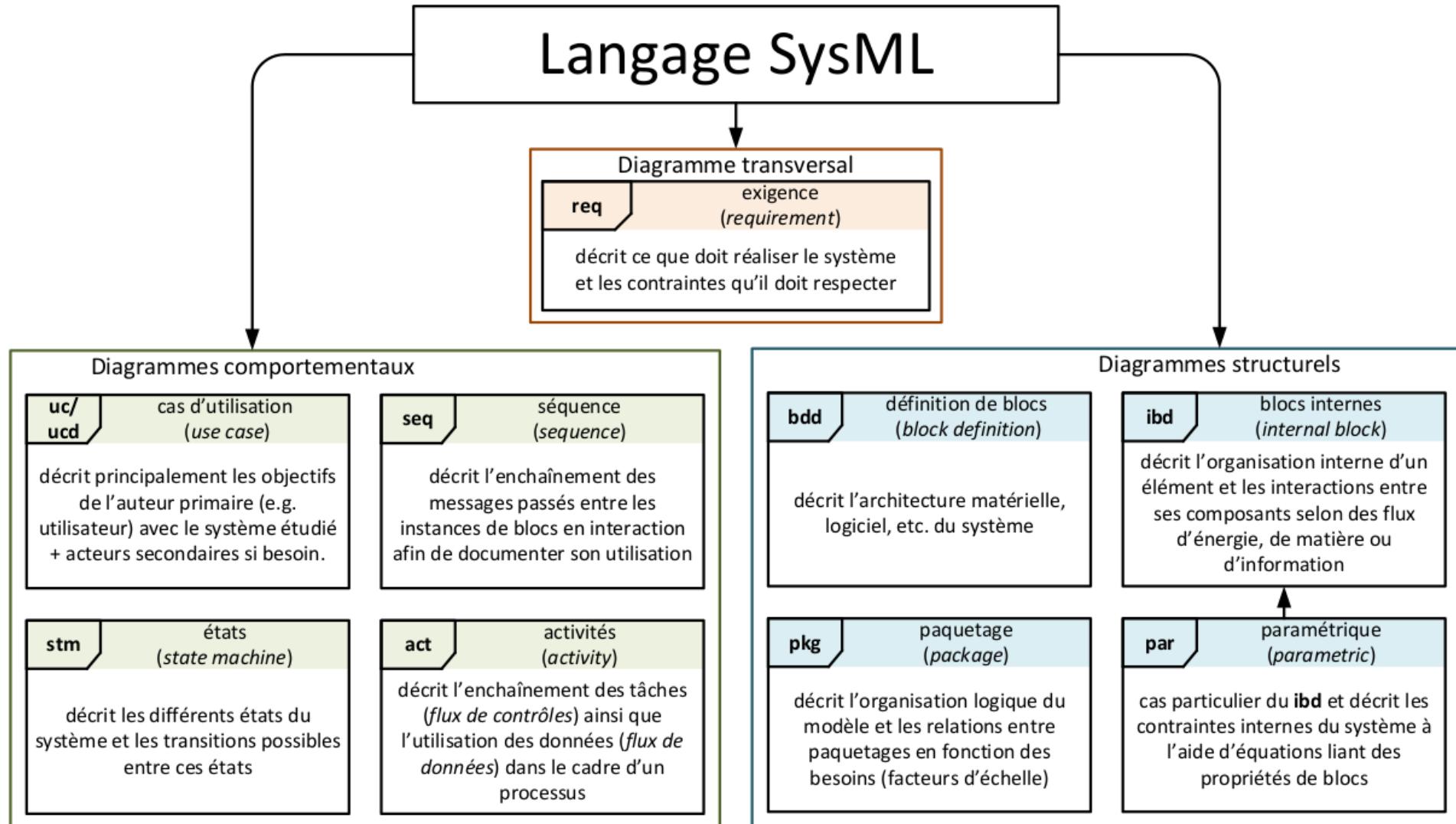
Permettre un accès intuitif et interactif aux **informations du cahier des charges**.

Intégrer de manière dynamique les modèles physiques du système dans sa description.

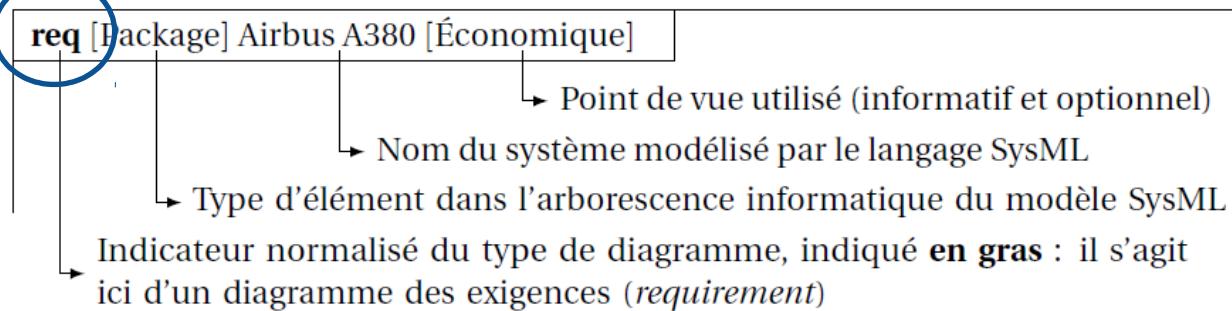
Offrir une meilleure qualité de conception.

Simplifier les démarches auprès de fournisseurs et prestataires de services.

Topologie du langage SysML



Informations relatives au diagramme



Un diagramme est constitué de blocs et de liens

Informations relatives au diagramme

req	[Package] Airbus A380 [Économique]
	→ Point de vue utilisé (informatif et optionnel)
	→ Nom du système modélisé par le langage SysML
	→ Type d'élément dans l'arborescence informatique du modèle SysML
	Indicateur normalisé du type de diagramme, indiqué en gras : il s'agit ici d'un diagramme des exigences (<i>requirement</i>)

Un diagramme est constitué de blocs et de liens



Il est recommandé de faire figurer des informations additionnelles sur les diagrammes pour lever les ambiguïtés (utilisation de « post-it »)

Concerne uniquement la partie affichage de l'heure

Informations relatives au diagramme

Lien	Signification et commentaires
⊕	La relation de contenance (aussi appelée inclusion) est représentée par une ligne continue terminée par un cercle contenant une croix du côté du conteneur : elle permet de décomposer une exigence en plusieurs autres plus faciles ensuite à identifier lors de la mise en place du système ou des tests.
→	La relation d' association permet de relier deux éléments considérés d'égale importance et elle indique qu'ils sont en lien sans en indiquer la nature. Cette relation peut être unidirectionnelle (dans ce cas elle prend une flèche pour indiquer le sens) ou bidirectionnelle (dans ce cas il n'y a pas de flèche).
→	Les relations d' inclusion , d' extension , de raffinement ou de dérivation d'un cas d'utilisation ou d'une exigence dans un(e) autre sont représentées par une flèche pointillée à pointe ouverte orientée : <ul style="list-style-type: none"> du cas d'utilisation global vers un cas d'utilisation partiel inclus avec le mot clé <i>include</i> pour l'inclusion ; du cas d'utilisation partiel vers le cas d'utilisation global avec le mot clé <i>extend</i> pour l'extension ; de l'exigence partielle vers l'exigence globale avec le mot clé <i>refine</i> pour l'ajout de précisions, par exemple des données quantitatives, pour le raffinement ; de l'exigence partielle vers l'exigence globale avec le mot clé <i>deriveReqt</i> pour relier de manière dérivée des exigences de niveaux différents, par exemple entre un système et certains de ses sous-systèmes.
→	La relation de généralisation (ou de spécialisation) indique une spécialisation d'un élément (cas d'utilisation, bloc, etc) : elle est représentée par une flèche continue dont la pointe blanche est orientée vers l'élément plus général.
◆	La relation de composition permet de relier deux blocs et elle indique qu'un élément est structurellement indispensable à l'autre ; elle est représentée par une flèche dont le losange plein est du côté du composé (ou système principal), l'autre extrémité du côté du composant.
◇	La relation d' agrégation a le même rôle que la relation de composition mais elle a un sens moins fort : en général, elle indique que le composant est présent de manière optionnelle ; sa représentation est identique à la composition, mais avec un losange vide du côté du composé (ou système principal), l'autre extrémité du côté du composant.

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Définition du besoin

Les systèmes industriels sont créés pour satisfaire un besoin, l'objectif de l'industriel est donc de caractériser (qualifier et quantifier) le besoin exprimé par un client potentiel.



Un besoin est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur (selon la norme « NF X 50-150 »).



Peuvent évoluer au cours du temps...

➤ Dépend de nombreux paramètres :

- Socio-économiques
- Effets de mode
- Contexte mondial
- Etc.

➡ Nécessité d'anticiper les évolutions

Définition du besoin

Les systèmes industriels sont créés pour satisfaire un besoin, l'objectif de l'industriel est donc de caractériser (qualifier et quantifier) le besoin exprimé par un client potentiel.



Un besoin est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur (selon la norme « NF X 50-150 »).



Peuvent évoluer au cours du temps...

➤ Dépend de nombreux paramètres :

- Socio-économiques
- Effets de mode
- Contexte mondial
- Etc.

➡ Nécessité d'anticiper les évolutions

Diagramme des cas d'utilisation

uc



Représente les services attendus du système à l'étude

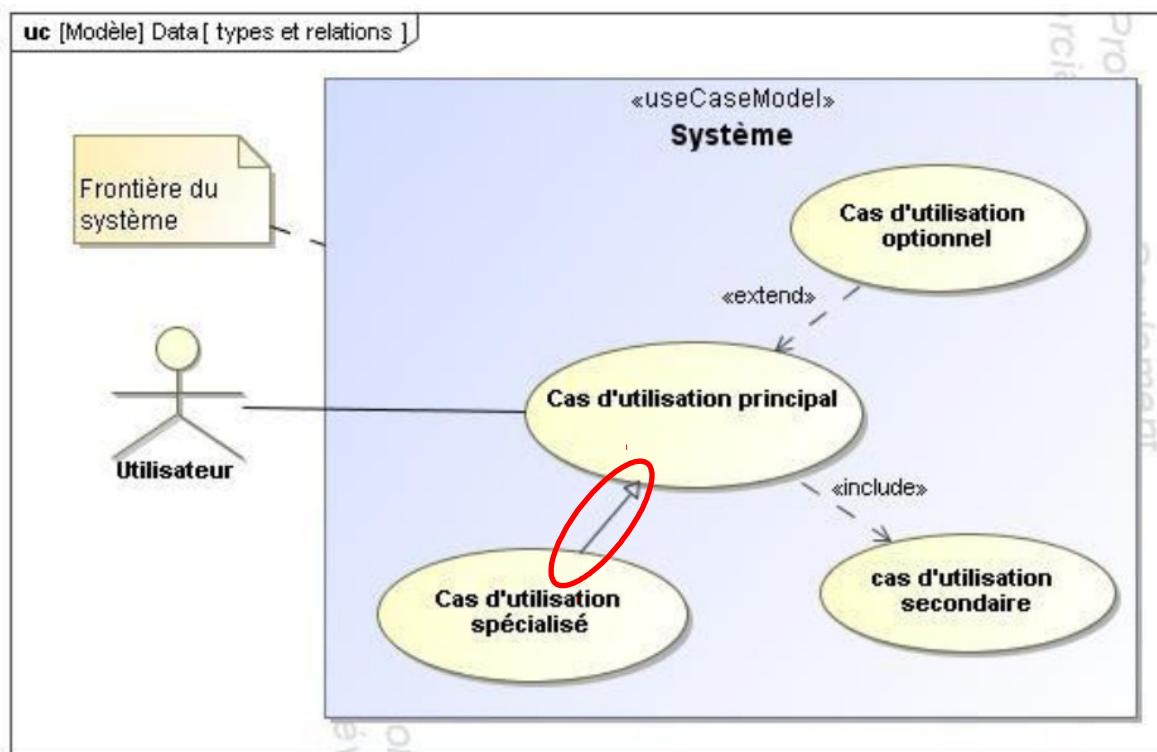


Diagramme des cas d'utilisation

uc

- Exemple : radio réveil à affichage mural



Diagramme des cas d'utilisation

uc

Quels services rend le système ?

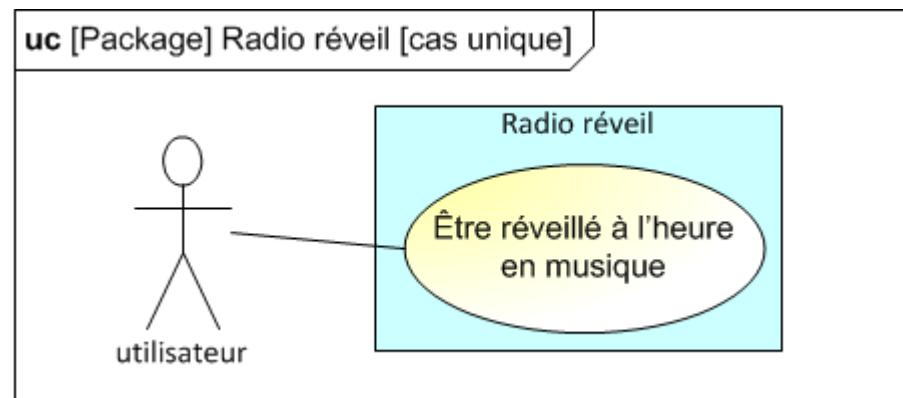


Diagramme des cas d'utilisation

uc

Quels services rend le système ?

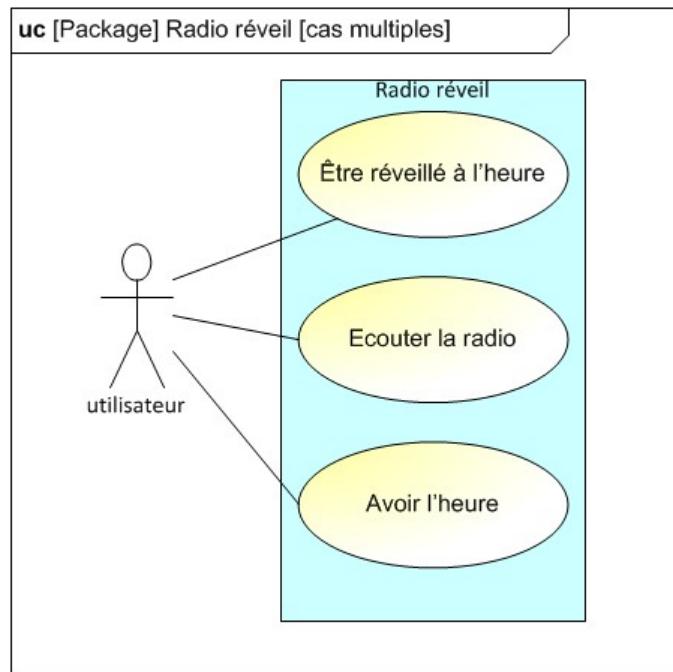


Diagramme des cas d'utilisation

uc

Quels services rend le système ?

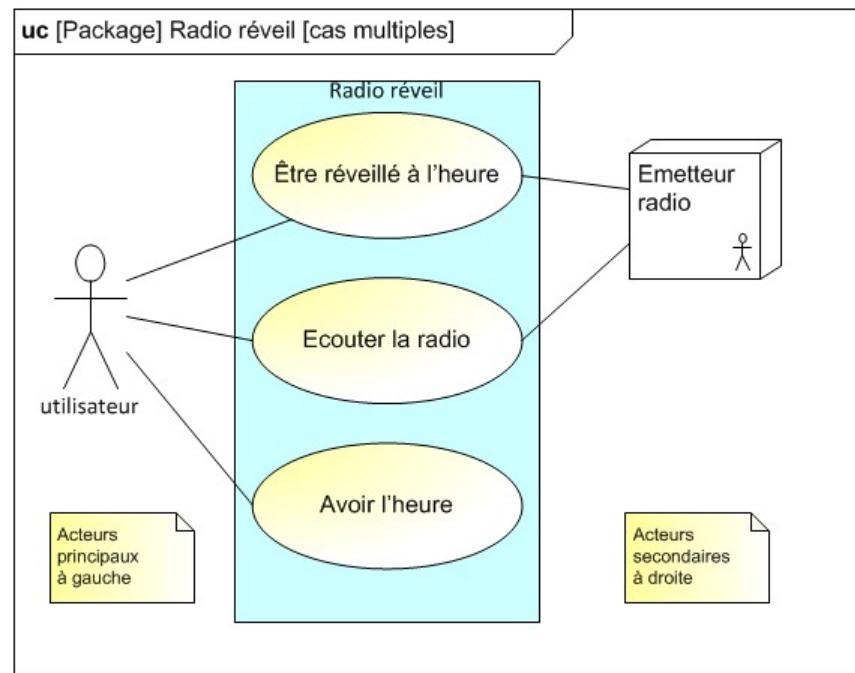


Diagramme des cas d'utilisation

uc

Quels services rend le système ?

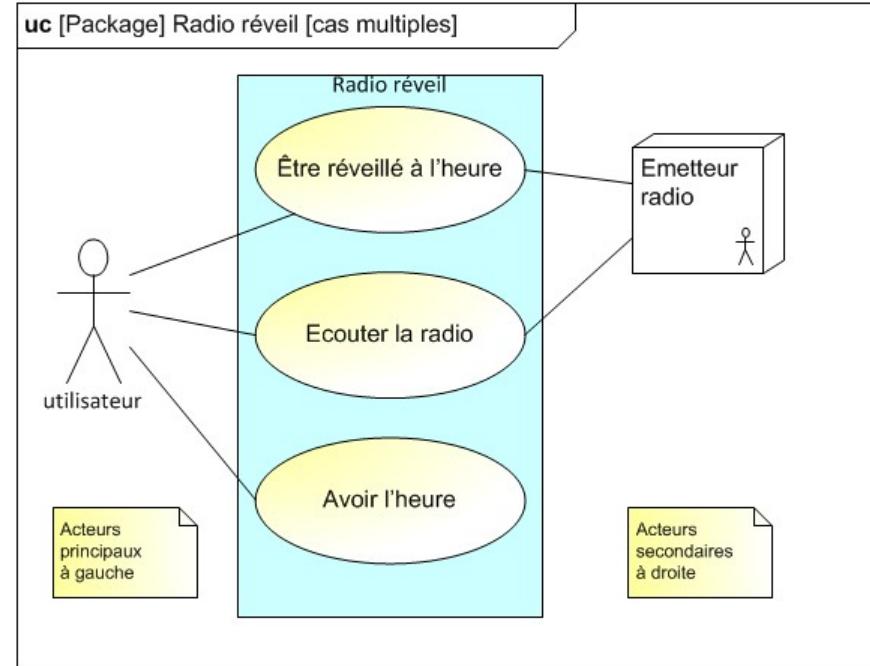
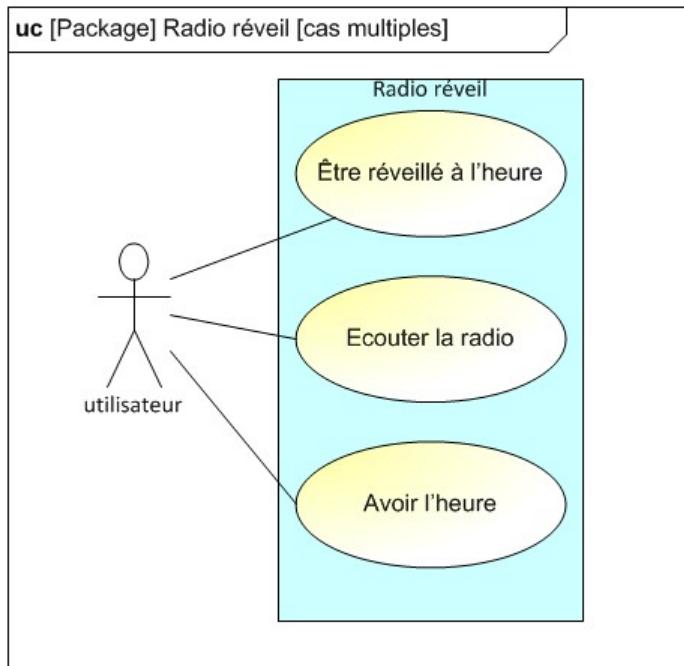
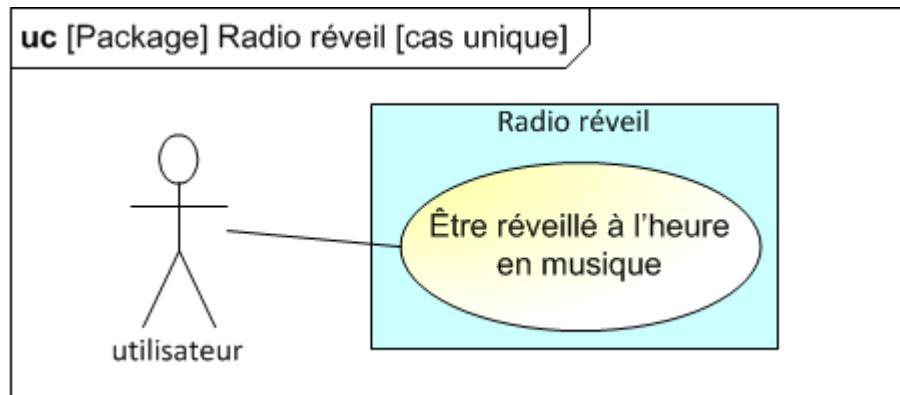


Diagramme des cas d'utilisation

uc

Quels services rend le système ?

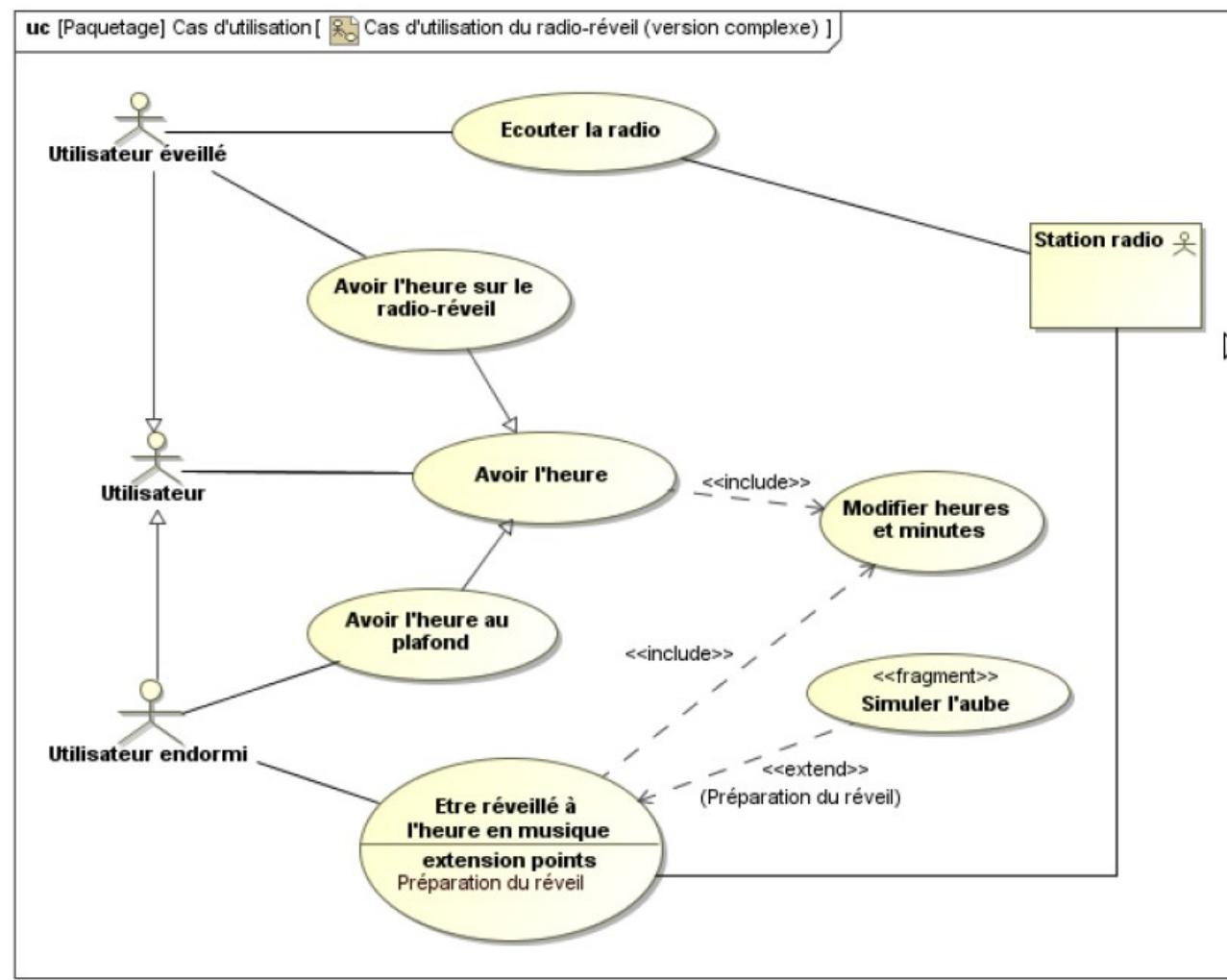


Diagramme des exigences

req

► Cahier des charges

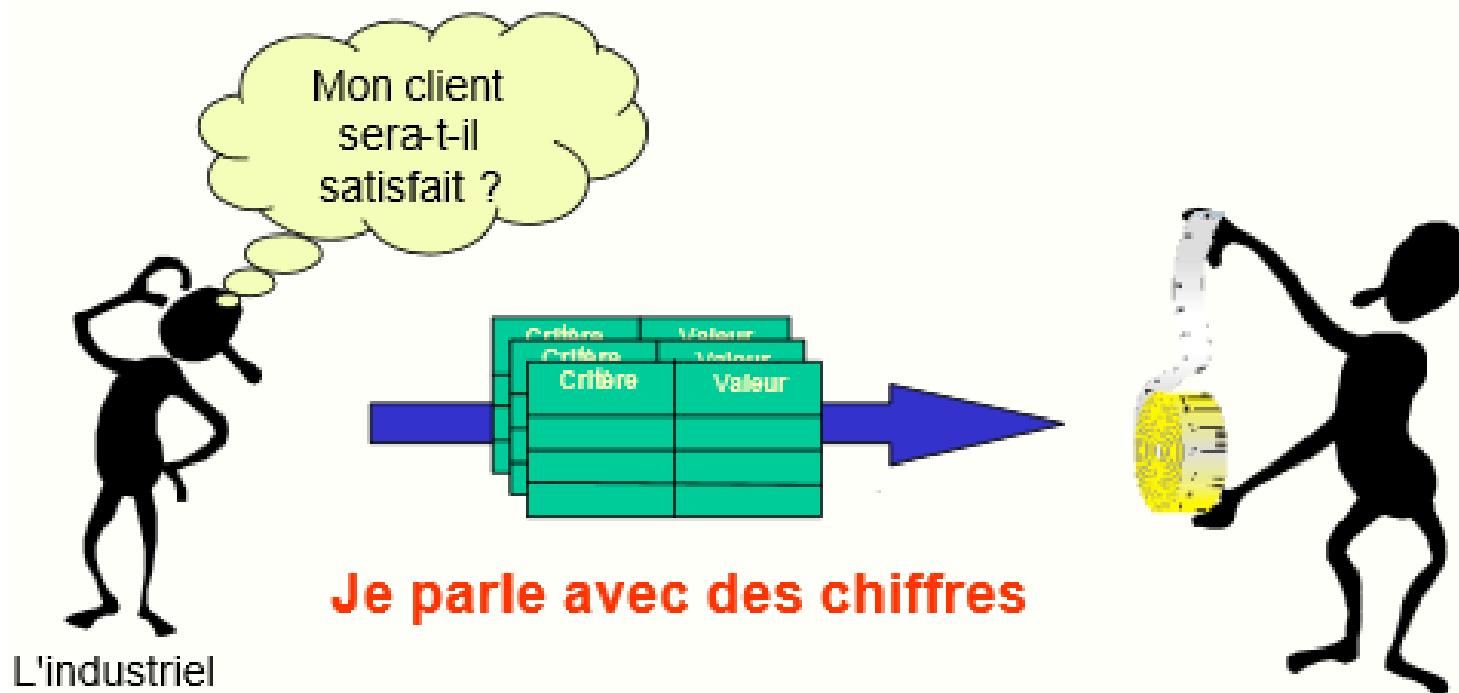


Diagramme des exigences

req

► Cahier des charges

Contenu et propriétés de base d'une exigence :

- Un titre unique
- Un identifiant unique
- Un texte court et concis

Il est également possible de rajouter :

- priorité (haute, moyenne, basse)
- source (client, marketing,...)
- risque (haut, moyen, bas)
- statut (proposée validé, ...)
- méthode de vérification

«requirement»
Réveil automatique

Id=001
Text= ``L'utilisateur doit pouvoir être réveillé automatiquement à l'heure souhaitée avec la radio ou un buzzer

priorité = haute
source = marketing
risque = élevé
statut = validé

Diagramme des exigences

req

Cahier des charges

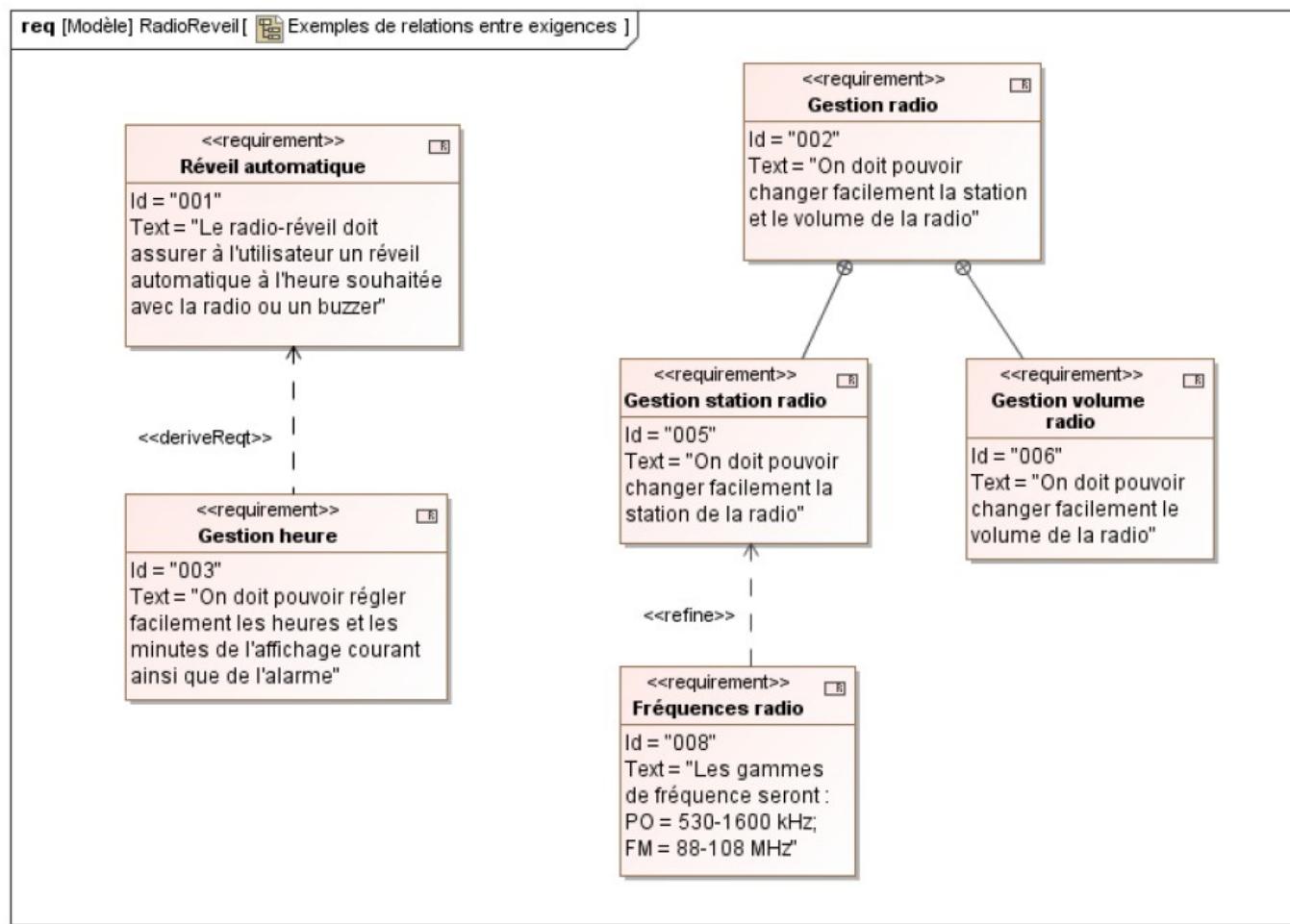


Diagramme de séquence

seq

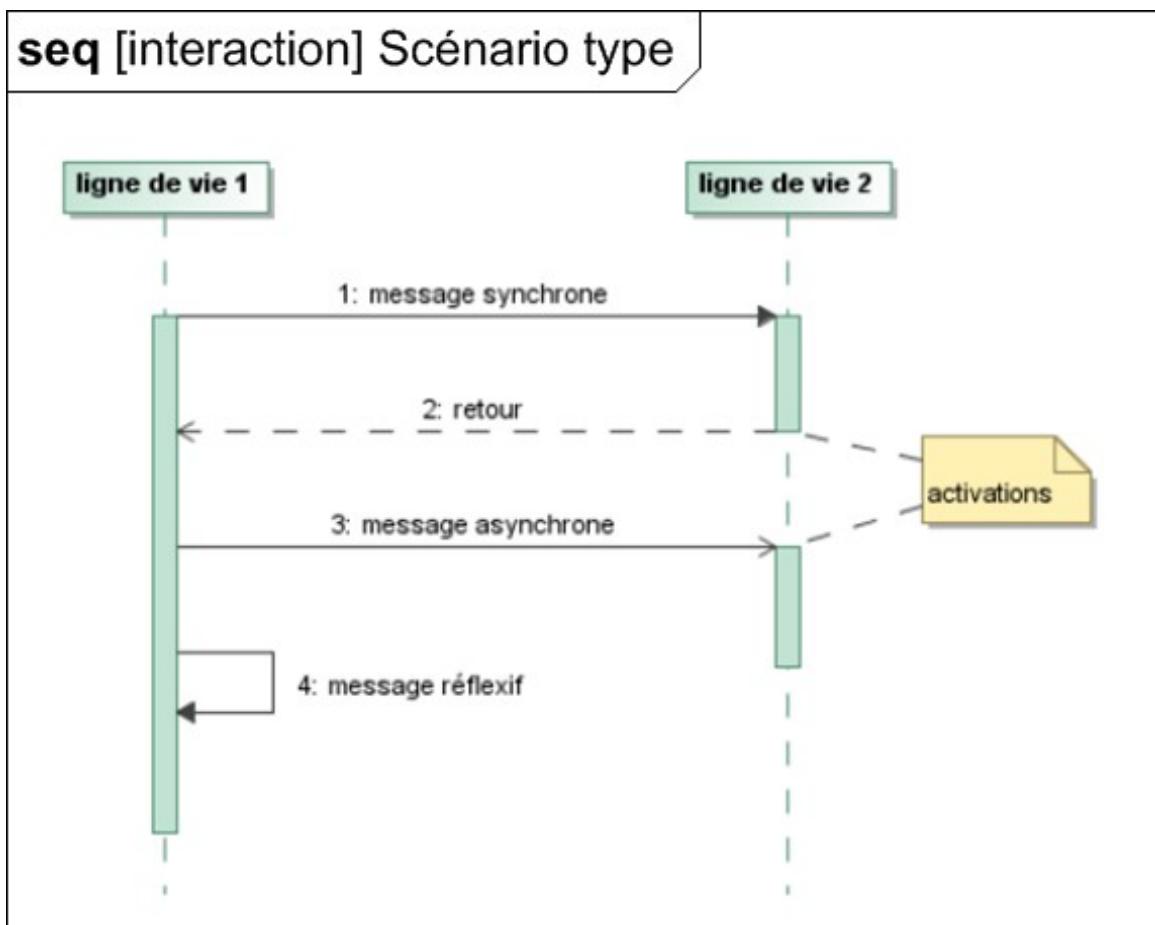
→ Comportement du système

- décrit les scénarios correspondant aux cas d'utilisation,
- chaque cas d'utilisation étant décrit par au moins un diagramme de séquence.
- répond à : "Comment est réalisé ce cas d'utilisation ?".
- montre les interactions entre différents éléments d'un point de vue séquentiel, enchaînement et nature des échanges.

Diagramme de séquence

seq

→ Comportement du système



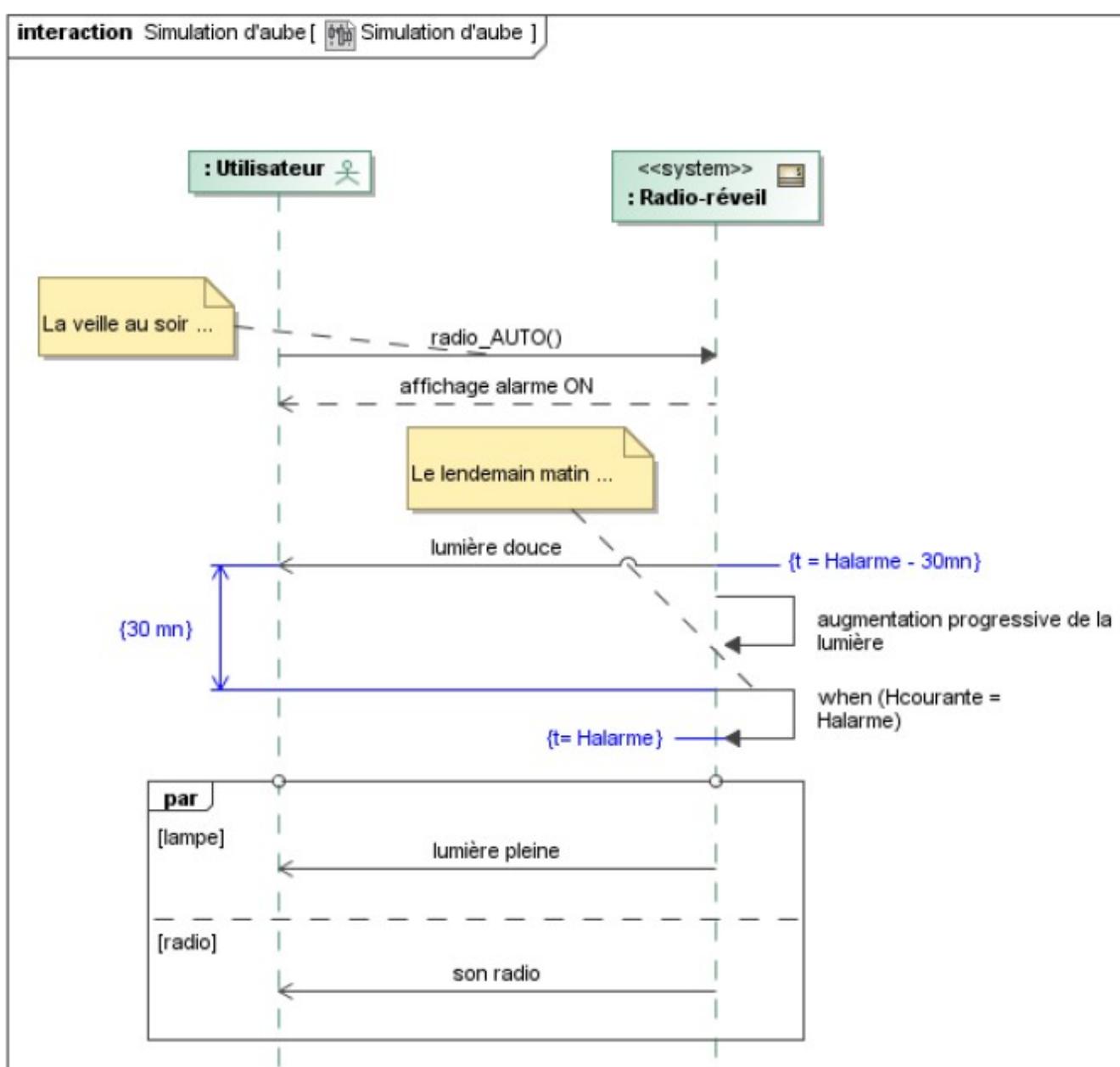
Ligne de vie = représentation de l'existence d'un élément participant

Message = élément de communication unidirectionnel. La réception provoque un évènement.

Activation = bandes verticales représentant des périodes d'activation (optionnel).

Diagramme de séquence

seq



Analyse du besoin

- Formalisation du comportement souhaité du système :
 - Définitions des acteurs dans un diagramme des cas d'utilisation (uc).
 - Définition de la fonction principale et des frontières de l'étude dans le diagramme des cas d'utilisation (uc).
 - Définition des actions entre les acteurs et le système dans un diagramme de séquence (seq).
- Expression du Cahier des charges
 - Enumération et définition des exigences externes dans un diagramme d'exigence (req).

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
 1. Diagramme de Définition de Blocs
 2. Chaîne fonctionnelle
 3. Diagramme de blocs internes
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

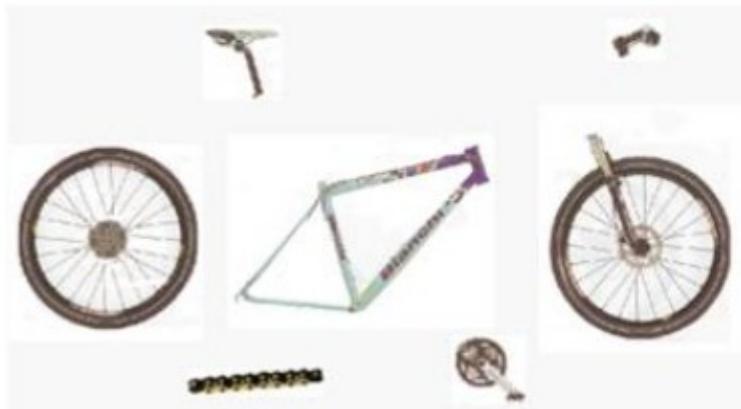
Diagramme de définition de bloc

bdd

→ Définition de la structure du système

Répond aux questions :

- Qui contient quoi ?
- Qui est composé de quoi ?



!?



Diagramme de définition de bloc

bdd

→ Définition de la structure du système

Représentation d'un bloc

Parties = décomposition du bloc en instances

Valeurs = caractéristiques quantifiables



Diagramme de définition de bloc

bdd

→ Définition de la structure du système

➤ Exemples de relations entre bloc

- La composition : c'est une relation forte. Elle indique qu'un bloc a nécessairement besoin du sous-bloc, comme élément de structurel.
- L'agrégation : c'est une relation moins forte qui n'implique pas d'obligation.

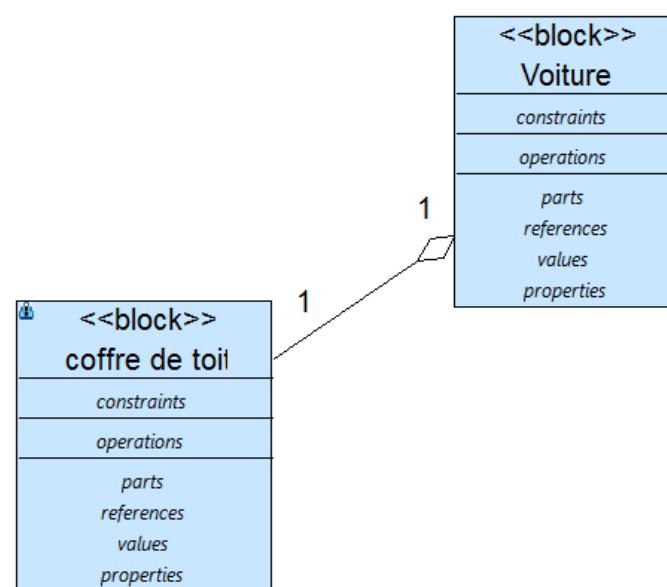
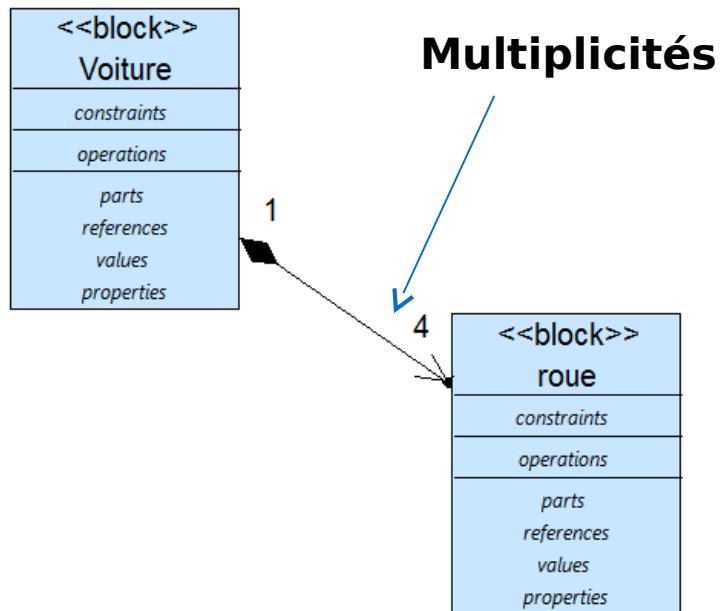
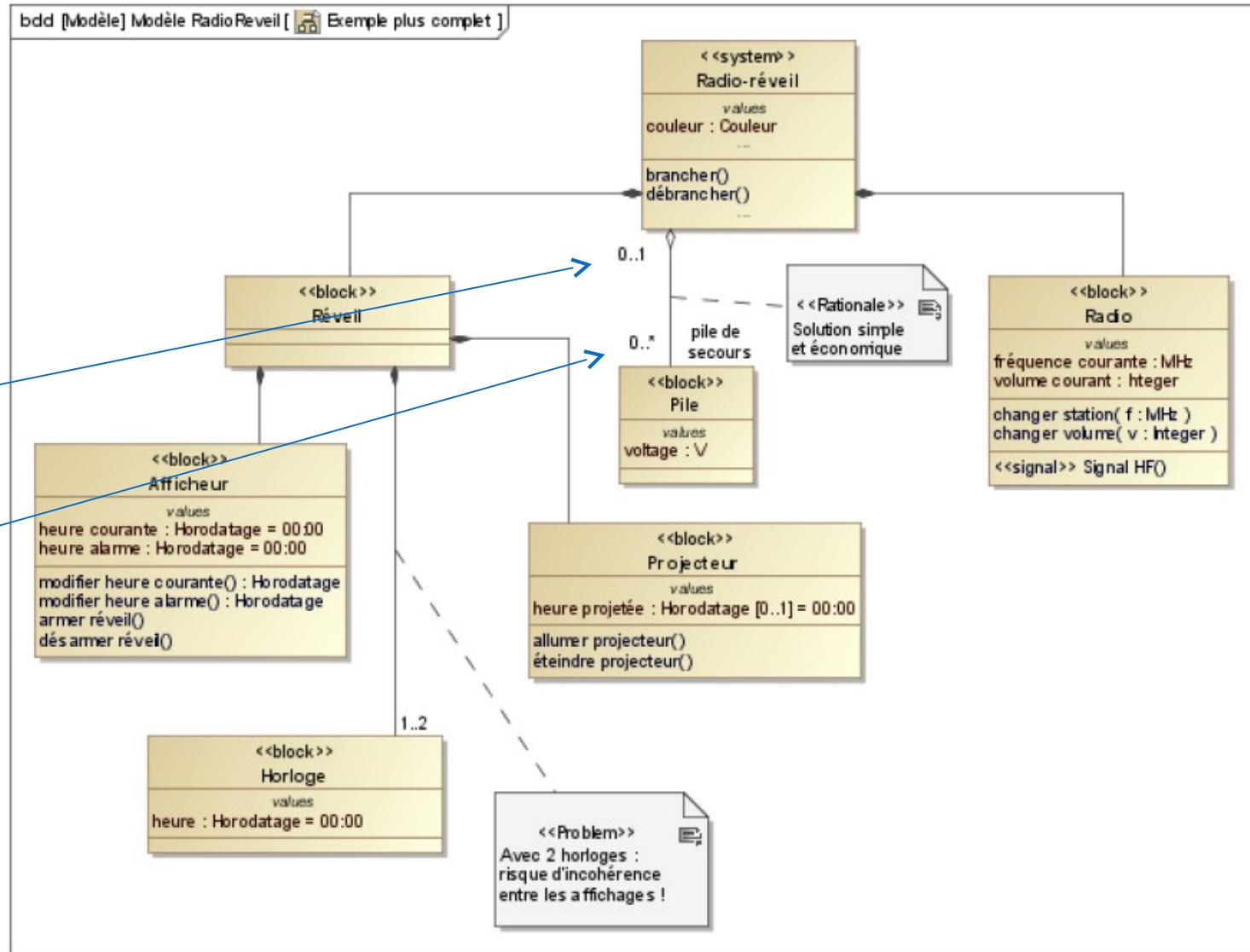


Diagramme de définition de bloc

Exemple complet du radio réveil



Plan

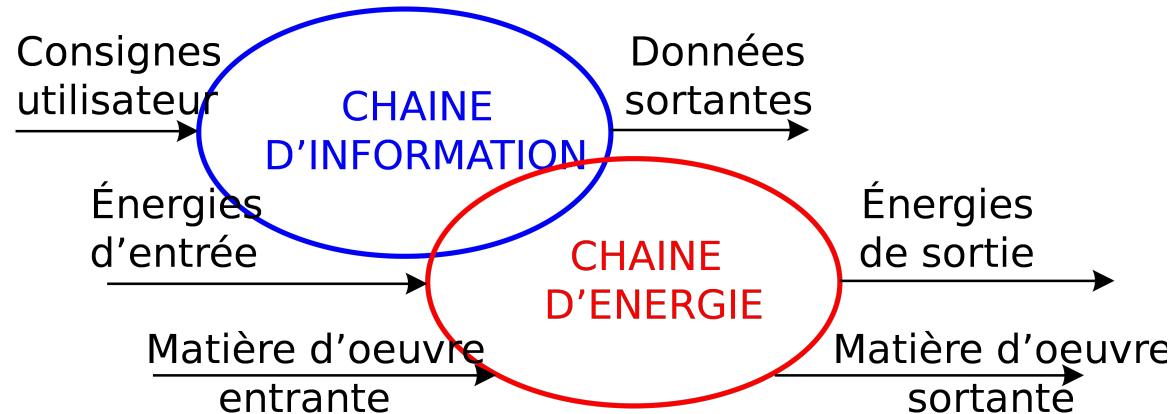
1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
 1. Diagramme de Définition de Blocs
 2. Chaîne fonctionnelle
 3. Diagramme de blocs internes
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Chaîne fonctionnelle



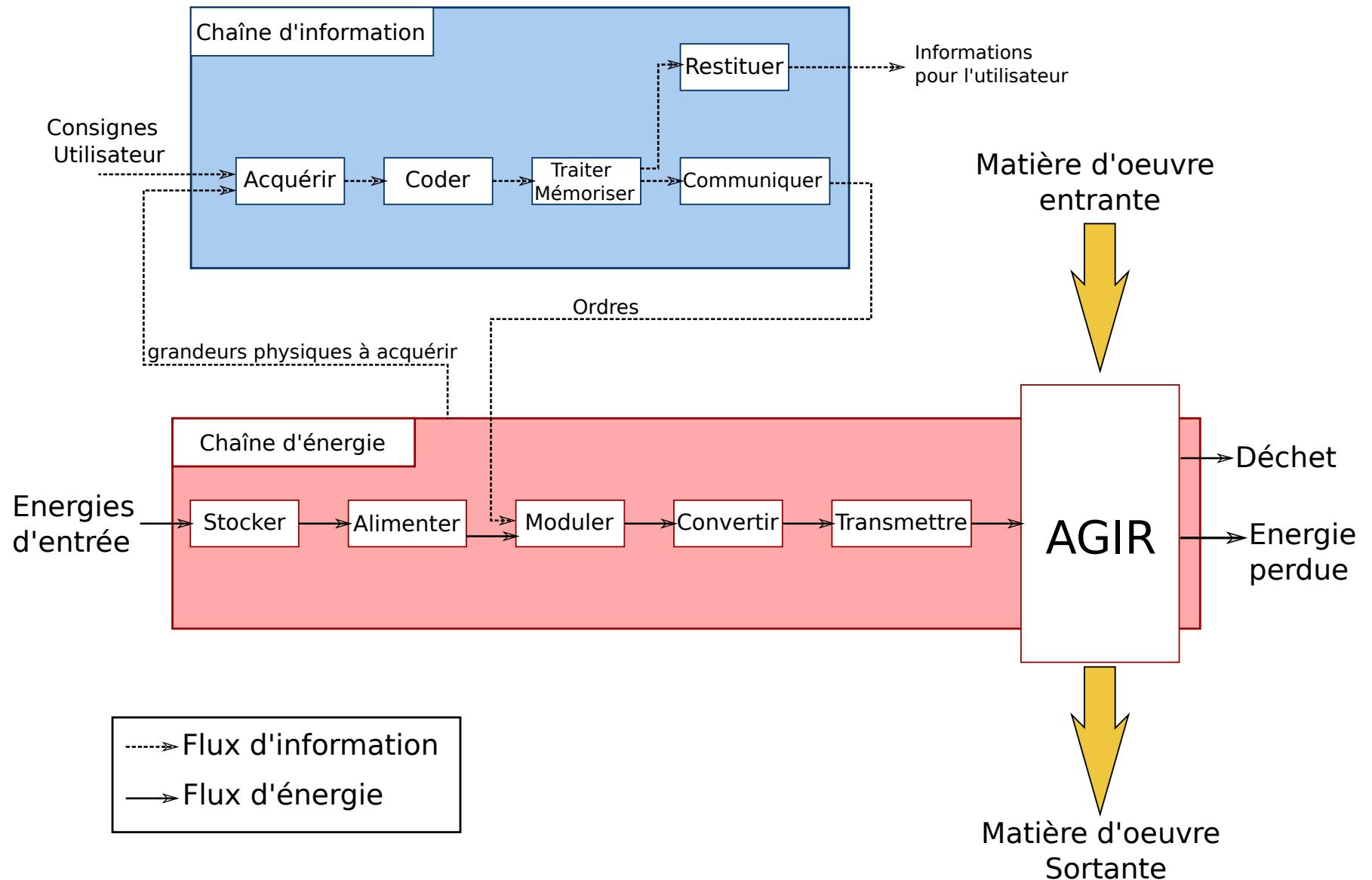
Ne fait pas partie du langage SysML (est transposable)
Conservé en CPGE (car se prête bien au travail papier)

Modélisation par schéma bloc en deux chaînes distinctes

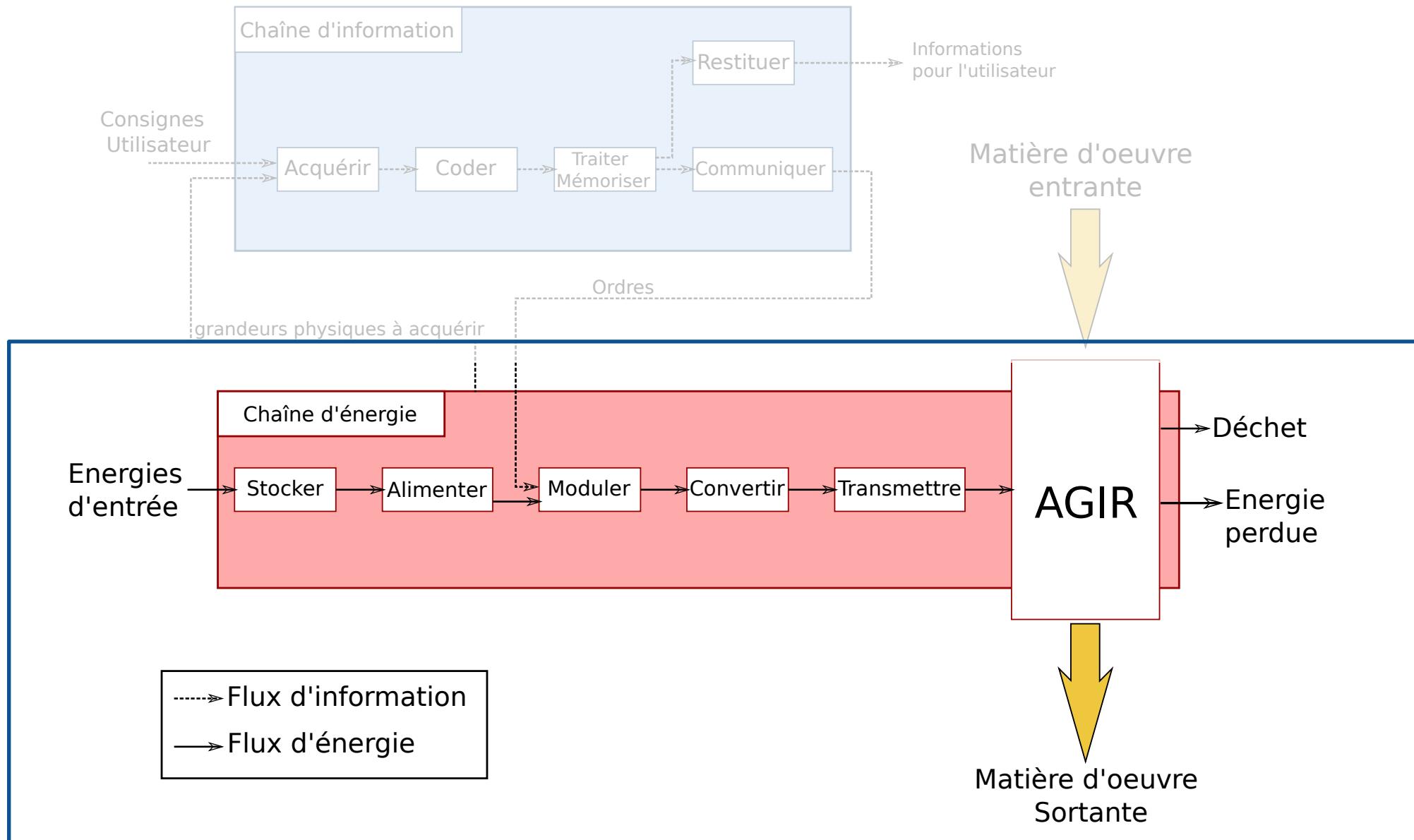


- **la chaîne d'information** qui transfère stocke et transforme l'information (appelée également ``partie commande") ;
- **la chaîne d'énergie** qui transforme l'énergie et permet d'agir sur le système physique (appelée également ``partie opérative").

Chaîne fonctionnelle



Chaîne fonctionnelle



Chaîne fonctionnelle

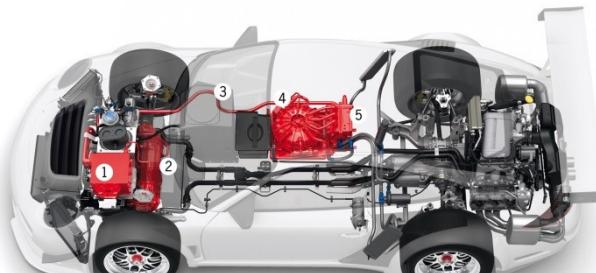
Stocker

- Energie électrique



Batteries et accumulateurs

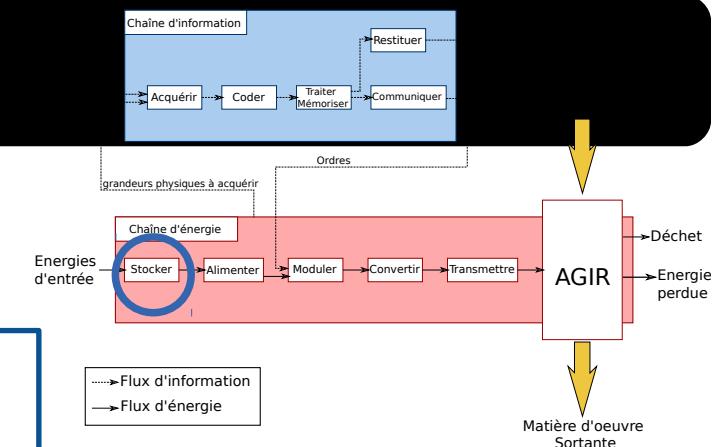
- Energie mécanique



Volant inertie



Retenues d'eau



- Energie thermique



Chaîne fonctionnelle

Alimenter

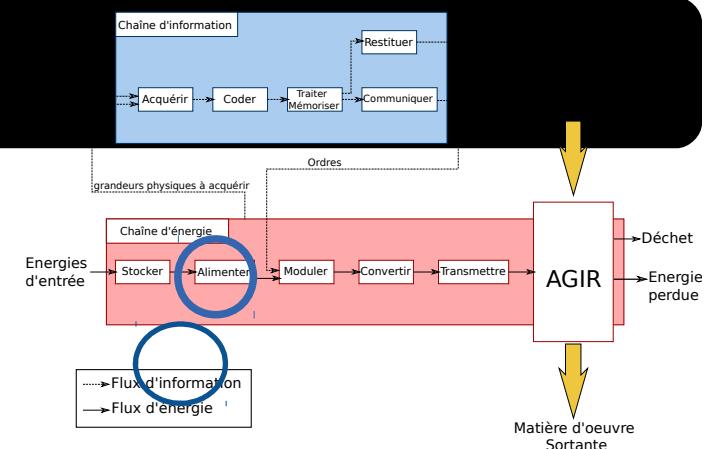
- Energie électrique



transformateurs



transformateurs



- Energie pneumatique

Filtre :
Sèche l'air et filtre les poussières



Lubrificateur : facilite le glissement des tous les organes en mouvement



Manostat : régule la pression



Manomètre : mesure la pression



Unité de conditionnement FRL



L'énergie pneumatique a parfois besoin d'être adaptée

Chaîne fonctionnelle

Moduler

- Eléments Tout Ou Rien (TOR)



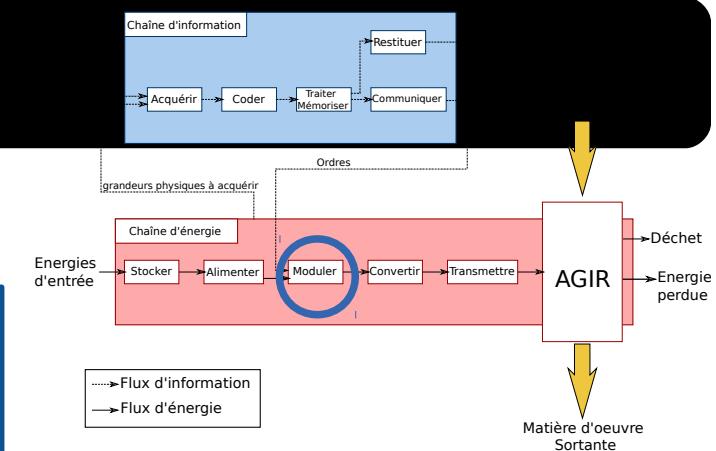
Relais électromécanique



Contacteur



Distributeur hydraulique



- Eléments Tout Ou Rien (TOR)



Hacheur



Variateur



Carte électronique

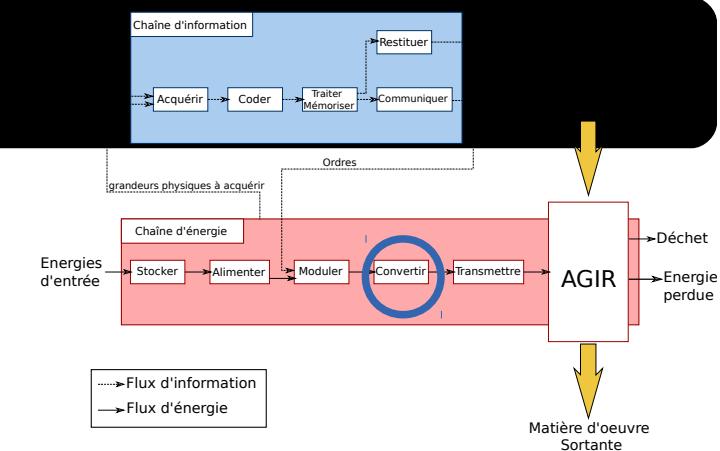
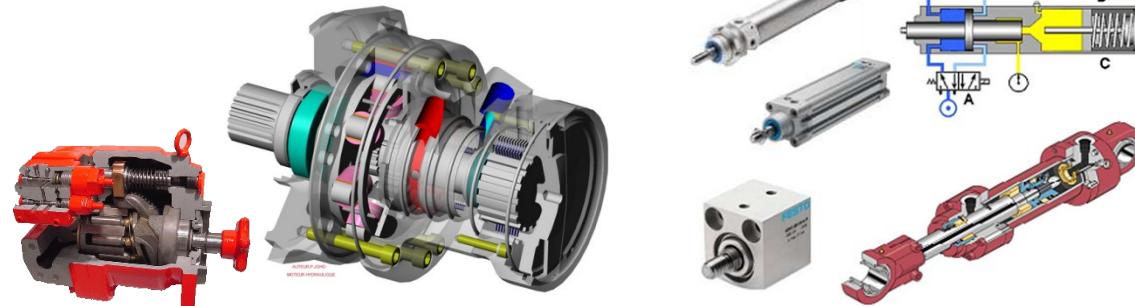
Chaîne fonctionnelle

Convertir

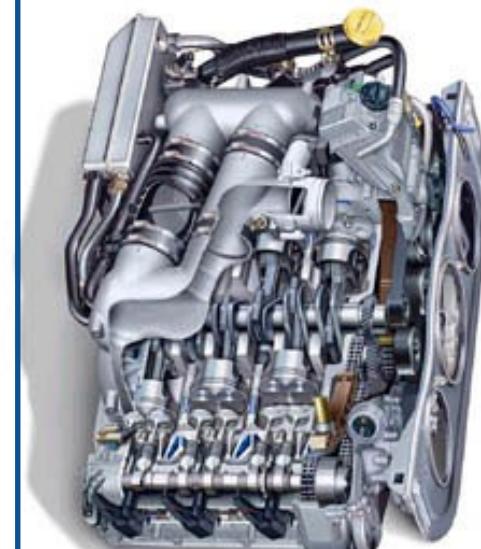
- Actionneurs électriques



- Actionneurs pneumatiques ou hydrauliques



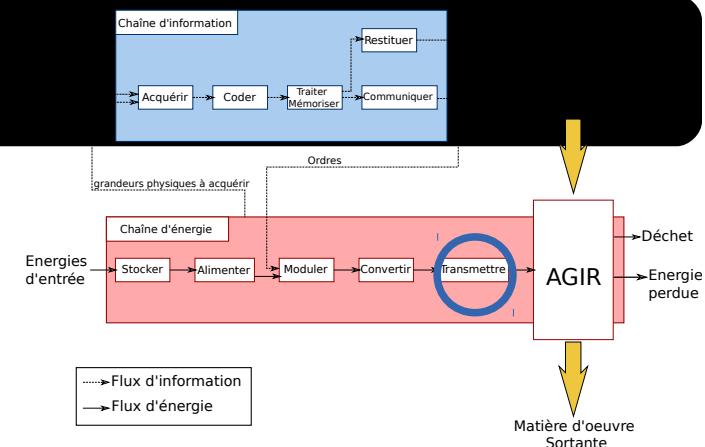
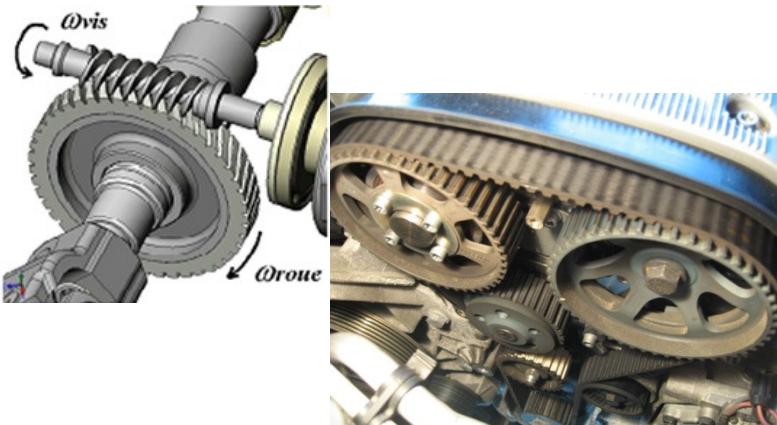
- Moteur à combustion



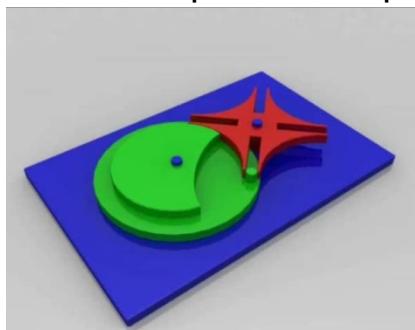
Chaîne fonctionnelle

Transmettre

- Réducteurs (engrenages, courroies, etc)



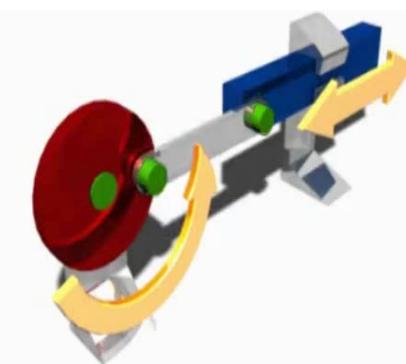
- Mécanismes de transformation de mouvement
Préhenseur pneumatique



Vis à billes

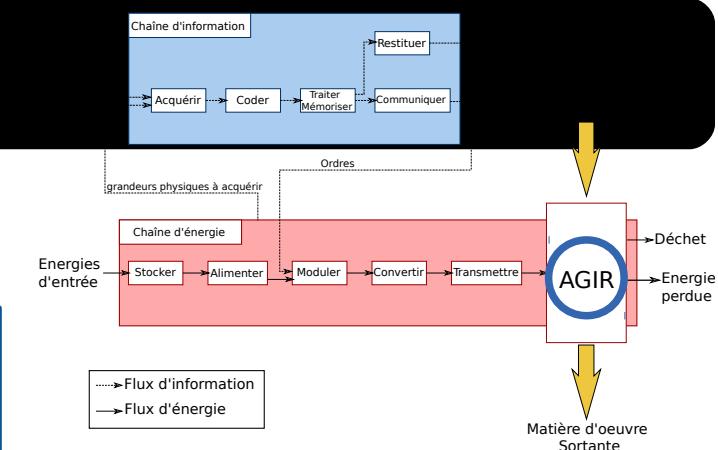
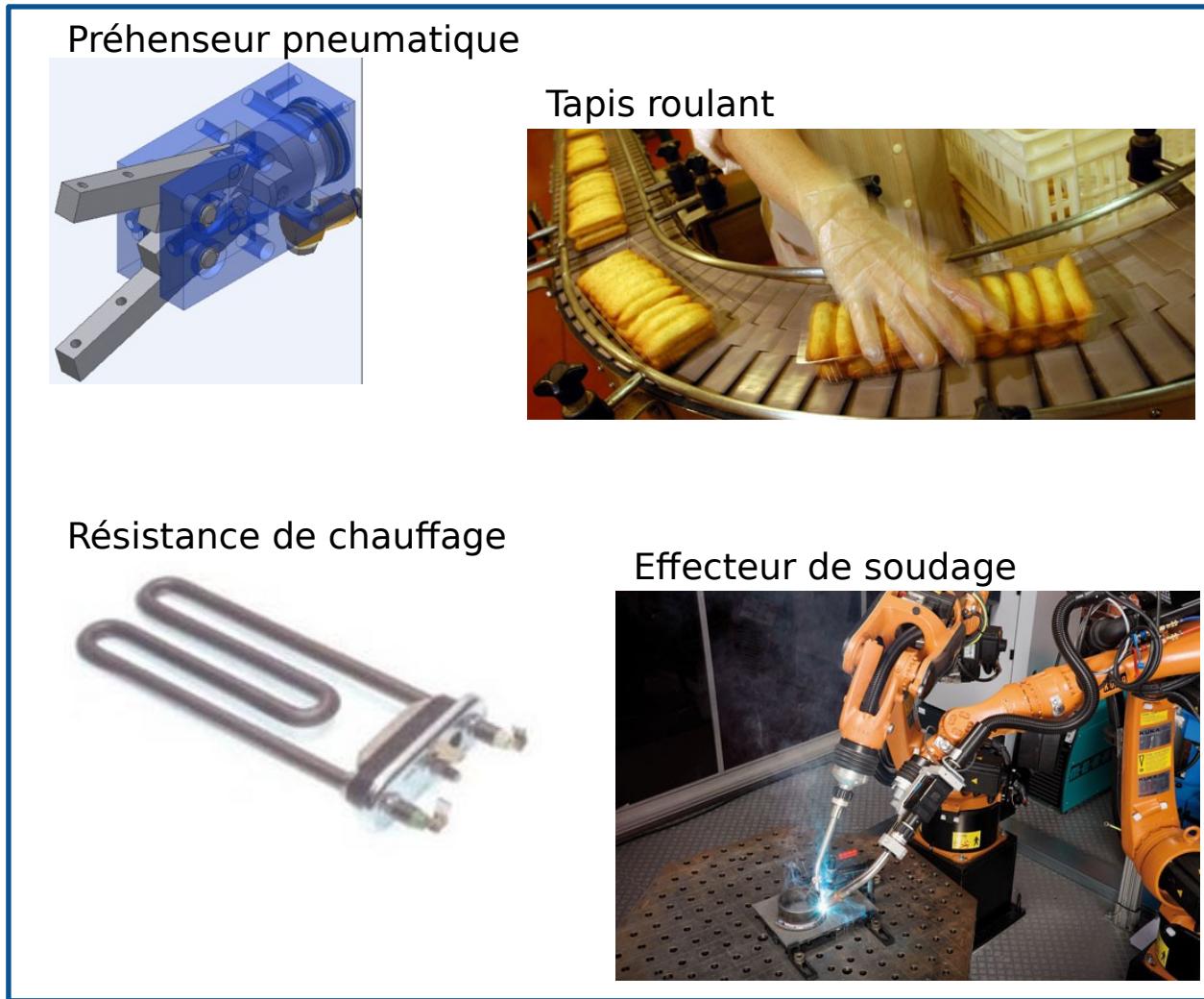


Bielle-manivelle

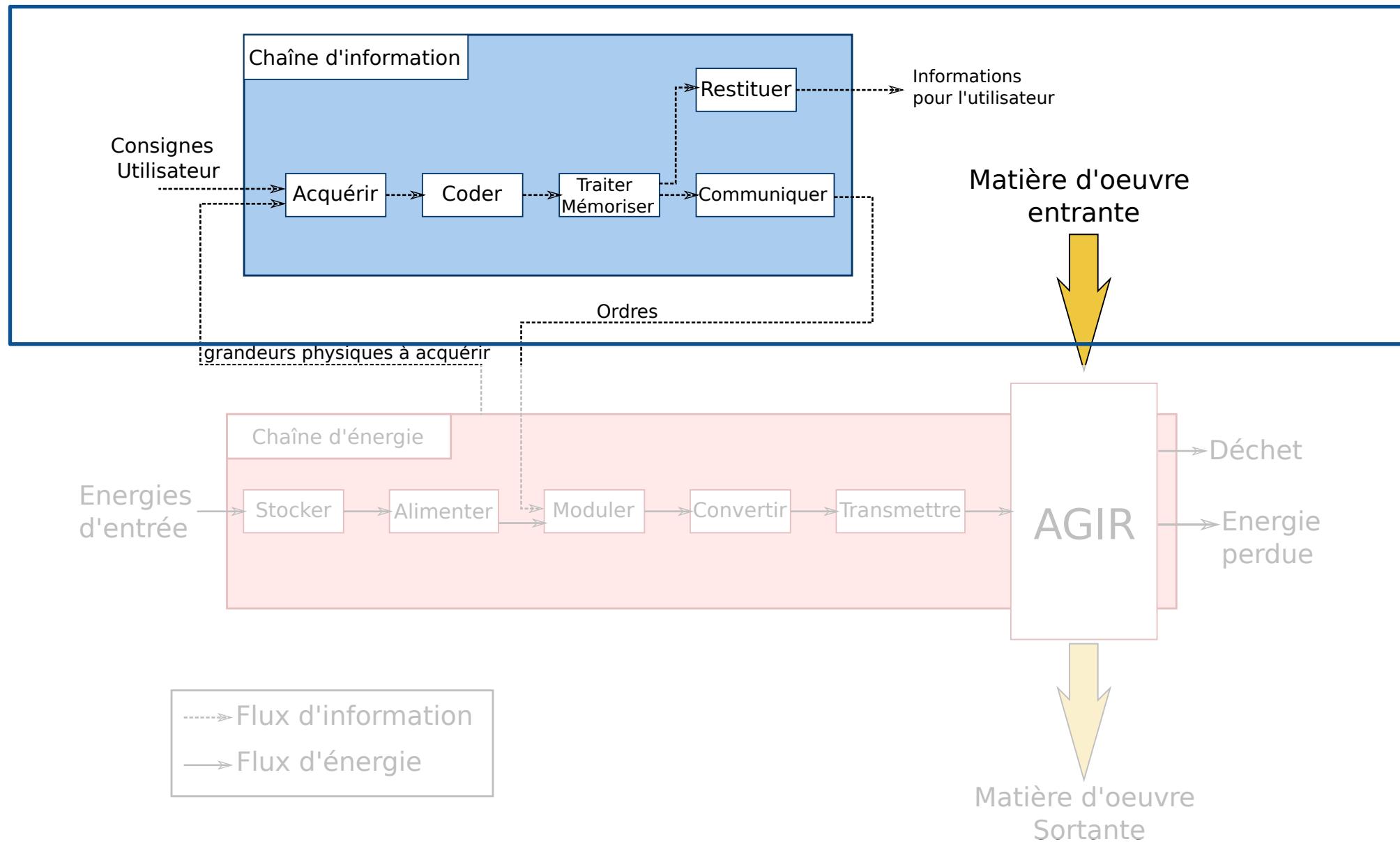


Chaîne fonctionnelle

Agir



Chaîne fonctionnelle



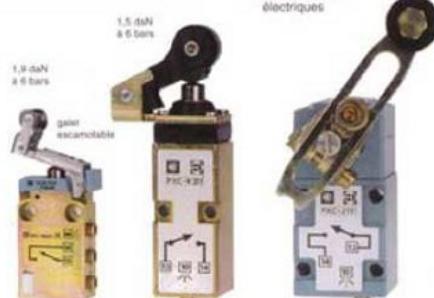
Chaîne fonctionnelle

Acquérir + Coder

- Capteurs tout ou rien

Les détecteurs avec contact

Interrupteur de position électromécanique aux standards électriques



Détecteur de proximité inductif



Détecteur de proximité capacitif



Les détecteurs sans contact

Détecteur photoélectrique



- Interface Homme/Machine



- Capteurs analogiques

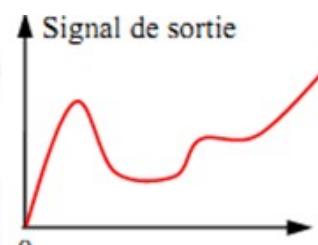
Jauge d'extensiométrie (capteurs d'effort)



Les pressostats (capteurs de pression)



Les tachymètres (capteurs de vitesse)

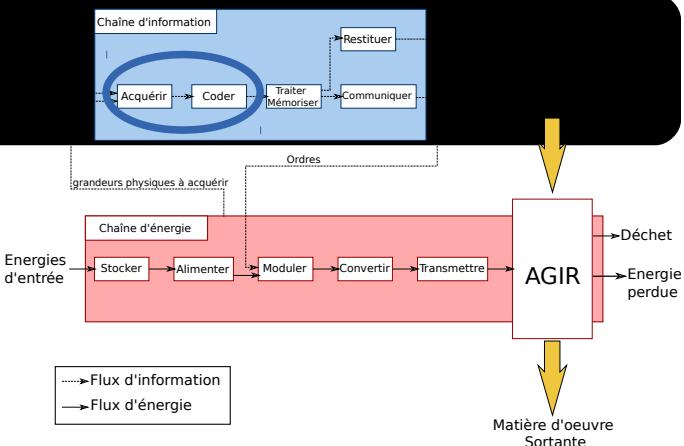
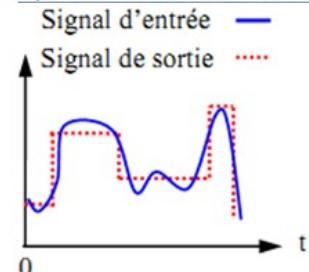


Les potentiomètres résistifs (capteurs de déplacement)



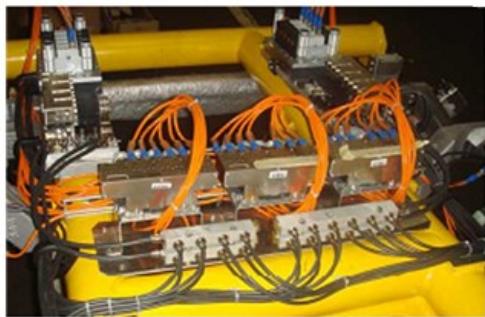
- Capteurs analogiques

Les codeurs (capteurs de déplacement).



Chaîne fonctionnelle

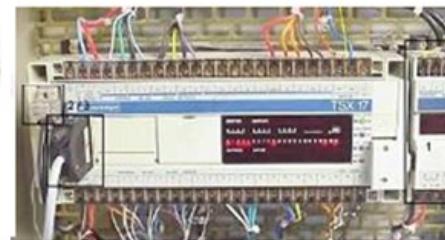
Traiter



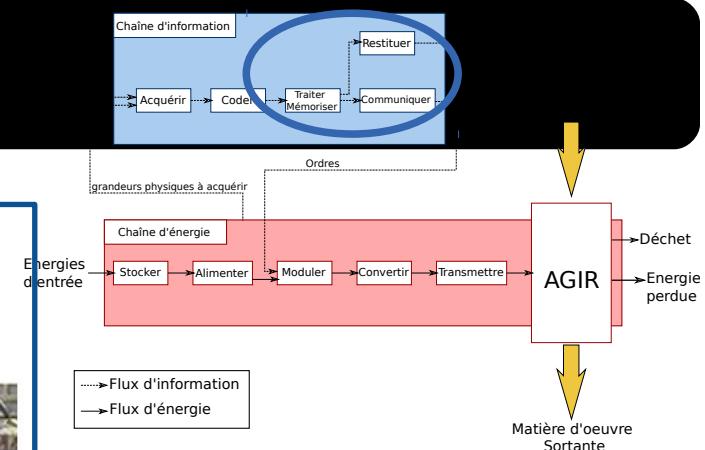
Logique câblée pneumatique



Microcontrôleurs



Automate programmable



Mémoriser

- Relais, RAM, disque dur, etc



Communiquer

- Carte E/S, bus, microcontrôleur



Restituer

- Led, buzzer, écran, etc

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
 1. Diagramme de Définition de Blocs
 2. Chaîne fonctionnelle
 3. Diagramme de blocs internes
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Diagramme de bloc interne

ibd

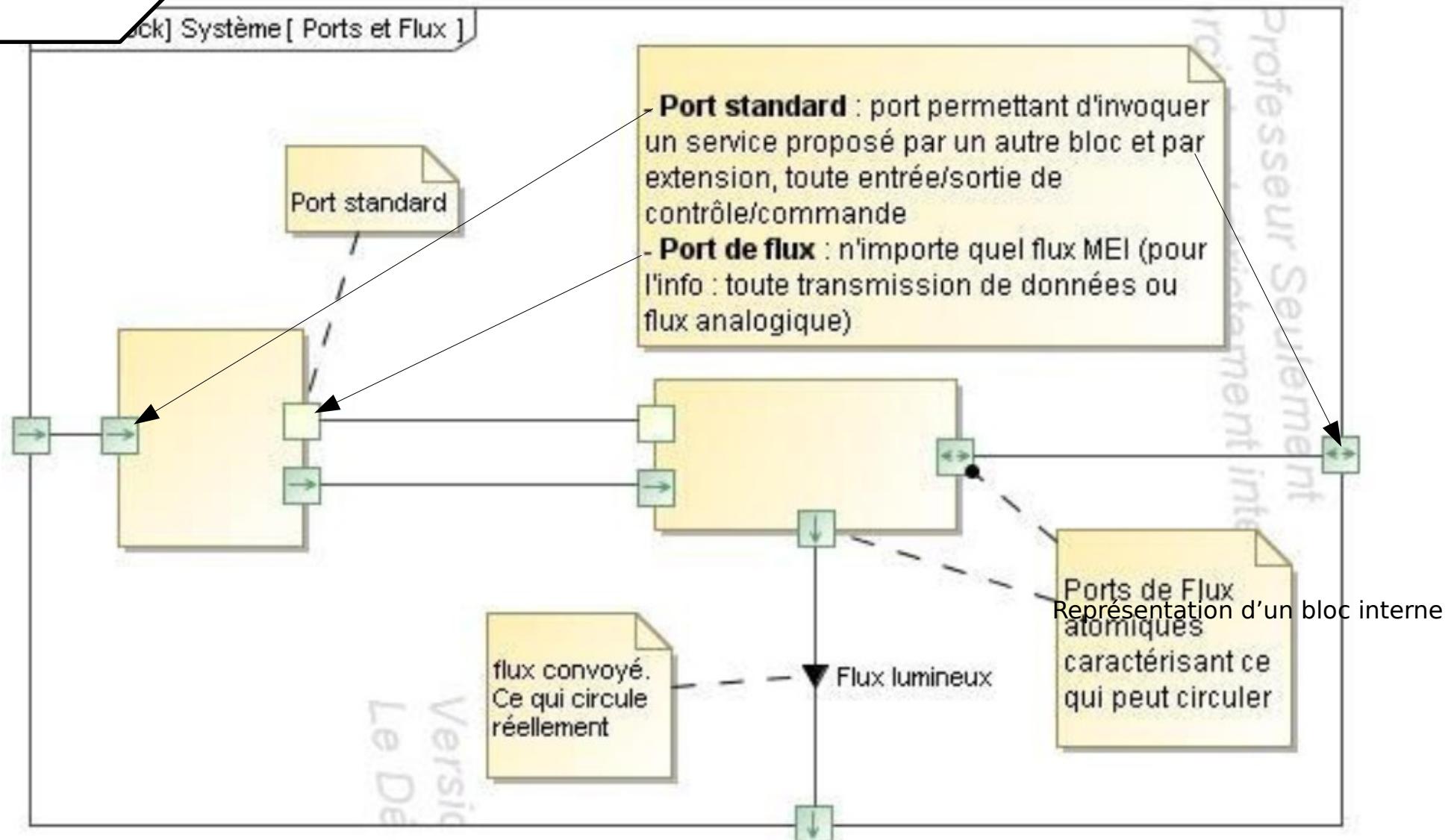


Diagramme de bloc interne

ibd

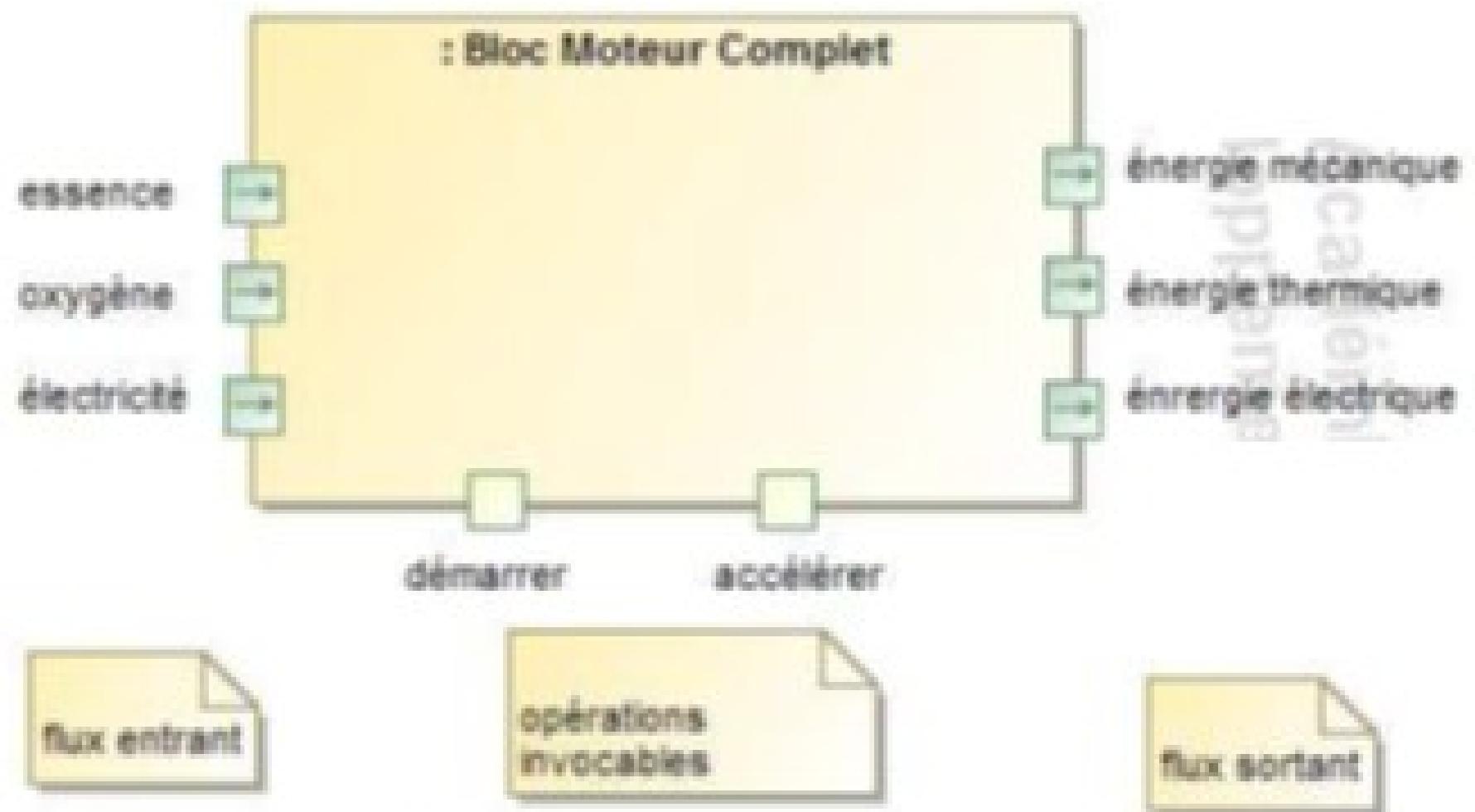
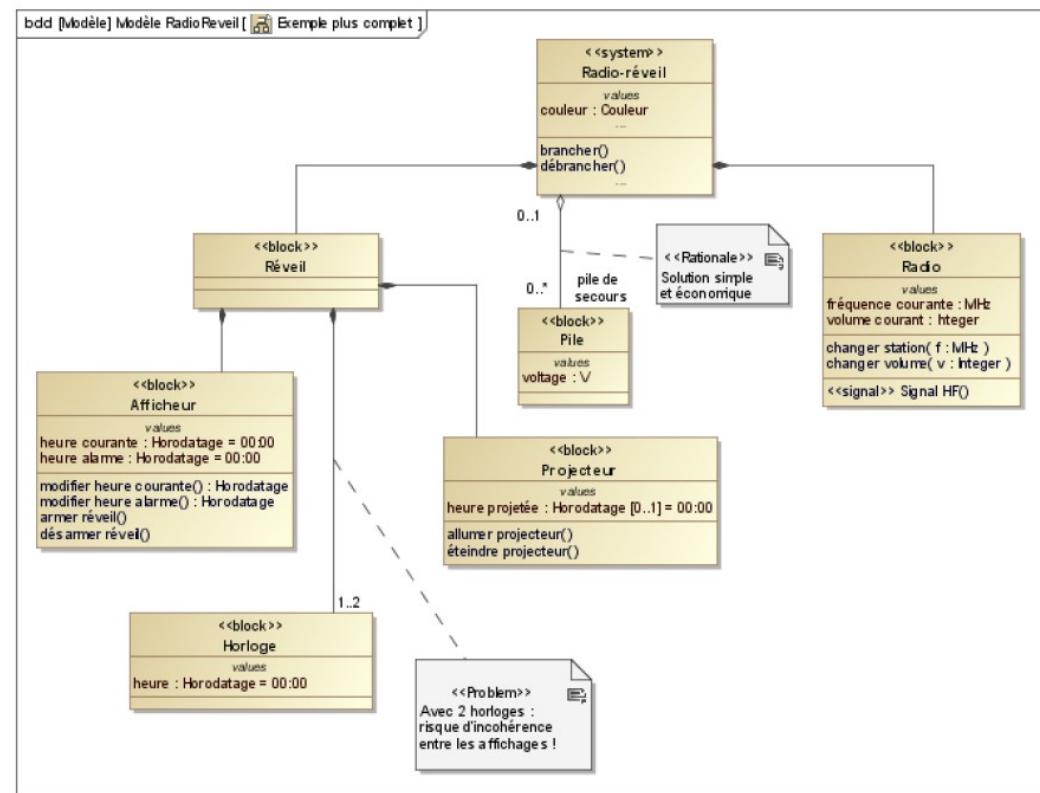


Diagramme de bloc interne

ibd

- Objectif :
 - Décrire les flux à l'intérieur d'un bloc défini dans le BDD
 - « ZOOM »



Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
8. Conclusion

Modèles et comportements en SysML

Description à évènements discrets

Système automatisé



Diagramme d'état
Diagramme d'activité

Description à évènements continus

Asservissement de
l'équilibre du segway



Diagramme paramétrique

Modèles et comportements en SysML

Description à évènements discrets

Système automatisé



Diagramme d'état

Description à évènements continus

Asservissement de
l'équilibre du segway



Diagramme paramétrique

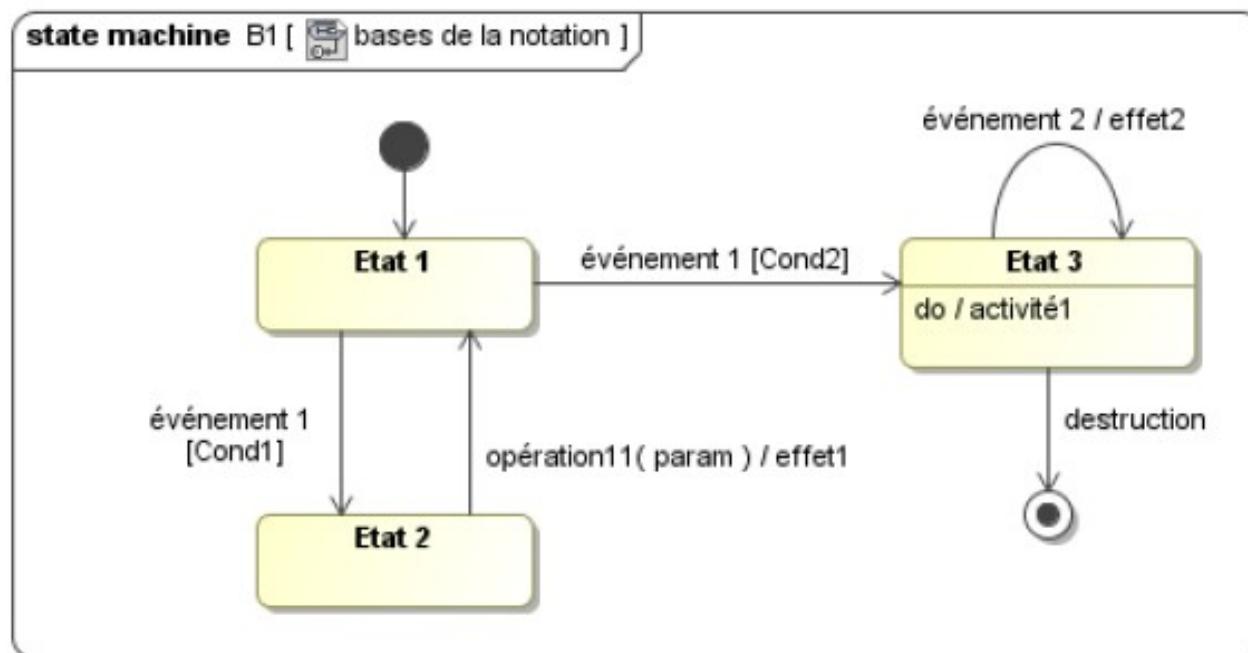
Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
 1. Diagramme d'état
 2. Diagramme d'activité
 3. Diagramme paramétrique
8. Conclusion

Diagramme d'état

stm

Décrire l'évolution de l'état d'un bloc, au cours du temps, en fonction de son état actuel et des évènements externes ou internes au système.



État = situation stable dans la vie d'un objet

effectue une activité ou attend un événement

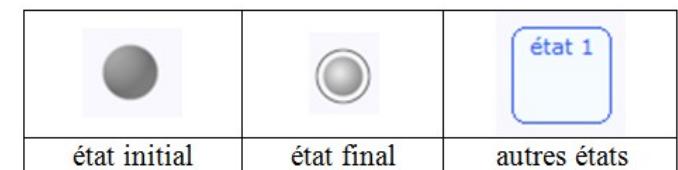
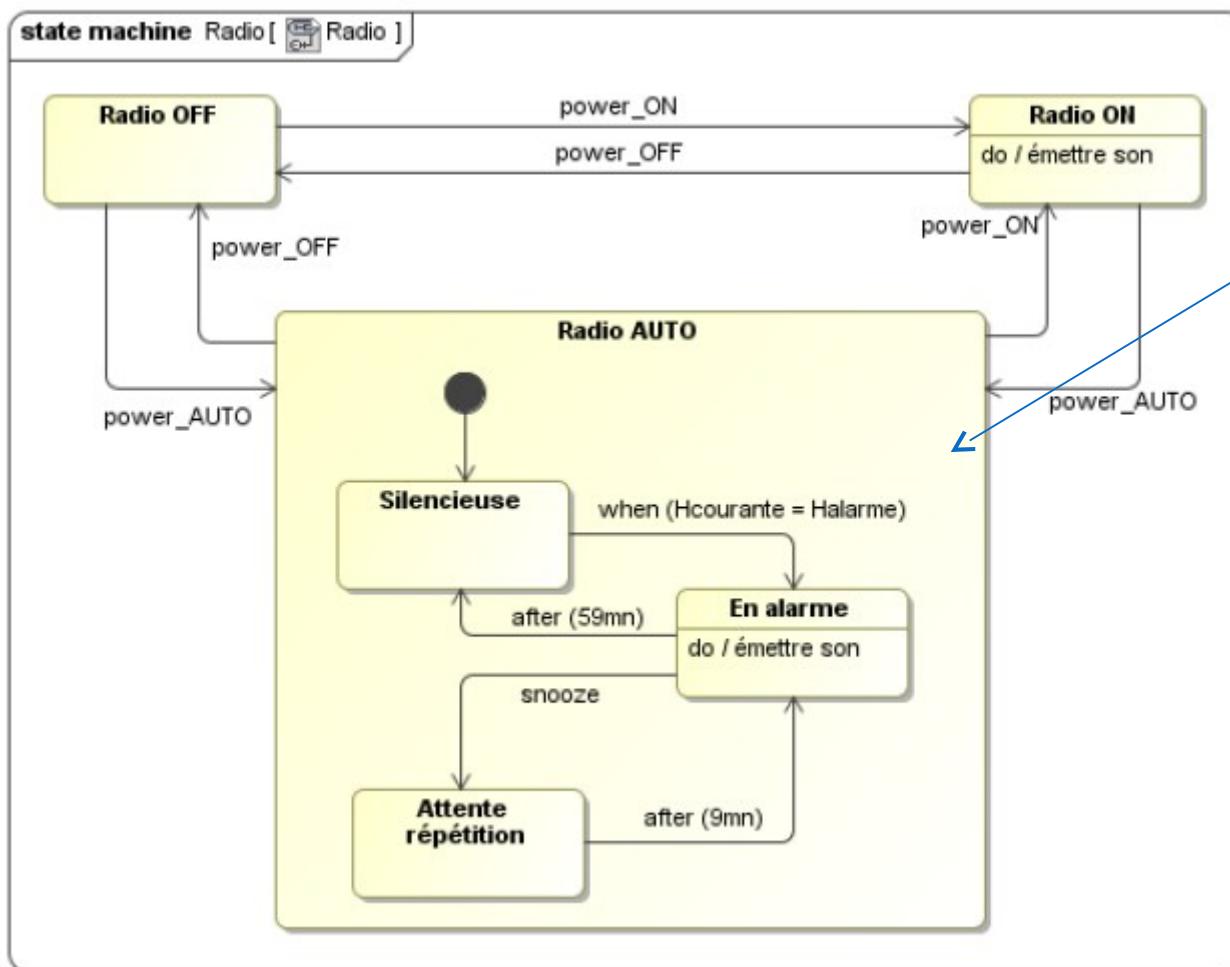


Diagramme d'état

stm

Décrire l'évolution de l'état d'un bloc, au cours du temps, en fonction de son état actuel et des évènements externes ou internes au système.



Etat englobant :
composé de sous-
états

Plan

1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
 1. Diagramme d'état
 2. Diagramme d'activité
 3. Diagramme paramétrique
8. Conclusion

Diagramme d'activité

act

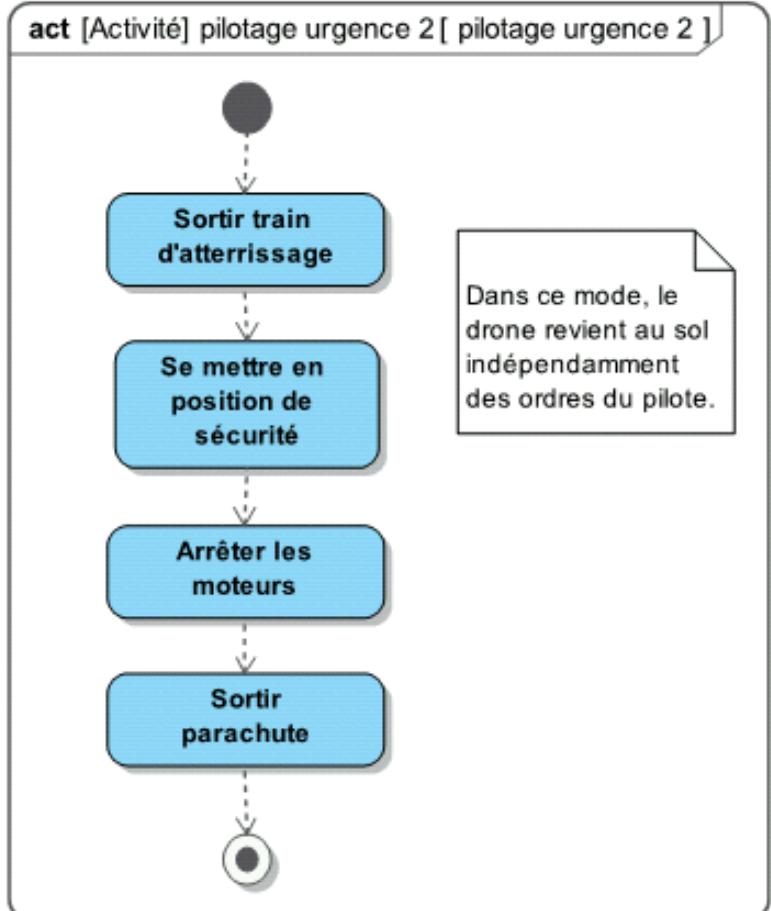
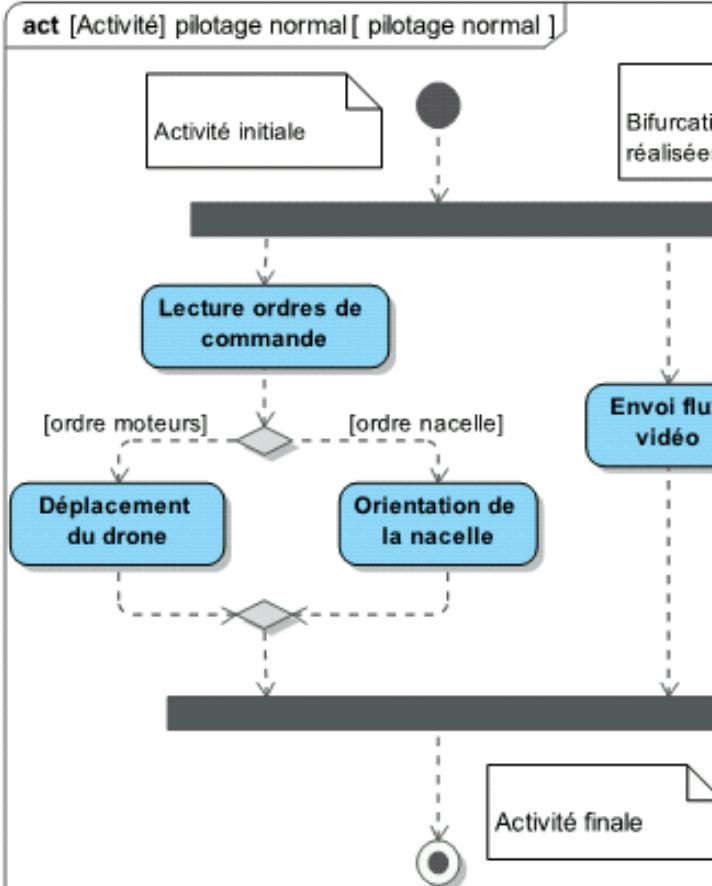


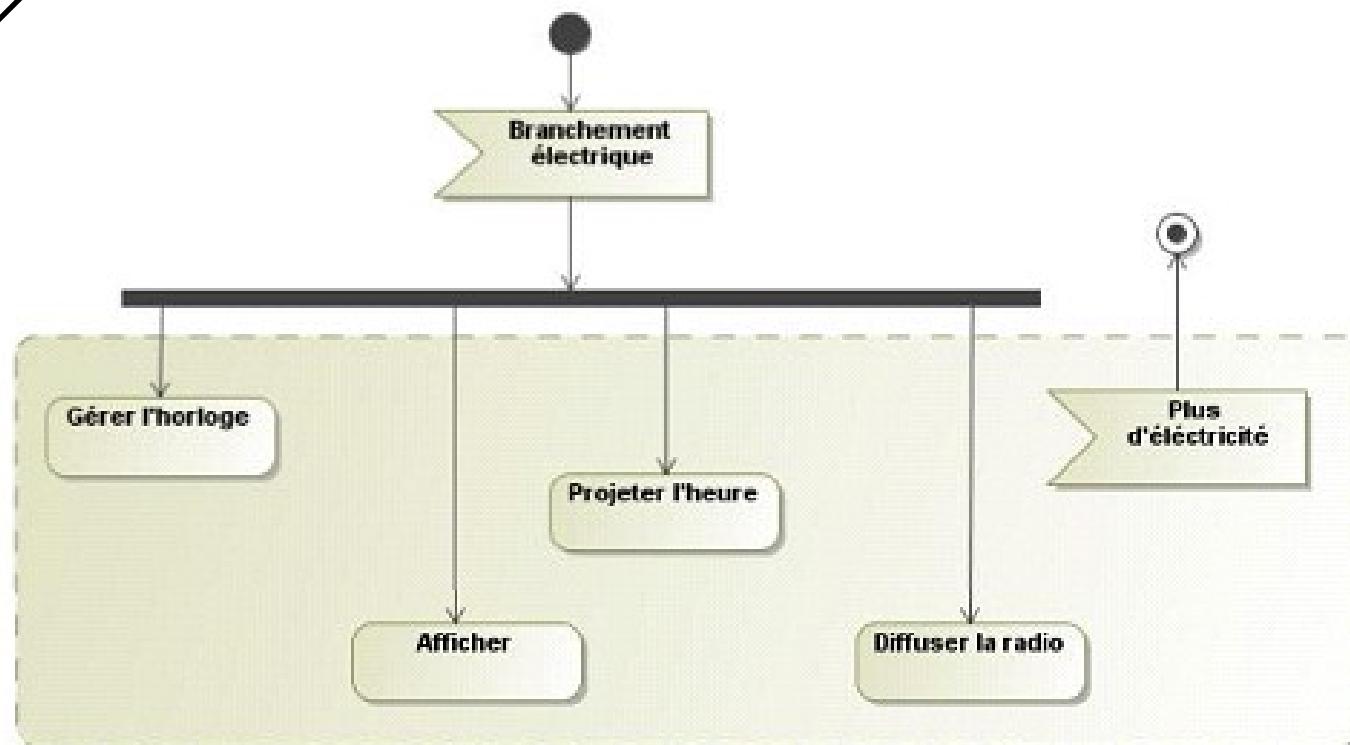
Diagramme d'activité

act

- Décrire une activité, lié à un état, mais qui peut concerner plusieurs blocs.
- La fin d'une action implique automatiquement le passage à la suivante.
- Non adapté au pilotage par évènement (diagramme états).

Diagramme d'activité

act



Plan

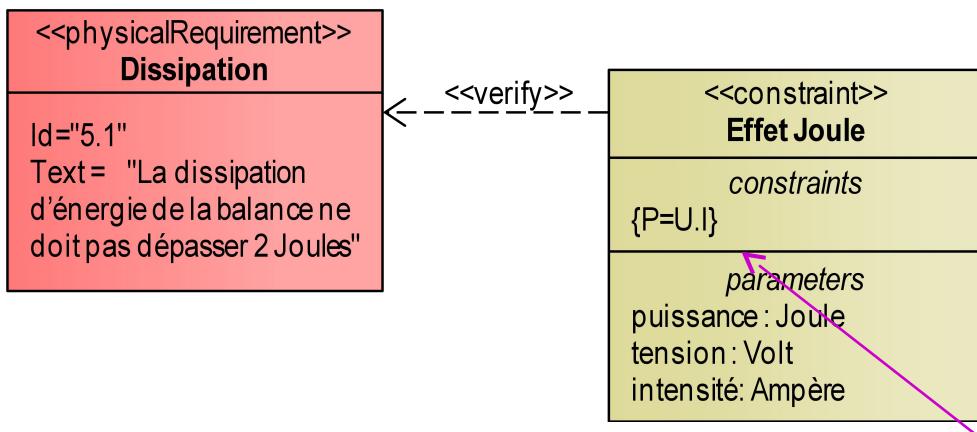
1. Introduction
2. Notion de système
3. Introduction à l'ingénierie système
4. Méthodes de conception
5. Analyse du Besoin
6. Analyse Structurelle
7. Modèles et comportement en SysML
 1. Diagramme d'état
 2. Diagramme d'activité
 3. Diagramme paramétrique
8. Conclusion

Diagramme paramétrique

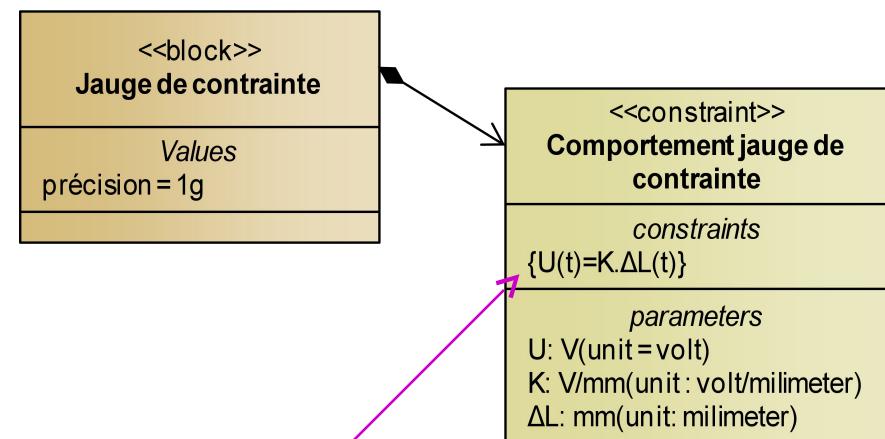
par

intégrer les paramètres clés du système et spécifier des relations physiques ou mathématiques sur ces paramètres.

... associés à une exigence



... associés à un bloc du bdd



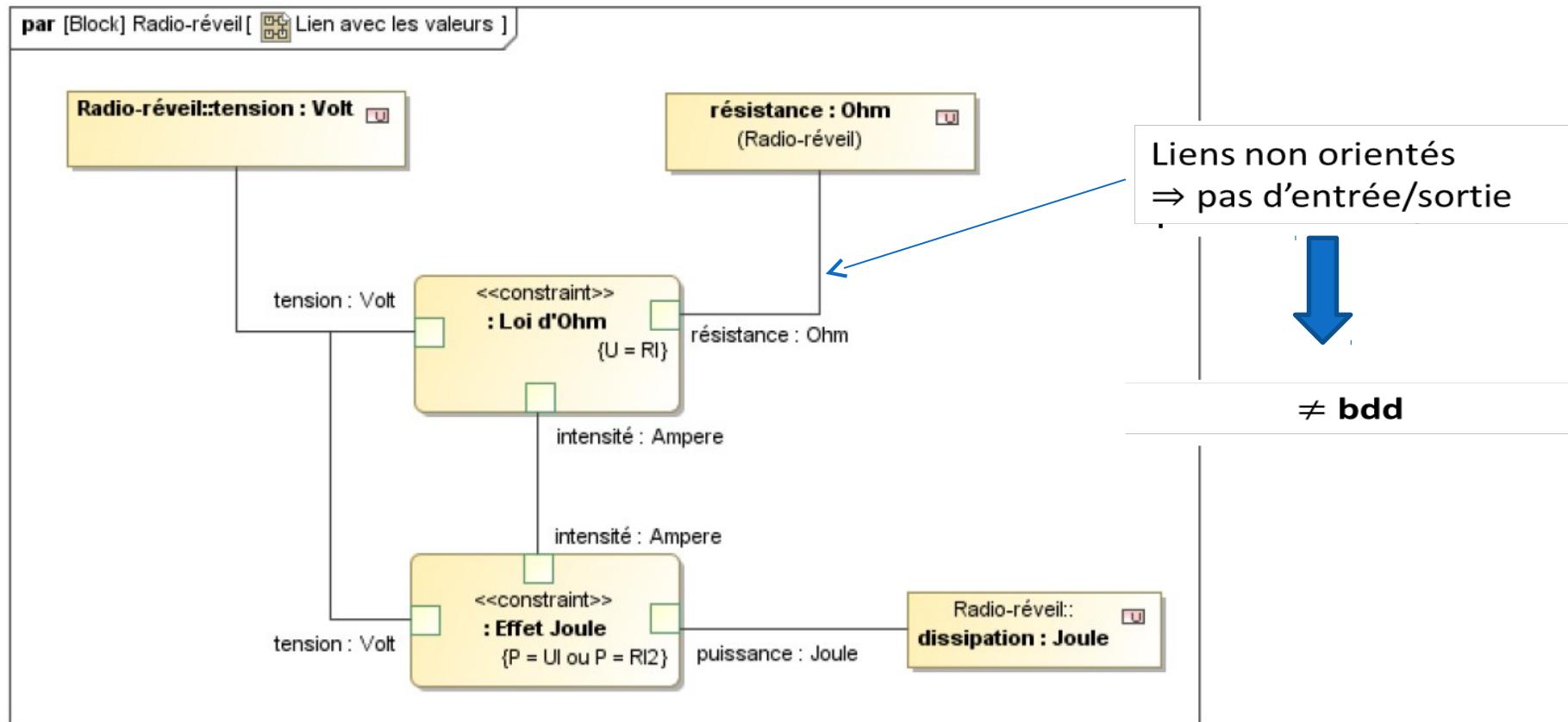
Equation de la contrainte

- Loi physique
- équation de comportement
- relations géométriques

Diagramme paramétrique

par

intégrer les paramètres clés du système et spécifier des relations physiques ou mathématiques sur ces paramètres.



Possibilité de simuler le système

Conclusion

Conclusion

Développement de produits →

nombreux domaines scientifiques et domaines de compétence



Langage de communication unique par la modélisation = le SysML

Etapes :

- Analyse du besoin (**uc, seq, req**)
- Description de la structure (**bdd, bdi**, +chaîne fonctionnelle pour les CPGE)
- Modèles de comportement (**st, par**)

