

CI-1 : Analyser et décrire les systèmes industriels

Version un peu allégée

CI-1-1 : Décrire un système avec l'ingénierie système

LYCÉE CARNOT - DIJON, 2023 - 2024

Germain Gondor

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML
- 8 Analyse et description des systèmes à l'aide de SysML

Sommaire

- 1 Introduction
 - Ingénieur pour demain
 - Devenir ingénieur
 - Être élève en CPGE
 - Devenir ingénieur 3D
 - Compétences ingénieur
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML

Ingénieur pour demain

Élèves en CPGE, de nombreuses portes s'ouvrent à vous. Certains deviendront:

Ingénieur pour demain

Élèves en CPGE, de nombreuses portes s'ouvrent à vous. Certains deviendront:

- profs (ce n'est pas grave...)

Ingénieur pour demain

Élèves en CPGE, de nombreuses portes s'ouvrent à vous. Certains deviendront:

- profs (ce n'est pas grave...)
- chercheurs (enseignants chercheurs)

Ingénieur pour demain

Élèves en CPGE, de nombreuses portes s'ouvrent à vous. Certains deviendront:

- profs (ce n'est pas grave...)
- chercheurs (enseignants chercheurs)
- ingénieurs (la plupart)

Ingénieur pour demain

Élèves en CPGE, de nombreuses portes s'ouvrent à vous. Certains deviendront:

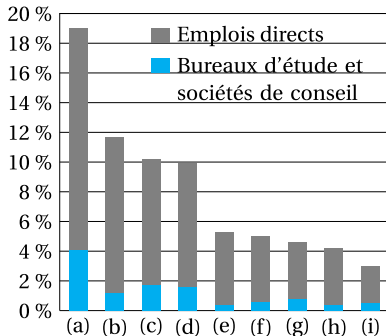
- profs (ce n'est pas grave...)
- chercheurs (enseignants chercheurs)
- ingénieurs (la plupart)
- ...

Ingénieur pour demain

L'éventail des secteurs économiques dans lesquels vous allez travailler est très large :

Ingénieur pour demain

L'éventail des secteurs économiques dans lesquels vous allez travailler est très large : Pour cela, vous intégrerez ou vous créez des **entreprises**.



- (a) Industries automobile, aéronautique, navale et ferroviaire
- (b) Bâtiment, travaux publics et construction
- (c) Énergies (industries liées au pétrole, gaz, nucléaire, etc.)
- (d) Technologies de l'information (service)
- (e) Industries chimique et pharmaceutique
- (f) Autres secteurs industriels
- (g) Institutions financières, banque et assurance
- (h) Industrie agroalimentaire (transformation)
- (i) Agriculture, sylviculture et pêche

Vos défis pour demain

Accès à l'eau

Vos défis pour demain

Accès à l'eau



Vos défis pour demain

Accès à l'eau



Vos défis pour demain

Accès à l'eau



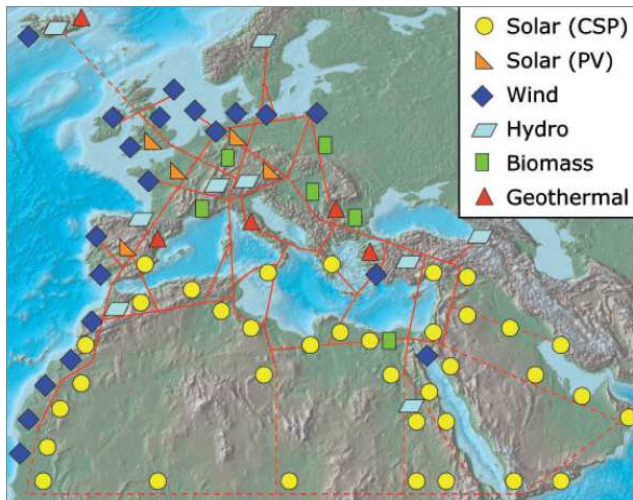
Vos défis pour demain

Accès à l'eau



Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



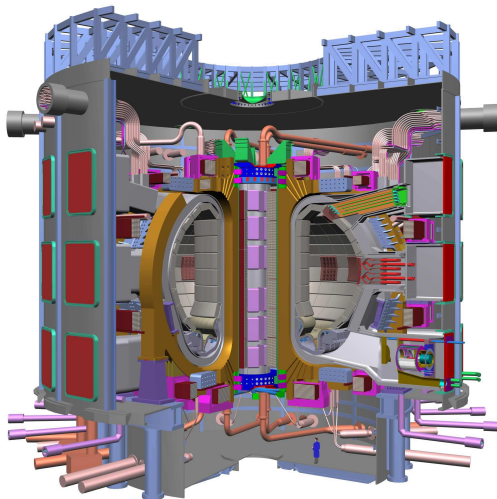
Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



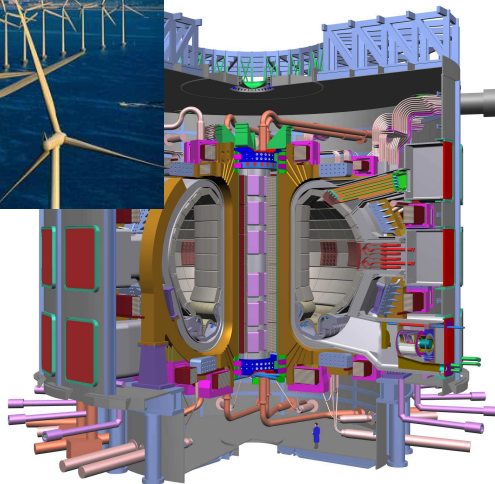
Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



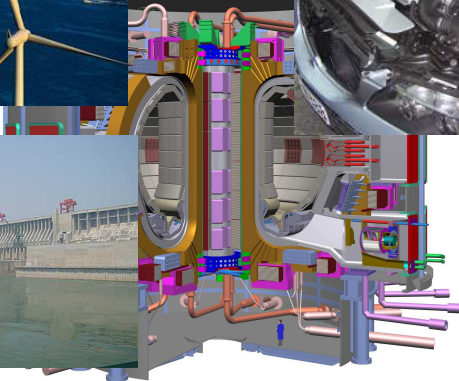
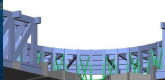
Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



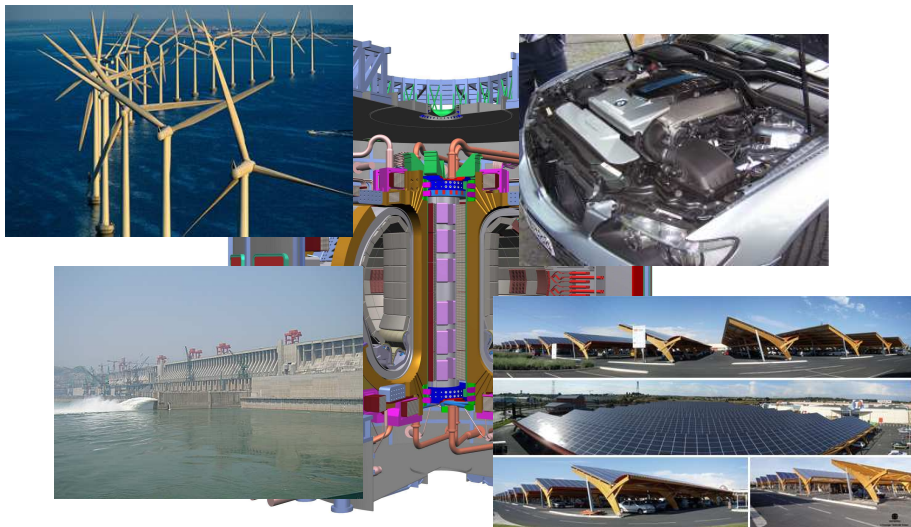
Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



Vos défis pour demain

Accès à l'énergie



Vos défis pour demain

Gérer les bouleversements climatiques



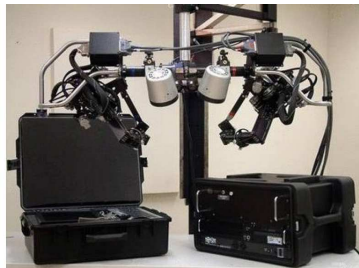
Vos défis pour demain

Gérer les bouleversements climatiques



Vos défis pour demain

Accès à la santé



Vos défis pour demain

Accès aux transports



Airbus A380



Supertanker



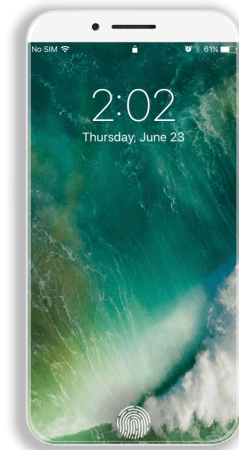
Train Grande Vitesse



Echangeur fluvial rotatif de Filkirk

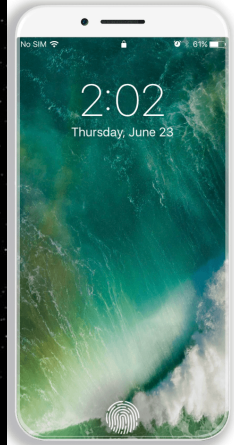
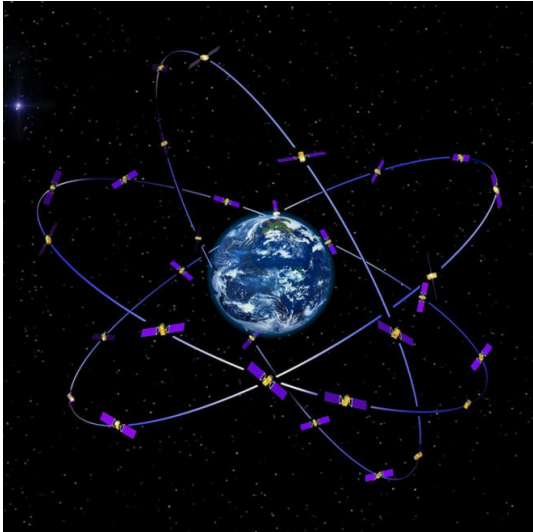
Vos défis pour demain

Accès à l'information



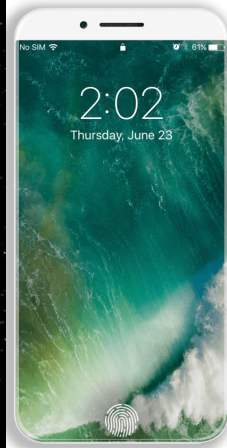
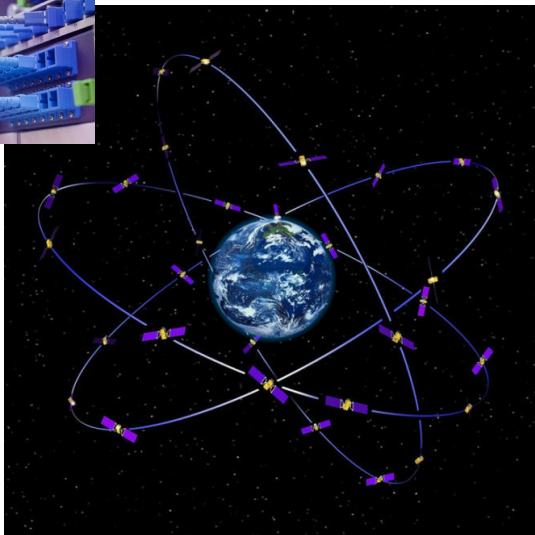
Vos défis pour demain

Accès à l'information



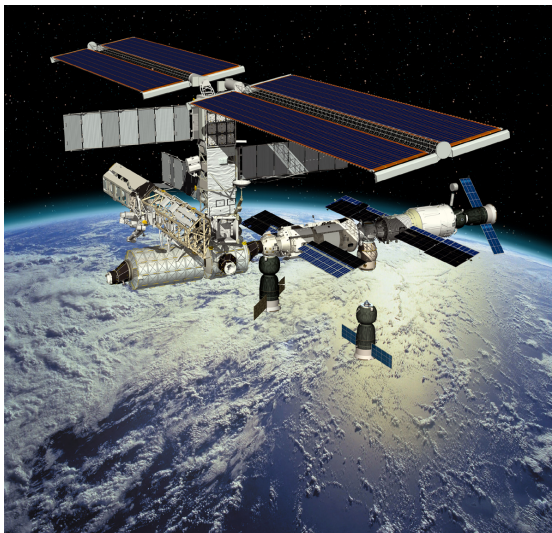
Vos défis pour demain

Accès à l'information



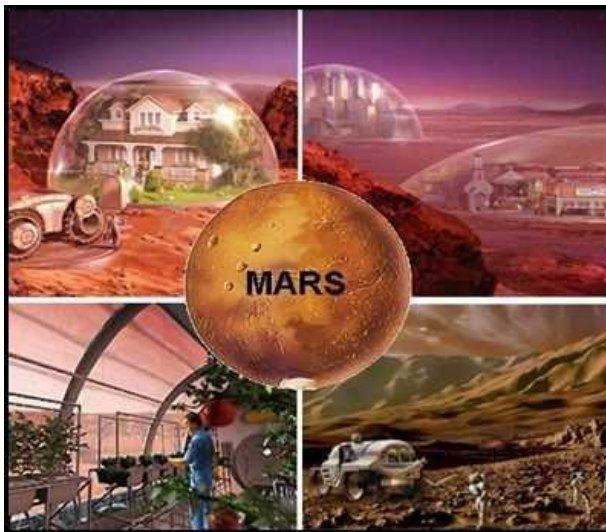
Vos défis pour demain

Habiter d'autres planètes



Vos défis pour demain

Habiter d'autres planètes



Être élève en CPGE :

Être élève en CPGE :



Être élève en CPGE :



Ce n'est pas cela !

Être élève en CPGE :



Être élève en CPGE :



Facebook??

Être élève en CPGE :



Facebook?? C'est pour les vieux...

Être élève en CPGE :



ouah té an prépa, boloss...

Être élève en CPGE :

QUELQUES HUMANOÏDES RARES



CENTRALIEN



NORMALIEN



ALIEN

Être élève en CPGE :

QUELQUES HUMANOÏDES RARES



CENTRALIEN



NORMALIEN

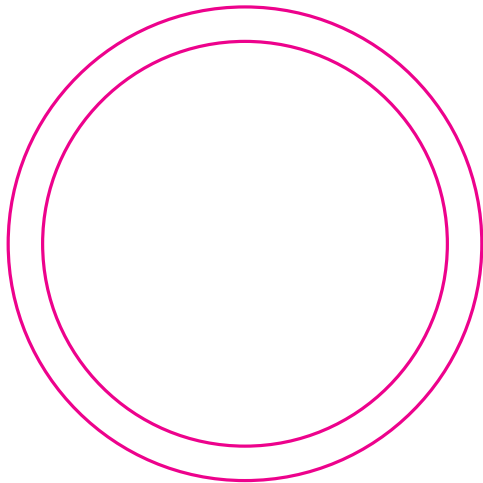


ALIEN

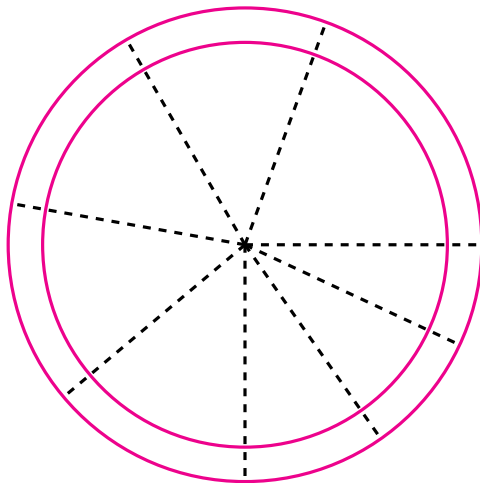
Attention, ceci pourrait vous arriver !

Être élève en CPGE :

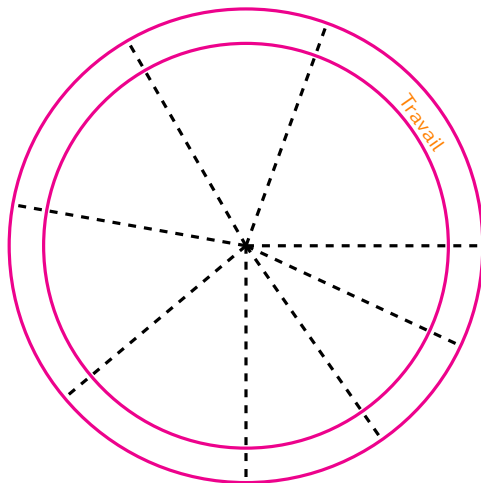
Être élève en CPGE :



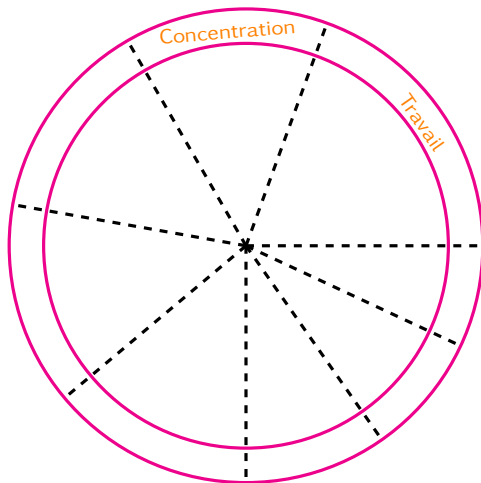
Être élève en CPGE :



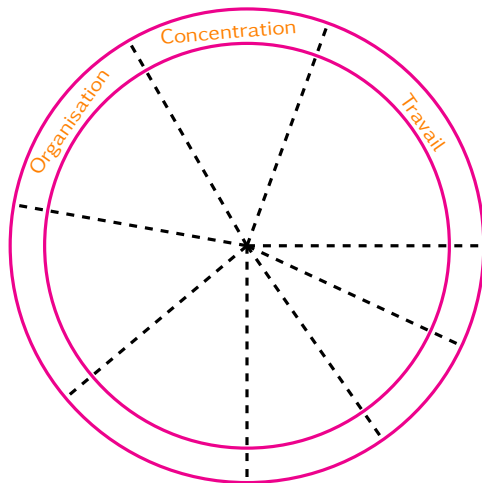
Être élève en CPGE :



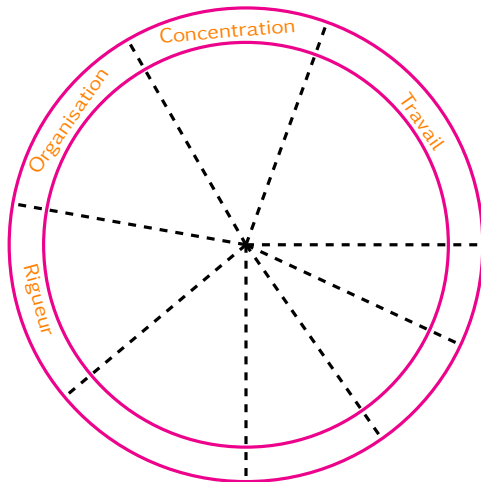
Être élève en CPGE :



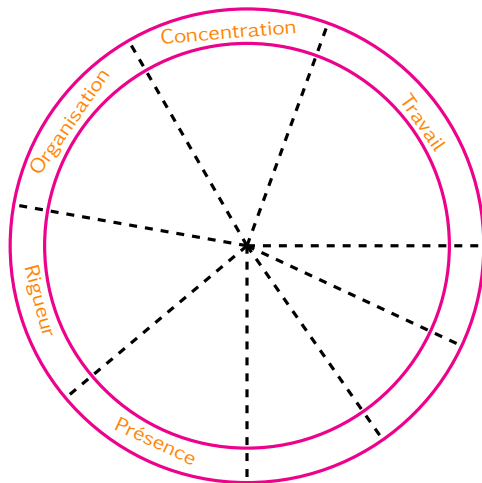
Être élève en CPGE :



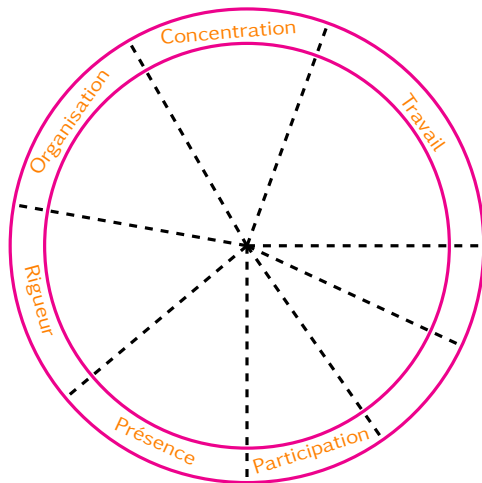
Être élève en CPGE :



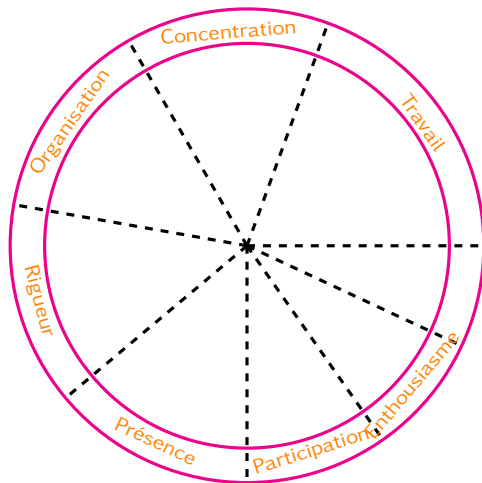
Être élève en CPGE :



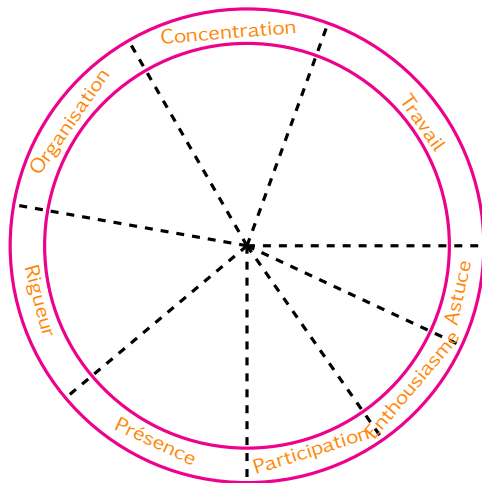
Être élève en CPGE :



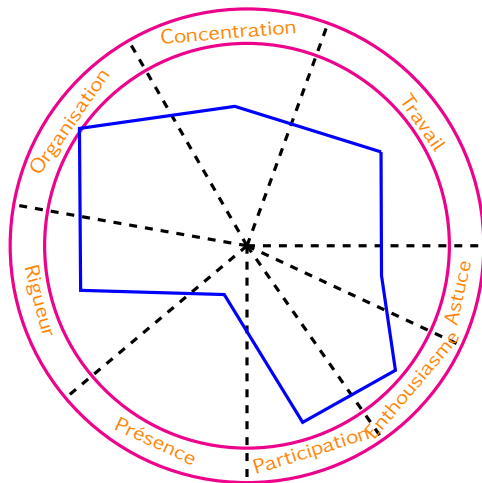
Être élève en CPGE :



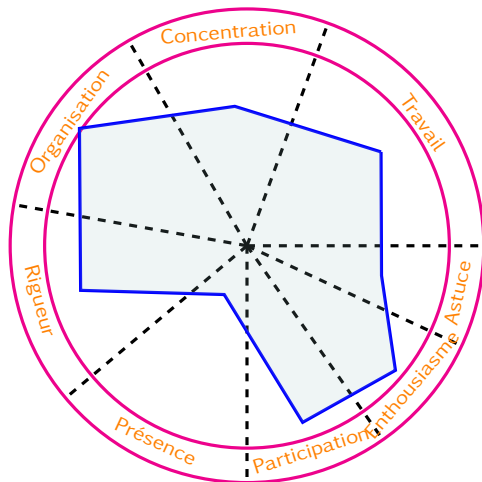
Être élève en CPGE :



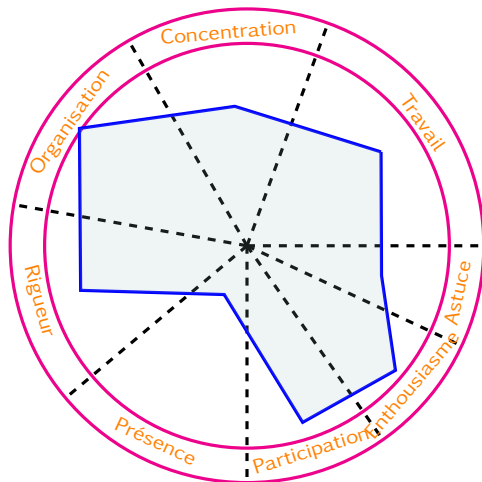
Être élève en CPGE :



Être élève en CPGE :



Être élève en CPGE :



Il faut chercher à obtenir la plus grande surface pour profiter pleinement de ce passage en classe préparatoire.

Devenir ingénieur 3D

Pour relever les défis du XXI^{ème} siècle, vous devez devenir des
ingénieurs trois dimensions :

Devenir ingénieur 3D

Pour relever les défis du XXI^{ème} siècle, vous devez devenir des
ingénieurs trois dimensions :

- généralistes, de hauts niveaux scientifique et technique

Devenir ingénieur 3D

Pour relever les défis du XXI^{ème} siècle, vous devez devenir des
ingénieurs trois dimensions :

- généralistes, de hauts niveaux scientifique et technique
- experts dans le lancement et le pilotage de projets innovants

Devenir ingénieur 3D

Pour relever les défis du XXI^{ème} siècle, vous devez devenir des
ingénieurs trois dimensions :

- généralistes, de hauts niveaux scientifique et technique
- experts dans le lancement et le pilotage de projets innovants
- à forte culture internationale

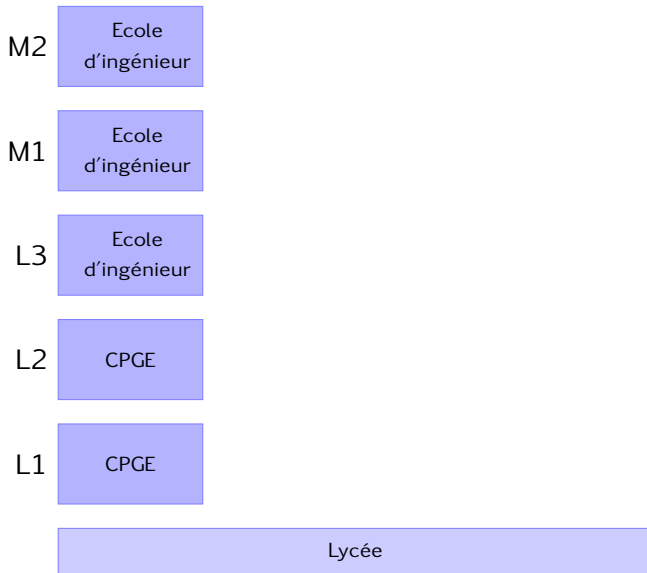
Devenir ingénieur 3D

Pour relever les défis du XXI^{ème} siècle, vous devez devenir des **ingénieurs trois dimensions** :

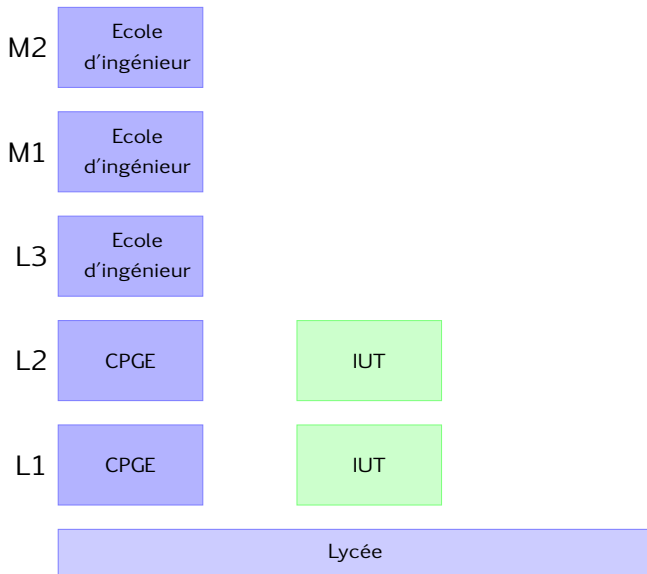
- généralistes, de hauts niveaux scientifique et technique
- experts dans le lancement et le pilotage de projets innovants
- à forte culture internationale

Formés pour les entreprises, les gouvernements et les institutions, vous devrez être capables d'**intégrer les grandes questions environnementales et sociétales** dans une stratégie de développement équilibré.

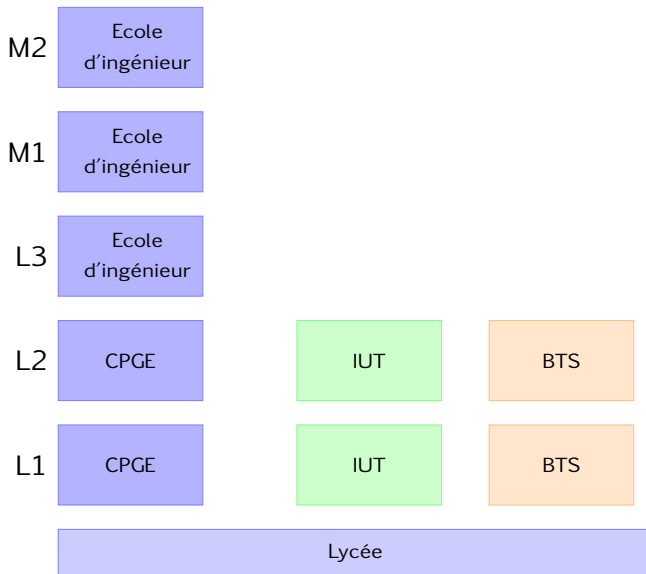
40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !



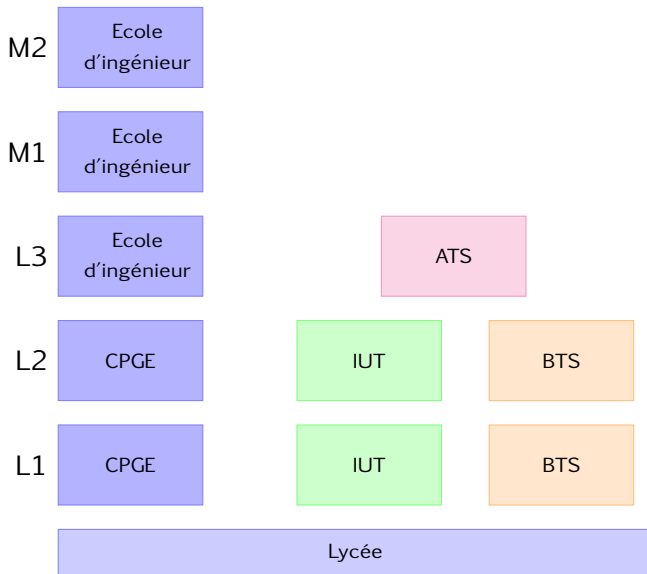
40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !



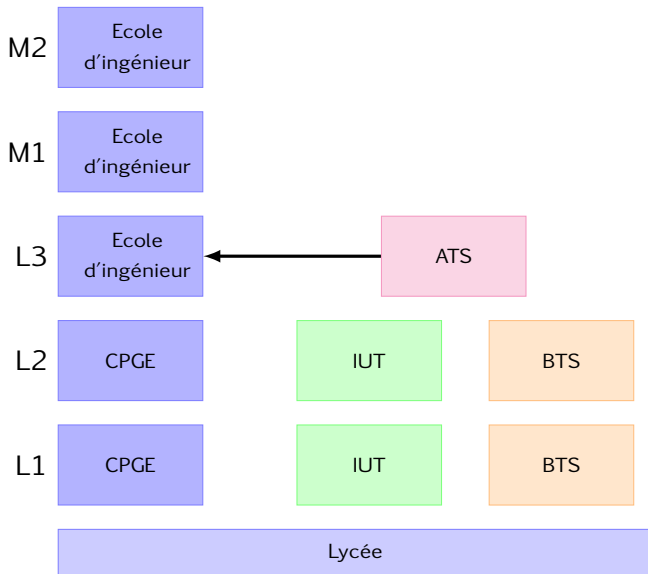
40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !



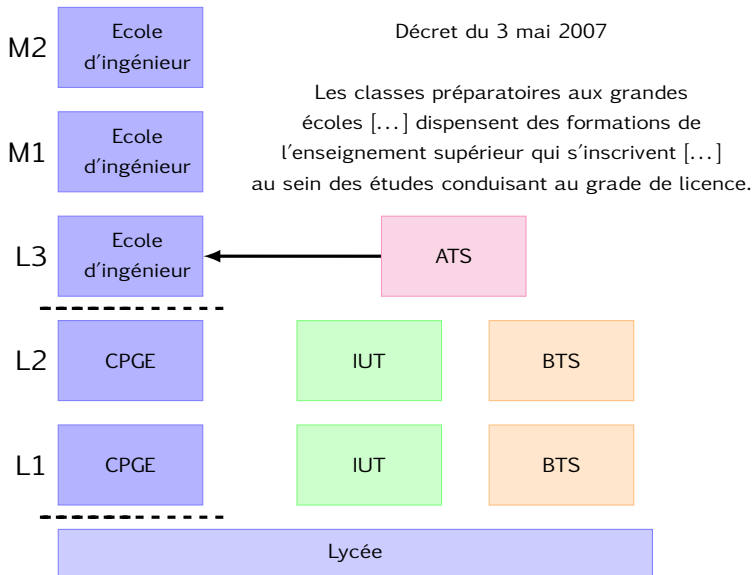
40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !



40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !



40 % de la formation d'ingénieur s'effectue en prépa !

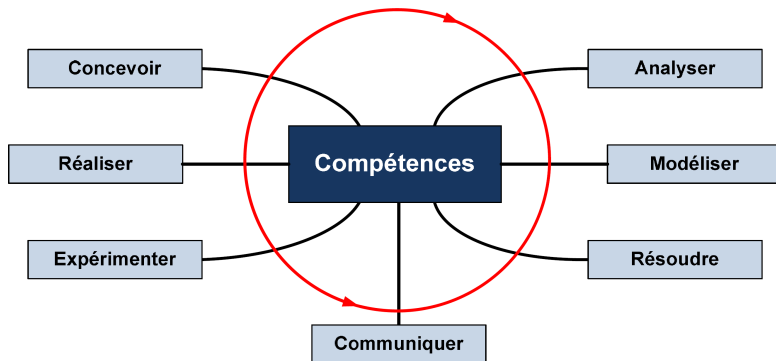


Compétences ingénieur

La classe préparatoire constitue vos deux premières années de formation durant laquelle vous allez acquérir un grand nombre de connaissances mais aussi de compétences.

Compétences ingénieur

La classe préparatoire constitue vos deux premières années de formation durant laquelle vous allez acquérir un grand nombre de connaissances mais aussi de compétences.



Compétences ingénieur

La filière **PTSI-PT** permet d'acquérir des compétences dans **tous** les champs présentés précédemment.

Compétences ingénieur

La filière **PTSI-PT** permet d'acquérir des compétences dans **tous** les champs présentés précédemment.

En filière **PCSI-PSI** tout comme en **MP2I-PSI** ou **MPSI-PSI**, la compétence **Réaliser** n'est pas abordée.

Compétences ingénieur

La filière **PTSI-PT** permet d'acquérir des compétences dans **tous** les champs présentés précédemment.

En filière **PCSI-PSI** tout comme en **MP2I-PSI** ou **MPSI-PSI**, la compétence **Réaliser** n'est pas abordée.

Enfin, pour obtenir la compétence **Expérimenter**, les **MP2I** et **MPSI** devront prendre l'option SI au second semestre.

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises**
 - Problématique
 - Entreprise
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML

Problématique

Pour survivre, une entreprise doit réussir à **satisfaire ses clients**.

Problématique

Pour survivre, une entreprise doit réussir à **satisfaire ses clients**.

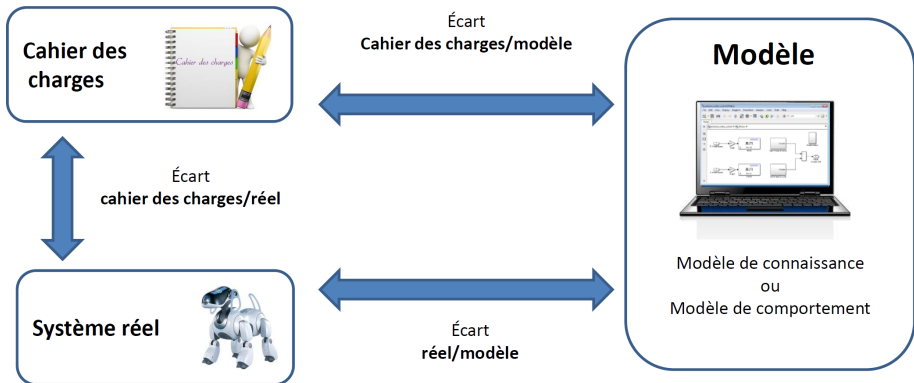
Ce dernier est donc au cœur du processus de conception. En effet, à cause de la concurrence qui peut proposer des produits similaires, le rôle de l'entreprise est donc de **minimiser l'écart entre le besoin du client et la prestation ou le produit réalisé**.

Problématique

Pour survivre, une entreprise doit réussir à **satisfaire ses clients**.

Ce dernier est donc au cœur du processus de conception. En effet, à cause de la concurrence qui peut proposer des produits similaires, le rôle de l'entreprise est donc de **minimiser l'écart entre le besoin du client et la prestation ou le produit réalisé**.

Ainsi tout produit, tout système naît de la volonté de satisfaire un besoin. Ce besoin peut être un simple rêve, une envie ou la réponse à un problème.



Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...
 - **de commercialisation**: publicité, transport...

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...
 - **de commercialisation**: publicité, transport...
 - **d'élimination**: destruction, stockage, recyclage...

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...
 - **de commercialisation**: publicité, transport...
 - **d'élimination**: destruction, stockage, recyclage...
- une bonne **qualité** du produit

Entreprise

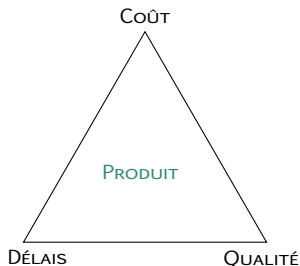
Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...
 - **de commercialisation**: publicité, transport...
 - **d'élimination**: destruction, stockage, recyclage...
- une bonne **qualité** du produit
- des **délais** faibles afin d'assurer une bonne réactivité

Entreprise

Pour satisfaire le **besoin du client** mais aussi pour **survivre** et/ou **croître**, elle doit veiller à:

- un contrôle des **coûts** :
 - **d'étude**: études de marchés, conception, simulation, conception des outillages
 - **d'industrialisation**: achat des machines, fabrication...
 - **de commercialisation**: publicité, transport...
 - **d'élimination**: destruction, stockage, recyclage...
- une bonne **qualité** du produit
- des **délais** faibles afin d'assurer une bonne réactivité



Sommaire

1 Introduction

2 Industries & Entreprises

3 Industrie 4.0

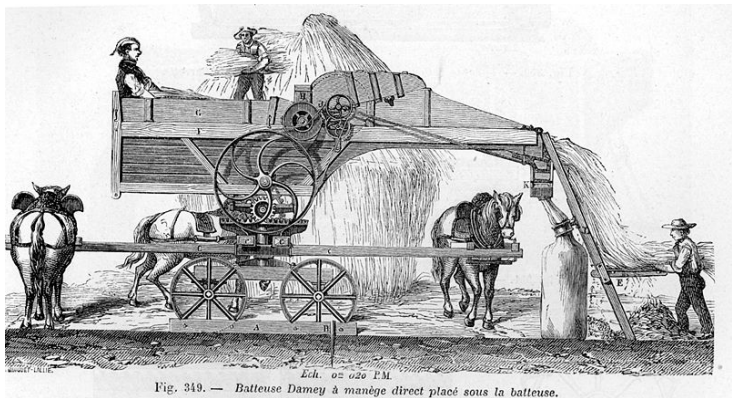
- Les révolutions industrielles
- Les systèmes cyber-physiques
- Exemples de CPS
- Nouveaux challenges pour les ingénieurs
- Performance
- Systèmes complexes

4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)

5 Ingénierie Système

6 SysML

Première révolution industrielle



Première révolution industrielle



Première révolution industrielle

Première révolution industrielle

- possible grâce aux progrès dans l'agriculture

Première révolution industrielle

- possible grâce aux progrès dans l'agriculture
- généralisation de la mécanisation dans l'industrie textile notamment

Première révolution industrielle

- possible grâce aux progrès dans l'agriculture
- généralisation de la mécanisation dans l'industrie textile notamment
- essor de la métallurgie avec la procédé de la fonte au coke et le passage de la fonte à l'acier

Première révolution industrielle

- possible grâce aux progrès dans l'agriculture
- généralisation de la mécanisation dans l'industrie textile notamment
- essor de la métallurgie avec la procédé de la fonte au coke et le passage de la fonte à l'acier
- nouvelle énergie : la machine à vapeur

Deuxième révolution industrielle



Raffinerie à Cleveland (Ohio) en 1889

Deuxième révolution industrielle

Deuxième révolution industrielle

- deux nouvelles énergies : électricité et pétrole

Deuxième révolution industrielle

- deux nouvelles énergies : électricité et pétrole
- développement de la sidérurgie

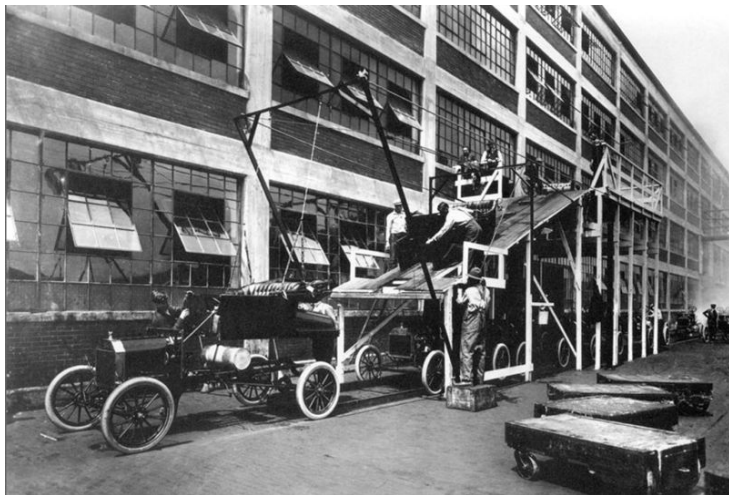
Deuxième révolution industrielle

- deux nouvelles énergies : électricité et pétrole
- développement de la sidérurgie
- explosion de la chimie et surtout la chimie organique

Deuxième révolution industrielle

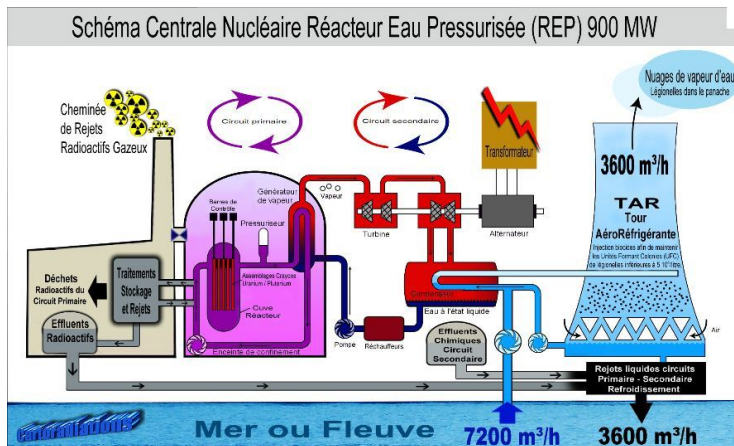
- deux nouvelles énergies : électricité et pétrole
- développement de la sidérurgie
- explosion de la chimie et surtout la chimie organique
- apparition de l'automobile

Deuxième révolution industrielle



Compagnie Ford en 1913.

Troisième révolution industrielle



Troisième révolution industrielle



Troisième révolution industrielle

Troisième révolution industrielle

- nouvelle énergie : le nucléaire

Troisième révolution industrielle

- nouvelle énergie : le nucléaire
- développement de l'électronique et l'informatique

Troisième révolution industrielle

- nouvelle énergie : le nucléaire
- développement de l'électronique et l'informatique
- production miniaturisée et automatisation

Troisième révolution industrielle

- nouvelle énergie : le nucléaire
- développement de l'électronique et l'informatique
- production miniaturisée et automatisation
- apparition des technologies spatiales et biotechnologies

Troisième révolution industrielle

- nouvelle énergie : le nucléaire
- développement de l'électronique et l'informatique
- production miniaturisée et automatisation
- apparition des technologies spatiales et biotechnologies
- création d'Internet

Quatrième révolution industrielle



Quatrième révolution industrielle



Cyber

Quatrième révolution industrielle



- Big Data

Systèmes cyber-physiques

Les interactions entre systèmes cyber-physiques vont permettre de faire émerger en temps réel un comportement permettant d'augmenter les caractéristiques de **flexibilité**, **reconfigurabilité** ou encore **agilité du système de production complet**.

Principe ?

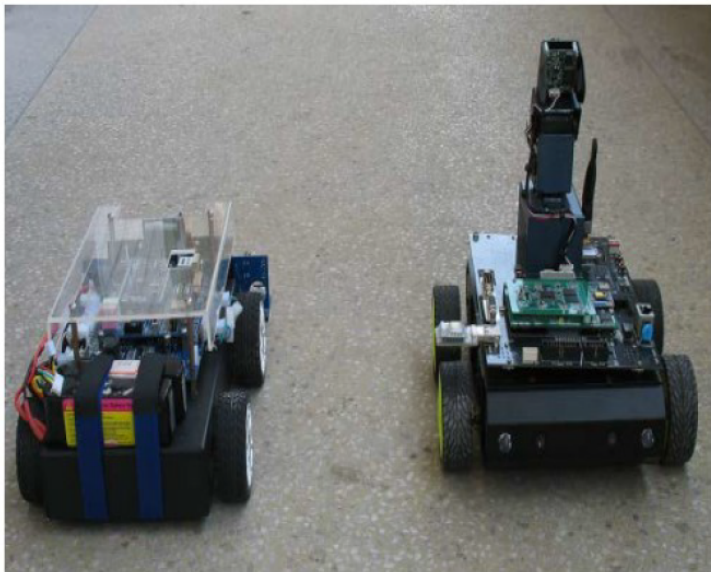
Conjonction de la commande et de la communication.

Principe ?

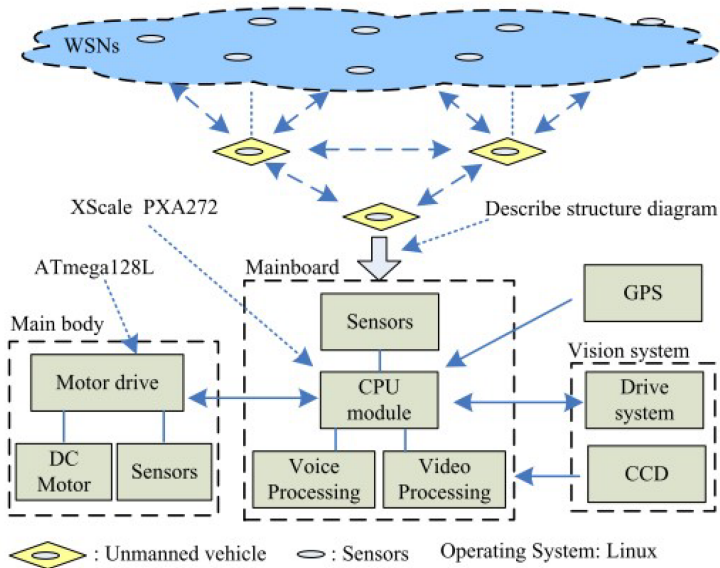
Conjonction de la commande et de la communication.

La commande est pleinement axée sur le **contrôle en boucle fermée**, où des **capteurs surveillent le process physique**, qui est lui-même **modifié par les actionneurs** pilotés par la commande.

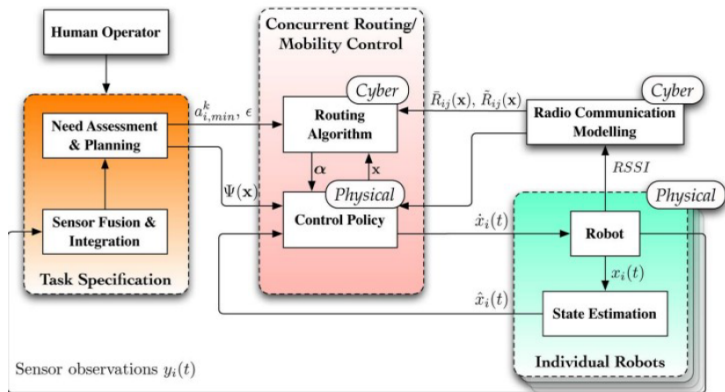
Prototype de véhicules autonome



Architecture de véhicule autonome



Architecture de contrôle d'équipes de robots

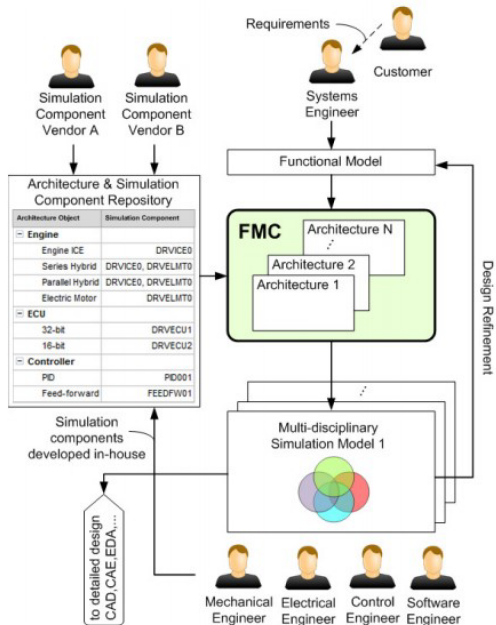


Nouveaux challenges

Les nouveaux besoins nécessitent une adaptation des modèles, méthodes, outils, organisations et environnements de conception :

- **Modélisation formelle et analyse dynamique** des CPS, dû à l'évolution constante de ce type de système dynamique hybride
- Analyse et évaluation de performance des CPS, par une comparaison permanente entre les valeurs obtenues par **le modèle et par la détection**
- Vérification, validation, certification, évaluation de la **robustesse** des CPS;
- Diminution du risque de défaillance
- Sécurisation du traitement de l'information et des réseaux.

Le côté multi-métiers apparaît clairement, et amène une réflexion sur le processus de conception dans son ensemble, que ce soit pour la liaison commande/mécanique ou pour la liaison commande/réseau.



Performance

Les performances et la complexité des systèmes et des produits qui nous entourent sont toujours grandissants. L'intégration des nouvelles technologies dans ces nouveaux produits impose de nouvelles approches (dans la conception, la fabrication, la commercialisation).

L'ensemble de ces activités d'ingénierie est confié aux chercheurs, ingénieurs, techniciens qui **imaginent, conçoivent et réalisent des systèmes modernes pour répondre aux besoins** toujours en évolution des consommateurs.

L'étude de ces systèmes modernes, dans le cadre de l'entreprise, se conduit selon plusieurs points de vue:

L'étude de ces systèmes modernes, dans le cadre de l'entreprise, se conduit selon plusieurs points de vue:

- fonctionnel : Quelle fonction le produit remplit-il ?

L'étude de ces systèmes modernes, dans le cadre de l'entreprise, se conduit selon plusieurs points de vue:

- fonctionnel : Quelle fonction le produit remplit-il ?
- structurel : Comment se constitue le produit (composants et constituant) ?

L'étude de ces systèmes modernes, dans le cadre de l'entreprise, se conduit selon plusieurs points de vue:

- fonctionnel : Quelle fonction le produit remplit-il ?
- structurel : Comment se constitue le produit (composants et constituant) ?
- temporel : Quelles sont les évolutions du comportement du produit au cours du temps ?

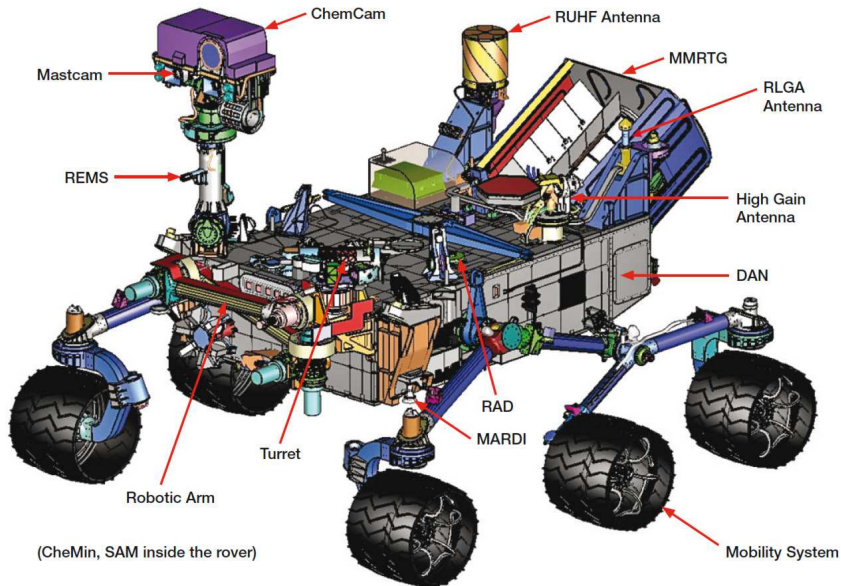
L'étude de ces systèmes modernes, dans le cadre de l'entreprise, se conduit selon plusieurs points de vue:

- fonctionnel : Quelle fonction le produit remplit-il ?
- structurel : Comment se constitue le produit (composants et constituant) ?
- temporel : Quelles sont les évolutions du comportement du produit au cours du temps ?
- économique : Quels sont les aspects économiques soumis au produit ?

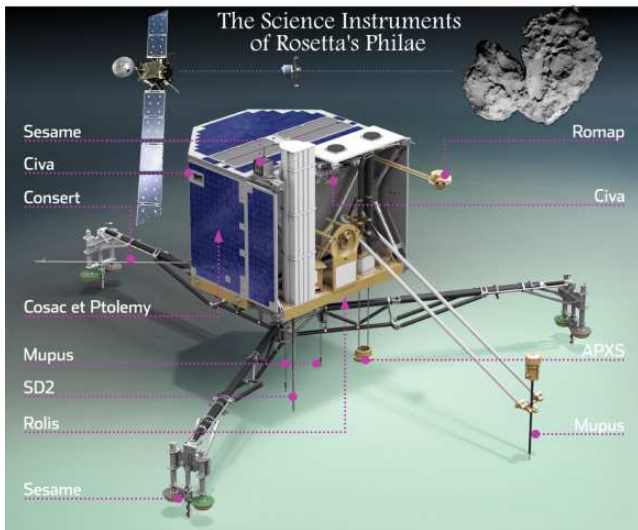
Systèmes complexes

Un système est un ensemble de composants qui collaborent à la réalisation d'un ensemble de tâches en vue de fournir un ensemble de services.

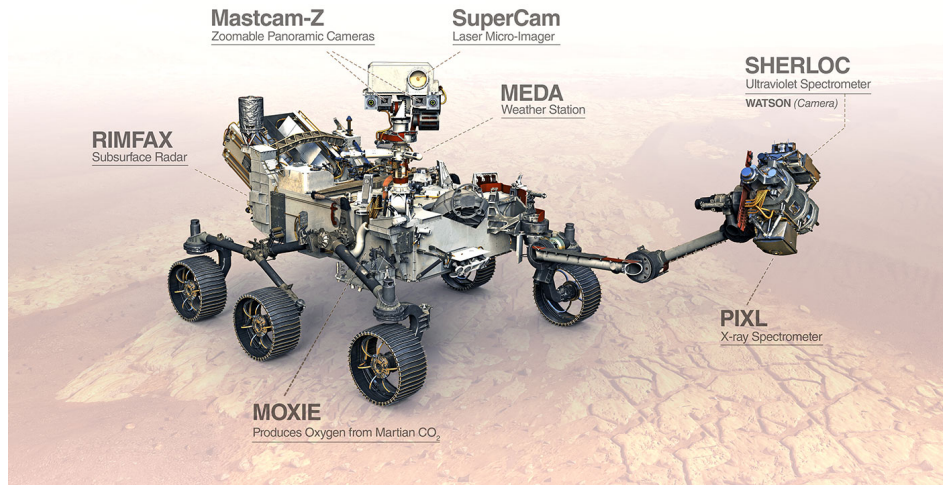
Curiosity



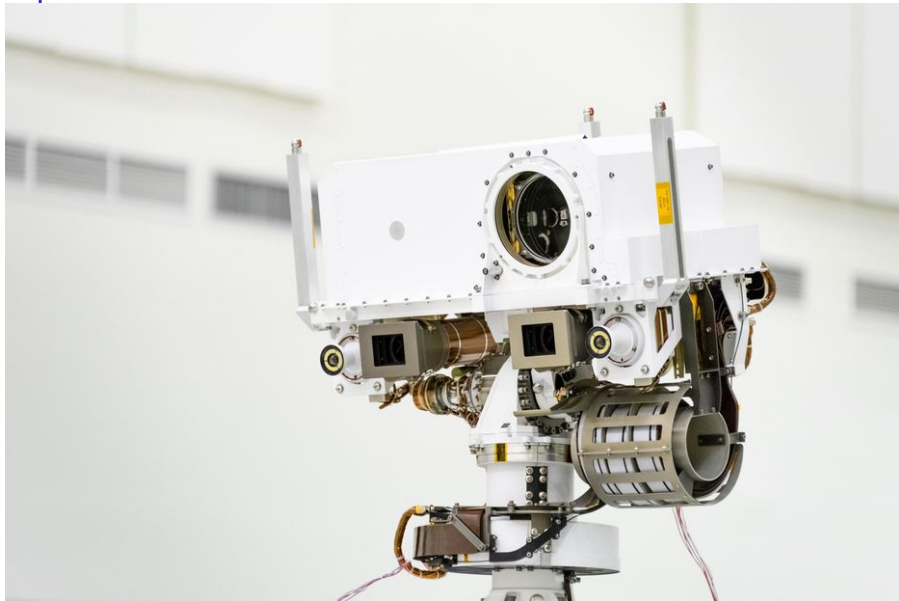
Philae



Perseverance



SuperCam



Un système complexe est bien souvent pluri-disciplinaire ou pluri-technique et son analyse nécessite la coopération de spécialistes de plusieurs disciplines.

L'analyse des systèmes complexes requière une organisation intellectuelle différente de celle des systèmes simples.

Système simple

Un **système simple** s'étudie par un raisonnement déductif par isolement des phénomènes élémentaires (validé par une expérience par exemple) ou par relations de cause à effet.

Système simple

Un **système simple** s'étudie par un raisonnement déductif par isolement des phénomènes élémentaires (validé par une expérience par exemple) ou par relations de cause à effet.

hypothèses

Système simple

Un **système simple** s'étudie par un raisonnement déductif par isolement des phénomènes élémentaires (validé par une expérience par exemple) ou par relations de cause à effet.

hypothèses \Rightarrow modèle

Système simple

Un système simple s'étudie par un raisonnement déductif par isolement des phénomènes élémentaires (validé par une expérience par exemple) ou par relations de cause à effet.

hypothèses \Rightarrow modèle \Rightarrow résultat

Système simple

Un **système simple** s'étudie par un raisonnement déductif par isolement des phénomènes élémentaires (validé par une expérience par exemple) ou par relations de cause à effet.

hypothèses \Rightarrow modèle \Rightarrow résultat \Rightarrow conclusion

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,
- en cherchant des relations (souvent non causales) entre paramètres,

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,
- en cherchant des relations (souvent non causales) entre paramètres,
- en identifiant des critères de comparaison,

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,
- en cherchant des relations (souvent non causales) entre paramètres,
- en identifiant des critères de comparaison,
- en identifiant les boucles de rétroaction

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,
- en cherchant des relations (souvent non causales) entre paramètres,
- en identifiant des critères de comparaison,
- en identifiant les boucles de rétroaction
- en proposant des solutions ou modèles partiellement valides.

Système complexe

Un système complexe s'étudie :

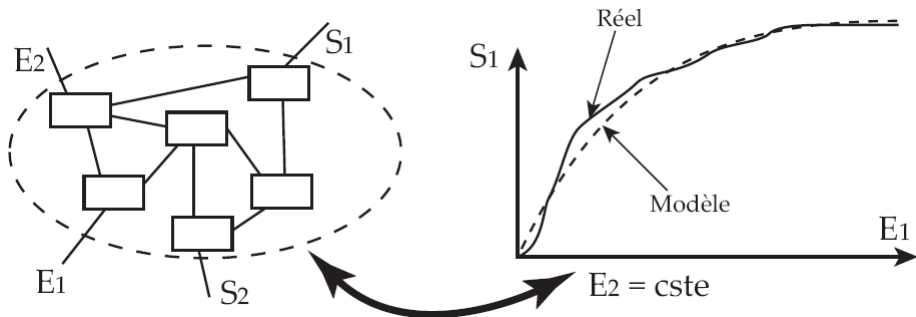
- en triant les entrées et sorties significatives,
- en hiérarchisant l'organisation interne en niveaux,
- en cherchant des relations (souvent non causales) entre paramètres,
- en identifiant des critères de comparaison,
- en identifiant les boucles de rétroaction
- en proposant des solutions ou modèles partiellement valides.

C'est le but de l'Ingénierie Système.

L'analyse des systèmes complexes nécessite une approche **inductive** qui vise à **modéliser le comportement** du système dans des cas simplifiés.

L'analyse des systèmes complexes nécessite une approche **inductive** qui vise à **modéliser le comportement** du système dans des cas simplifiés. Cette approche sollicite l'**esprit de synthèse et d'initiative**.

L'analyse des systèmes complexes nécessite une approche **inductive** qui vise à **modéliser le comportement** du système dans des cas simplifiés. Cette approche sollicite l'**esprit de synthèse et d'initiative**.



L'analyse des systèmes est un point central en Sciences de l'Ingénieur aux concours. Il n'est pas que demandé de restituer des connaissances apprises au cours de l'année. L'évaluation portera sur les capacités à :

L'analyse des systèmes est un point central en Sciences de l'Ingénieur aux concours. Il n'est pas que demandé de restituer des connaissances apprises au cours de l'année. L'évaluation portera sur les capacités à :

- **présenter** un système réel dans son contexte et dans sa globalité,

L'analyse des systèmes est un point central en Sciences de l'Ingénieur aux concours. Il n'est pas que demandé de restituer des connaissances apprises au cours de l'année. L'évaluation portera sur les capacités à :

- **présenter** un système réel dans son contexte et dans sa globalité,
- **mobiliser** vos connaissances pour analyser le comportement du système complexe,

L'analyse des systèmes est un point central en Sciences de l'Ingénieur aux concours. Il n'est pas que demandé de restituer des connaissances apprises au cours de l'année. L'évaluation portera sur les capacités à :

- **présenter** un système réel dans son contexte et dans sa globalité,
- **mobiliser** vos connaissances pour analyser le comportement du système complexe,
- **proposer** des solutions vis-à-vis de problèmes techniques.

L'analyse des systèmes est un point central en Sciences de l'Ingénieur aux concours. Il n'est pas que demandé de restituer des connaissances apprises au cours de l'année. L'évaluation portera sur les capacités à :

- **présenter** un système réel dans son contexte et dans sa globalité,
- **mobiliser** vos connaissances pour analyser le comportement du système complexe,
- **proposer** des solutions vis-à-vis de problèmes techniques.

Concrètement, il s'agit de faire preuve d'**esprit de synthèse** pour présenter le système et les résultats, d'**esprit d'initiative** et de **créativité** lors des manipulations du système, de proposer des modèles simples.

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)**
 - Pourquoi faire ?
 - Définition et composition
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML

Cahier des Charges Fonctionnelles

Pourquoi faire ?

La **satisfaction des attentes du client** ou services attendus par celui-ci constitue la **finalité** du processus de conception et par conséquent du système.

Cahier des Charges Fonctionnelles

Pourquoi faire ?

La **satisfaction des attentes du client** ou services attendus par celui-ci constitue la **finalité** du processus de conception et par conséquent du système.

Une fois le système réalisé, le client juge de sa satisfaction des services attendus de manière subjective grâce au ressenti procuré par ses cinq sens.

Cahier des Charges Fonctionnelles

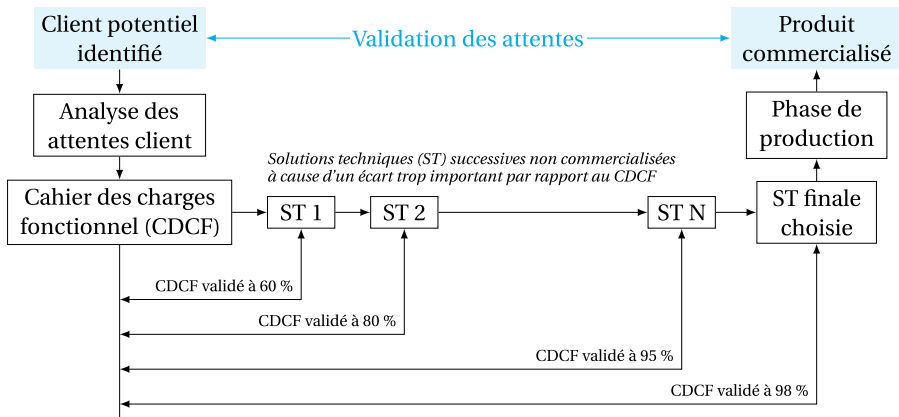
Pourquoi faire ?

La **satisfaction des attentes du client** ou services attendus par celui-ci constitue la **finalité** du processus de conception et par conséquent du système.

Une fois le système réalisé, le client juge de sa satisfaction des services attendus de manière subjective grâce au ressenti procuré par ses cinq sens.

Une entreprise ne peut pas engager un processus de conception sur des bases subjectives qu'elle ne maîtrise pas pour aboutir à un système qui satisfera de manière très aléatoire le client.

La maîtrise du processus de conception passe par une **description objective du but à atteindre**. Cette description objective se nomme le **Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)**.



Le cahier des charges fonctionnel est un modèle des attentes du client et constitue un document contractuel entre les deux parties client-entreprise. Il est donc rédigé, souvent par l'entreprise, avec l'accord du client et après une analyse précise de ses attentes.

L'aspect fonctionnel du cahier des charges permet de contraindre le processus de conception en termes de finalités et non pas en termes de solutions. Ceci conduit, en particulier, à produire des systèmes concurrents en termes de services rendus mais dont les solutions techniques sont très différentes.



Ainsi dans le cas du système d'orientation de la fusée Ariane, un tableau des fonctions de services peut être :

Ainsi dans le cas du système d'orientation de la fusée Ariane, un tableau des fonctions de services peut être :

FS 1	orienter la tuyère par rapport au corps central
FS 2	permettre au corps central de suivre la trajectoire
FS 3	être relié au corps central
FS 4	maintenir en position la tuyère
FS 5	être relié au poste de pilotage
FS 6	être adapté au milieu environnant
FS 7	être fourni en énergie

DÉFINITION : Fonction de service

Action demandée à un produit (ou réalisée par lui) afin de satisfaire une partie du besoin d'un utilisateur donné. (Une fonction est formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un complément)

DÉFINITION : Fonction de service

Action demandée à un produit (ou réalisée par lui) afin de satisfaire une partie du besoin d'un utilisateur donné. (Une fonction est formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un complément)

Il doit aussi apparaître, associées à ces critères, des spécifications permettant de fixer le **niveau d'exigence requis**, correspondant le plus souvent à une grandeur mesurable.

DÉFINITION : Fonction de service

Action demandée à un produit (ou réalisée par lui) afin de satisfaire une partie du besoin d'un utilisateur donné. (Une fonction est formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un complément)

Il doit aussi apparaître, associées à ces critères, des spécifications permettant de fixer le **niveau d'exigence requis**, correspondant le plus souvent à une grandeur mesurable.

Dans la mesure du possible, il est conseillé d'ajouter une indication de la **flexibilité** pour les niveaux d'exigence, soit sous une forme symbolique à niveaux (0 : impératif; 1 : peu négociable, 2 : négociable, 3 : très négociable), soit sous une forme numérique ou explicite, avec des limites : les flexibilités permettent à l'ingénieur de créer un système moins contraint, donc moins cher.

Les informations sont le plus souvent réunies sous la forme d'un tableau:

FONCTIONS DE SERVICE	CRITÈRES	NIVEAUX	FLEXIBILITÉS
FS1 : Orienter la tuyère par rapport au corps central	Précision	Ecart nul pour les réponses impulsionnelle et indicielle	0
	Débattement angulaire	$\pm 60^\circ$	$\pm 3^\circ$
	Vitesse de déplacement	$t_{5\%} \leq 0.15 \text{ s}$	1
	Sensibilité aux résonances	fréquences propres $\neq 20 \text{ Hz}$	2
	Stabilité	Marge de gain $\geq 6 \text{ dB}$ Marge de phase $\geq 45^\circ$	0 1

Les informations sont le plus souvent réunies sous la forme d'un tableau:

FONCTIONS DE SERVICE	CRITÈRES	NIVEAUX	FLEXIBILITÉS
FS1 : Orienter la tuyère par rapport au corps central	Précision	Ecart nul pour les réponses impulsionnelle et indicielle	0
	Débattement angulaire	$\pm 60^\circ$	$\pm 3^\circ$
	Vitesse de déplacement	$t_{5\%} \leq 0.15 \text{ s}$	1
	Sensibilité aux résonances	fréquences propres $\geq 20 \text{ Hz}$	2
	Stabilité	Marge de gain $\geq 6 \text{ dB}$ Marge de phase $\geq 45^\circ$	0 1

Les critères indiquent sur quelle(s) donnée(s) physique(s) agir pour réaliser la fonction. À une fonction de service particulière peuvent être associés plusieurs critères, chacun étant accompagné d'un niveau qui indique la plage de valeur associée à la grandeur du critère avec une indication claire des unités.

Nécessité de caractériser le besoin client

La partie **Expression fonctionnelle des besoins** est capitale pour la satisfaction du client.

Nécessité de caractériser le besoin client

La partie **Expression fonctionnelle des besoins** est capitale pour la satisfaction du client.

EXEMPLE : Un constructeur automobile souhaite introduire sur le marché deux véhicules : un véhicule de type **cabriolet sportif individuel**

Nécessité de caractériser le besoin client

La partie **Expression fonctionnelle des besoins** est capitale pour la satisfaction du client.

EXEMPLE : Un constructeur automobile souhaite introduire sur le marché deux véhicules : un véhicule de type **cabriolet sportif individuel** (concurrence : BMW Z4, Audi TT, Peugeot RCZ ou Porsche Boxter)

Nécessité de caractériser le besoin client

La partie **Expression fonctionnelle des besoins** est capitale pour la satisfaction du client.

EXEMPLE : Un constructeur automobile souhaite introduire sur le marché deux véhicules : un véhicule de type **cabriolet sportif individuel** (concurrence : BMW Z4, Audi TT, Peugeot RCZ ou Porsche Boxter) et un véhicule de type **berline monospace familiale**

Nécessité de caractériser le besoin client

La partie **Expression fonctionnelle des besoins** est capitale pour la satisfaction du client.

EXEMPLE : Un constructeur automobile souhaite introduire sur le marché deux véhicules : un véhicule de type **cabriolet sportif individuel** (concurrence : BMW Z4, Audi TT, Peugeot RCZ ou Porsche Boxter) et un véhicule de type **berline monospace familiale** (concurrence : Citroën Picasso, Renault Scenic ou Volkswagen Touran).

Pour développer un tel produit technique, le premier réflexe est souvent de considérer que le besoin du client acheteur d'un véhicule automobile est de **se déplacer, effectuer des trajets courts ou longs** (déplacement journalier du domicile au travail ou départ en vacances),
...

Pour développer un tel produit technique, le premier réflexe est souvent de considérer que le besoin du client acheteur d'un véhicule automobile est de **se déplacer, effectuer des trajets courts ou longs** (déplacement journalier du domicile au travail ou départ en vacances), ...

Ces formulations classiques étant valables pour n'importe quel véhicule et ne précisant pas suffisamment la typologie du véhicule, elles n'indiquent rien sur ce qui poussera le client à entrer chez un concessionnaire et acheter un de ces véhicules particuliers.

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
----------	-------------------	-------------------

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains $\geq 80 000$ km

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains $\geq 80 000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains $\geq 80 000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains $< 30\,000$ km	Inter-urbains $\geq 80\,000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel
Bruit	moteur Rauque et typé sport	Minimal et doux

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains $\geq 80 000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel
Bruit	moteur Rauque et typé sport	Minimal et doux
Niveau bruit	à 50m 70 dB < Bruit < 80 dB	Quasi inaudible

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains $\geq 80 000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel
Bruit	moteur Rauque et typé sport	Minimal et doux
Niveau bruit	à 50m 70 dB < Bruit < 80 dB	Quasi inaudible
Consommation	Non significatif	≤ 6 l / 100 km

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains $< 30\,000$ km	Inter-urbains $\geq 80\,000$ km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel
Bruit	moteur Rauque et typé sport	Minimal et doux
Niveau bruit	à 50m $70 \text{ dB} < \text{Bruit} < 80 \text{ dB}$	Quasi inaudible
Consommation	Non significatif	$\leq 6 \text{ l} / 100 \text{ km}$
Vitesse maximale	$\geq 220 \text{ km/h}$	$\geq 150 \text{ km}$

Critères	Cabriolet sportif	Berline Monospace
Descripteurs	Luxe et image sociale	Confort et praticité
Passagers	2 à 4 personnes	5 à 7 personnes
Coffre	Critère non significatif	≥ 210 litres
Trajets type annuels	Péri-urbains < 30 000 km	Inter-urbains \geq 80 000 km
Puissance	≥ 180 cv	≥ 120 cv
Motorisation	Essence uniquement	Essence ou diesel
Bruit	moteur Rauque et typé sport	Minimal et doux
Niveau bruit	à 50m 70 dB < Bruit < 80 dB	Quasi inaudible
Consommation	Non significatif	≤ 6 l / 100 km
Vitesse maximale	≥ 220 km/h	≥ 150 km
0 - 100 km/h	≤ 8 s	≤ 18 s

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système**
 - Pourquoi l'Ingénierie Système?
 - La modélisation
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML

Pourquoi l'Ingénierie Système?

Face à la complexification de notre environnement, et en regard des objectifs nouveaux que l'on cherche à atteindre, les systèmes à faire fonctionner, comme les organisations pour les réaliser et les exploiter, deviennent plus complexes.

Pourquoi l'Ingénierie Système ?

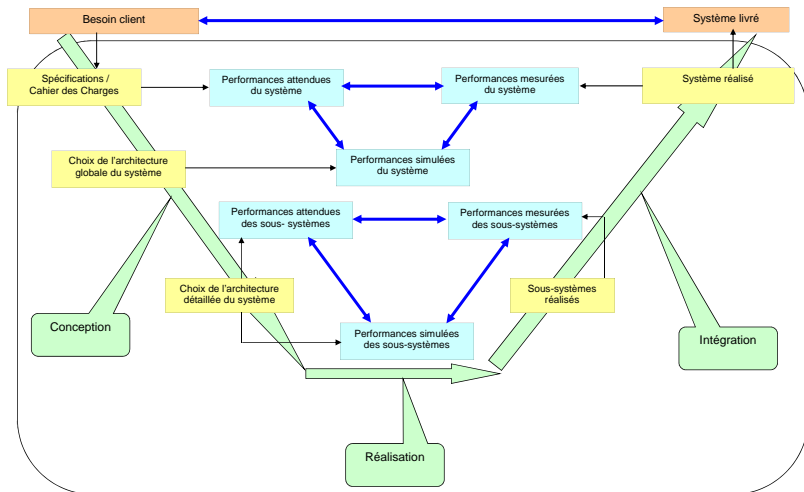
Face à la complexification de notre environnement, et en regard des objectifs nouveaux que l'on cherche à atteindre, les systèmes à faire fonctionner, comme les organisations pour les réaliser et les exploiter, deviennent plus complexes.

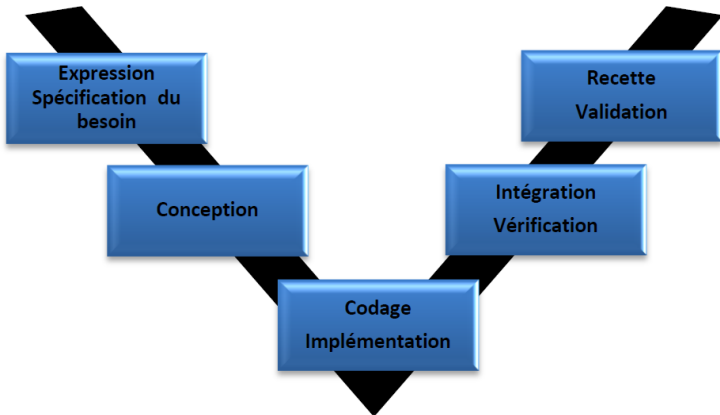
De plus, des contraintes de tous ordres à prendre en compte s'accroissent. La maîtrise des systèmes apparaît donc de plus en plus comme un enjeu majeur, tant pour les organismes que pour les nations, dans leurs interactions ou coopérations.

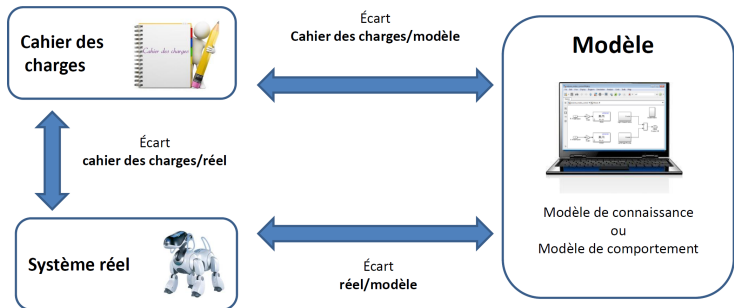
À chaque étape, si les tests de validation sont négatifs, il y a itération, c'est-à-dire modification des paramètres de la solution technique et test à nouveau.

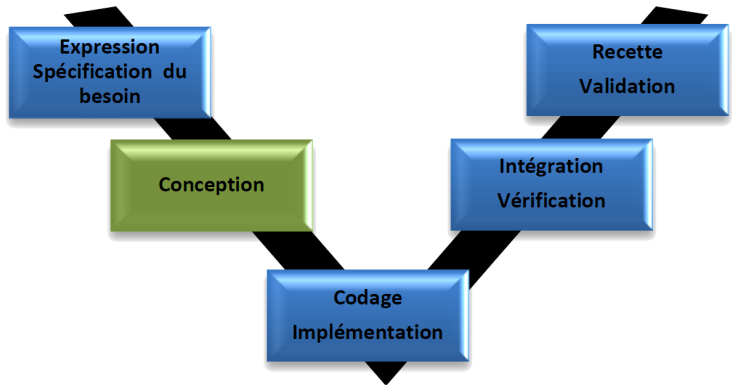
Cette démarche permet de diviser le système complexe en sous-composants, en définissant clairement le périmètre de chaque composant et ses contraintes vis-à-vis de son environnement.

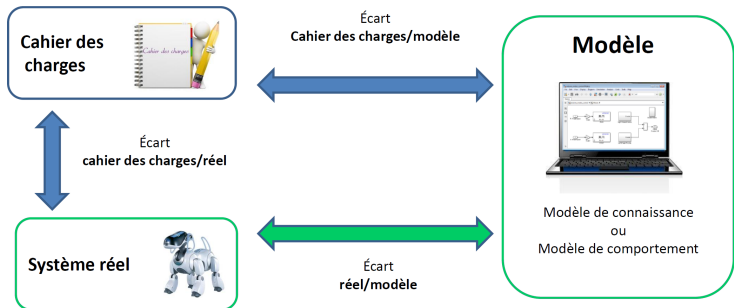
Il est ainsi possible aux équipes de travailler en parallèle au niveau inférieur du V et assurer la cohérence dans les phases d'intégration des composants car les itérations aux niveaux hauts sont beaucoup plus coûteuses que les itérations aux niveaux bas.

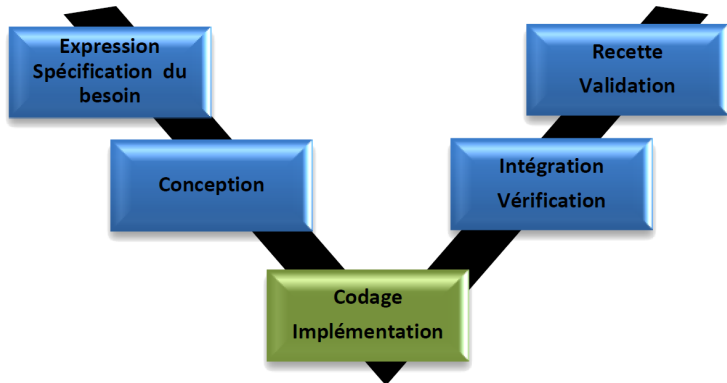


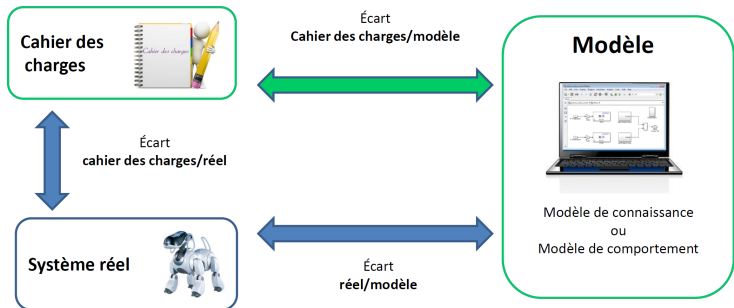


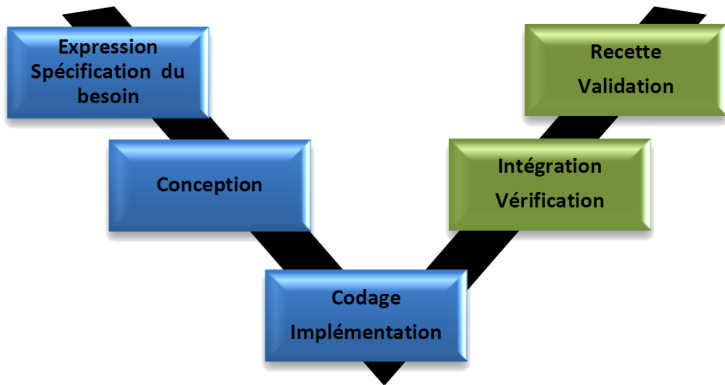


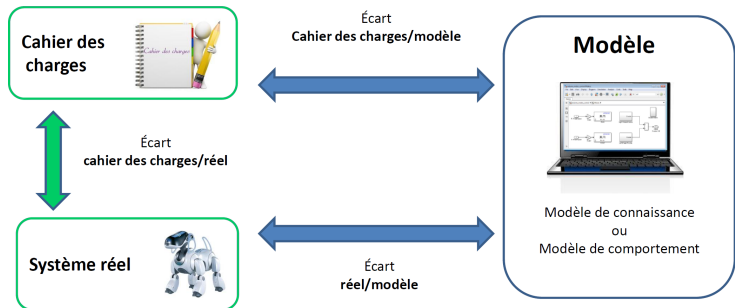












La modélisation

La transformation d'un besoin émergeant en la définition d'un système lui apportant une solution met en œuvre de multiples activités intellectuelles faisant passer progressivement de concepts abstraits à la définition rigoureuse de produits.

La modélisation

La transformation d'un besoin émergeant en la définition d'un système lui apportant une solution met en œuvre de multiples activités intellectuelles faisant passer progressivement de concepts abstraits à la définition rigoureuse de produits.

Il est nécessaire de s'appuyer sur des représentations tant du problème que de ses solutions possibles à différents niveaux d'abstraction pour appréhender, conceptualiser, concevoir, estimer, simuler, valider, justifier des choix, communiquer. C'est le rôle de la **modélisation**.

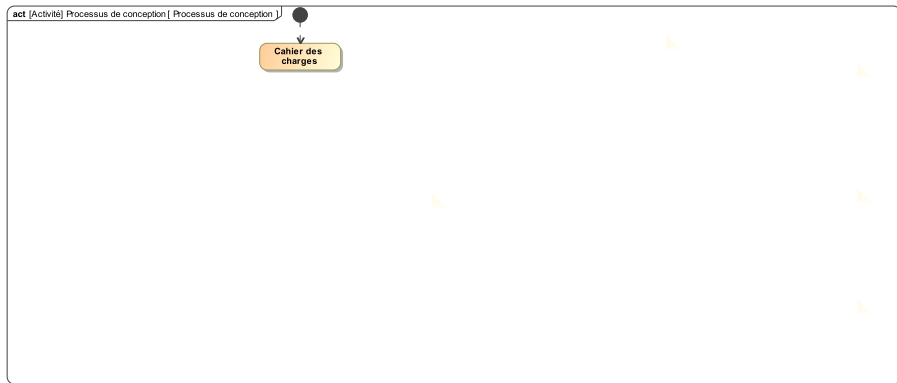
La modélisation

La transformation d'un besoin émergeant en la définition d'un système lui apportant une solution met en œuvre de multiples activités intellectuelles faisant passer progressivement de concepts abstraits à la définition rigoureuse de produits.

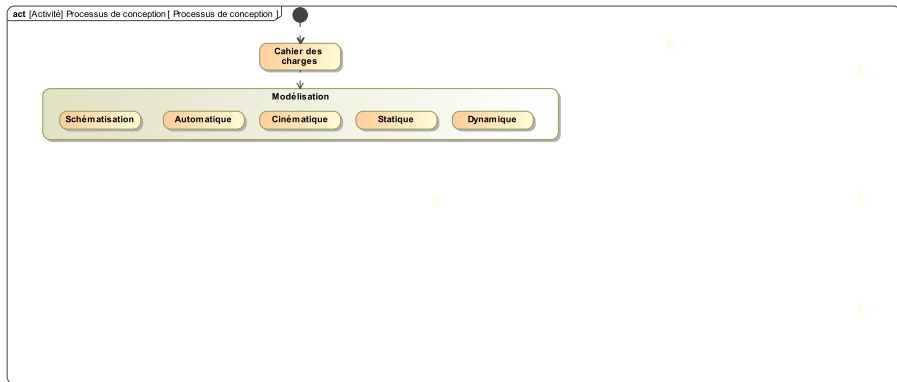
Il est nécessaire de s'appuyer sur des représentations tant du problème que de ses solutions possibles à différents niveaux d'abstraction pour **appréhender, conceptualiser, concevoir, estimer, simuler, valider, justifier des choix, communiquer**. C'est le rôle de la **modélisation**.

Les métiers mis en œuvre en Ingénierie Système, de tous temps, utilisent des modèles allant de représentations des plus concrètes, telles que les plans ou modèles réduits, aux plus abstraites, telles que les systèmes d'équations.

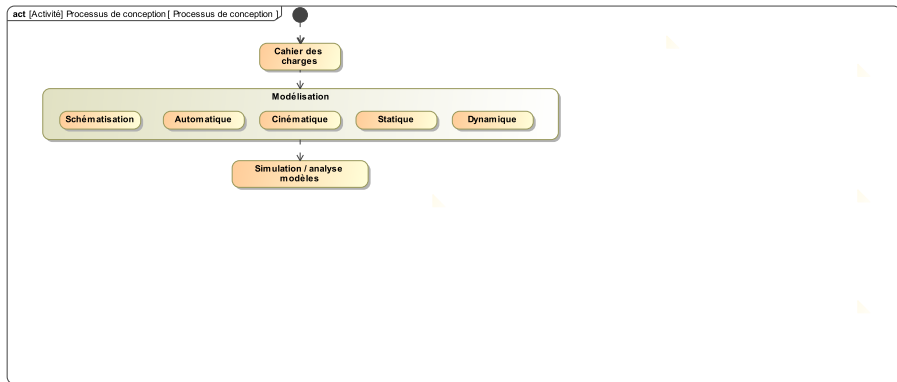
Processus de conception



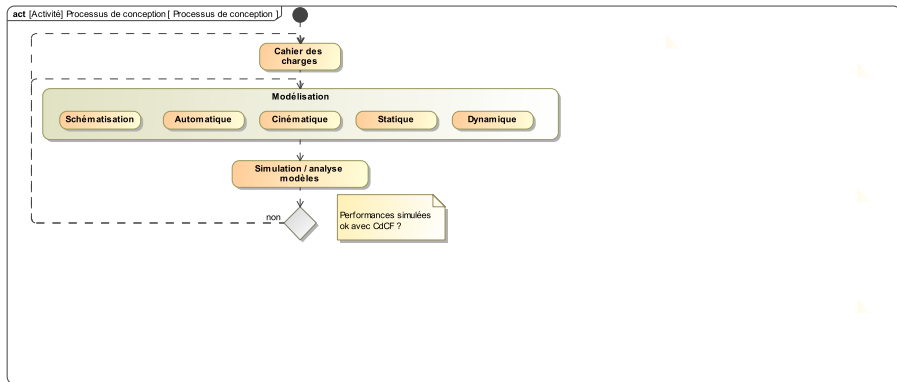
Processus de conception



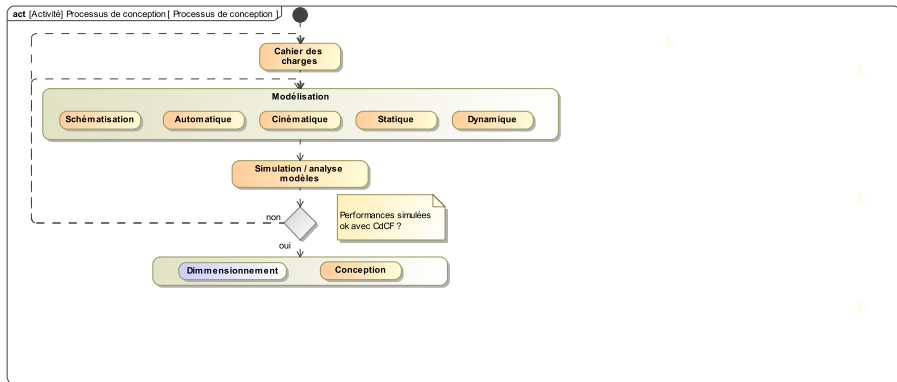
Processus de conception



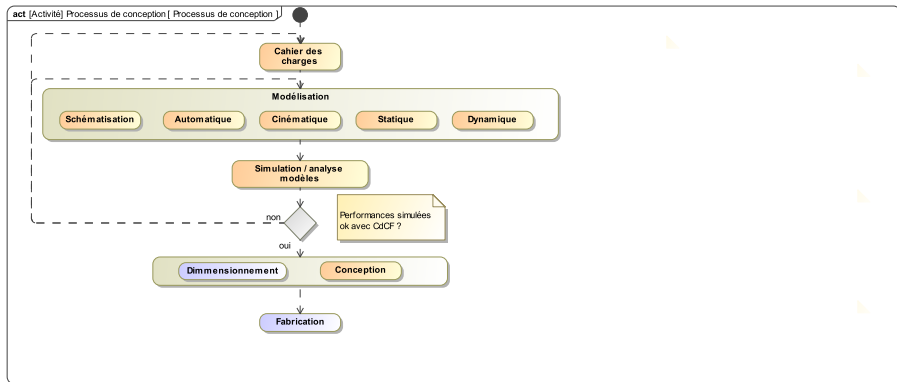
Processus de conception



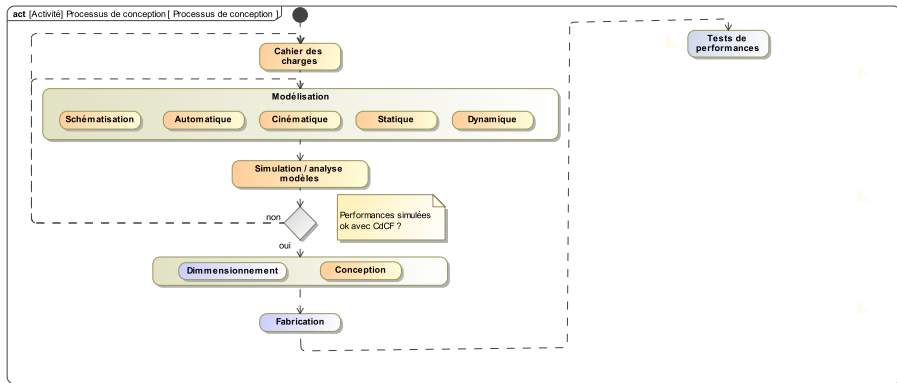
Processus de conception



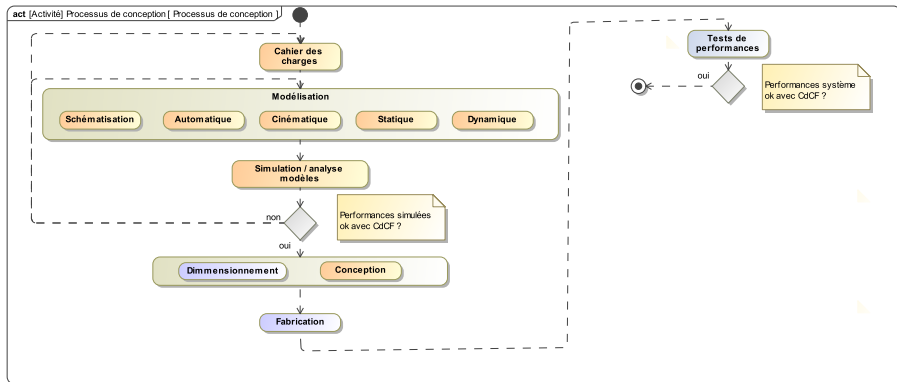
Processus de conception



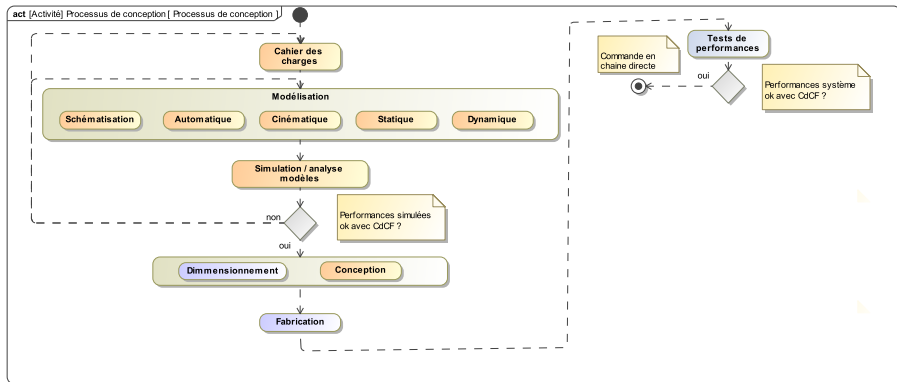
Processus de conception



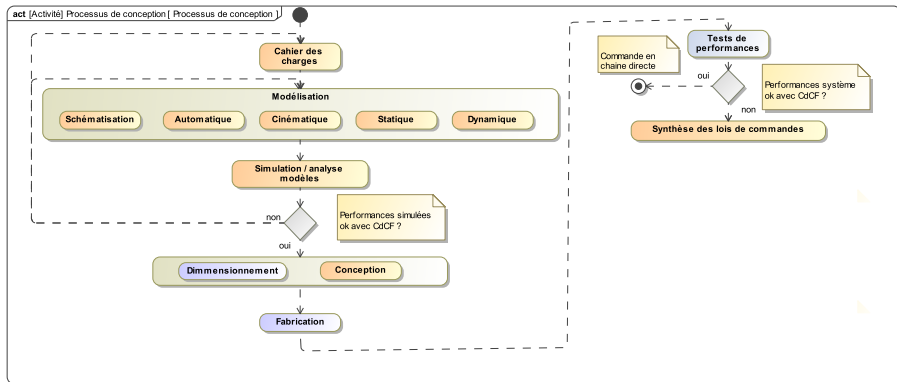
Processus de conception



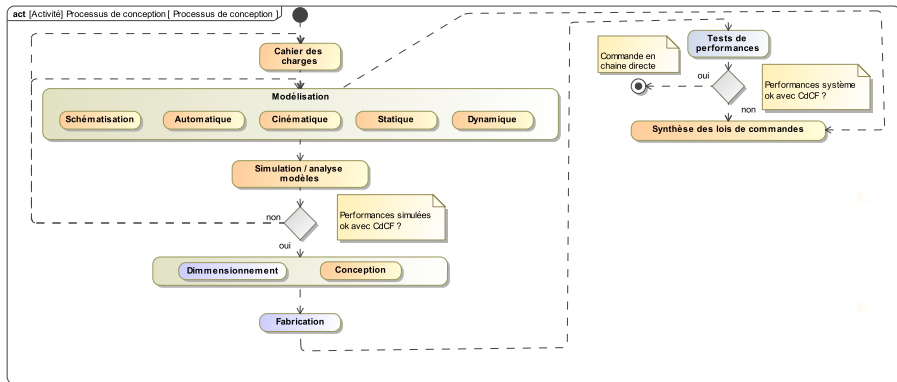
Processus de conception



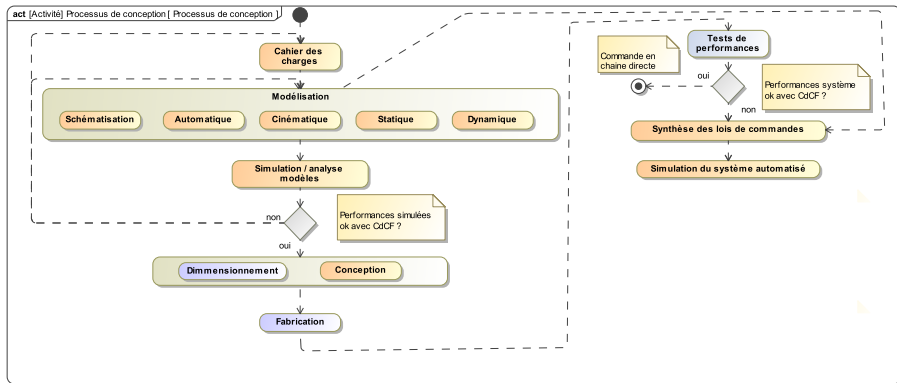
Processus de conception



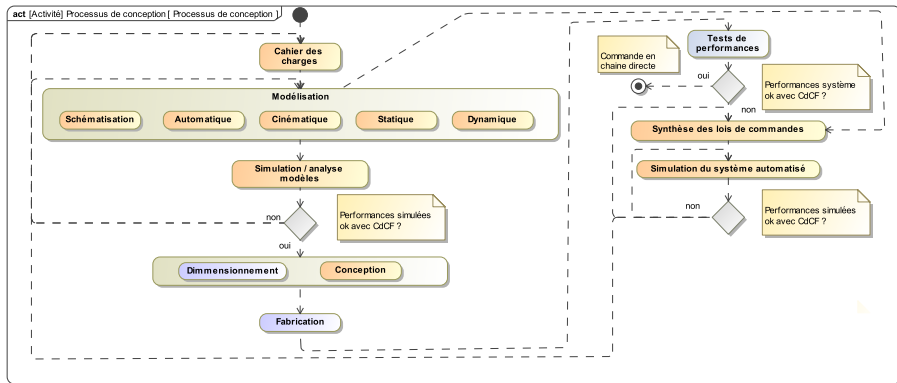
Processus de conception



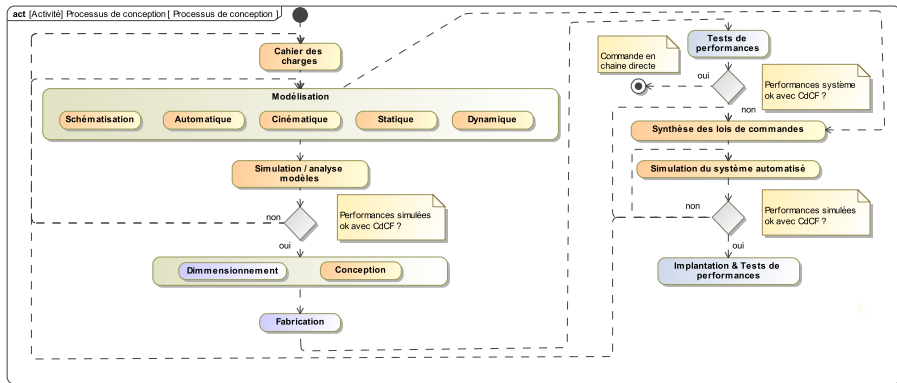
Processus de conception



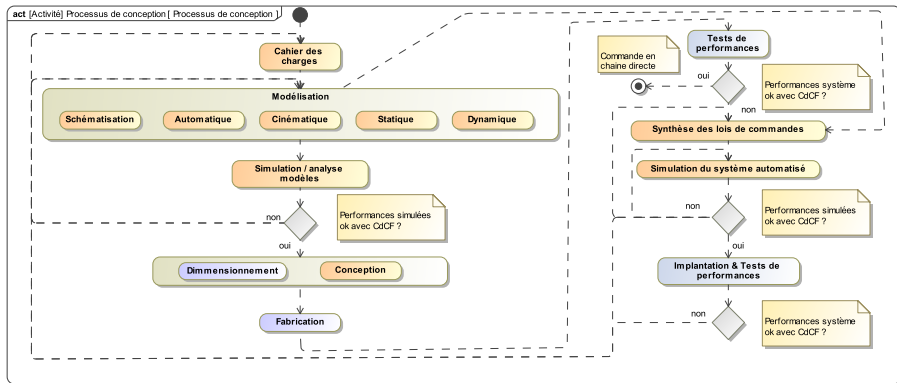
Processus de conception



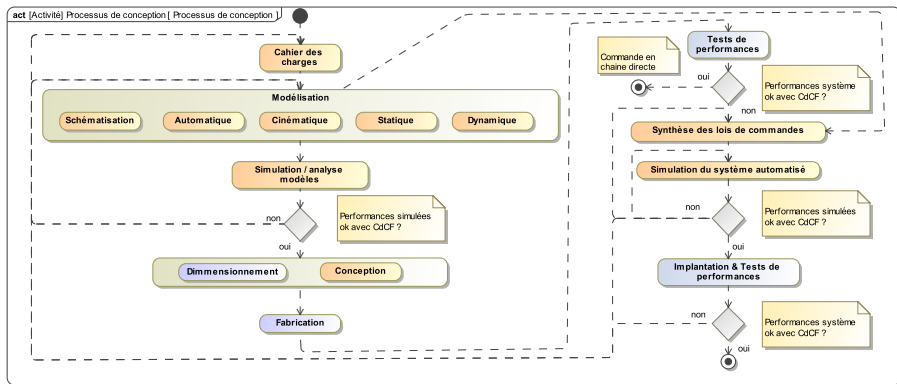
Processus de conception



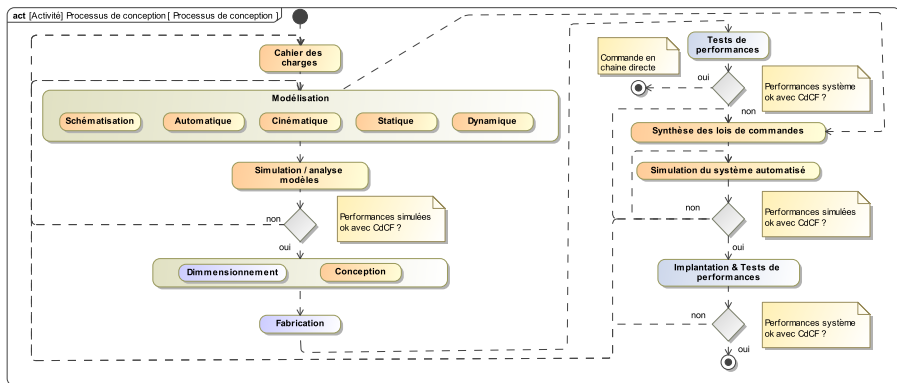
Processus de conception



Processus de conception



Processus de conception



Dans un soucis d'uniformisation des représentations, le langage SysML a été créé.

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML**
 - SysML : Pourquoi ?
 - SysML : Qu'est-ce ?
 - SysML : ses avantages
 - Éléments graphiques des diagrammes

SysML : Pourquoi ?

Dans un système complexe, les flux de matière, d'énergie ou d'information (MEI) échangés entre les composants, les relations orientées ou non et les bouclages ne permettent pas de décrire un système simplement sous la forme d'un texte ou d'un discours et l'utilisation d'un **support graphique** devient rapidement **indispensable**.

SysML : Pourquoi ?

Dans un système complexe, les flux de matière, d'énergie ou d'information (MEI) échangés entre les composants, les relations orientées ou non et les bouclages ne permettent pas de décrire un système simplement sous la forme d'un texte ou d'un discours et l'utilisation d'un **support graphique** devient rapidement **indispensable**.

En conséquence, la représentation la mieux adaptée pour décrire un système complexe est nécessairement graphique.

SysML : Qu'est-ce ?

C'est un langage de modélisation qui fournit :

SysML : Qu'est-ce ?

C'est un langage de modélisation qui fournit :

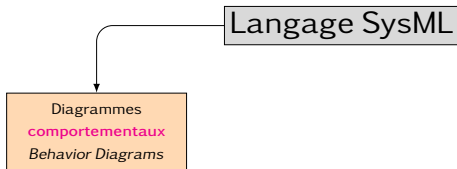
- **une sémantique** : qui donne une signification et une relation entre les signes et leurs référents

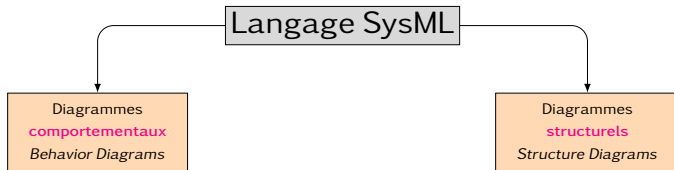
SysML : Qu'est-ce ?

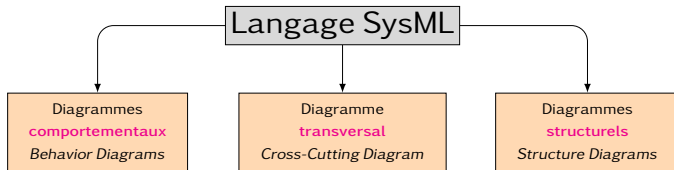
C'est un langage de modélisation qui fournit :

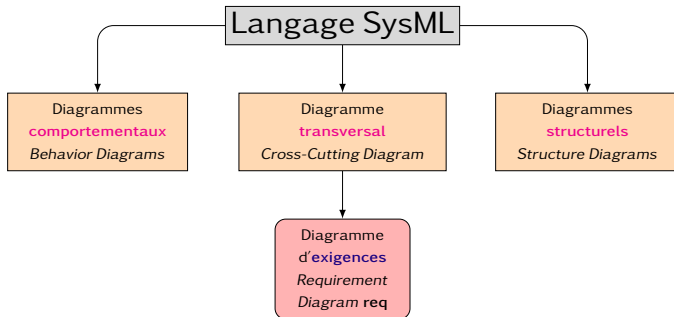
- **une sémantique** : qui donne une signification et une relation entre les signes et leurs référents
- **une notation** : qui est un ensemble de signes conventionnels qui servent à fixer par écrit leur interprétation.

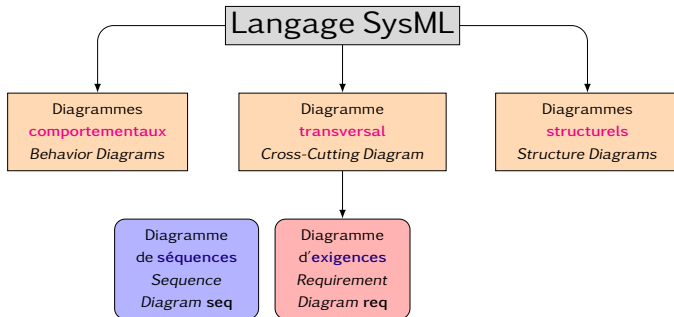
Langage SysML

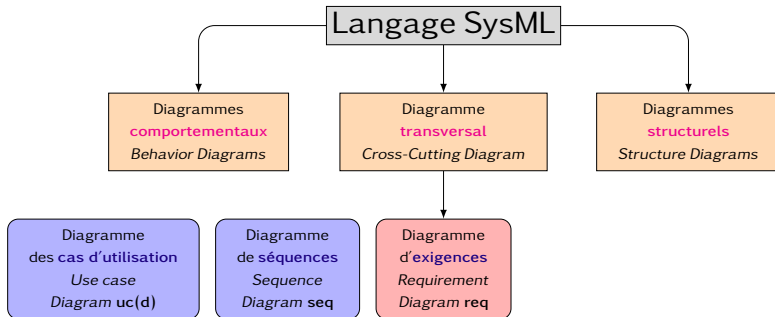


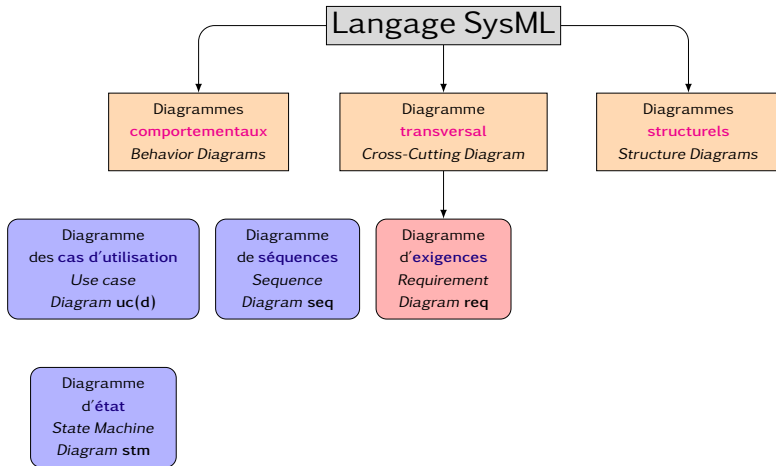


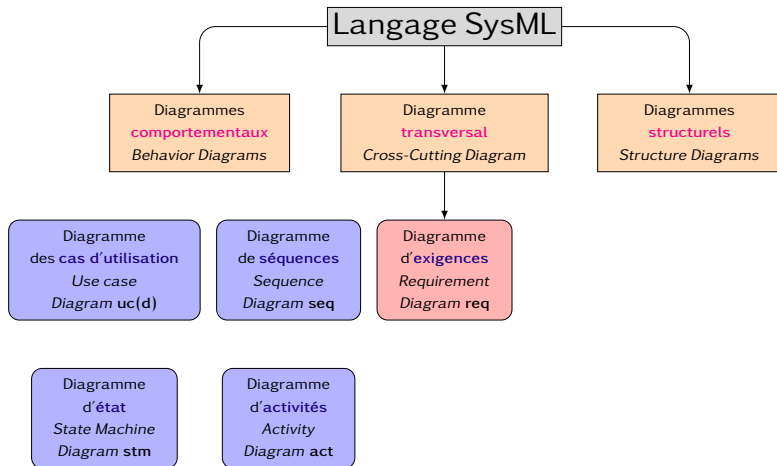


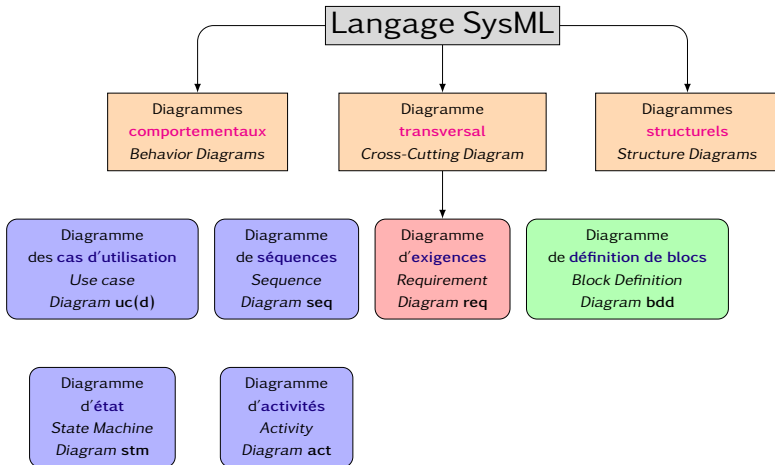


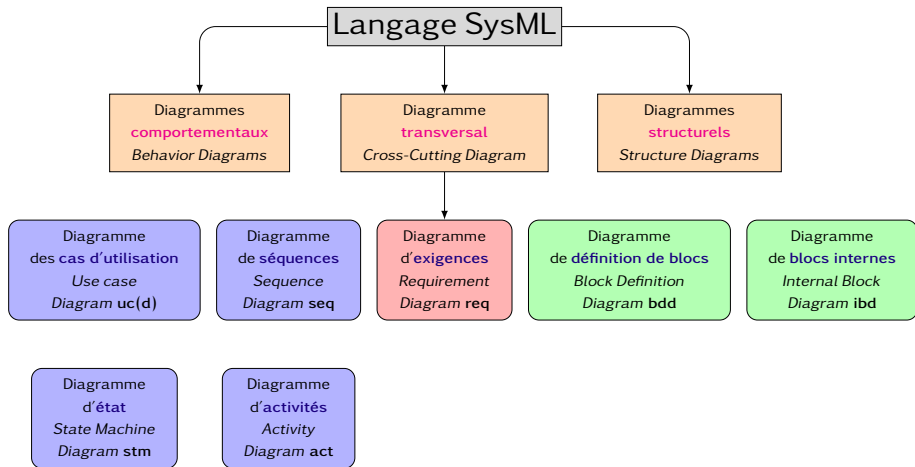


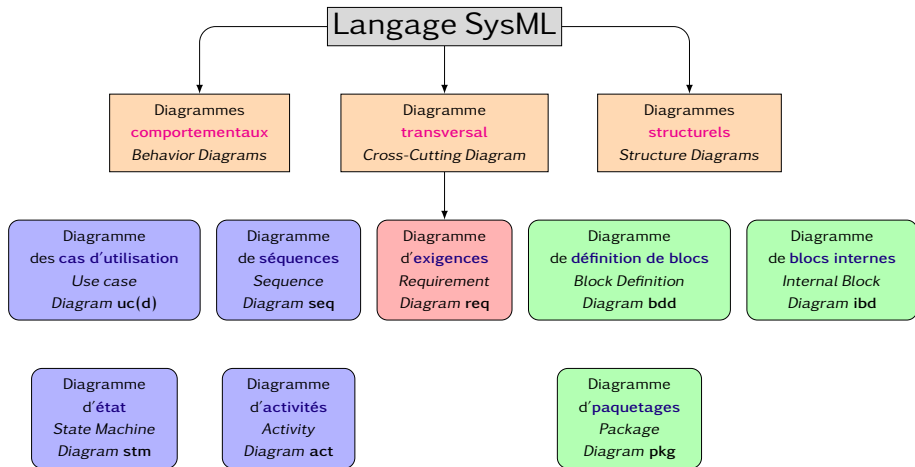


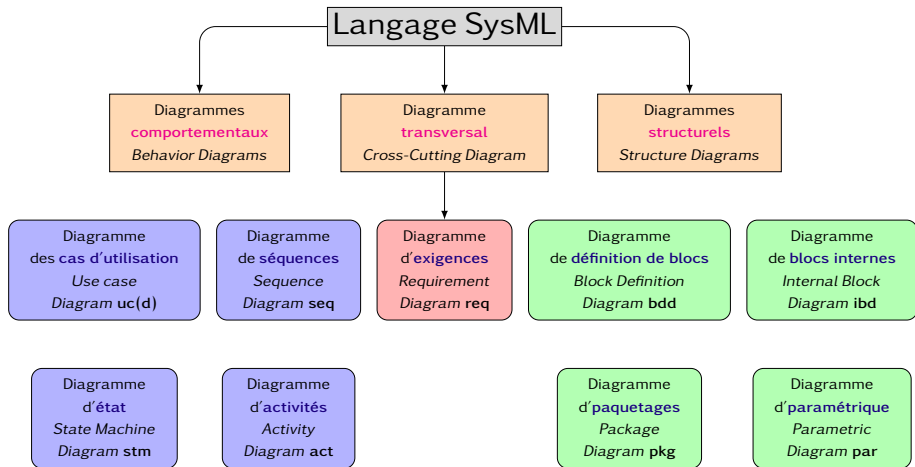


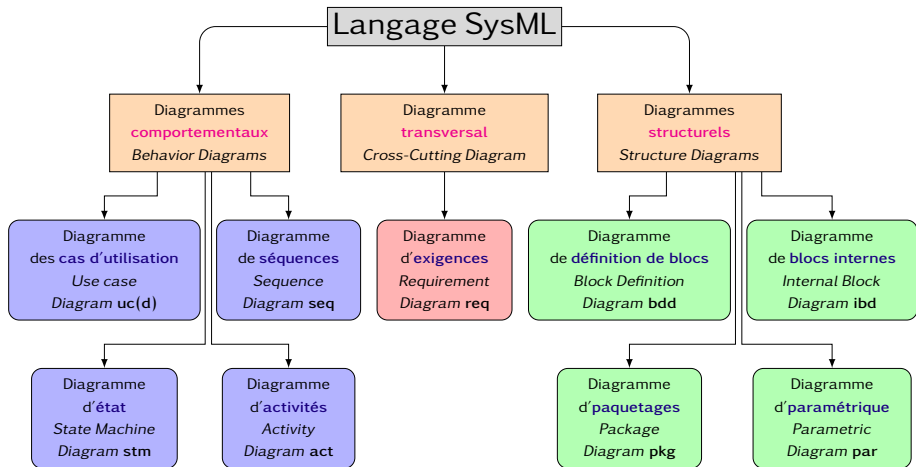


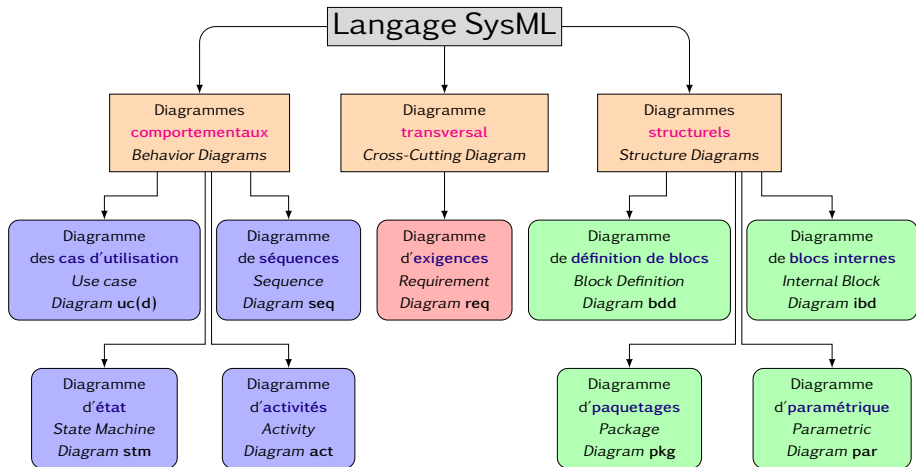












Ce n'est pas une méthode, il n'y a pas obligatoirement d'ordre dans l'établissement des diagrammes. Cependant, il y a tout de même une manière *naturelle* de procéder.

Grâce à la richesse de sa notation, le langage SysML permet :

Grâce à la richesse de sa notation, le langage SysML permet :

- l'expression des **besoins** et des **contraintes** ;

Grâce à la richesse de sa notation, le langage SysML permet :

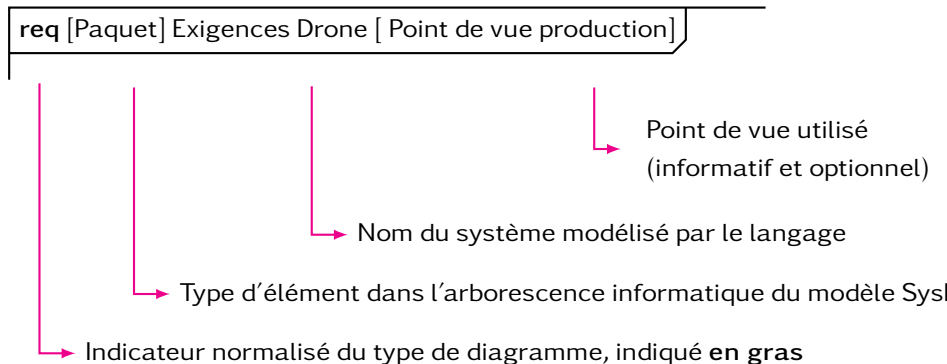
- l'expression des **besoins** et des **contraintes** ;
- la représentation de l'**organisation structurée** des composants et leur définition précise ;

Grâce à la richesse de sa notation, le langage SysML permet :

- l'expression des **besoins** et des **contraintes** ;
- la représentation de l'**organisation structurée** des composants et leur définition précise ;
- la représentation des **modes de fonctionnement**, des processus internes et externes au système ainsi que les interactions avec son environnement.

Cadre du diagramme

Chaque diagramme SysML représente un élément particulier du modèle selon un certain point de vue. Afin de le repérer, chaque diagramme comporte un **cartouche**, positionné sur la partie supérieure gauche du cadre.

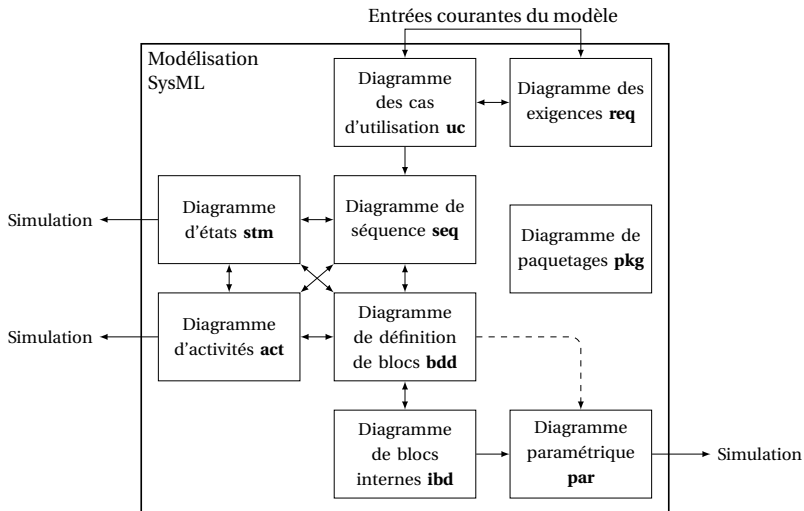


Le type de diagramme, repéré par son identifiant (**req**, **bdd**, **ibd**, **pkg**, **par**, **uc**, **seq**, **stm**, **act**), est obligatoirement indiqué dans ce cartouche.

L'ajout des autres éléments est optionnel selon la norme mais les logiciels dédiés à la modélisation par ce langage ajoutent par défaut le type d'élément (bloc ou paquet par exemple) et proposent d'indiquer le nom du modèle mis en place et le point de vue utilisé.

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML**
 - Modélisation SysML
 - Présentation de deux supports
 - Cahier des Charges - diagramme d'exigence (**req**)
 - Diagramme des exigences (**req**)



Premier support : Radio-réveil



Deuxième support : Sys-Reeduc - machine de rééducation



Fruit d'un projet régional entre le CReSTIC^a de Reims et le CRITT-MDTS^b de Charleville-Mézières, le Sys-Reeduc est un système permettant d'aider à la rééducation des membres inférieurs^c.

Fruit d'un projet régional entre le CReSTIC^a de Reims et le CRITT-MDTS^b de Charleville-Mézières, le Sys-Reeduc est un système permettant d'aider à la rééducation des membres inférieurs^c.

Le Sys-Reeduc est destiné à aider à la rééducation des membres inférieurs chez les patients ayant été victime d'un accident. Ce système permet une rééducation active, ce qui signifie que l'on cherche à renforcer les muscles et la coordination musculaire. Elle est réalisée en boucle fermée : le patient ne se laisse pas conduire par le système mais résiste au mouvement proposé par la machine.

a. Centre de Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication.

b. Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie.

c. merci à Xavier Pessoles pour le support

Les exercices en chaîne fermée permettent au patient de récupérer beaucoup plus rapidement. Le système Sys-Reeduc a l'avantage de proposer des exercices combinant la flexion de la jambe à la rotation du pied de manière à solliciter parfaitement les muscles souhaités.

Dans le cadre du fonctionnement du système, le kinésithérapeute peut aider à la rééducation des membres inférieurs du patient en agissant sur :

- la flexion - extension du genou ;
- la *vrille* de la cheville (rotation interne-externe).

Le système doit aussi permettre la flexion – extension de la cheville et s'adapter à la morphologie des patients. Enfin, pour des raisons de sécurité, le système ne doit pas blesser le patient.

Besoin du client - Cahier des Charges

Tableau des fonctions de service

Le système doit répondre (entre autres) aux exigences précisées dans les tableaux suivants : être résumés par les tableaux suivants:

- Tableau des fonctions de service

FS 1	Permettre au kinésithérapeute de rééduquer les membres inférieurs du patient
FS 2	S'adapter à la morphologie des patients
FS 3	Ne pas blesser le patient

Besoin du client - Cahier des Charges

Tableau de caractérisation des fonctions de service

Exigences	Critères	Niveaux
Permettre au kinésithérapeute de rééduquer les membres inférieurs du patient	Angle de rotation de la cuisse Effort du patient Écart de position Rapidité	De 0° à 150° Jusqu'à 20 N. Nul $T_{5\%} < 0,2 \text{ s.}$
S'adapter à la morphologie des patients	Longueur de la cuisse et jambe Écartement du bassin Distance plat du pied – cheville	De 0,6 à 1,2 m. 370 à 600 mm.
Ne pas blesser le patient	Sécurité	Bloquer le fonctionnement en fonction de la taille du patient

Diagramme des exigences (req)

OBJECTIF : Modéliser les exigences devant être vérifiées par le système en liant les solutions mises en œuvre sur le système avec les besoins définis dans le cahier des charges. Ce diagramme traduit, par des fonctionnalités ou des contraintes, ce qui doit être satisfait par le système.

Diagramme des exigences (req)

OBJECTIF : Modéliser les exigences devant être vérifiées par le système en liant les solutions mises en œuvre sur le système avec les besoins définis dans le cahier des charges. Ce diagramme traduit, par des fonctionnalités ou des contraintes, ce qui doit être satisfait par le système.

De nombreux domaines peuvent être couverts, les plus classiques étant les exigences environnementales, économiques, fonctionnelles ou techniques.

diagramme d'exigence (req)

Sys-Reeduc

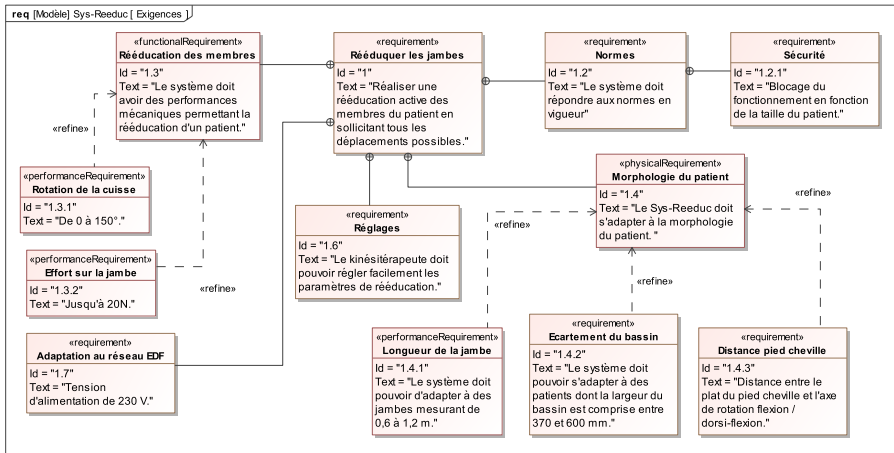


diagramme d'exigence (req)

Sys-Reeduc

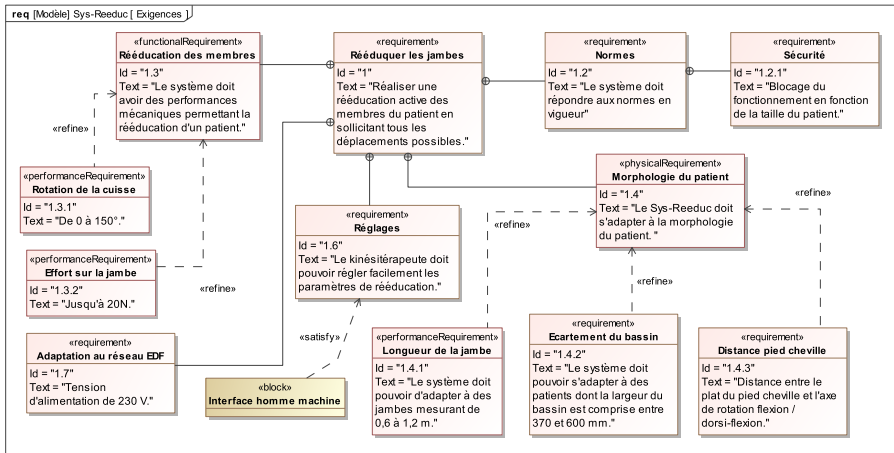


diagramme d'exigence (req)

Radio-réveil

req [Modèle] Radio Réveil [Exigence principale]

«requirement»

Réveil automatique

Id = "1"

Text = "Le radio-réveil doit assurer à l'utilisateur un réveil automatique à l'heure souhaitée avec la radio ou un buzzer"

diagramme d'exigence (req)

Radio-réveil

req [Modèle] Radio Réveil [Diagramme initial d'exigences]

«requirement»

Réveil automatique

Id = "1"

Text = "Le radio-réveil doit assurer à l'utilisateur un réveil automatique à l'heure souhaitée avec la radio ou un buzzer"

«requirement»

Gestion de l'heure

Id = "3"

Text = "On doit pouvoir régler facilement les heures et les minutes de l'affichage courant, ainsi que de l'alarme"

«requirement»

Gestion de la radio

Id = "2"

Text = "La station et le volume de la radio doivent pouvoir être changés facilement"

«requirement»

Sauvegarde

Id = "4"

Text = "un mécanisme de sauvegarde doit permettre de conserver en mémoire les réglages même en cas de coupure de courant."

diagramme d'exigence (req)

Radio-réveil

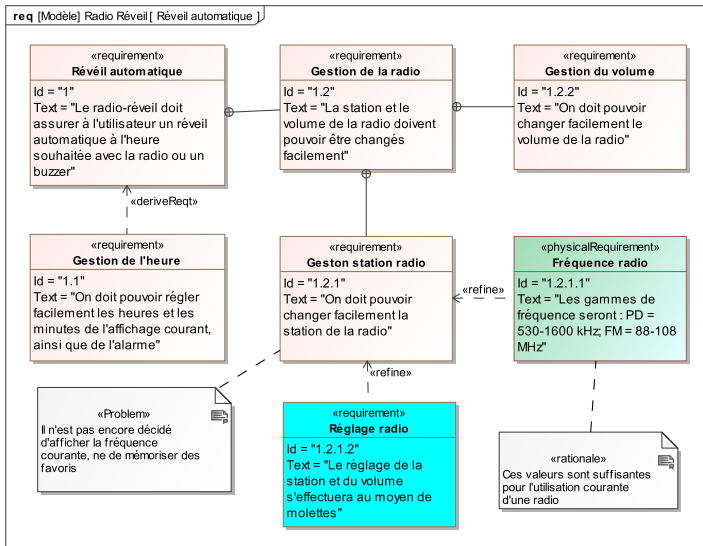


diagramme d'exigence (req)

Radio-réveil

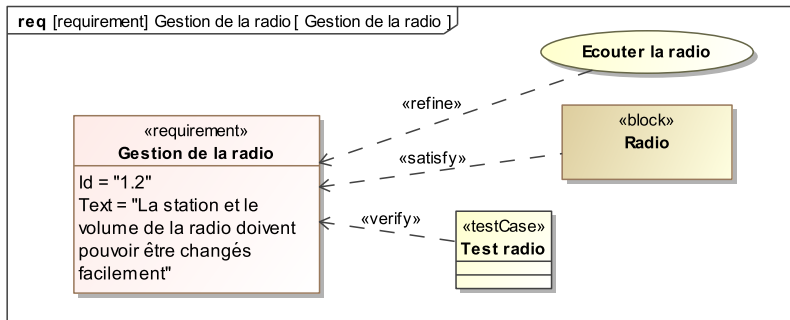


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Sys-Reeduc

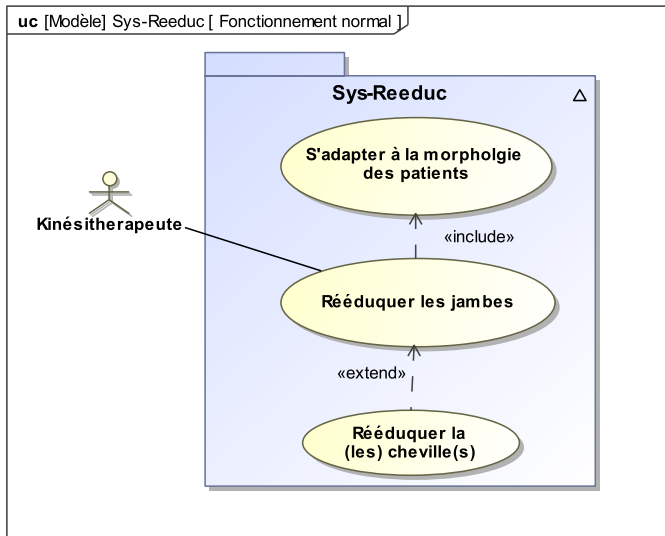


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Sys-Reeduc

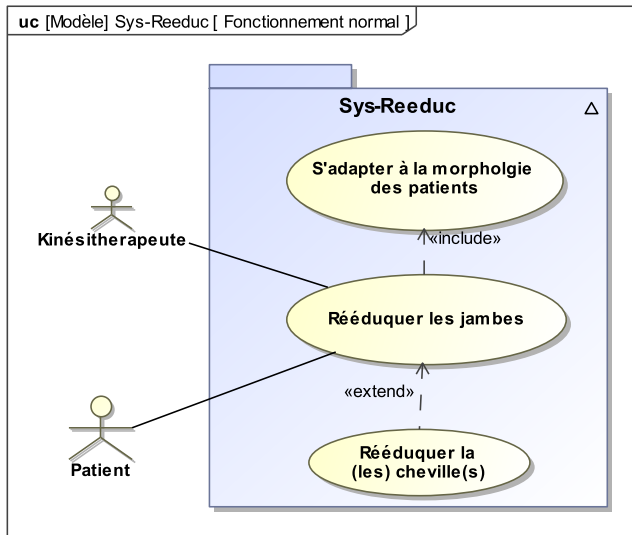


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Sys-Reeduc

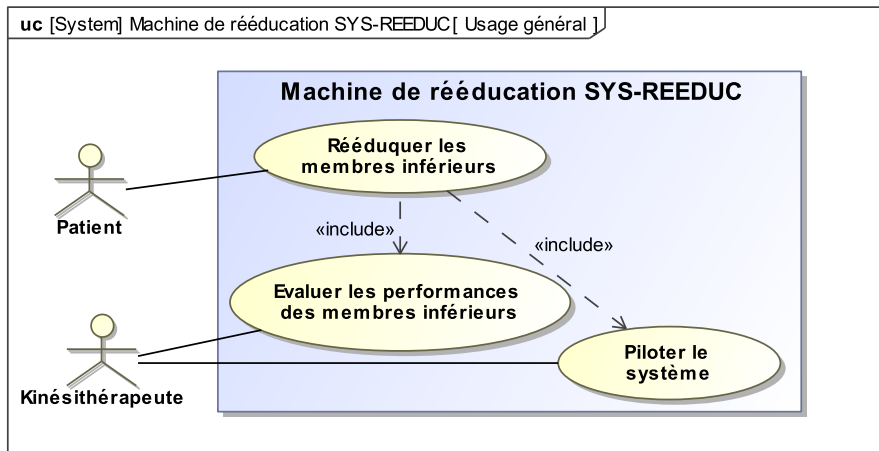


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Radio-réveil

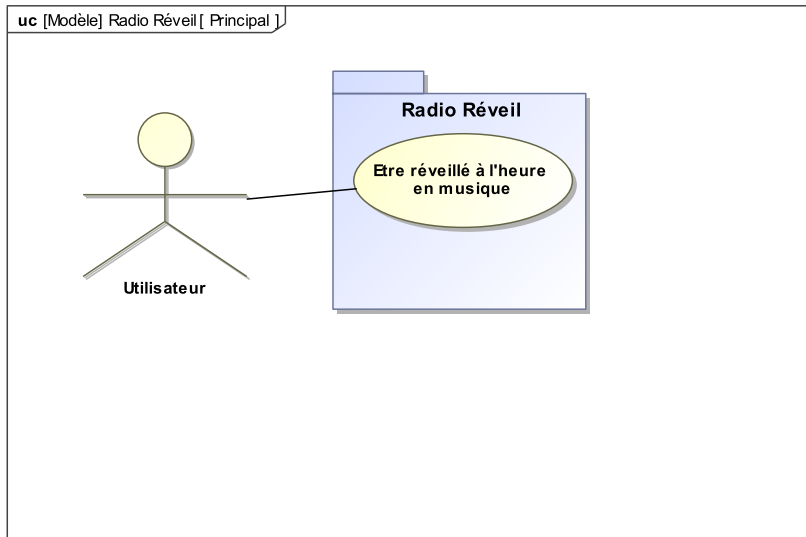


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Radio-réveil

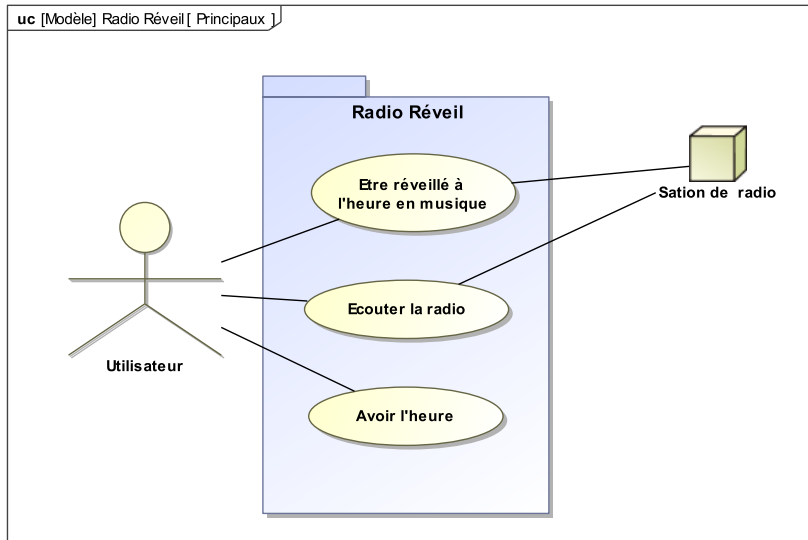


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Radio-réveil

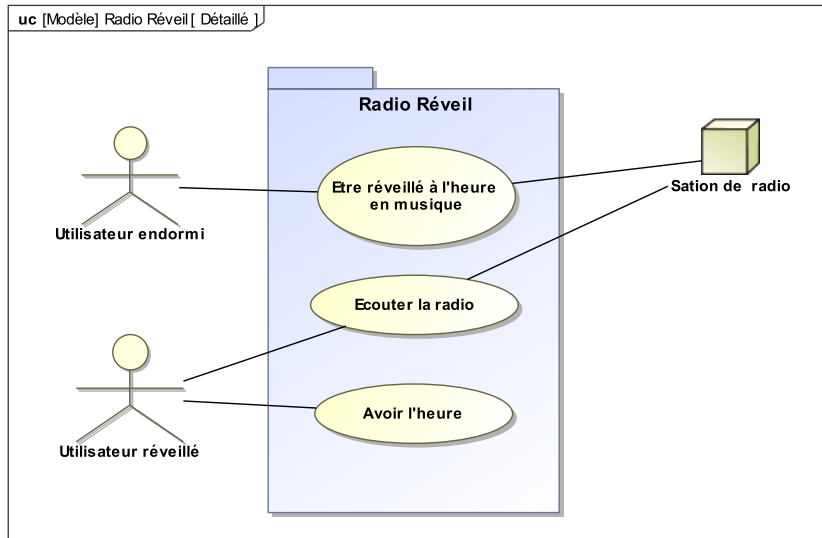


Diagramme des cas d'utilisation (uc)

Radio-réveil

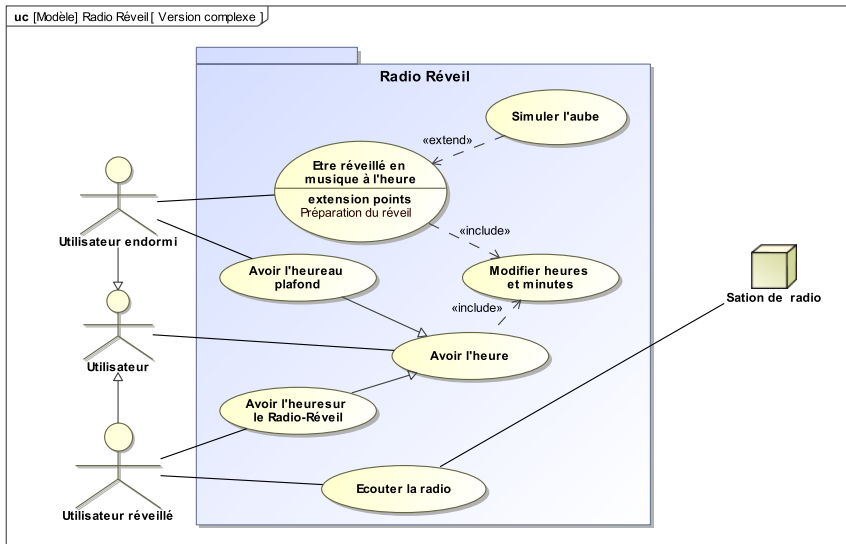
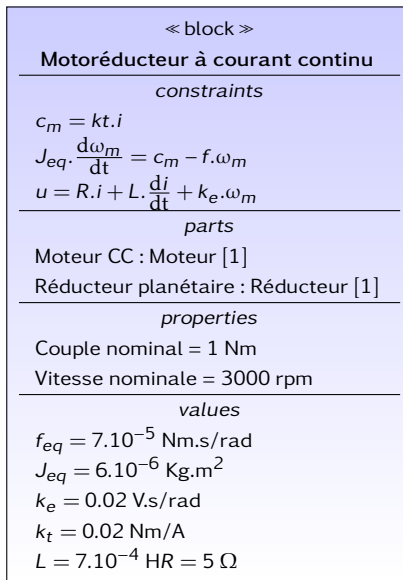


Diagramme de définition de blocs (bdd)



Notions de classes, instances et parties

DÉFINITION : Classe

Entité abstraite ou un concept abstrait qui représente des éléments très variés

Notions de classes, instances et parties

DÉFINITION : Classe

|| *Entité abstraite ou un concept abstrait qui représente des éléments très variés*

DÉFINITION : Instance

|| *Concrétisation d'une classe*

Notions de classes, instances et parties

DÉFINITION : Classe

|| *Entité abstraite ou un concept abstrait qui représente des éléments très variés*

DÉFINITION : Instance

|| *Concrétisation d'une classe*

Une classe permet donc de décrire un ensemble d'objets (ou instances de classe) ayant des caractéristiques communes. Les objets quant à eux possèdent un état et un comportement.

Notions de classes, instances et parties

DÉFINITION : Classe

|| *Entité abstraite ou un concept abstrait qui représente des éléments très variés*

DÉFINITION : Instance

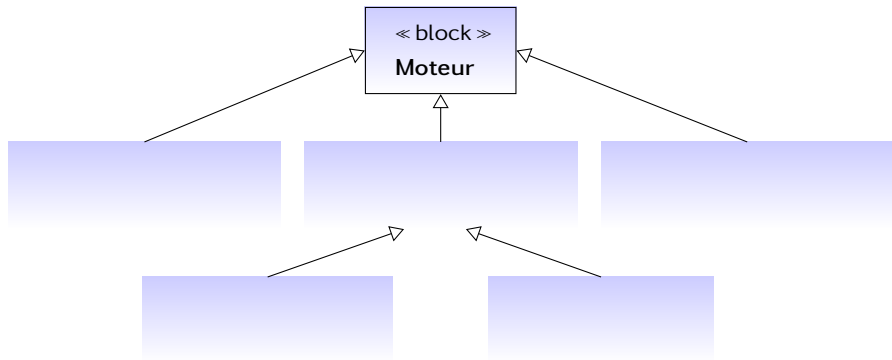
|| *Concrétisation d'une classe*

Une classe permet donc de décrire un ensemble d'objets (ou instances de classe) ayant des caractéristiques communes. Les objets quant à eux possèdent un état et un comportement.

Le but est souvent de factoriser des propriétés communes (valeurs, parties, etc.) à plusieurs blocs dans un bloc généralisé. Les blocs spécialisés **héritent** des propriétés du bloc généralisé et peuvent comporter des propriétés spécifiques supplémentaires.

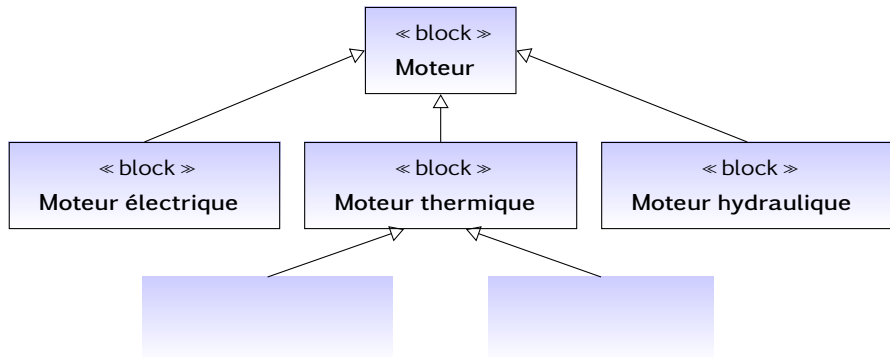
Notion de classe et d'héritage

Moteur



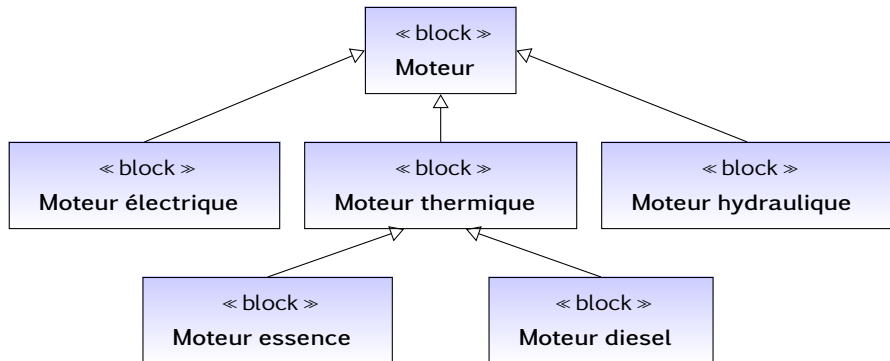
Notion de classe et d'héritage

Moteur



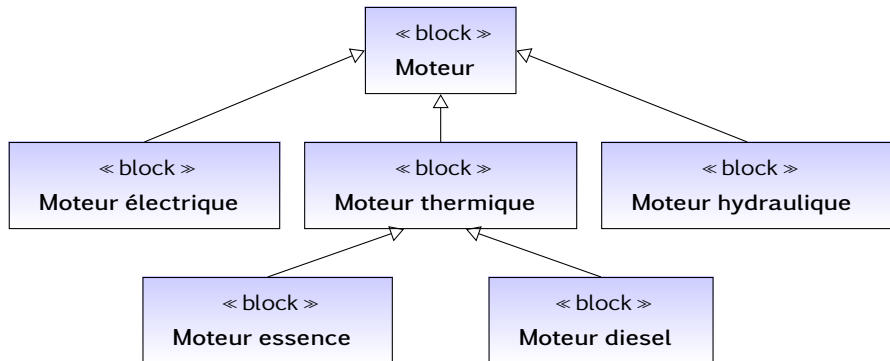
Notion de classe et d'héritage

Moteur



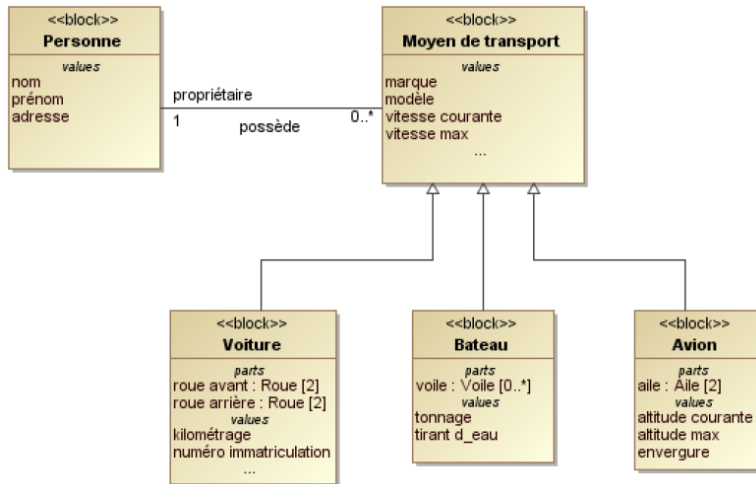
Notion de classe et d'héritage

Moteur



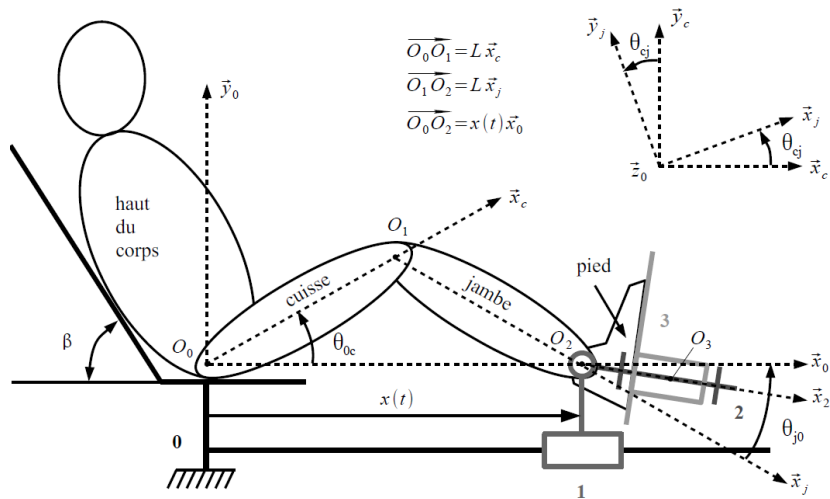
Notion de classe et d'héritage

Moyen de transport



Sys-Reeduc

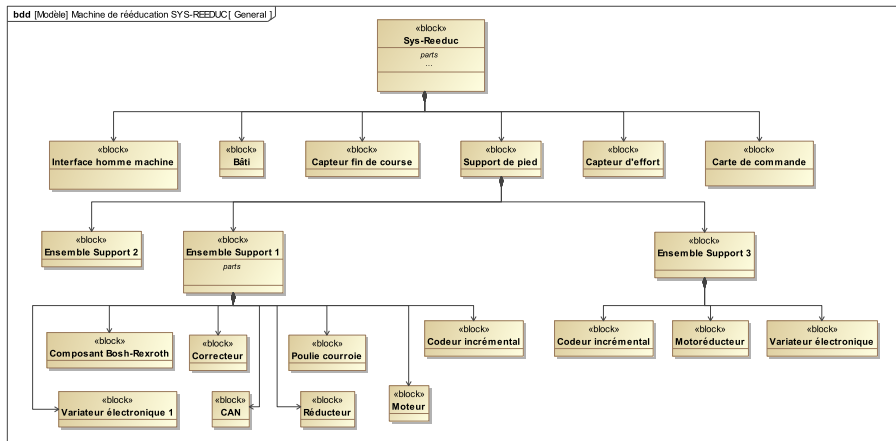
Schéma du Sys-Reeduc



Liaison glissière entre le bâti 0 et le support 1

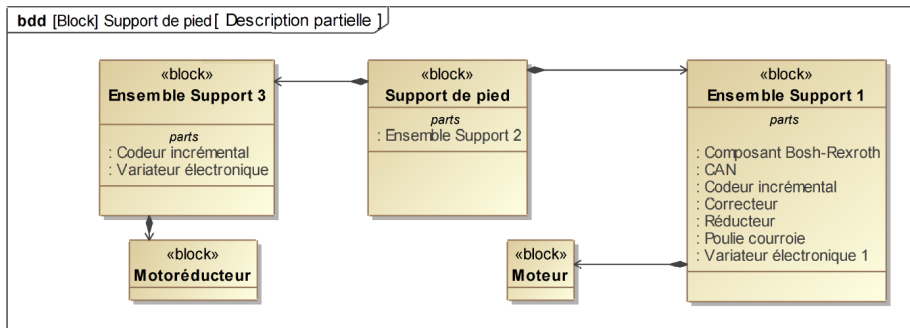
Sys-Reeduc

Vision globale



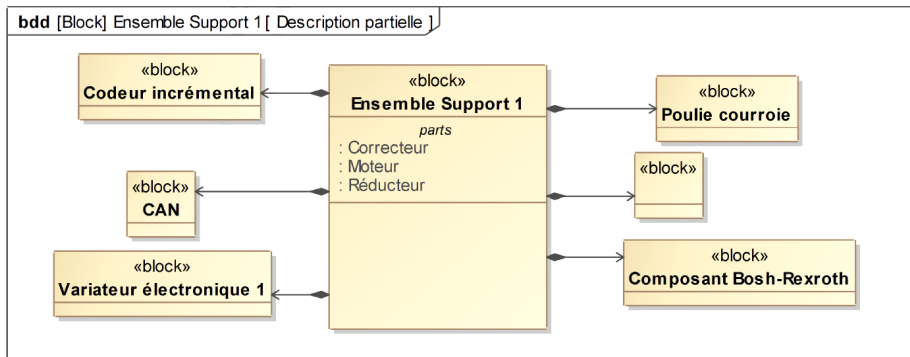
Sys-Reeduc

Support de pied

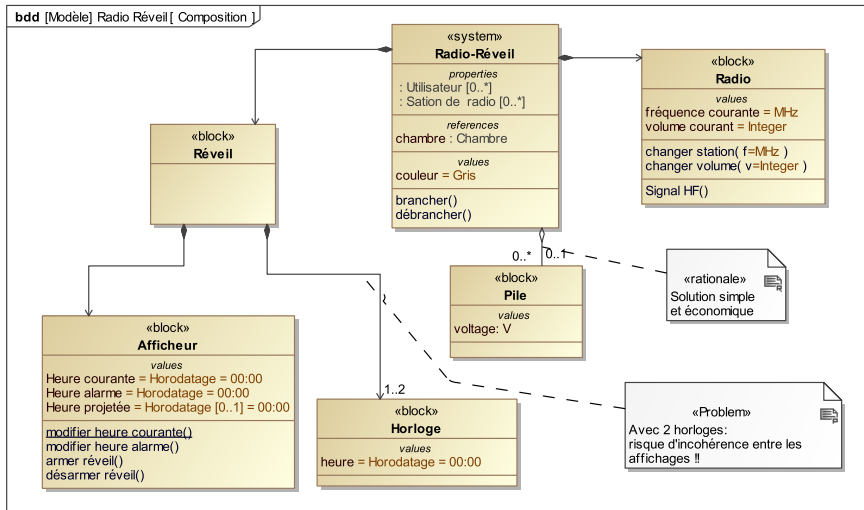


Sys-Reeduc

Ensemble support 1



Cas du radio-réveil



Cas du radio-réveil

bdd [Modèle] Exemples [ Déclaration de contraintes]

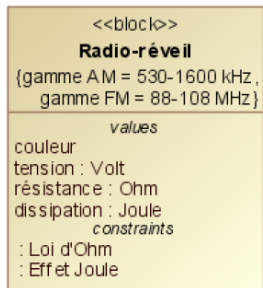
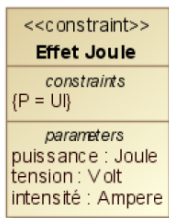
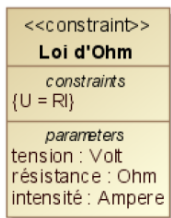


Diagramme de contexte (pas d'identifiant)

OBJECTIF : Préciser, si possible de manière exhaustive, les acteurs et éléments environnants au système étudié. Il permet également de faire apparaître les différents acteurs ou éléments intervenant dans une exigence.

Diagramme de contexte (pas d'identifiant)

OBJECTIF : Préciser, si possible de manière exhaustive, les acteurs et éléments environnants au système étudié. Il permet également de faire apparaître les différents acteurs ou éléments intervenant dans une exigence.

Le diagramme de contexte est une extension non normalisée du langage SysML qui permet de définir les frontières de l'étude et la phase du cycle de vie dans laquelle on situe l'étude (il s'agit généralement de la phase d'utilisation normale du système).

De par sa position d'extension, il n'y a absolument aucune recommandation spécifique sur la manière dont ce diagramme sera établi : classiquement, on utilise un diagramme de définition de blocs.

diagramme de contexte (bdd)

Sys-Reeduc

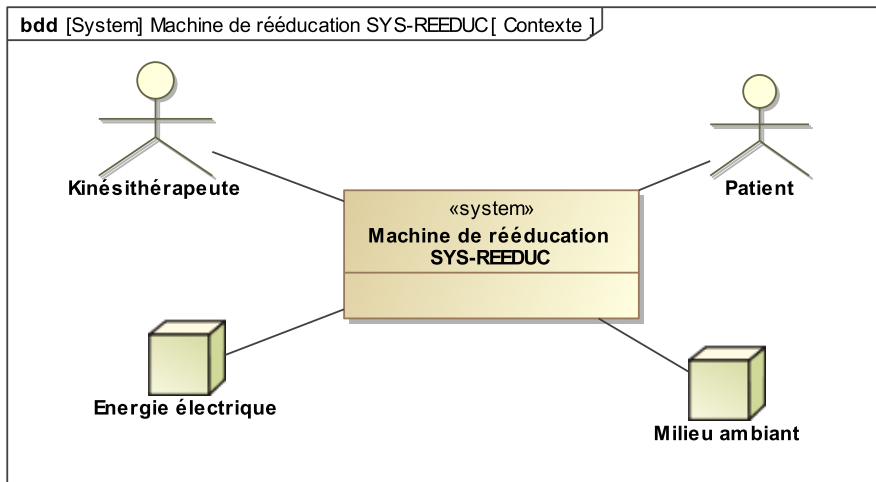


diagramme de contexte (bdd)

Radio-reveil

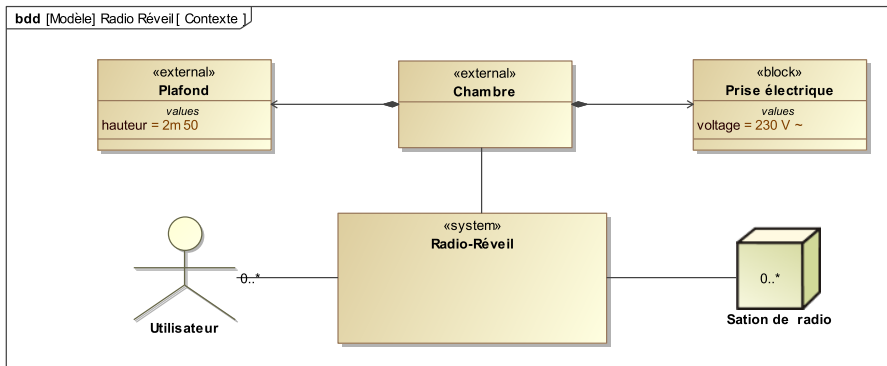


Diagramme de blocs internes (ibd)

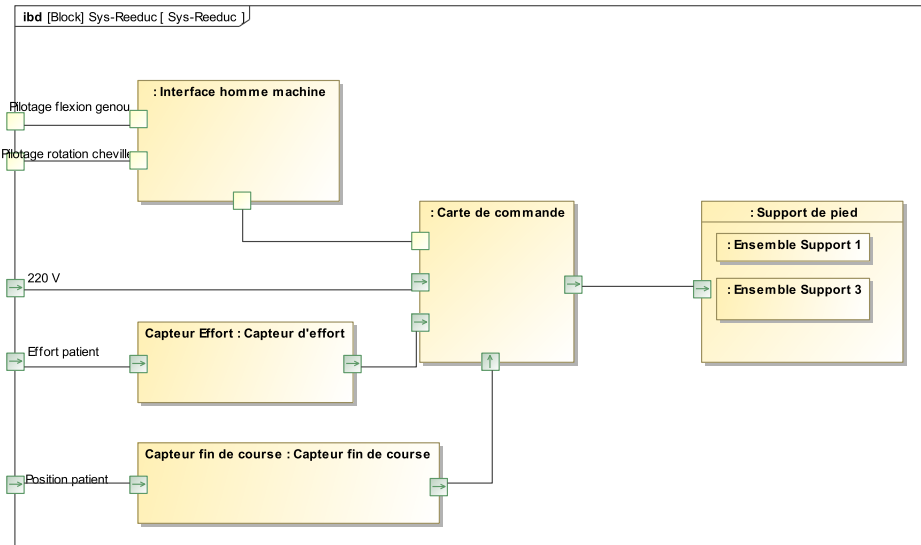
OBJECTIF : introduire la notion fondamentale de **port** qui correspond à un point d'interaction avec l'extérieur du bloc.

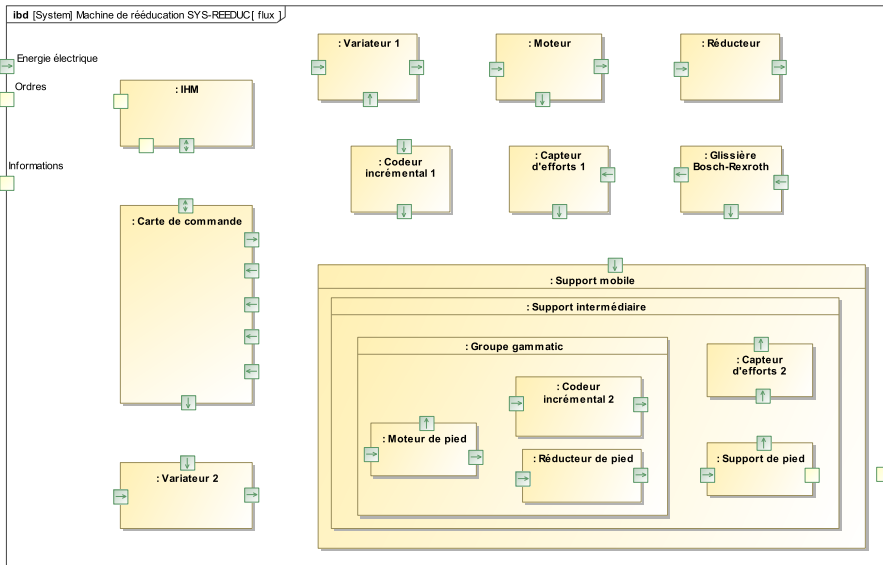
Le diagramme de blocs internes est rattaché à un bloc issu du diagramme de définition de blocs, le cadre du diagramme représentant la frontière d'un bloc.

Les connecteurs (traits) entre les ports indiquent soit les associations soit les flux de **matière**, d'**énergie** et d'**information (MEI)** entre les différents blocs.

diagramme de blocs internes (ibd)

Sys-Reeduc Partie commande





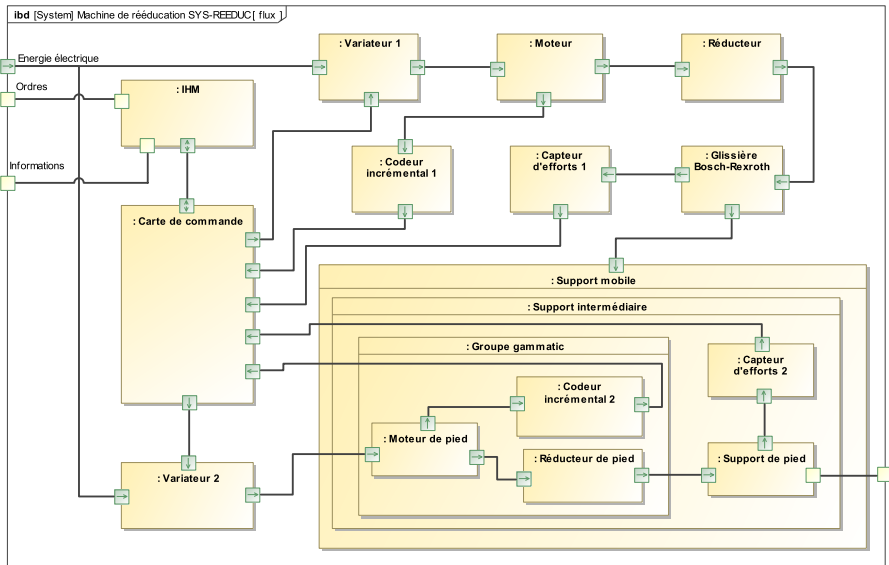


diagramme de blocs internes (ibd)

Radio-réveil

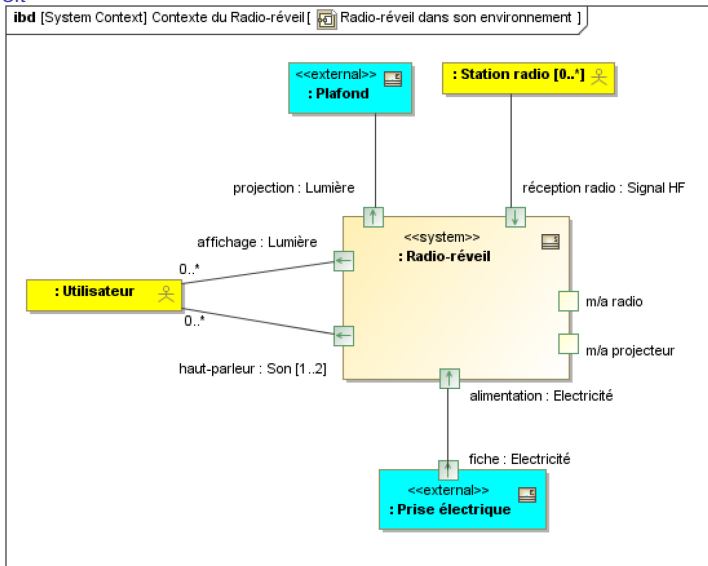


diagramme de blocs internes (ibd)

Radio-réveil

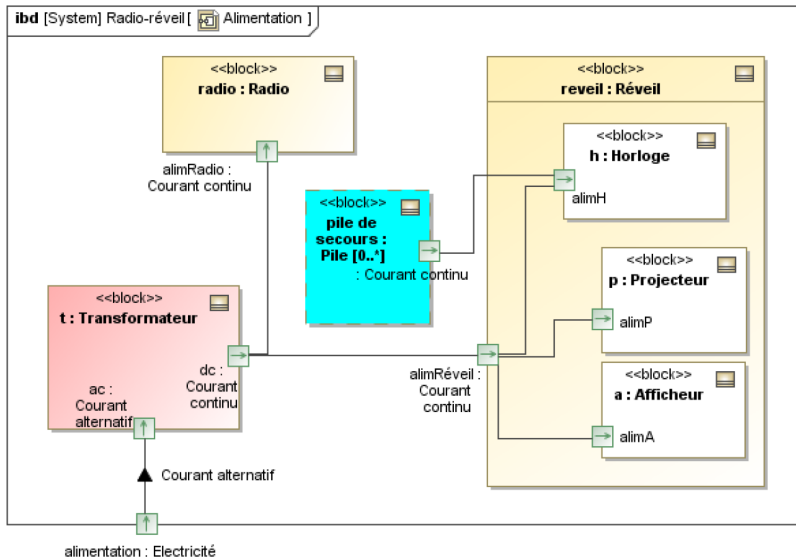
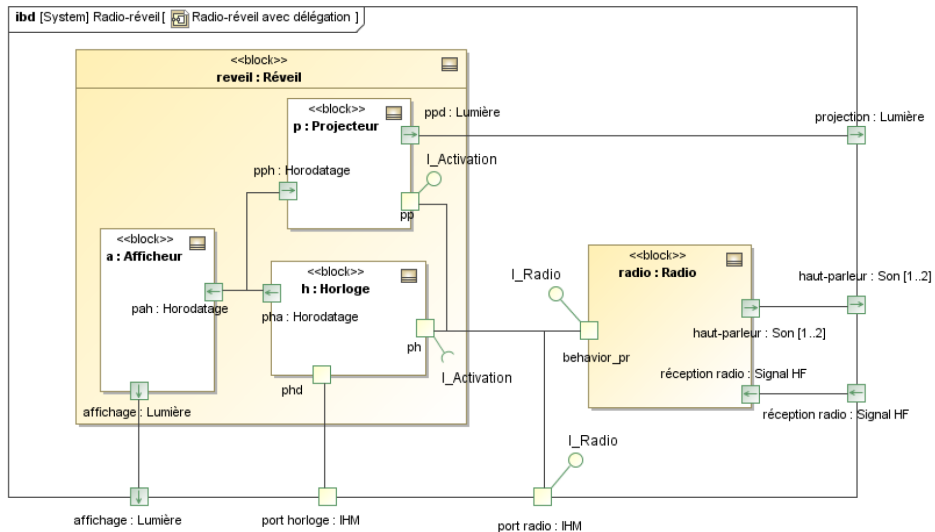


diagramme de blocs internes (ibd)

Radio-réveil



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Industries & Entreprises
- 3 Industrie 4.0
- 4 Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF)
- 5 Ingénierie Système
- 6 SysML
- 7 Premiers diagrammes SysML
- 8 Analyse et description des systèmes à l'aide de SysML**
 - Support de l'étude : Ciné-drone

Ciné-Drône

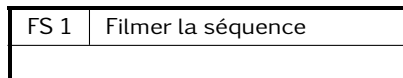
Présentation

Pour la réalisation du documentaire *Le port englouti de Constantinople* réalisé par Hannes SCHULER la production a souhaité qu'une prise de vue aérienne soit réalisée afin de mettre en évidence la configuration et la structure des fouilles réalisées par les archéologues.



Ciné-Drône

Cahier des charges



Ciné-Drône

Cahier des charges

FS 1	Filmer la séquence
FS 2	Positionner le drone

Ciné-Drône

Cahier des charges

FS 1	Filmer la séquence
FS 2	Positionner le drone
FS 3	Emporter la caméra

Ciné-Drône

Cahier des charges

FS 1	Filmer la séquence
FS 2	Positionner le drone
FS 3	Emporter la caméra
FS 4	Communiquer avec le sol

Ciné-Drône

Cahier des charges

FS 1	Filmer la séquence
FS 2	Positionner le drone
FS 3	Emporter la caméra
FS 4	Communiquer avec le sol
FS 5	Résister à l'environnement

Ciné-Drône

Cahier des charges

FONCTIONS DE SERVICE	CRITÈRES	NIVEAUX	FLEXIBILITÉS
FS1 Filmer la séquence	Dimension de la zone à filmer	300m×300m	2
	Durée	2 min	Maximum
FS2 Positionner le drone	Altitude maximum	60 m	0
	Vitesse maximum	1 m/s	1
	Écart maximum de vitesse stabilisée	$\pm 0,2$ m/s	0
	Capacité de vol	8h	0
	Durée vol stationnaire	>5s	1

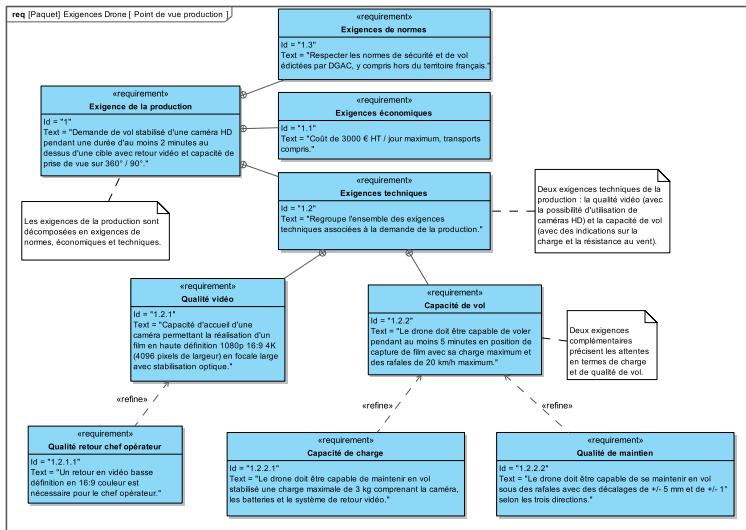
Ciné-Drône

Cahier des charges

FONCTIONS DE SERVICE	CRITÈRES	NIVEAUX	FLEXIBILITÉS
FS3 Emporter la caméra	Type de caméra	Image 16/9 1080p ("Full HD")	0
	Type de fixation	Universelle	0
	Charge	1 à 3kg	3
FS4 Communiquer avec le sol	Délais	temps réel	
	Version	FWVGA	0
	Format	16/9	0
	Résolution	854x480	0
FS5 Résister à l'environnement	Résister aux rafales	<20 km/h	0
	Écart maximal dans chaque direction	0.5cm	0
	Ecart maximal angulaire dans chaque direction	1,5°	0

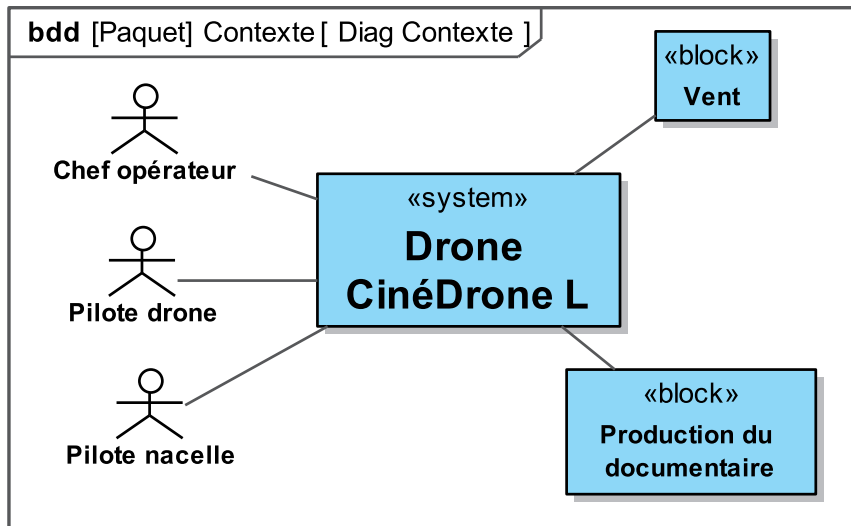
Ciné-Drône

diagramme d'exigence (req)



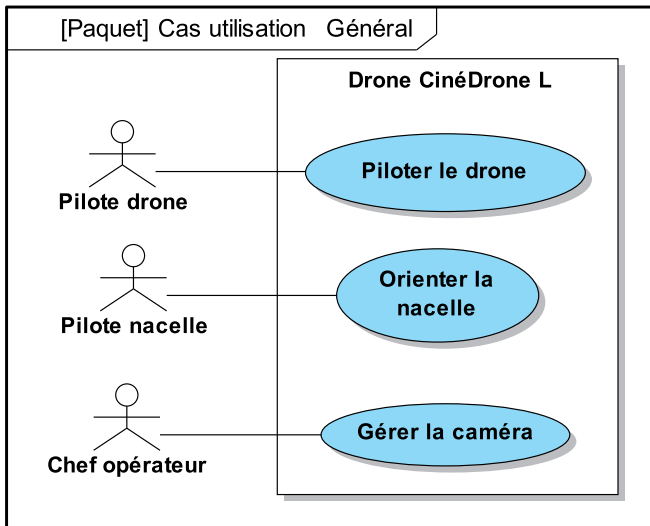
Ciné-Drône

diagramme de contexte (bdd)



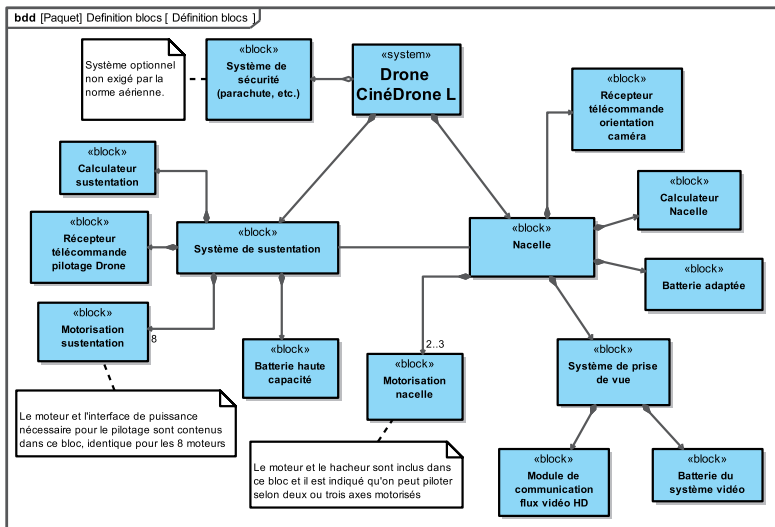
Ciné-Drône

diagramme de cas d'utilisation (uc)



Ciné-Drône

diagramme de définition de blocs (bdd)



Ciné-Drône

diagramme de blocs internes (ibd)

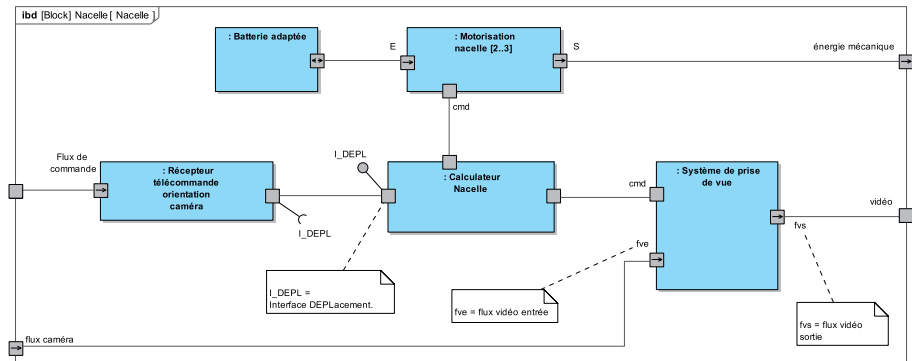


diagramme d'exigence (req)

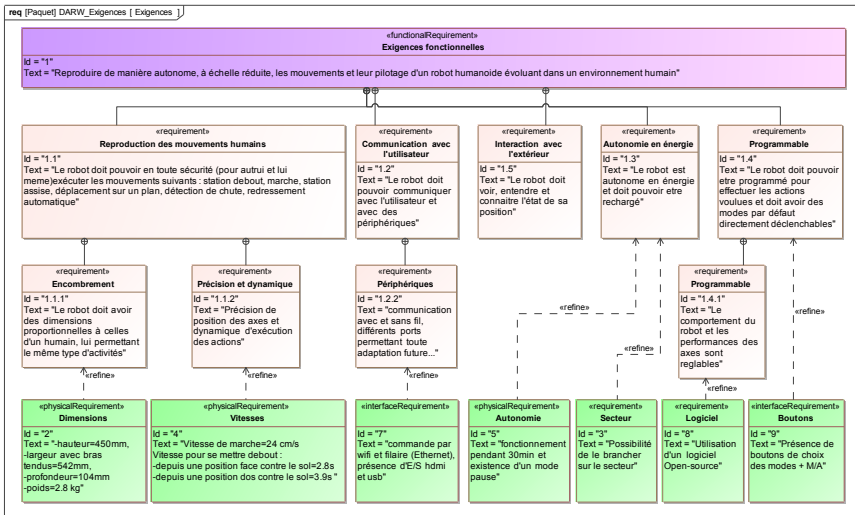


diagramme de cas d'utilisation (uc)

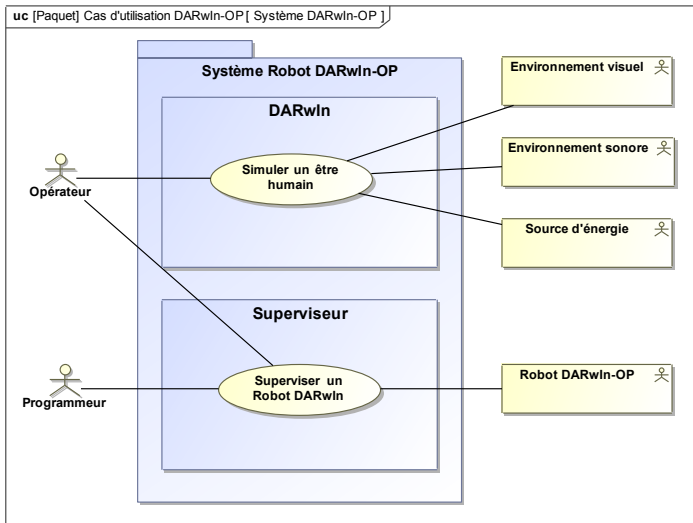


diagramme de cas d'utilisation (uc)

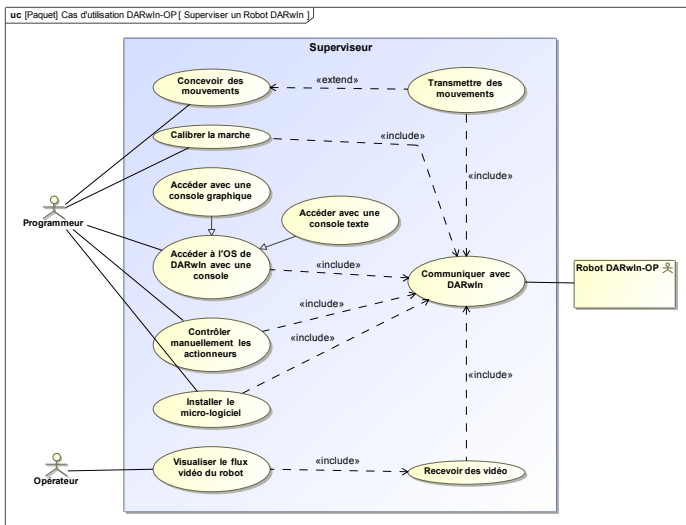


diagramme de cas d'utilisation (uc)

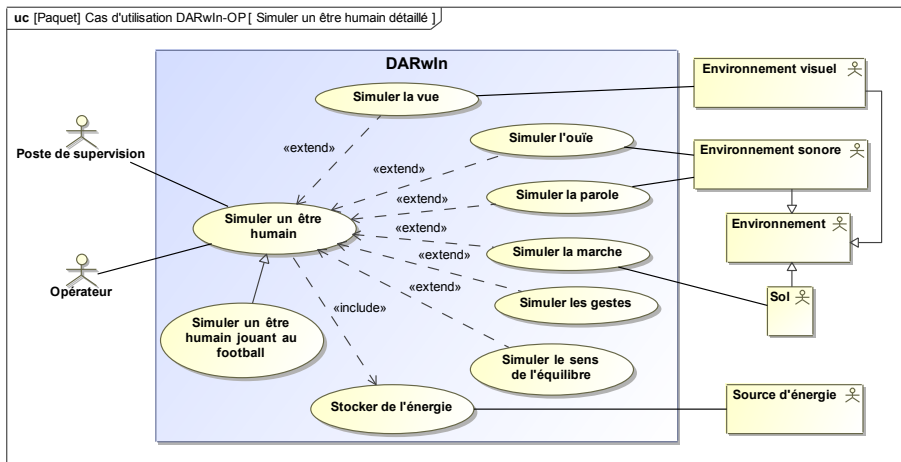


diagramme de cas d'utilisation (uc)

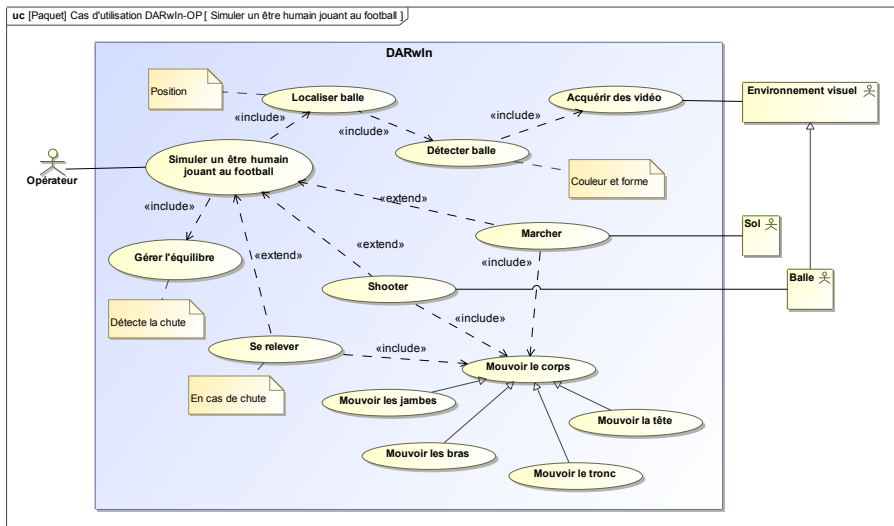


diagramme de contexte (bdd)

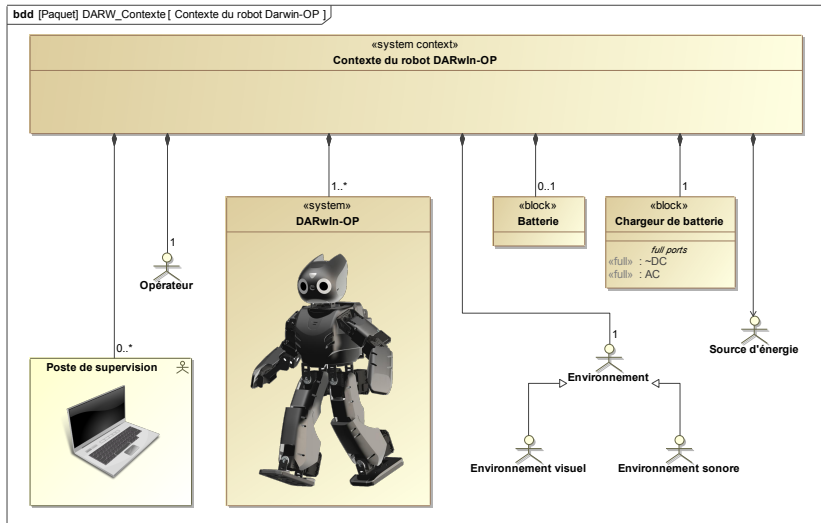


diagramme de contexte (bdd)

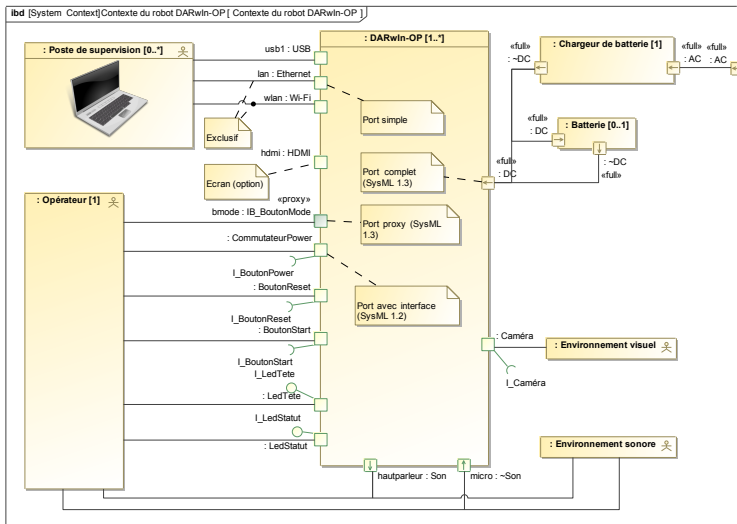


diagramme de définition de blocs (bdd)

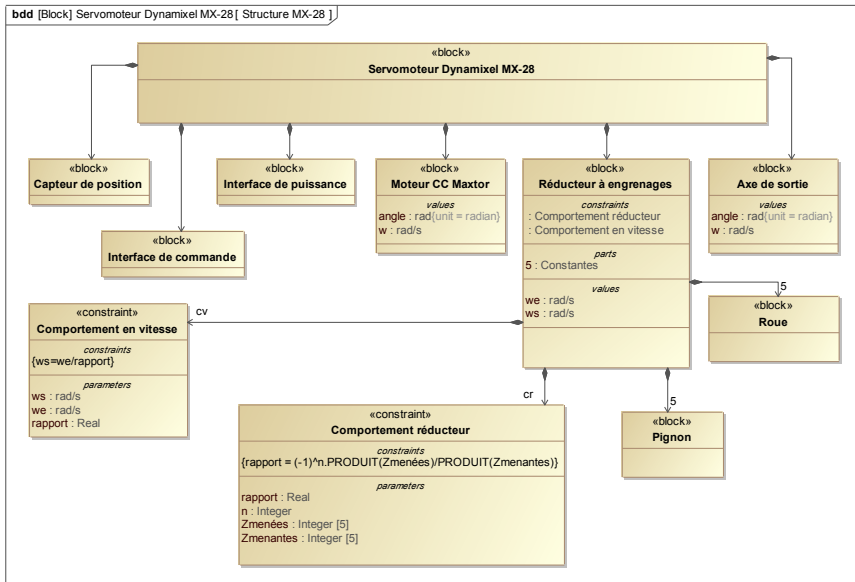


diagramme de définition de blocs (bdd)

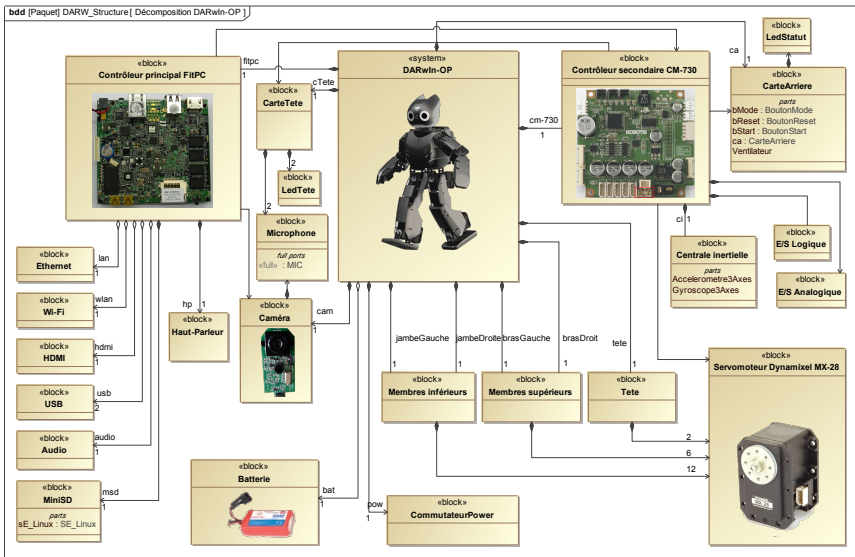


diagramme de définition de blocs (bdd)

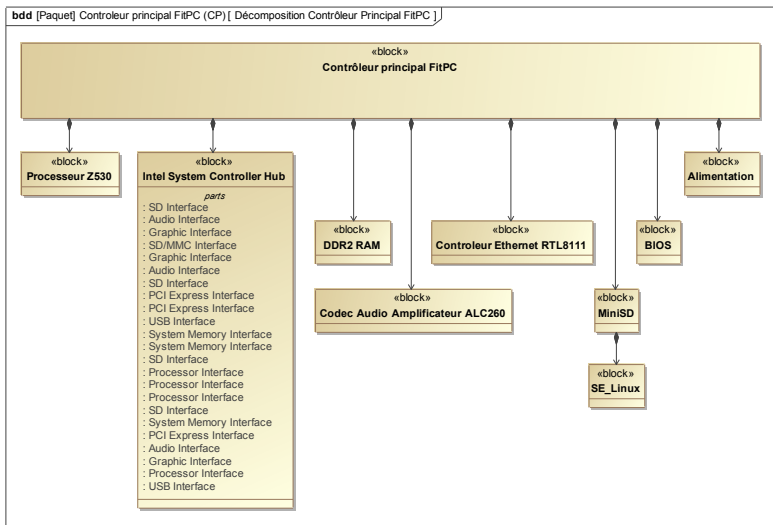


diagramme de blocs internes (ibd)

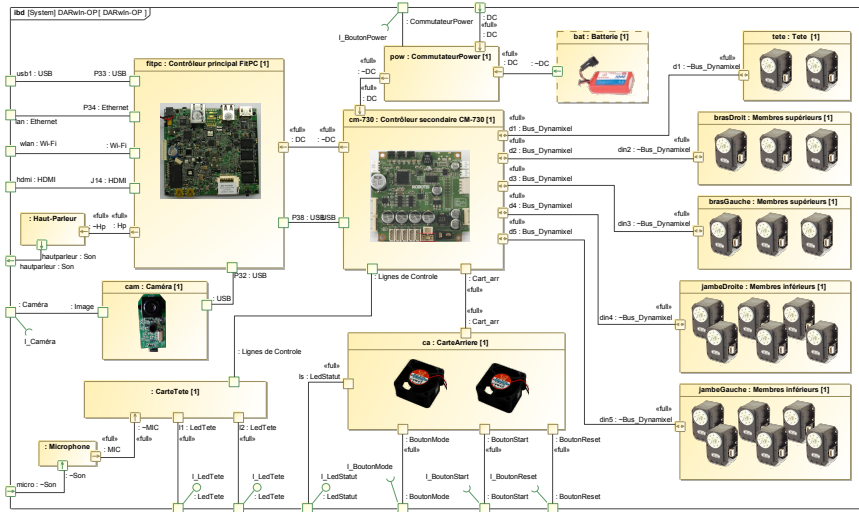


diagramme de blocs internes (ibd)

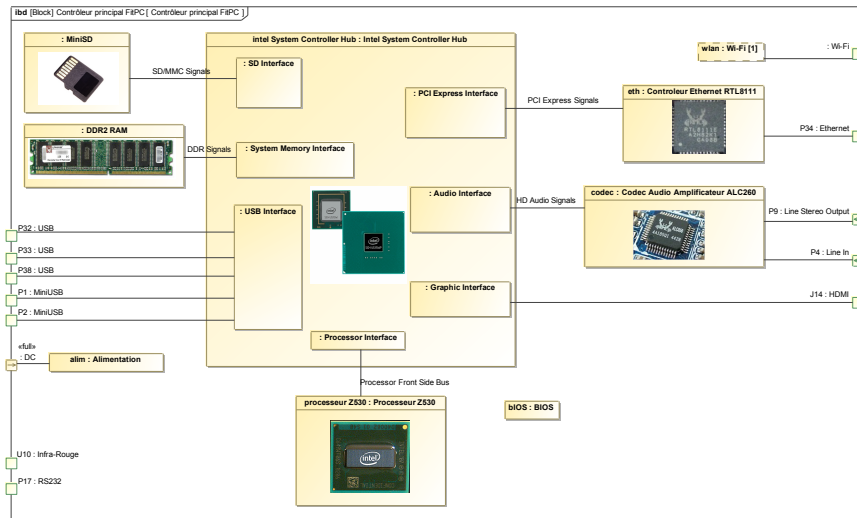


Diagramme de classe pour les MP2I

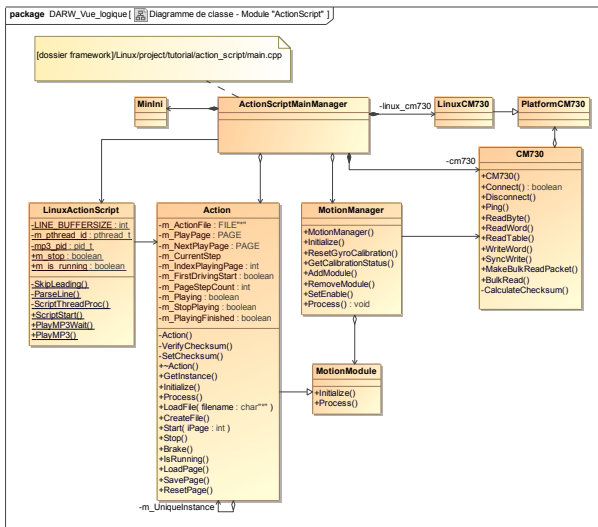


Diagramme de classe pour les MP2I

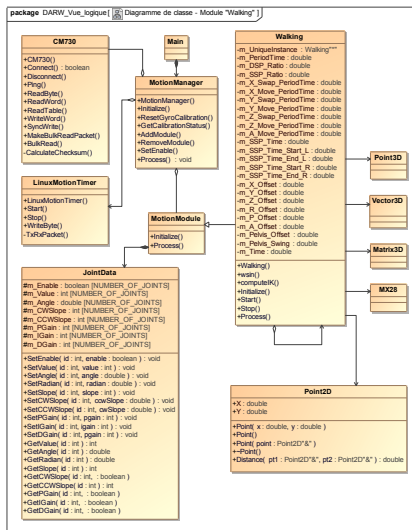


Diagramme de classe pour les MP21

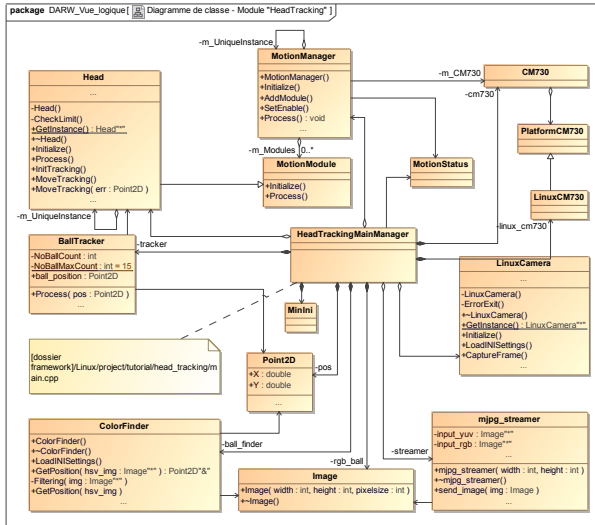


Diagramme de classe pour les MP2I

