

FICHE – Ingénierie système

1 Diagrammes SysML

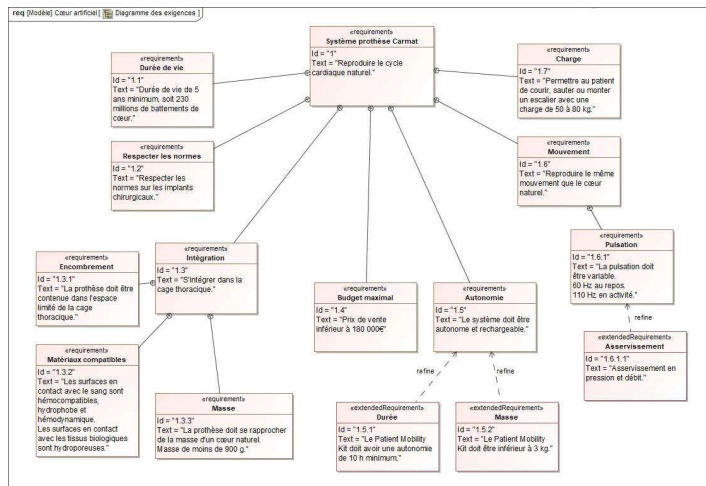
Analyse fonctionnelle du besoin

Diagramme des exigences (req)

Une exigence exprime une **fonction**, une **règle**, une **contrainte**, ou une **performance à satisfaire** par le système.
Le **diagramme des exigences** (*Requirement Diagram – req –*) est un diagramme général qui regroupe hiérarchiquement ces **exigences**.

Une exigence est **caractérisée** par :

- un **critère** (grandeur physique mesurable) ;
- un **niveau** (valeur max/min chiffrée) ;
- une **flexibilité** (l'écart acceptable sur le niveau attendu).



Cahier des charges fonctionnel (CdCF)

Un **Cahier des Charges Fonctionnel** est un document qui expose l'ensemble des exigences qui doivent être satisfaites par le système et leurs caractéristiques (critère, niveau, flexibilité).

Diagramme fonctionnel

Fonction globale

La **fonction globale** d'un système est la « **raison d'être** » du système, du point de vue de l'utilisateur.

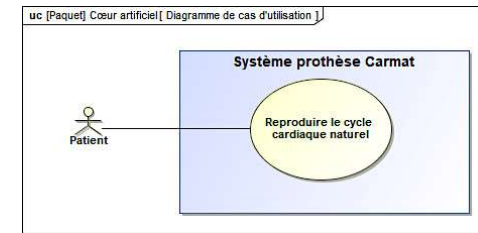
Elle ne doit pas induire de solutions technologiques.

Le **diagramme de cas d'utilisation** (*Use Case Diagram – uc –*) est un diagramme fonctionnel qui définit :

- les différents types d'utilisateurs, nommés **acteurs**
- les **fonctions attendues** par ses acteurs.

Il permet de **formaliser le besoin**.

Diagramme de cas d'utilisation (uc)



Diagrammes structurels

Diagramme de définition de blocs (bdd)

Le **diagramme de définition de blocs** (bdd) est un diagramme **structurel** qui permet de réaliser l'**inventaire** des constituants qui constituent le système en le décomposant en **sous-systèmes**, puis en **constituants élémentaires** par une **analyse descendante**.

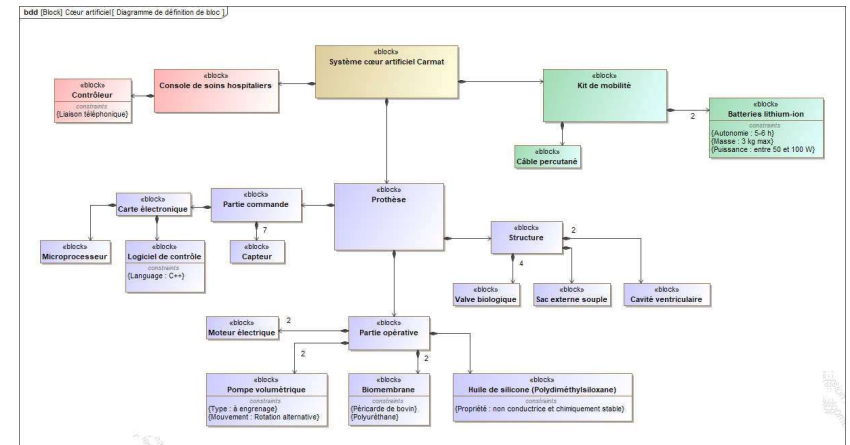
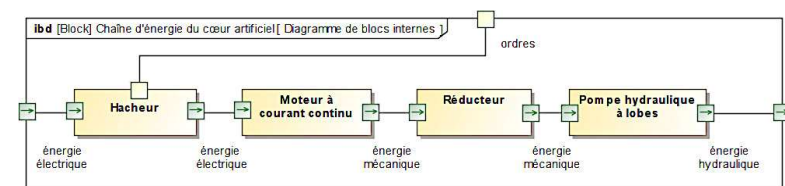


Diagramme de blocs internes (ibd)

Le **diagramme de blocs internes** est un diagramme **structurel** qui permet d'identifier les **échanges** de matière, d'énergie et d'information (MEI) entre les constituants.

- ports modélisant les flux MEI (hors informations logiques) ;
- ports modélisant des services (informations logiques).



Diagrammes comportementaux

Diagramme d'état (stm)

Le **diagramme d'état** représente le **comportement** du système et ses changements d'état en fonction des interactions.

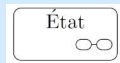
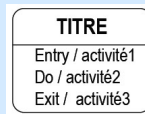
Un **état** modélise une **phase du fonctionnement** du système.

Pendant cette période, l'état est dit **actif** et le système accomplit :

- une simple **activité** ;
- OU une séquence d'activités ;
- OU est **en attente**.

En dehors de cette période, l'état est dit **inactif**.

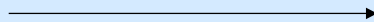
- il n'y a qu'un **seul état actif** à chaque instant ;
- un état possède un **titre unique** dans le diagramme.
- les trois comportements **entry**, **do** et **exit** ne peuvent être **utilisés qu'une seule fois par état**, mais il est également possible de n'en **utiliser qu'une partie** (seulement **entry** par exemple) ;
- si **aucun mot** réservé n'est utilisé, cela correspond à un **do** ;
- un **état vide** (sans activité) indique un **état d'attente**.
- Un **état composite** décrit les **évolutions internes** d'un état à l'aide d'un **autre diagramme d'état**.



Une **transition** modélise la possibilité d'un **passage** instantané d'un **état** vers un **autre**.

On appelle **état source** l'état de départ d'une transition, et **état cible** l'état d'arrivée d'une transition

événement [garde] / effet



La **transition** :

- est **instantanée** ;
- n'est évaluée que si l'état source est actif.

Son **franchissement** est **conditionné** par des **événements déclencheurs** et des **conditions de garde**.

Un **événement** correspond au changement d'état d'une variable observée. Il est **daté** dans le temps et il est **traité instantanément** lors de son **front montant** (apparition).

On peut utiliser les événements : When(N=3), After (30s), At (1min).

La **garde** est une **condition de franchissement** de la transition. C'est une condition logique⁽³⁾ évaluée à l'instant de l'événement déclencheur.

Un **effet** est une **activité** accomplie lorsque la **transition** est **franchie**.

Exemple : a[T>20°]/N=1 au front montant du bouton a, si la température est >20°, alors la transition est franchie et la variable N passe à 1.

Un **pseudo-état** est un état ne pouvant **pas** avoir d'**activité**.

Pseudo-état initial : Unique et **obligatoire**, il est activé au **lancement** de la machine à états et marque le début de l'exécution du diagramme d'état. Il n'a aucune transition entrante.

Pseudo-état final : Optionnel, il signe la **fin de l'exécution du diagramme d'état**. Il n'a aucune transition sortante.

Pseudo état jonction : Utilisé pour **regrouper** (« factoriser ») des **conditions de franchissement de transition**, en particulier des gardes communes à un événement.

Pseudo-état décision : Utilisé pour une sélection ou une convergence de séquences exclusives.

L'évaluation des **conditions de garde** en **aval** du pseudo-état est réalisée **au moment** où il est atteint.

Les **conditions de gardes** doivent être **exclusives**.

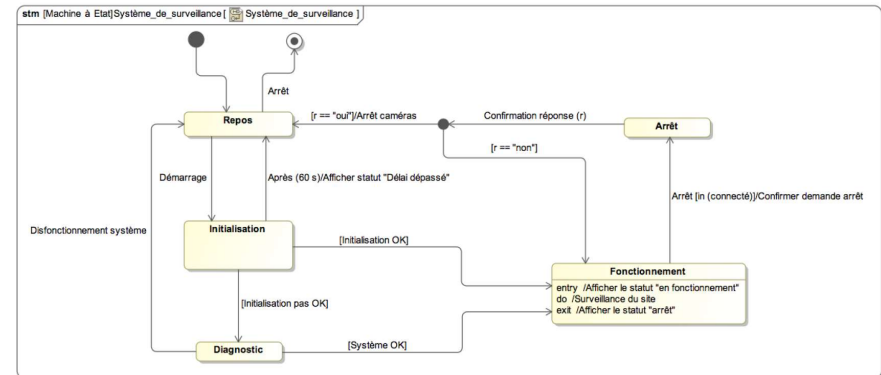
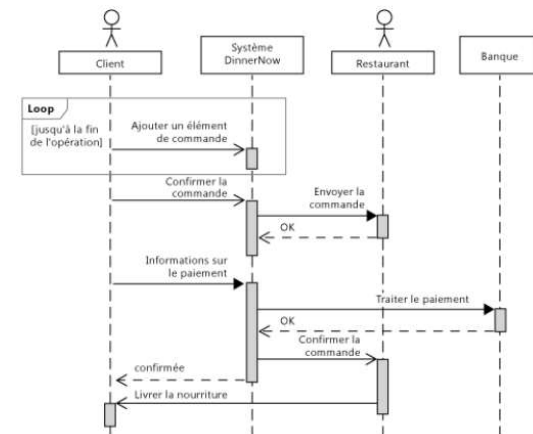


Diagramme de séquence (sq)

Un diagramme de séquence est rattaché à un cas d'utilisation et décrit ce dernier en entier ou en partie, ce qui correspond à un scénario de fonctionnement possible, défini dans un cadre précis.

Il décrit, dans l'**ordre chronologique**, l'**enchaînement** des **interactions** entre les **acteurs** du système ou entre des **composants** du système eux-mêmes.

Sur les lignes de vie des acteurs, se trouvent des périodes d'activité. Les acteurs échangent des messages.



2 Chaîne d'information et de puissance

Puissance	Grandeur effort $e(t)$	Grandeur flux $f(t)$
électrique	tension $u(t)$ en V	intensité $i(t)$ en A
mécanique de translation	force $F(t)$ en N	vitesse linéaire $V(t)$ en m/s
mécanique de rotation	couple ⁽¹⁾ $C(t)$ en N.m	vitesse angulaire $\omega(t)$ en rad/s
hydraulique ou pneumatique ⁽²⁾	pression $\Delta p(t)$ en Pa	débit volumique $q_v(t)$ en m^3/s

La puissance est le produit des grandeurs effort et flux :
 $1\text{ W} = 1\text{ J/s} = 1\text{ V.A} = 1\text{ N.m/s} = 1\text{ Pa.m}^3/\text{s}$

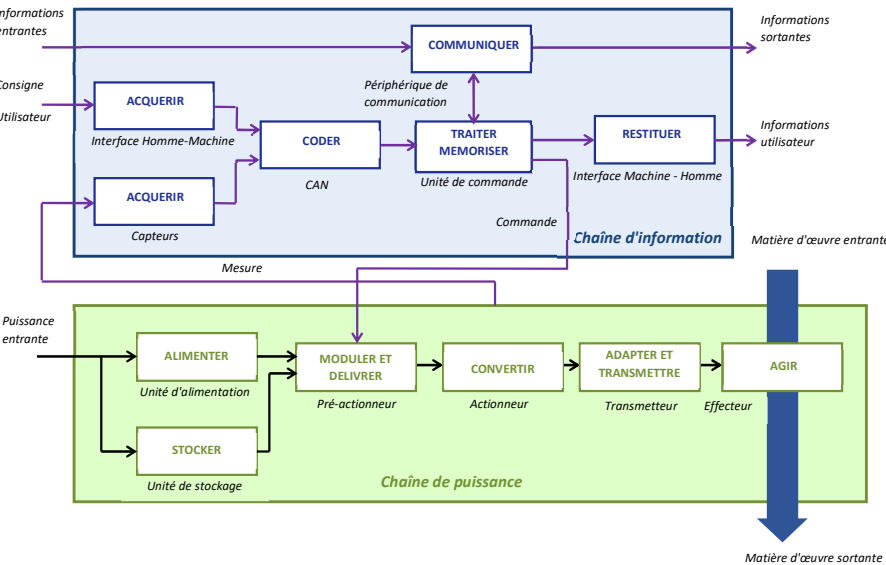
La description par **chaîne fonctionnelle** permet de mettre en relation les **constituants internes** avec leur **fonction** dans la réalisation d'une **activité** particulière du système.

Une **chaîne fonctionnelle** met en œuvre une **unique activité**.
On appelle **matière d'œuvre** d'un système ce sur quoi agit le système.
On appelle **valeur ajoutée** la différence entre matière d'œuvre sortante et matière d'œuvre entrante.

Une **chaîne de puissance** est un ensemble organisé de composants dont le rôle est de convertir un ordre émis par la partie commande en effet sur la matière d'œuvre.
Une **chaîne d'information** est un ensemble organisé de composants dont le rôle est de prélever des grandeurs physiques sur la partie opérative ou sur l'environnement et de les convertir en signaux interprétables par la partie commande.

La chaîne de puissance et d'information comporte 5 flux : de **matière d'œuvre**, de **puissance**, d'**information**, de **mesure** et de **commande**.

Dans la chaîne d'information circule une **basse puissance**.
Dans la chaîne de puissance circule une **haute puissance**.



Capteurs

Détecteur à effet Hall, détecteur photoélectrique, détecteur magnétique, accéléromètre, génératrice tachymétrique, potentiomètre linéaire ou rotatif, codeur incrémental, codeur absolu, jauge de déformation, pressostat...

Unité de commande

Automate programmable, carte de commande, microcontrôleur...

Unité d'alimentation

Transformateur, onduleur AC-DC, unité de conditionnement pneumatique...

Unité de stockage

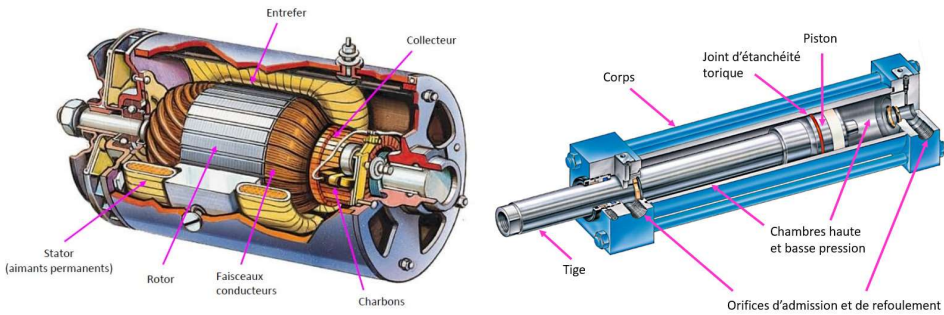
Batterie, réservoir pneumatique, ressorts

Préactionneur

Carte de puissance, contacteur, hacheur, variateur, distributeur pneumatique...

Actionneur

Moteur à courant continu, moteur asynchrone, vérin pneumatique, vérin hydraulique, pompe hydraulique...



Un **moteur électrique** convertit une puissance électrique en puissance mécanique de rotation.
Une **pompe hydraulique** convertit une puissance mécanique de rotation en puissance hydraulique.
Un **vérin hydraulique** convertit une puissance hydraulique en puissance mécanique de translation.

Transmetteur

Engrenage, poulie-courroie, vis-écrou, pignon-crémaillère, pignon-chaîne...

Effecteur

Pince, tapis roulant, préhenseur, outil, roue...

3 Mesurer et coder une position angulaire

Familles de capteurs

- **les capteurs** : délivre une information **analogique** (potentiomètre linéaire, rotatif, règle magnétique, cellule magnétorésistive, tachymètre, génératrice tachymétrique, accéléromètre, débitmètre, dynamomètre, jauges de déformation, cellules piézo-électriques, manomètre...)
- **les codeurs** : délivre une information **numérique** (codeur incrémental, absolu)
- **les détecteurs** : délivre une information **logique** (détecteur fin de course ILS, détecteur à effet hall, boutons...)

les capteurs actifs : Ils ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner

les capteurs passifs : Le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectue directement la transformation en grandeur électrique

Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Ex : Le codeur incrémental à une résolution de 0,087°.

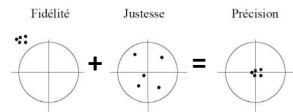
Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.

Ex : Le capteur de température LM35 a une sensibilité de 10mV/°C.

Fidélité : Répétabilité de la mesure.

Justesse : Réponse proche de la valeur vraie.

Précision : Écart entre la valeur vraie et la valeur mesurée.



Les codeurs

Le codeur est généralement placé en amont du réducteur, car pour un même mouvement, on obtient plus d'impulsion et donc une meilleure résolution.

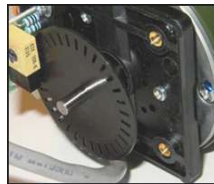
Codeur incrémental (ou roue codeuse)

Codeur incrémental (ou roue codeuse) :

Un codeur incrémental est un générateur d'impulsions qui fournit 2 voies en **quadrature** et un top zéro. Elles sont divisées en n secteurs angulaires égaux, alternativement opaques et transparents.

Ils fonctionnent sur le principe de **comptage** et **décomptage d'impulsions** et donne donc le déplacement relatif.

n s'appelle le nombre de périodes, c'est le nombre d'impulsions qui sont délivrées par le codeur pour un tour complet de son disque.



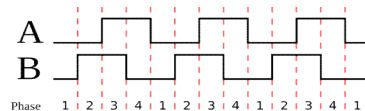
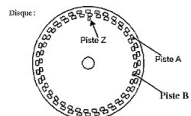
Codeur incrémental

Avantages :

- Mesure prise à coût raisonnable ;
- Entrées de comptage adaptées (voies A, B, Z) en standard sur les automates programmables récents ;
- Obtention aisée de la vitesse par intégration numérique.

Inconvénients :

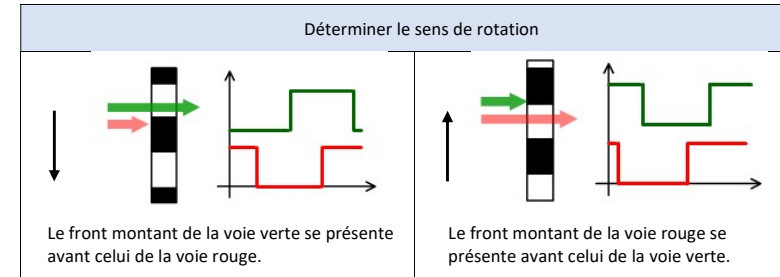
- Perte totale des informations en cas de coupure d'énergie ;
- Nécessite une procédure de prise d'origine.



Disque d'un codeur incrémental et pistes en quadrature de phase

Les pistes intérieures et extérieures sont en **quadrature de phase**, ce qui permet de :

- connaître le **sens de rotation** du capteur
- **améliorer par 2 la résolution** du capteur.



Codeur absolu (ou numérique)

Codeur absolu (ou numérique) :

Délivre un signal image de la position à mesurer **sous forme d'un code numérique binaire** et donne le déplacement absolu.

Il dispose de N pistes, généralement agencées suivant le code **Gray**.

La piste intérieure correspond au bit de poids le plus fort.



Disque et pistes d'un codeur absolu

Avantages :

- Chaque secteur possédant son code unique, il est inutile de déterminer le sens de rotation ;
- Pas de perte d'information en cas de coupure d'énergie ;
- Code connu en permanence, pas besoin de procéder à la Prise d'Origine Machine lors de la mise sous tension ;
- Pas d'erreur de lecture avec le code Gray.

Inconvénients :

- Relativement onéreux ;
- Interface avec la commande plus complexe (N entrées) ;
- Nécessite un transcodeur pour reconvertir le signal en binaire naturel.

Le **code Gray**, également appelé binaire réfléchi, est un code **binaire** qui présente la particularité qu'un **seul bit change d'état entre deux combinaisons successives**. Ce qui permet d'éviter des erreurs de lecture.

Code binaire

	2 ²	2 ¹	2 ⁰
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Code Gray

	2 ²	2 ¹	2 ⁰
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	1
3	0	1	0
4	1	1	0
5	1	1	1
6	1	0	1
7	1	0	0