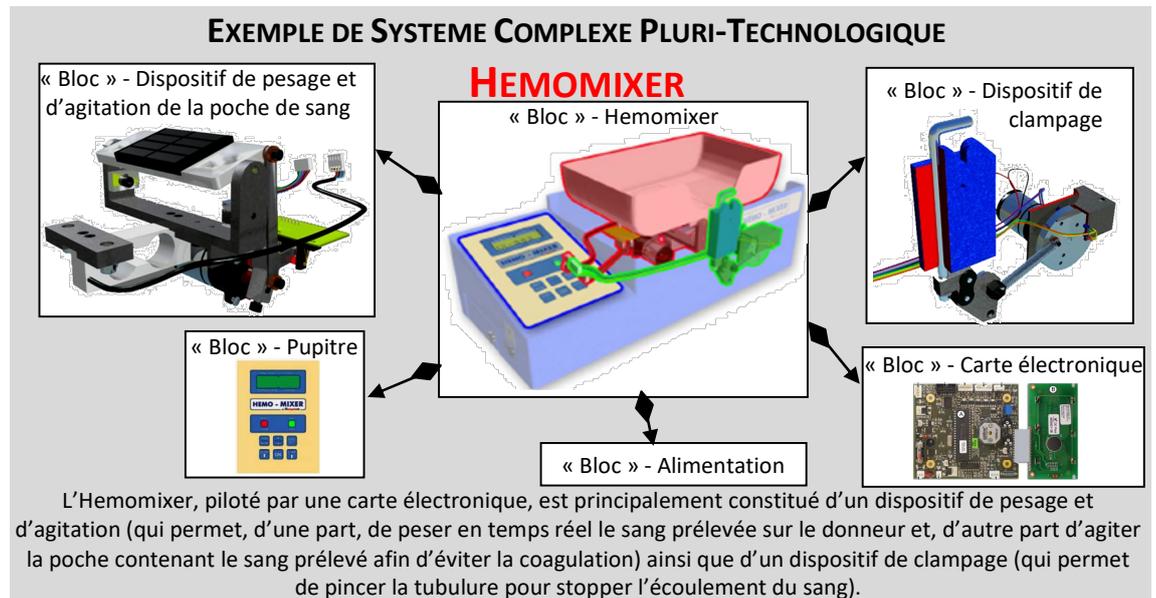


Analyse Structurelle des Systèmes Complexes



L'analyse structurelle consiste à décrire les composants d'un système complexe pluri-technologique, son environnement ainsi que les relations entre ces composants pour répondre aux questions « comment fonctionne le système ? », « de quoi est-il composé ? » et « comment est-il organisé ? ». L'objectif de ce cours est de mettre en place les méthodes et les démarches d'analyse structurelle pour répondre à ces questions.

1 - CLASSIFICATION DES SYSTEMES COMPLEXES PLURI-TECHNOLOGIQUES

Les systèmes peuvent être classés suivant plusieurs points de vue comme leur secteur technologique, leur domaine d'application ou leur contexte technico-économique.

<p>Transport</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aéronautique, automobile, ferroviaire, ...
<p>Electronique grand public</p> <ul style="list-style-type: none"> • Téléphonie, informatique, électroménager, ...
<p>Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eolien, solaire, nucléaire, ...
<p>Bâtiment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Domotique, réseaux, gros œuvre, ...
<p>Santé</p> <ul style="list-style-type: none"> • chirurgie, paramédical, aide à la personne, ...

Beaucoup de ces systèmes sont de plus en plus connectés ⁽¹⁾, c'est-à-dire qu'ils communiquent de plus en plus entre eux. Cela leur permet d'avoir de nouvelles fonctionnalités, on peut :

- consulter ses mails sur une montre connectée à son smartphone,
- collecter et analyser sur son ordinateur des données issues d'un pèse-personne,
- programmer à distance sa chaudière à partir d'une tablette...

Classer les systèmes suivant des points de vue permet de comprendre certains choix de conception sur le système :

- un système de diffusion très limitée ⁽²⁾ fait généralement l'objet d'études réduites et est plutôt constitués d'éléments standards,
- un système de très grande diffusion ⁽³⁾ fait généralement l'objet d'études plus poussées afin d'optimiser les coûts. Le design est aussi souvent un élément important pour ce type de système.

⁽¹⁾ Cela implique aussi qu'ils sont aussi de plus en plus complexes.

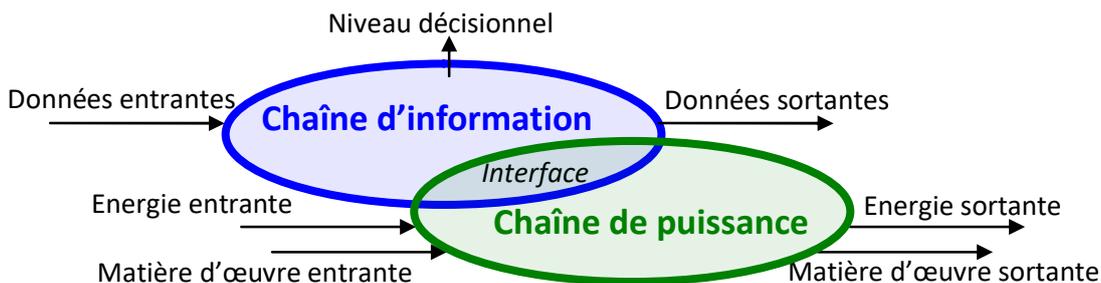
⁽²⁾ comme par exemple une machine équipant une usine de production industrielle vendue en quelques exemplaires.

⁽³⁾ comme par exemple un Smartphone vendu à des millions d'exemplaires

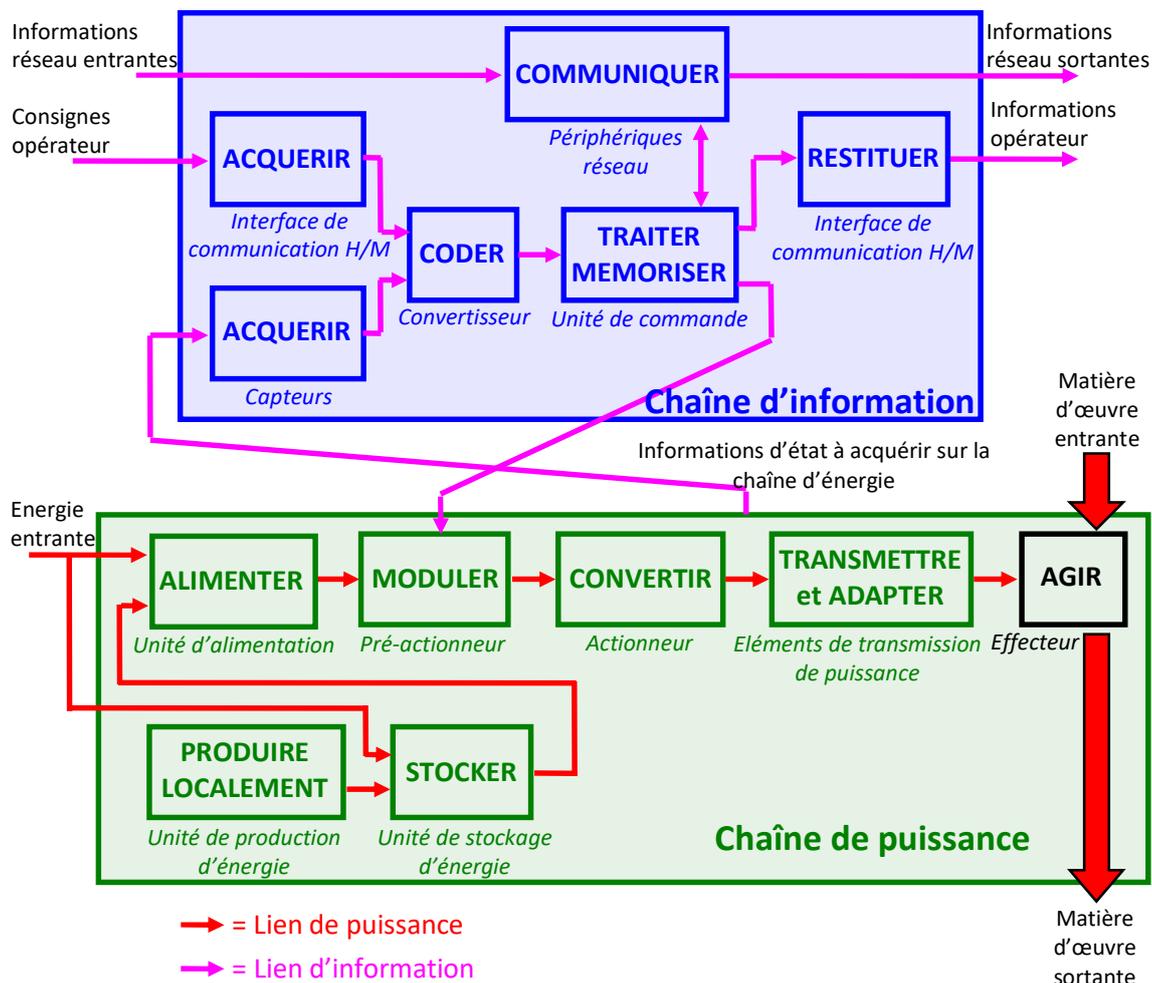
2 - NOTION DE CHAINES FONCTIONNELLES

La fonction globale des systèmes complexes pluri-technologiques étudiés en SII, est d'apporter une valeur ajoutée à un flux de matière, de données et/ou d'énergie. Pour chacun de ces trois types de flux, un ensemble de procédés élémentaires de stockage, de transport et/ou de traitement est mis en œuvre pour apporter la valeur ajoutée au(x) flux entrant(s).

On peut distinguer au sein de ces systèmes deux parties, l'une agissant sur les flux de données, appelée **chaîne d'information**, l'autre agissant sur les flux de matières et d'énergies, appelée **chaîne de puissance**.



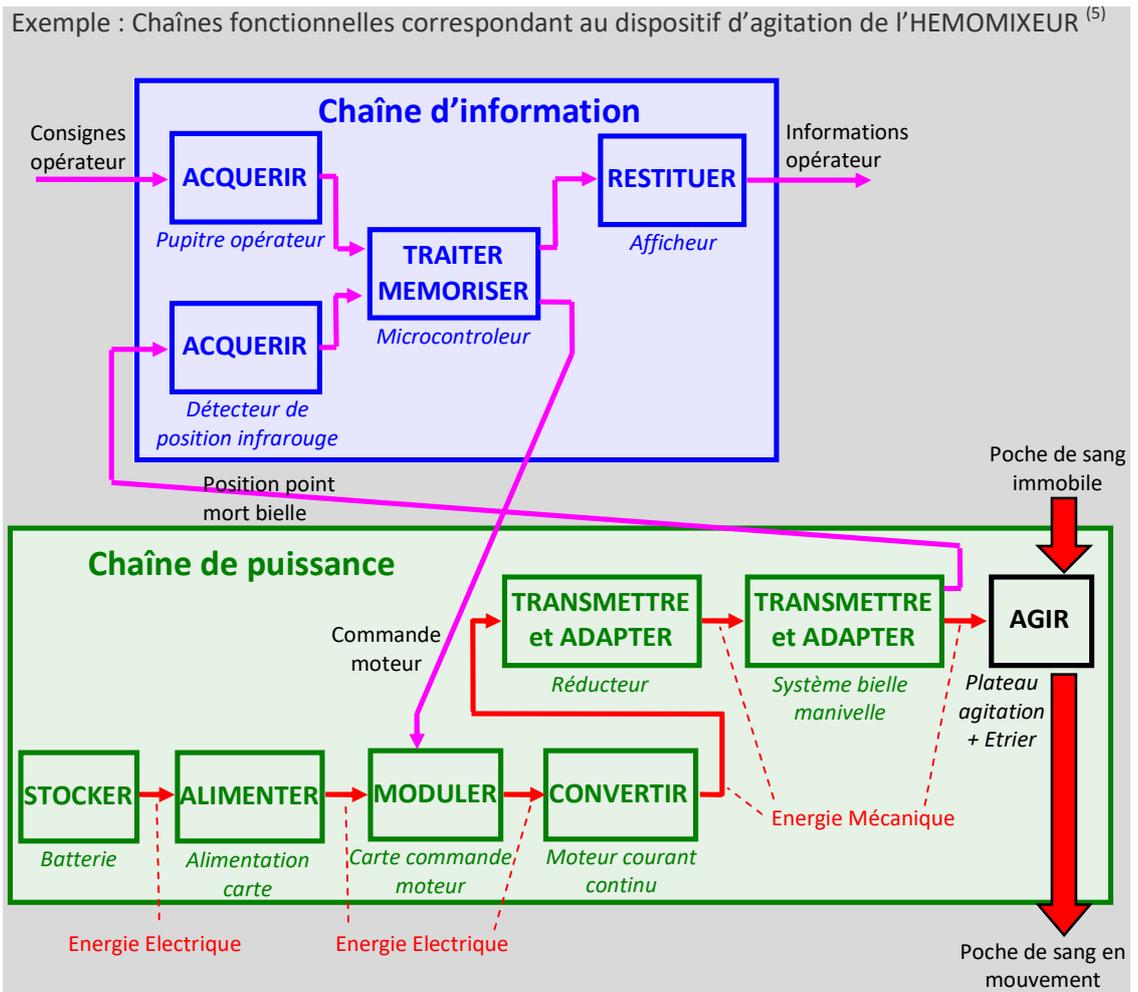
Chacune des deux chaînes peut être décomposée en un certain nombre de fonctions élémentaires ⁽⁴⁾ :



⁽⁴⁾ Ce modèle fonctionnel chaîne d'information/chaîne de puissance est purement pédagogique. Il a pour vertu de proposer un canevas pour l'analyse des systèmes complexes pluri-technologiques. Cependant ce canevas est un modèle général et certaines fonctions techniques ne sont pas forcément utiles sur certains systèmes. Il faut adapter le modèle à chaque système.



(5) Une chaîne fonctionnelle est un ensemble de constituants organisés en vue de la réalisation d'une seule activité. Un système complexe pluri-technologique comporte généralement plusieurs chaînes fonctionnelles différentes. Dans le cas de l'hemomixer il faudrait ajouter par exemple les chaînes fonctionnelles correspondant aux dispositifs de pesage et de clampage.



(6) ~ 5/6 chaînes fonctionnelles différentes maximum environ.

(7) Bien que présentés séparément dans ce cours, l'ibd et le bdd (vu cours O1) s'utilisent conjointement.

Le modèle **chaîne de puissance / chaîne d'information** est très performant pour décrire la structure des systèmes peu complexes (6) car, quelque-soit le système étudié, il permet, grâce à l'utilisation du canevas page 2, un cadre structuré et systématique pour l'analyse et la description.

Cependant il reste limité pour les systèmes très complexes car il ne permet pas notamment de décrire le système en utilisant des niveaux de raffinement (ou de granularité) différents, ce qui induit très rapidement des contraintes de lisibilité. Il existe un diagramme structurel SysML qui permet de réaliser cela : c'est le diagramme de bloc interne (Internal Bloc Diagram – ibd –) (7).

3 - DIAGRAMME DE BLOC INTERNE (INTERNAL BLOC DIAGRAM – IBD –)

(8) Il s'agit du même bloc que l'on retrouve aussi dans le bdd.

Le « bloc » (8), qui permet de représenter les différents éléments du système, constitue toujours l'élément graphique de base. Les différents blocs sont ensuite reliés entre eux par leurs ports en fonction des liens physiques qui existent sur le système. On retrouve 2 types de connexion par ports sur l'ibd :

- les échanges de matière/information/énergie entre ces constituants grâce aux connexions entre ports de flux,



- les échanges de services invoqués (9) grâce aux ports standards.



(9) ~ toute entrée-sortie de contrôle ou de commande.



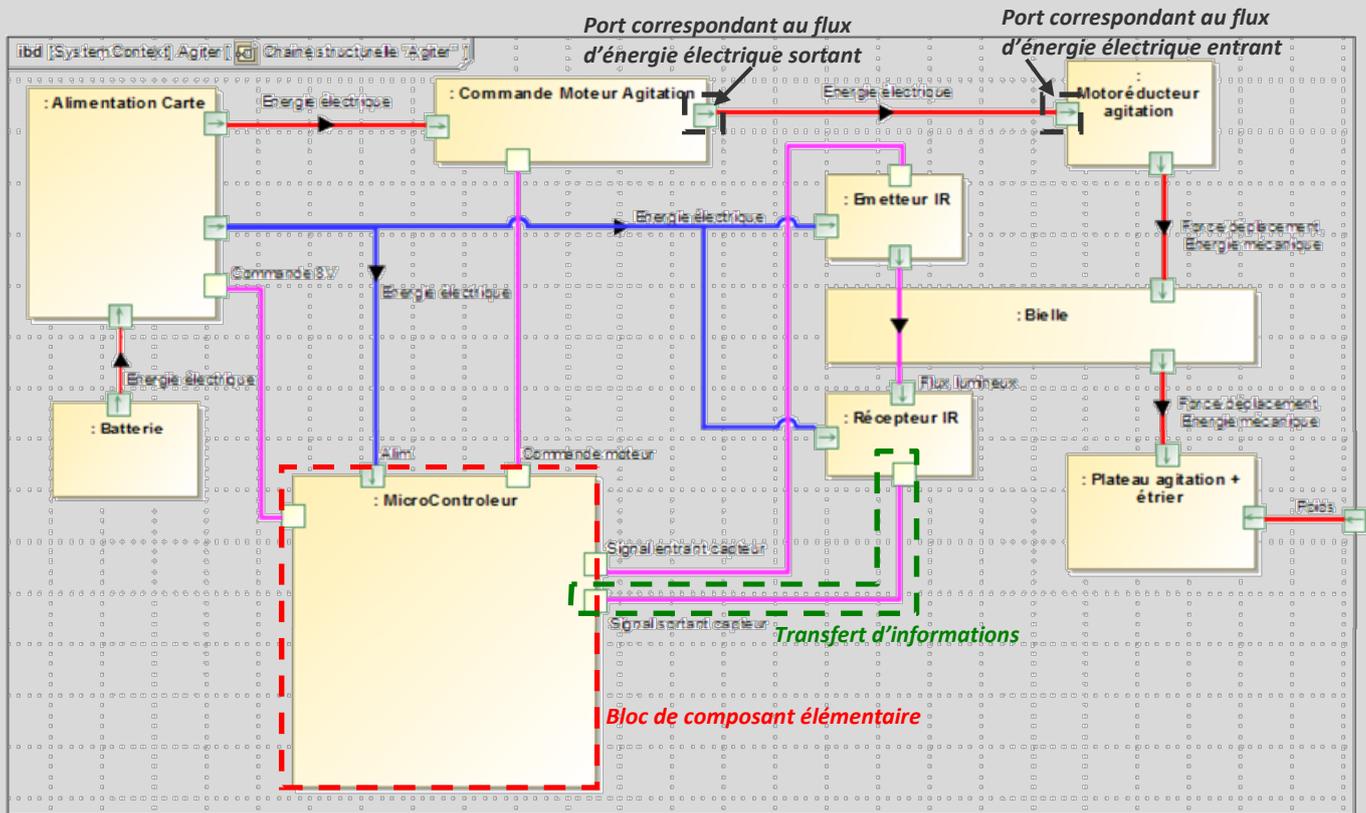
Les ports de flux possèdent :

- un sens,
- un nom facultatif décrivant l'interface représentée.

Les flux de matière, d'énergie et/ou d'information

- circulent entre deux ports de même niveau,
- possèdent un nom facultatif

Exemple : Diagramme de bloc interne du dispositif d'agitation de l'Hemomixer



Dans la pratique, on évite de concentrer toutes les informations sur un seul et même diagramme de bloc interne ce qui le rendrait illisible. On construit alors dans le modèle SysML d'un système autant de diagrammes de bloc interne que l'on souhaite avec des niveaux de précision et de raffinement différents ⁽¹⁰⁾.

⁽¹⁰⁾ Grâce aux logiciels de modélisation SysML, on connecte ensuite les différents diagrammes entre eux, certains blocs à d'autres diagrammes qui viendraient détailler leurs contenus, ...

Les objectifs principaux des diagrammes de bloc interne d'un système sont :

- d'agencer tous les composants élémentaires constituant le système,
- d'identifier et de définir toutes les connexions entre les blocs.