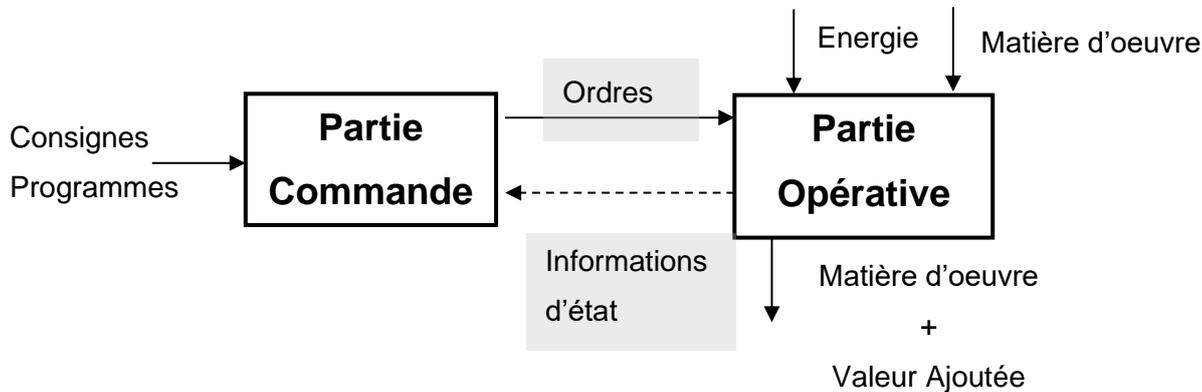


# SYSTEMES AUTOMATISES ET ASSERVISSEMENTS

## 1 STRUCTURE GENERALE D'UN SYSTEME AUTOMATISE

Un système complexe tels que ceux étudiés en SII comporte des sous-systèmes automatisés dont la structure générale peut être détaillée.

La structure fonctionnelle (découpage en fonctions élémentaires) des systèmes automatisés se représente globalement comme ci-dessous :



*La Matière d'oeuvre est l'information, la matière ou l'énergie sur laquelle agit le système.*

*La Valeur Ajoutée désigne, comme son nom l'indique, ce que le système permet de modifier des caractéristiques de la matière d'oeuvre.*

*La partie commande constitue le « cerveau » du système automatisé généralement constitué d'un ou plusieurs microcontrôleurs, ou microprocesseurs.*

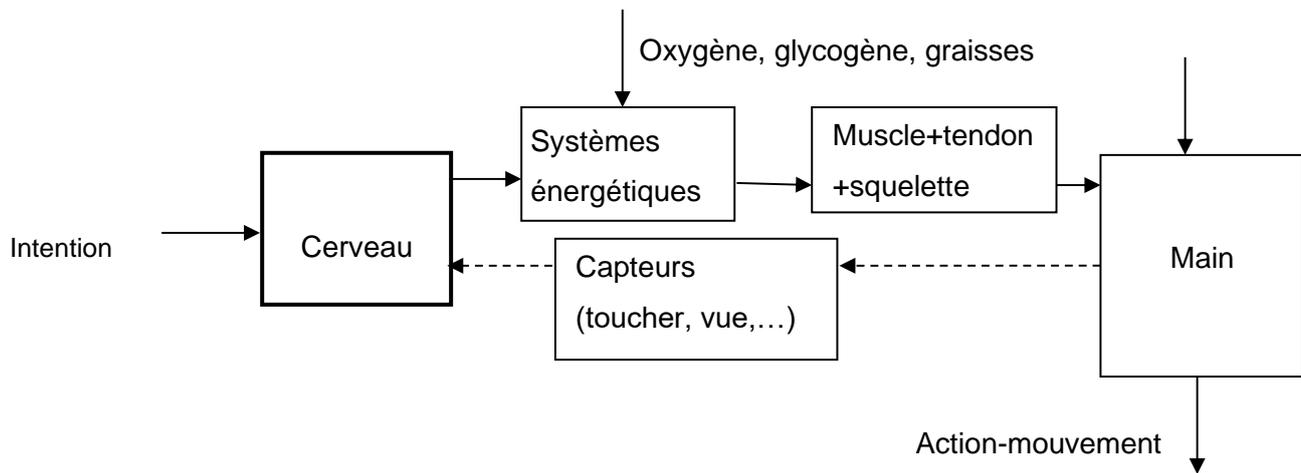
*La partie opérative est constituée de tous les autres éléments permettant l'utilisation de l'énergie, l'action sur la matière d'oeuvre et le retour d'information vers la partie commande.*

L'analogie avec les différentes fonctions du corps humain et les différents systèmes qui le constituent permet d'avoir une première analyse de ces systèmes automatisés.

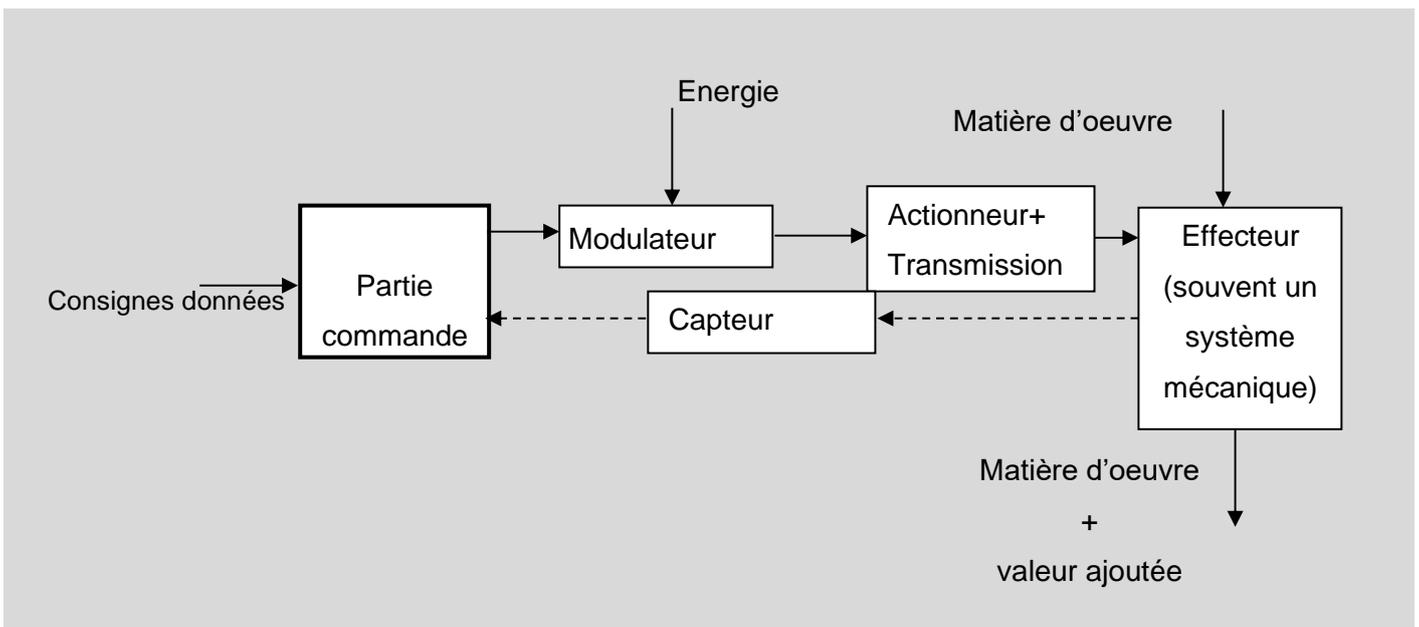
Les mouvements du corps humain nécessitent le même type de structure :

- Le cerveau envoie des ordres correspondant à nos intentions (consignes).
- Le système cardio-vasculaire et les différents systèmes énergétiques modulent l'énergie à mettre à disposition des muscles.
- Le muscle transforme cette énergie chimique en énergie mécanique générant des forces au sein des fibres musculaires et éventuellement un mouvement grâce aux systèmes tendineux et squelettiques associés. Enfin cet effet est capté par nos différents capteurs : proprioception, vue, touché, etc...

On peut alors représenter cette organisation sous la forme suivante :



On peut alors détailler davantage la description de la partie opérative selon le diagramme suivant :

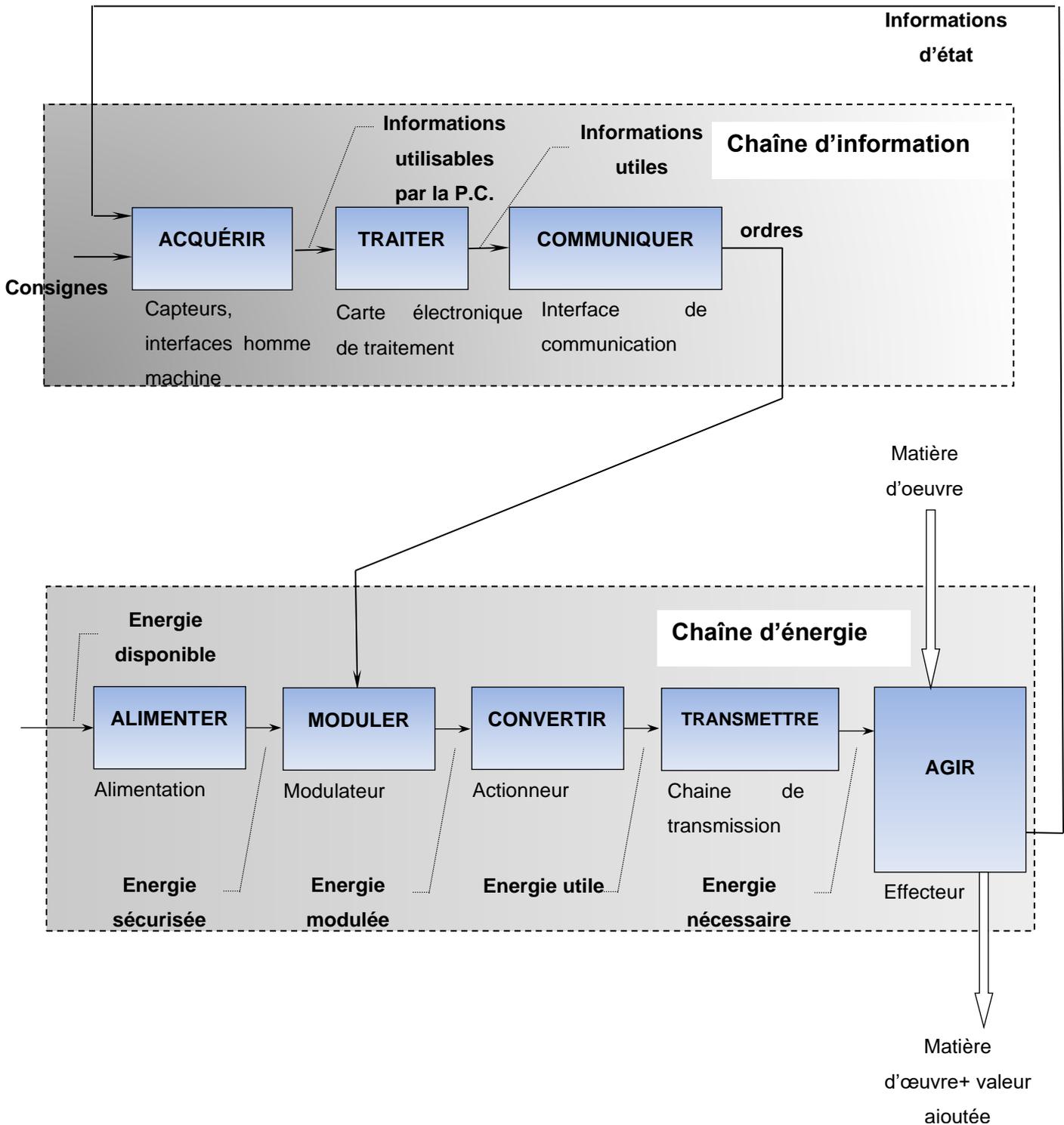


## 2 CHAÎNE D'INFORMATION –CHAÎNE D'ENERGIE

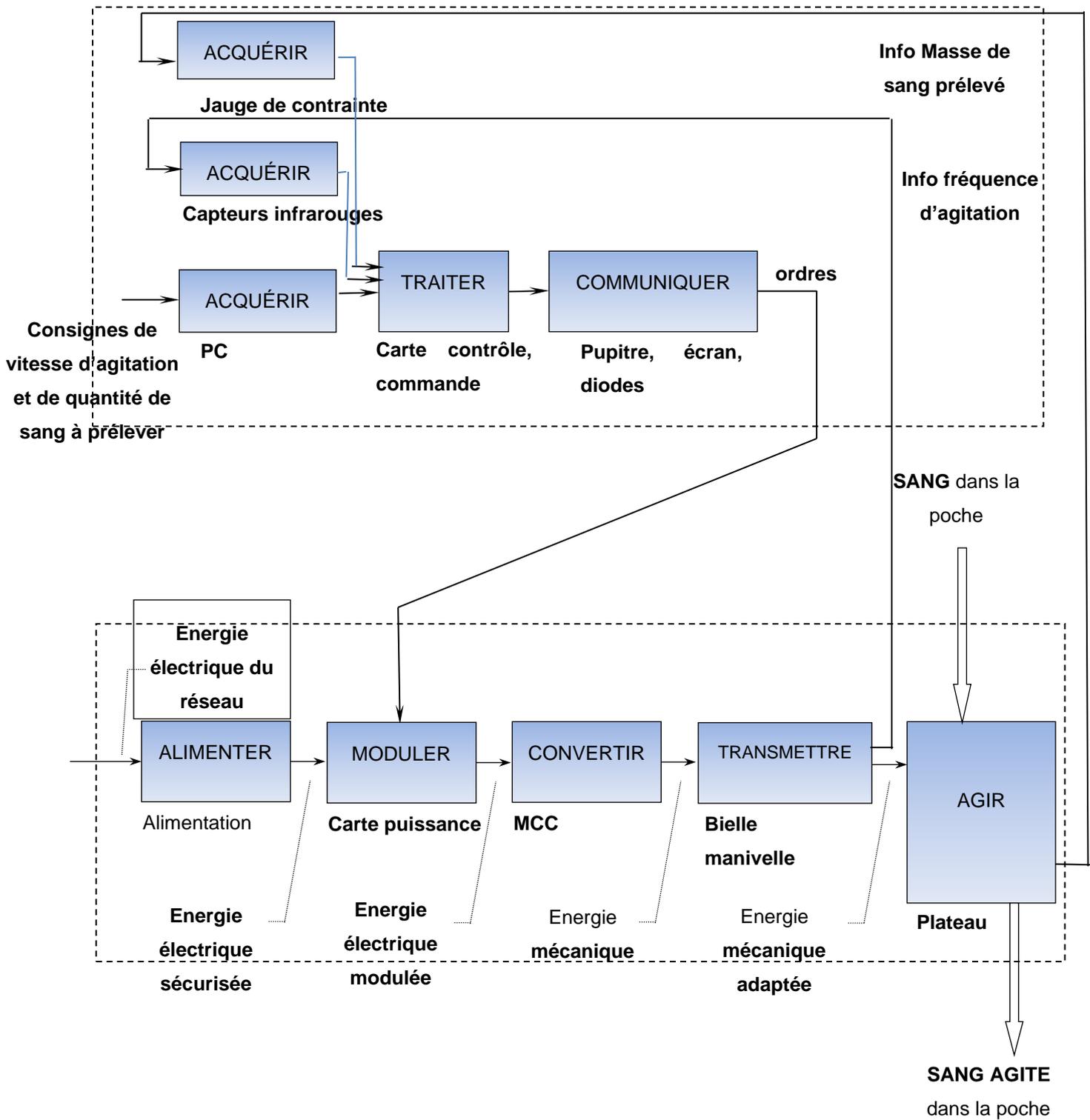
L'observation détaillée de la structure d'un système technique automatisé permet d'identifier les constituants permettant de gérer l'information (sous forme de signal électronique numérique le plus souvent), et ceux permettant de gérer l'énergie (assez souvent une énergie mécanique en sortie dans les sujets de concours)

### 2.1 Représentation CI-CE

La représentation à connaître qui apparait dans les sujet de concours est la suivante :



**Exemple : chaîne fonctionnelle d'agitation de l'Hemomixer HX006**



**Ce qu'il faut savoir faire :**

Pour la chaîne d'énergie (CE)

1. Identifier les **informations, matières et énergies** échangés avec l'extérieur.
2. Identifier les **matières d'œuvre entrante et sortante**.
3. Identifier les **énergies** (ou puissances) entrantes et sortantes
4. Identifier l'actionneur associé à la chaîne fonctionnelle concernée, composant responsable de la fonction **convertir**.
5. Identifier les composants en amont et aval de **l'actionneur**

Pour la chaîne d'information (CI)

1. Pour chaque **information** acquise ou communiquée, il faut identifier un composant. Un même composant peut servir à acquérir ou communiquer plusieurs informations. Généralement les informations sont portées par un signal électrique.
2. Identifier la **carte électronique de traitement**, le « cerveau » du système responsable de la gestion des informations pour cette chaîne fonctionnelle.

Exemples de composants associés aux fonctions des CI et CE :

CI		
Acquérir	Traiter	Communiquer
Capteur, Détecteur, Interface Homme/Machine (IHM telle que boutons, claviers, ...), ...	Microcontrôleur, Automate Programmable Industriel (API), Carte de contrôle, ...	DEL ou LED, Ecran, Buzzer, ...

CE				
Alimenter	Moduler	Convertir	Transmettre	Agir
Batterie, Bloc d'alimentation électrique sécurisé, ...	Carte de puissance, Hacheur, Variateur, Electrovanne, Distributeur, ...	Moteur électrique, Vérin pneumatique ou hydraulique, Radiateur électrique, Moteur pneumatique, ...	Réducteur à engrenage, Bielle manivelle, Tringlerie, ...	Roue, Pince, Plateau, Poussoir, Barrière, Récipient, ...

### 3 ASSERVISSEMENT OU SYSTEME AUTOMATISE ASSERVI

#### 3.1 Définition

Un asservissement ou une régulation est un système automatisé particulier dédié au suivi d'une consigne de variation d'une grandeur physique (on parle d'asservissement, ou de régulation, de température, de position, de vitesse par exemple).

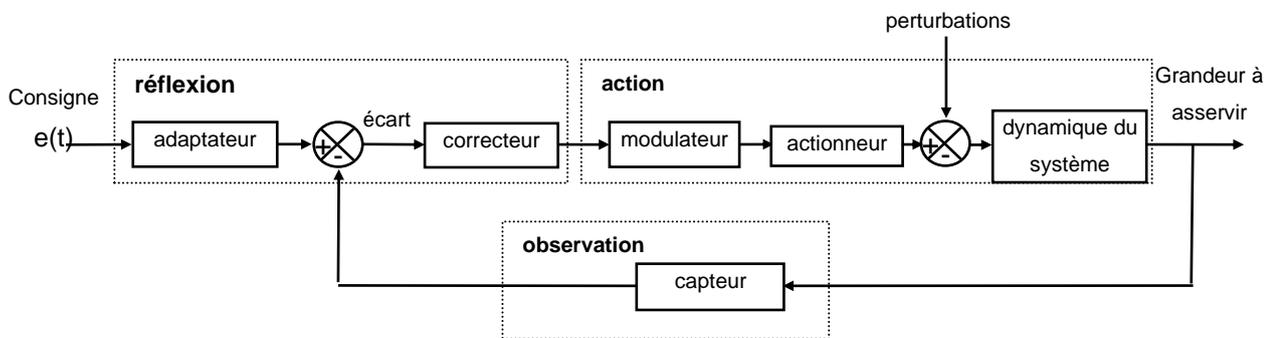
Le principe de la commande en boucle fermée est de gérer à tout instant l'écart entre la consigne (entrée) et la sortie. Les fonctions essentielles d'un asservissement (système asservi ou système en boucle fermée) sont : **La réflexion, L'action, L'observation.**

L'observation permanente de la valeur en sortie par un capteur permet de maîtriser les variations du aux perturbations du milieu extérieur au système asservi.

Les perturbations correspondent à des flux d'énergie, de matière ou d'informations non maîtrisés.

#### 3.2 Structure d'un asservissement

L'organisation structurale d'un asservissement est alors le suivant :



**Consigne** : valeur désirée d'une grandeur physique à faire varier (asservissement) ou réguler (régulation).

**Correcteur** : traite l'écart pour envoyer un ordre de modulation d'énergie du modulateur.

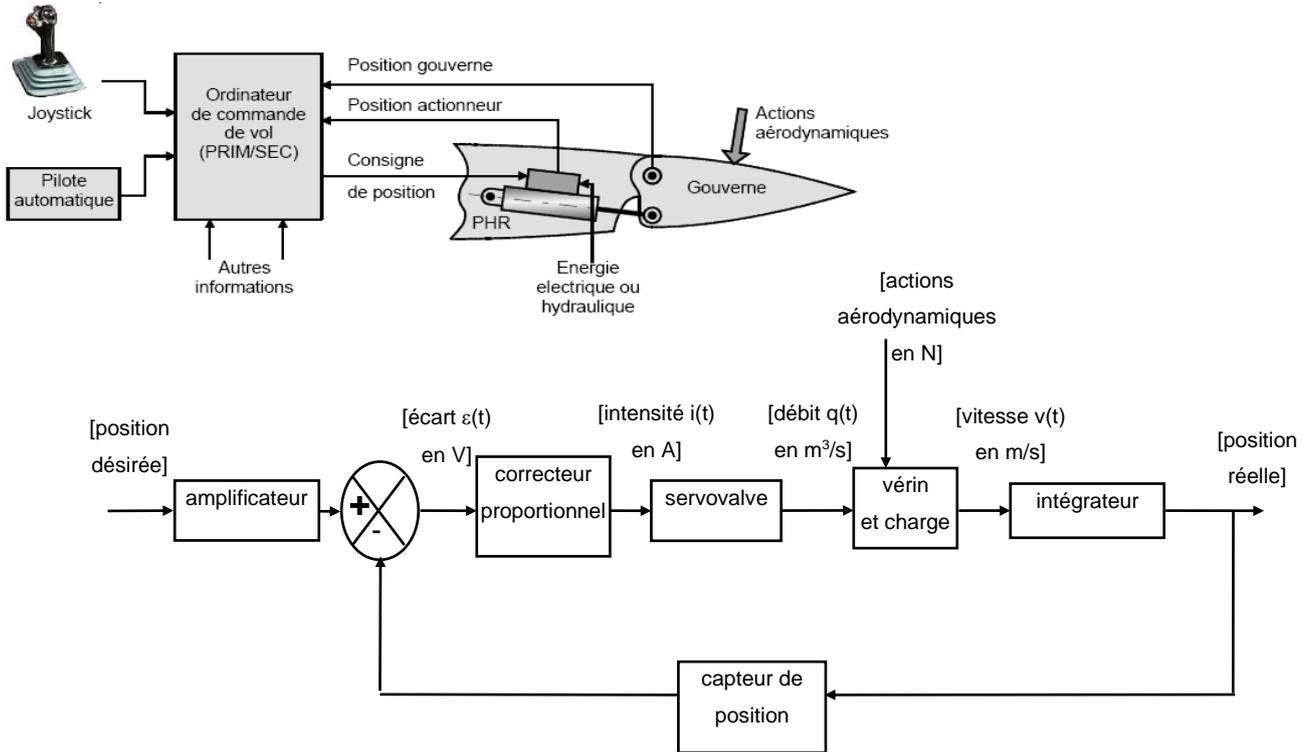
**Actionneur** : transforme l'énergie fournie par le modulateur en énergie utile pour faire évoluer la grandeur à asservir.

**Dynamique du système** : sous l'effet de l'actionneur, les inerties, résistances et autres caractéristiques physiques du dispositif conditionne l'évolution de la grandeur à asservir.

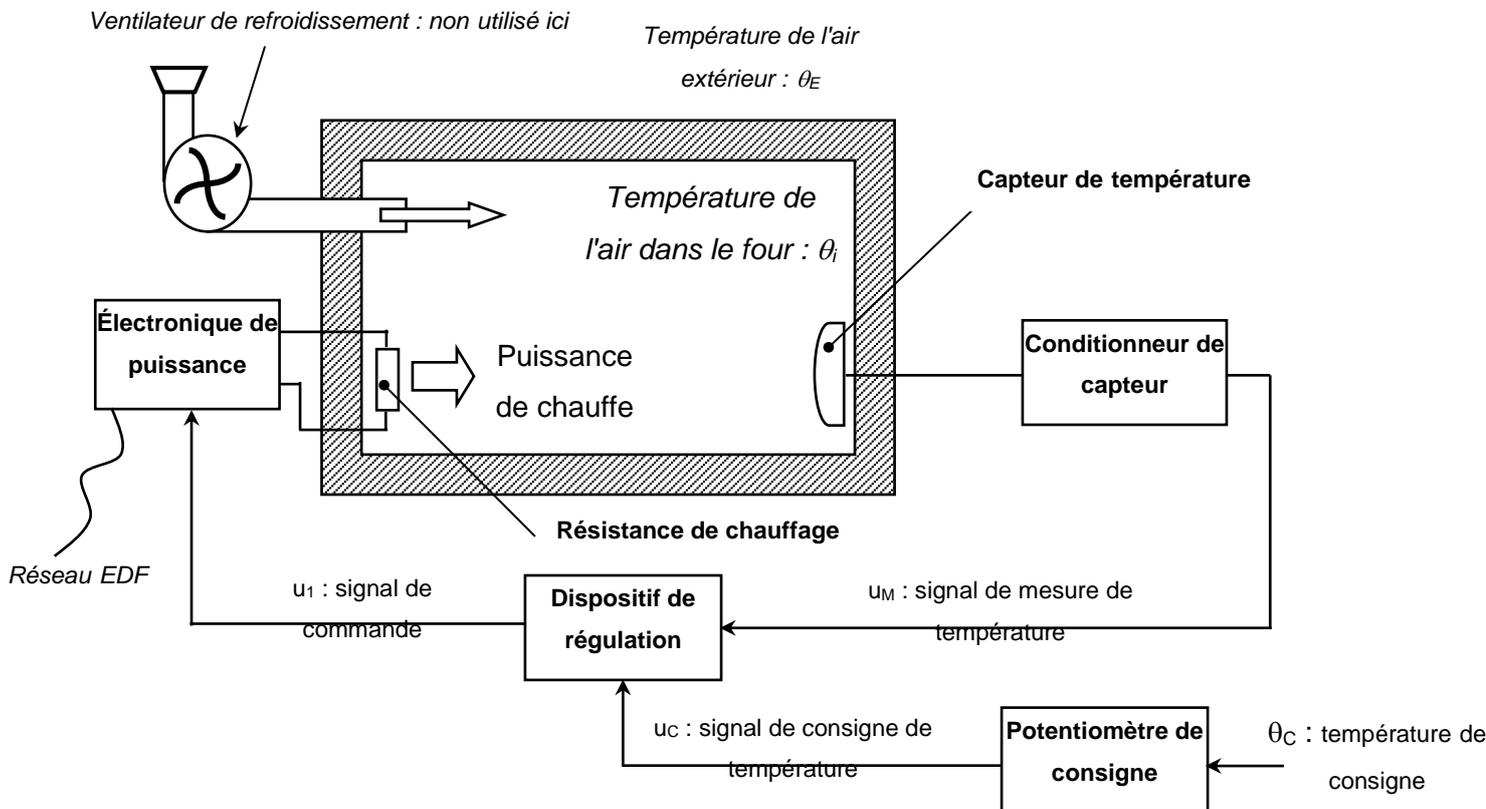
**Capteur** : transforme la grandeur physique en une information exploitable par la partie commande.

**3.3 Exemples d'asservissements :**

- asservissement de position d'une gouverne d'aile d'avion



- asservissement de température dans un four industriel



### 3.4 Performances du CdCF

Les performances d'un système asservi spécifiées dans un CdCF sont les suivantes : stabilité, précision, rapidité, amortissement.

Les performances d'un asservissement résultent des performances des différents composants constituant cette chaîne. Mais elles ne sont pas la simple somme des performances des différents composants. Si le contrôle permanent de la sortie doit conduire à une meilleure maîtrise de sa valeur, la commande en boucle fermée comporte des risques et peut parfois faire « pire que mieux » et conduire à un comportement instable ou trop oscillant.

Prévoir ces performances est l'un des objectifs du cours de SII.

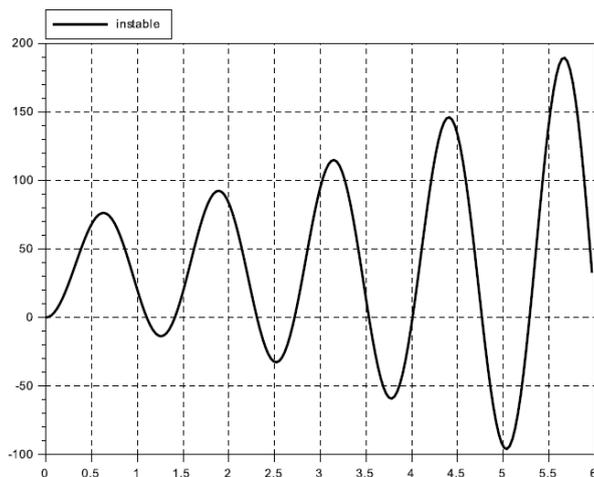
Il s'agit d'ANALYSER la structure, de MODELISER les phénomènes physiques ou les comportements et de RESOUDRE le système d'équation modélisant les phénomènes. La résolution étant souvent fastidieuse, des résultats de calculs et des théorèmes du cours permettront de conclure plus facilement sur les performances qui nous intéressent.

Pour illustrer les performances, on considère dans ce chapitre 1.3 un système soumis à une entrée (ou consigne) en échelon (variation supposée instantanée d'une valeur nulle à une valeur constante).

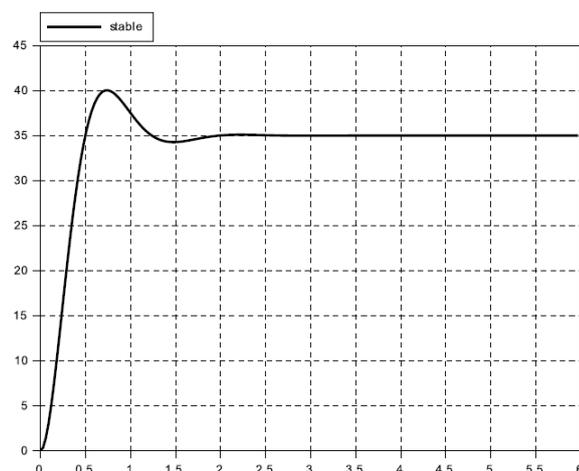
- **La stabilité :**

Définition : Un système est stable si la grandeur asservie est bornée pour une consigne bornée.

Instable



Stable



Un système est intrinsèquement stable ou instable. Cela ne dépend pas des sollicitations extérieures (entrées, consignes ou perturbations variables).

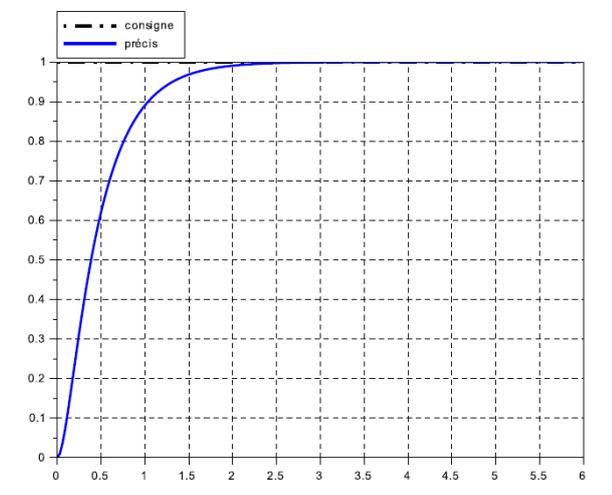
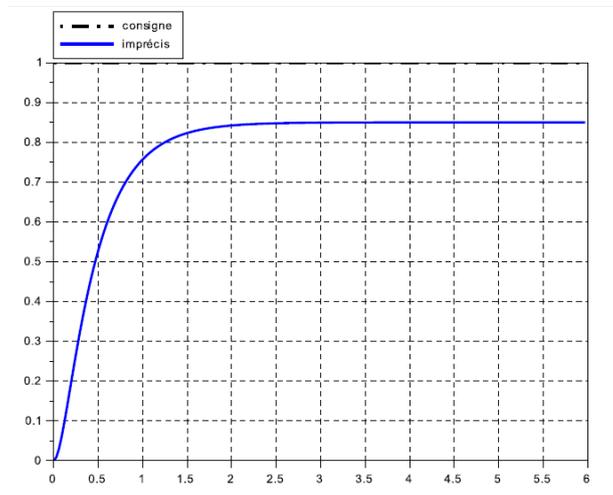
Pas de critère chiffré pour évaluer la stabilité en 1<sup>ère</sup> année. Cela fait l'objet d'un cours de 2<sup>ème</sup> année.

- **La précision:**

Définition : Un système est précis si la valeur finale (en régime permanent) de la sortie converge vers la consigne.

Imprécis

Précis



Le critère chiffré de précision classiquement utilisé en automatique est l'**écart statique**, noté  $\varepsilon_s$ , tel que :

$$\varepsilon_s = \lim_{t \rightarrow +\infty} |s(t) - e(t)| \quad \text{si cette limite existe.}$$

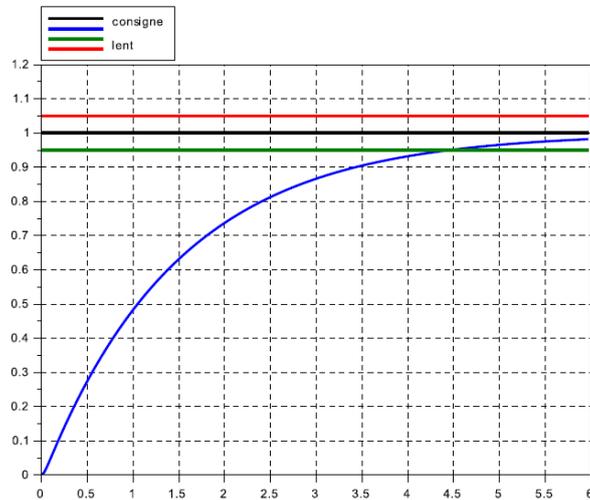
Il est appelé **écart de position** lorsque l'entrée ou la consigne est une valeur fixe (on parle d'échelon).

Il est appelé **écart de trainage** lorsque l'entrée ou la consigne est linéairement croissante dans le temps (on parle de rampe).

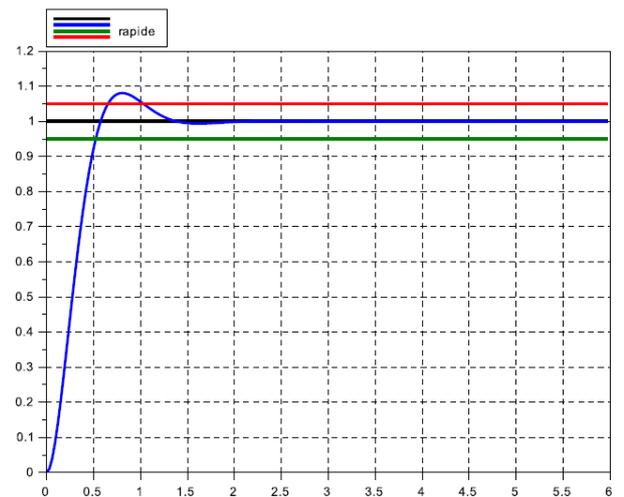
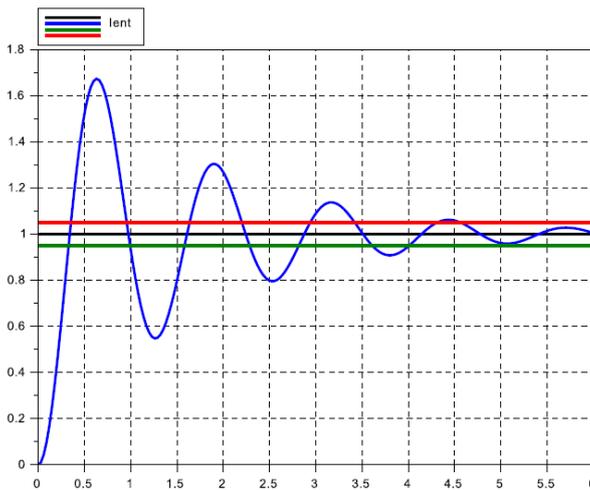
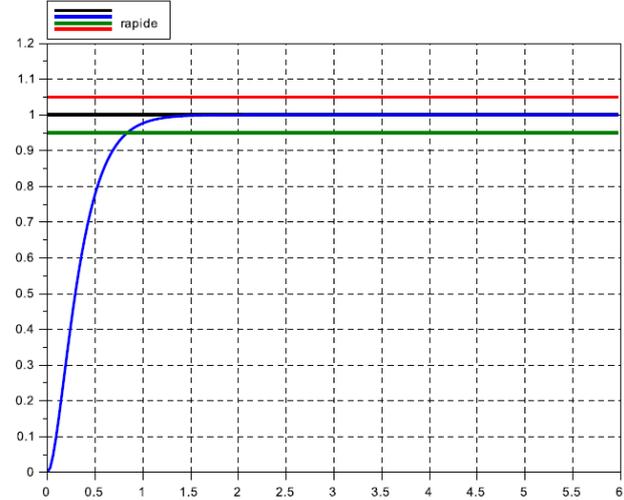
- **La rapidité:**

Définition : Un système est rapide si la valeur finale est atteinte rapidement. la valeur finale n'étant pas forcément la valeur de consigne. Les performances de précision et de rapidité étant bien indépendantes l'une de l'autre.

## Lent



## Rapide



On note  $\lim_{t \rightarrow +\infty} s(t) = s_{\infty}$

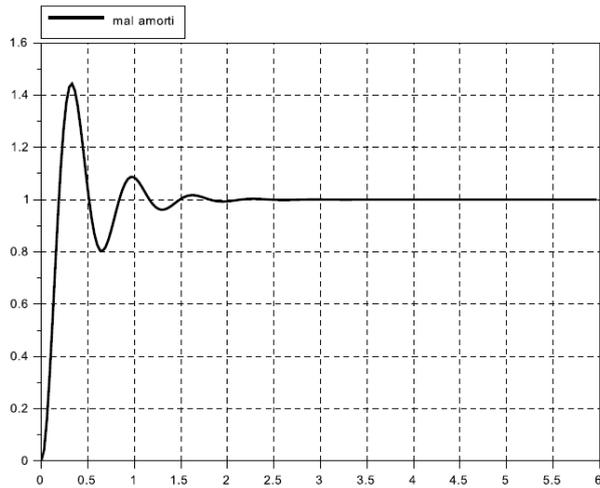
Le critère de rapidité classiquement utilisé en automatique est le temps de réponse à 5%, noté  $t_{r5\%}$ , tel que :

$$\forall t > t_{r5\%} \quad \left| \frac{s(t) - s_{\infty}}{s_{\infty}} \right| < 0,05$$

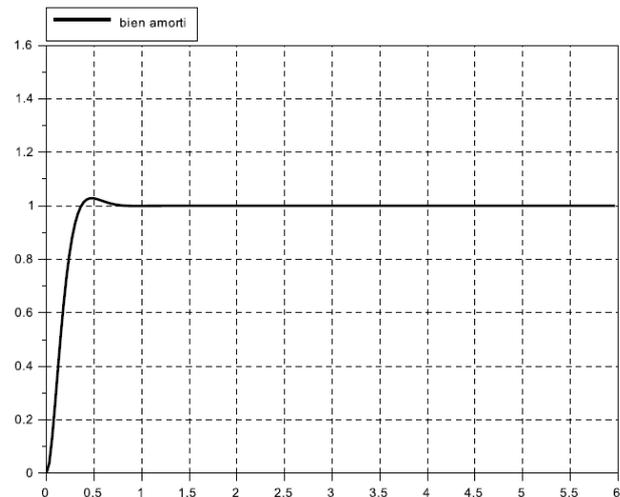
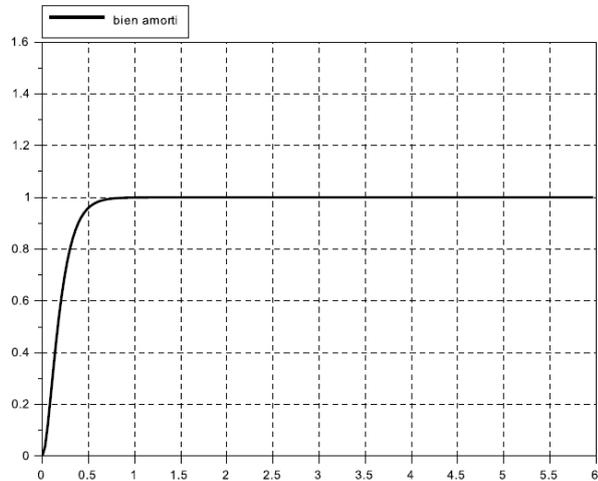
- **L'amortissement :**

Définition : Un système est bien amorti si les oscillations ne sont pas trop importantes et limitées dans le temps.

### Mal amorti



### Bien amorti



Le critère de dépassement classiquement utilisé en automatique est le **premier dépassement relatif**, noté

$D_1$  :

$$D_1 = \left| \frac{s(t_1) - s_\infty}{s_\infty} \right| = \left| \frac{s_{\max} - s_\infty}{s_\infty} \right| \text{ dépassement relatif}$$

$$d_1 = |s(t_1) - s_\infty| = |s_{\max} - s_\infty| \text{ dépassement}$$

On recherche, pour un système, une bonne stabilité, un bon amortissement et une bonne rapidité. Or cette dernière varie en sens inverse des deux premiers. En effet, un système trop rapide et/ou précis peut être mal amorti voire instable. On recherchera donc le meilleur compromis conforme au cahier des charges que l'on peut résumer par une phrase : « **vite fait, bien fait, et sans affolement** ». On verra au travers des exemples traités comment le réglage d'un gain de correcteur influe sur les performances. La correction des systèmes asservis sera plus complètement étudiée en 2<sup>ème</sup> année.

Pour modéliser le comportement dynamique (variable dans le temps) de ces systèmes asservis, on s'appuie, entre autres, sur la résolution des équations différentielles permettant de prévoir l'évolution d'une grandeur physique en fonction d'une autre. Chaque composant ayant sa propre dynamique régit par ses propres équations, il est utile d'avoir un outil pour écrire et manipuler ces équations différentielles de manière plus simple et adaptée à l'analyse de systèmes asservis.

Cet outil mathématique est la **Transformée de Laplace** qui, sous certaines conditions, permet de représenter les évolutions temporelles que l'on cherche à simuler.