Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Sciences Industrielles de L'Ingénieur

Ingénierie Système et Diagrammes Associés

Année scolaire : 2024-2025

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

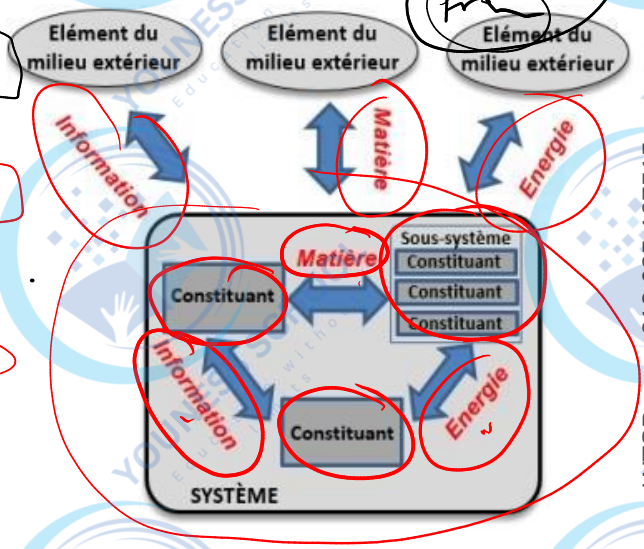
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Chapitre 1 : Présentation générale des systèmes

I. Notion de système pluri technique :

I.1. Définition d'un système :

Un **système** est une **association structurée d'éléments** (sous-systèmes ou constituants) qui **interagissent** les uns avec les autres d'une manière organisée pour accomplir une **fonction globale**. Cette fonction globale est directement liée à un (ou plusieurs) **besoin(s)** d'un client-utilisateur.



Ces éléments (sous-systèmes ou composants) peuvent être nombreux et les interactions de formes différentes (échange de matière, d'énergies ou d'informations), on parle alors de **système complexe pluri-technologique**.

Tout système s'insère également dans un milieu environnant constitué lui-même de plusieurs éléments. Il doit s'y adapter, apporter une valeur ajoutée et générer un minimum de perturbations.

Exemples de systèmes complexes pluritechnologiques :

Ces systèmes sont issus de différents domaines d'application : transport, électronique grand public, santé, domotique, service…



Robot



Direction assistée électrique



Cordeuse de raquettes



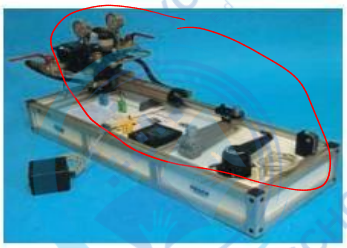
Berceau automatique



Drone



Superviseur de prélèvement sanguin



Pilote automatique de bateau



Volant à retour de force pour playstation PS4

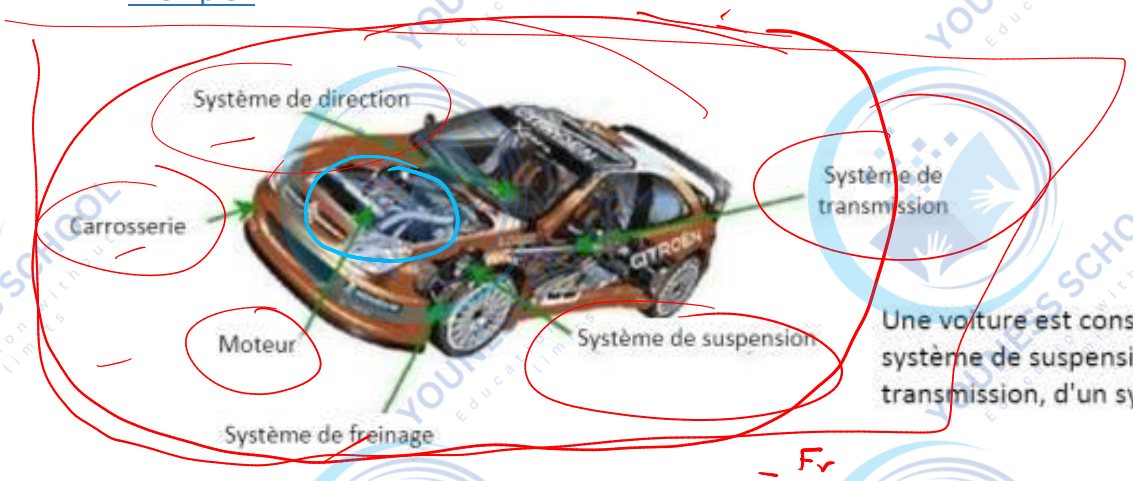
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Exemple :



Une voiture est constituée d'un moteur, d'un système de suspension, d'un système de transmission, d'un système de freinage…

I.2. Caractéristiques d'un système technique

1) Frontière de l'étude du système

On appelle **frontière** la **limite fictive** permettant de distinguer le système de son **environnement**. Elle inclut les éléments matériels et humains nécessaires au fonctionnement de ce système.

La frontière d'étude permet de définir le système étudié. Elle permet de distinguer ses constituants ou sous-systèmes internes du milieu extérieur.

Un système n'est jamais isolé de l'extérieur, mais au contraire il interagit avec lui. Il doit s'adapter aux contraintes de son environnement.

Exemple : Dassault Falcon 7X.

Pour la société Dassault :

Le système étudié est l'avion avec ses passagers, bagages et carburant.

L'environnement extérieur comprend l'air, le sol, les autres avions, les tours de contrôles…

Les constituants internes comprennent les passagers, le fuselage, les ailes, les moteurs…



Pour le motoriste Pratt & Whitney :

Le système étudié est le moteur (ce qui correspond à un sous-système pour Dassault). Son environnement comprend l'air et le reste de l'avion.

Nacelle et fuselage deviennent des éléments de l'environnement extérieur. Les constituants internes comprennent le rotor, le stator, les différents capteurs (qui peuvent eux aussi être perçu comme un système…)



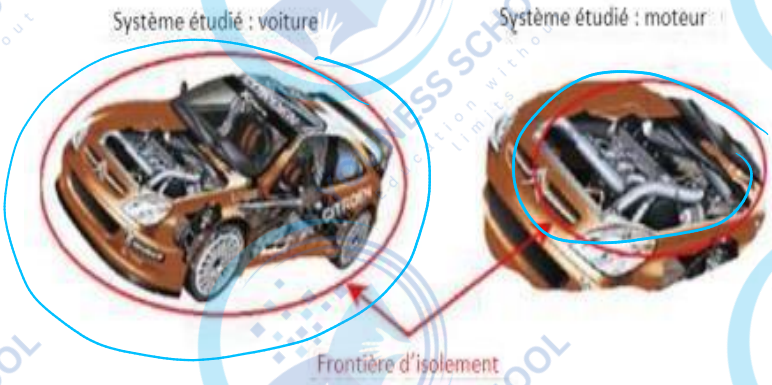
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Exemple :

Pour faire l'étude du système voiture, le milieu extérieur sera constitué de la route sur laquelle roule la voiture, l'air en contact avec la voiture, le conducteur….

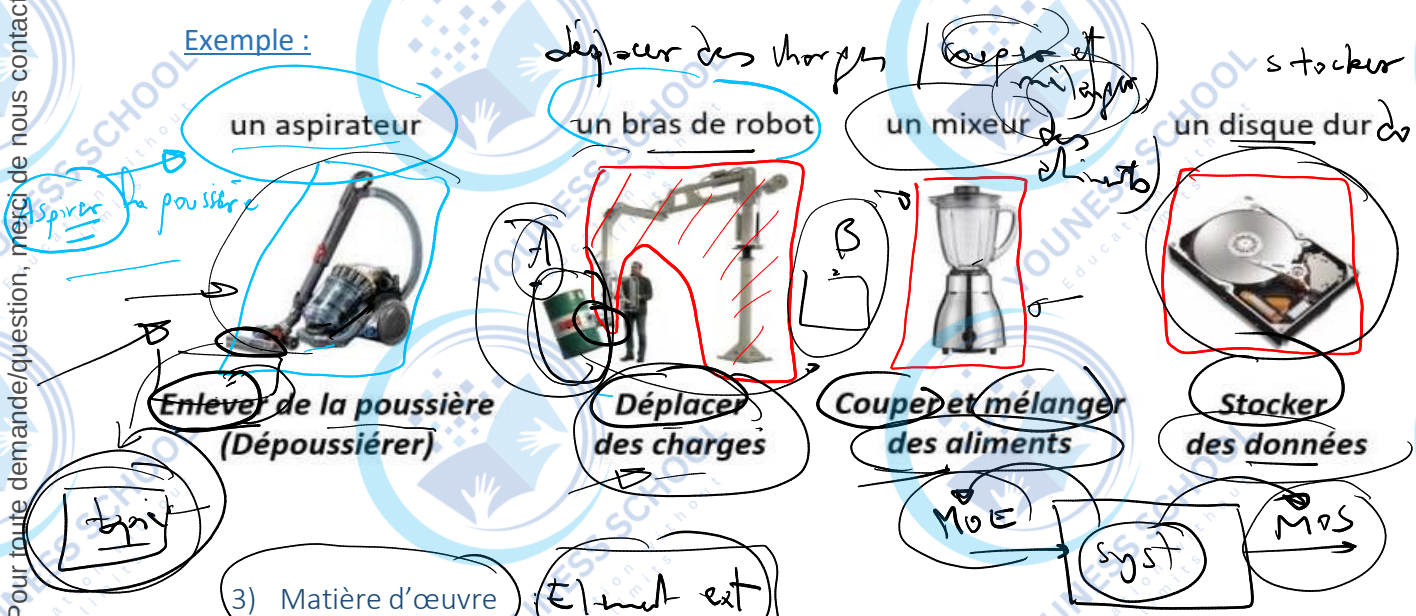
Et on peut, par exemple, faire l'étude du système moteur, dans ce cas tous les autres sous-systèmes du système voiture, à savoir, le système de pilotage, le système de transmission et le système de contrôle…, sont extérieurs à l'étude.



2) Finalité-fonction globale

La **fonction globale** d'un système technique est une « raison d'être » du système, du point de vue de l'utilisateur.
Elle définit la transformation de la matière d'œuvre d'un état initial donné à un état final souhaité. Elle est exprimée par un verbe d'action à l'infinitif + complément d'objet.

Exemple :



3) Matière d'œuvre

On appelle **matière d'œuvre** la partie de l'environnement sur **laquelle agit le système** technique. Nous distinguons :

- Matière d'œuvre entrante qui correspond à la matière d'œuvre dans son état initial.
- Matière d'œuvre sortante qui correspond à la matière d'œuvre après transformation.

Nous remarquons que la **Matière d'œuvre de sortie = Matière d'œuvre d'entrée + Valeur ajoutée.**

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

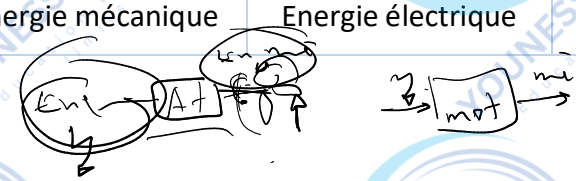
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

La matière d'œuvre peut être sous forme :

- ✓ De matière ou matérielle (matières premières, Produits manufacturés, êtres humains...)
- ✓ D'énergie ou énergétique (mécanique, électrique, solaire...)
- ✓ D'information ou informationnelle (données, son, image ...)

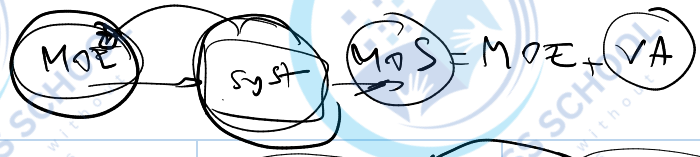
Exemple :

Système technique	Matière d'œuvre d'entrée	Matière d'œuvre de sortie	Nature de la matière d'œuvre
Perceuse	Pièce à percer	Pièce percée	Matière
Vidéoprojecteur	Image sur ordinateur	Image projetée sur un écran	Information
Alternateur	Energie mécanique	Energie électrique	Energie



4) Valeur ajoutée

On appelle valeur ajoutée les modifications des caractéristiques de la matière d'œuvre après intervention du système.



Exemple :

Système technique	Matière d'œuvre d'entrée	Fonction globale	Valeur ajoutée
Station de lavage de voiture	Voiture à laver	Laver des voitures	Lavage des voitures
Alternateur	Energie mécanique	Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique	Transformation d'énergie
Chauffage électrique	Local à chauffer	Chauffer un local	Chauffage d'un local
Chauffage électrique[1]	Énergie électrique	Convertir l'énergie électrique en énergie calorifique	Conversion d'énergie

Remarque : [1] : Pour le même système, le point de vue du concepteur est différent de celui de l'utilisateur.

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

5) Performance :

Il est nécessaire de préciser la fonction principale d'un système afin de définir ses performances attendues.

Ces performances sont précisées par les critères de performances accompagnés de niveaux chiffrés. Ces critères apportent les informations les plus utiles sur la fonction que doit réaliser le système.

Exemple :

Critère	Valeur
Puissance Max	40 W
Fréquence Max	…
Fréquence Min	…

Plusieurs systèmes peuvent réaliser la même fonction globale, ils se distinguent les uns des autres par leurs performances.

Exemple :

Ces systèmes ont la même fonction globale : « se déplacer » mais leurs performances sont différentes.



Voiture



avion



moto

I.3. Classification des systèmes :

	Mécanisé à manœuvre manuelle	**Mécanisé à commande manuelle**	**Automatisé**
Commande du système	Déclenchée par l'opérateur	Déclenchée par l'opérateur	Déclenchée par la partie commande
Energie nécessaire au fonctionnement	Fournie par l'opérateur	Fournie par un sous-système interne	Apportée par un sous-système interne

vélo voiture

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

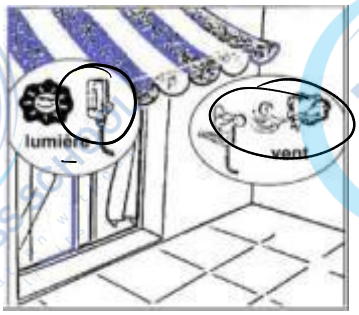


Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

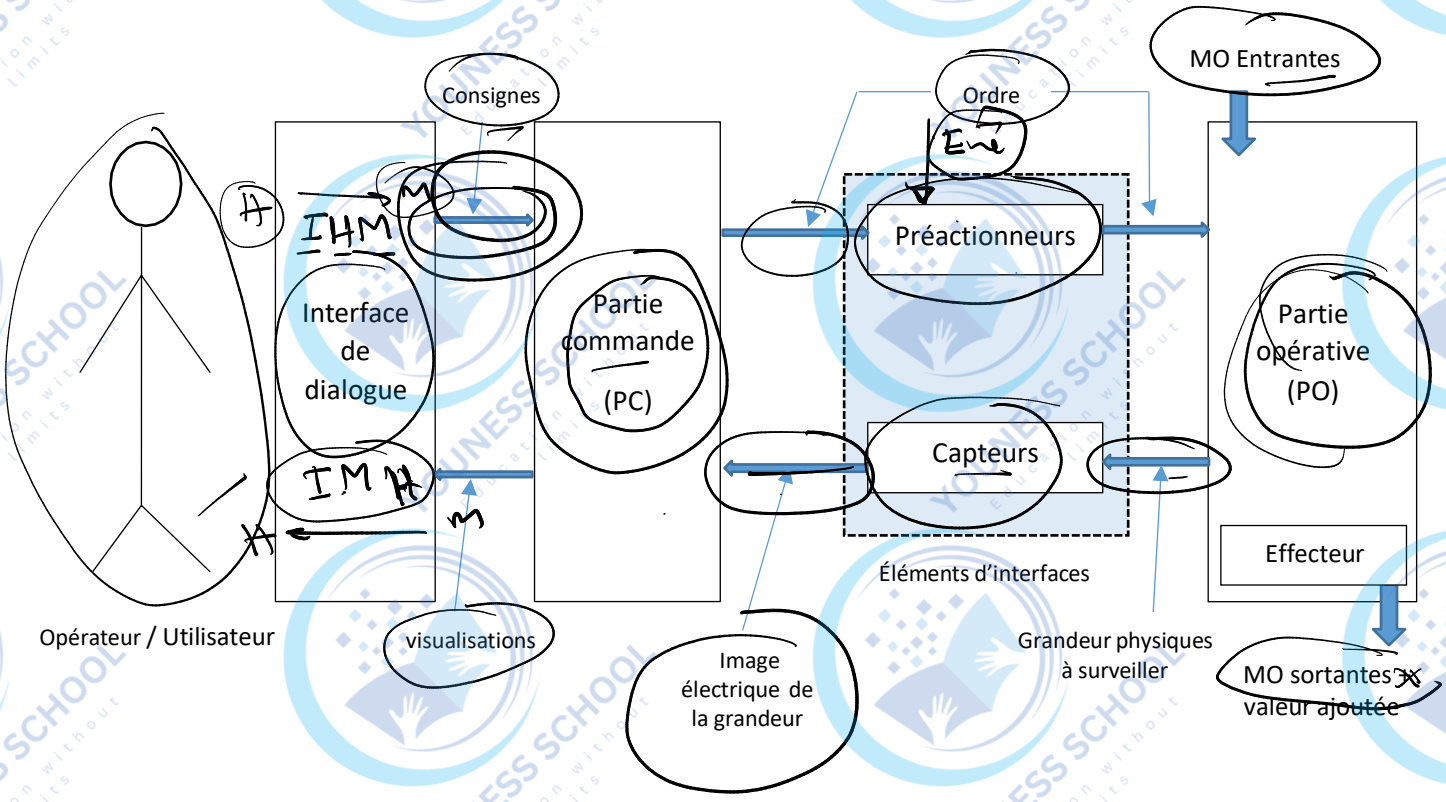
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Exemple (store)			
	le store s'enroule sur un tambour actionné par l'opérateur	L'opérateur agit sur un bouton poussoir pour commander le tambour	Un boitier de commande pilote le système

I.4. Structure des systèmes automatisés

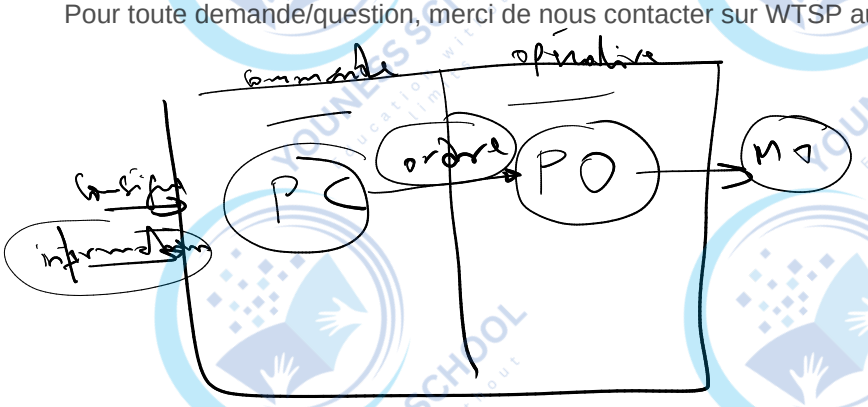
Définition : Un système est dit **automatisé** s'il réalise la **fonction seul, sans intervention humaine** (sauf pour donner des consignes ou réaliser des réglages).

Un système automatisé est constitué d'une partie commande (PC), d'une partie opérative (PO), Des éléments d'interfaces qui relient la PC à la PO et d'Une interface de dialogue permettant le dialogue entre l'utilisateur et le système automatisé. Sa structure est représentée comme suit :



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515



1) La partie commande

La partie de commande est l'ensemble des moyens de traitement de l'information qui assure le pilotage du système.

Elle est constituée de :

- Une interface de sortie permettant l'envoi des consignes vers les préactionneurs.
- Une interface d'entrée qui reçoit les visualisations reçues à partir des capteurs.
- Une unité de traitement qui assure le traitement des données.

2) La partie opérative

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'apporter la valeur ajoutée à la matière d'œuvre. Elle est constituée essentiellement par des actionneurs et des effecteurs.

➔ Les actionneurs

Un actionneur est un objet technique qui convertit une énergie d'entrée en une énergie de sortie utilisable pour effectuer une action définie.

➔ Les effecteurs

Un effecteur convertit l'énergie reçue de l'actionneur en une opération ou un effet sur la matière d'œuvre pour lui apporter une valeur ajoutée.

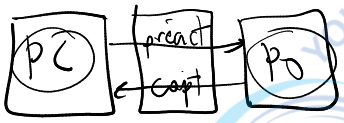
3) Interface de dialogue

Le dialogue homme/système est assuré à l'aide d'un pupitre de commande. L'opérateur pilote le système par des consignes et suit l'évolution du fonctionnement en recevant des messages.

- **Consignes** : Ce sont les informations qui circulent de l'opérateur vers la partie commande.
- **Messages :** Ce sont les informations qui circulent de la partie commande vers l'opérateur.

Le dialogue de l'opérateur avec le système automatisé se fait à travers un pupitre.

4) Les éléments d'interface

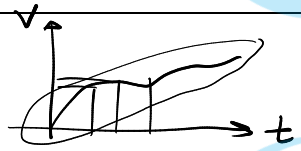


On distingue deux types d'organes qui assurent le dialogue entre la PO et la PC :

- Les capteurs
- Les pré actionneurs

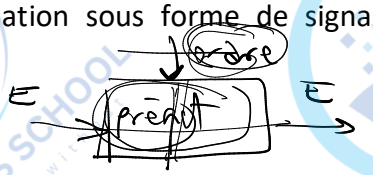
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515



➔ Les capteurs

Un capteur est l'élément qui convertit une grandeur physique (position, vitesse, température…) en une information sous forme de signal compréhensible par la partie commande.

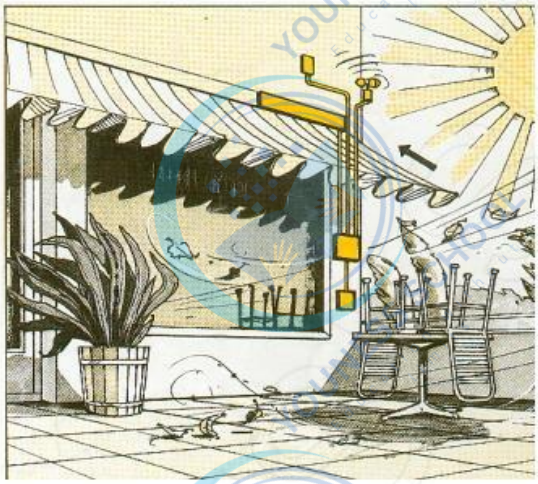


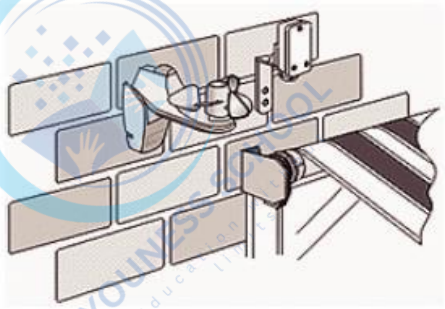
➔ Les préactionneurs

Un préactionneur est l'élément qui distribue l'énergie utile aux actionneurs sur ordre de la partie commande.

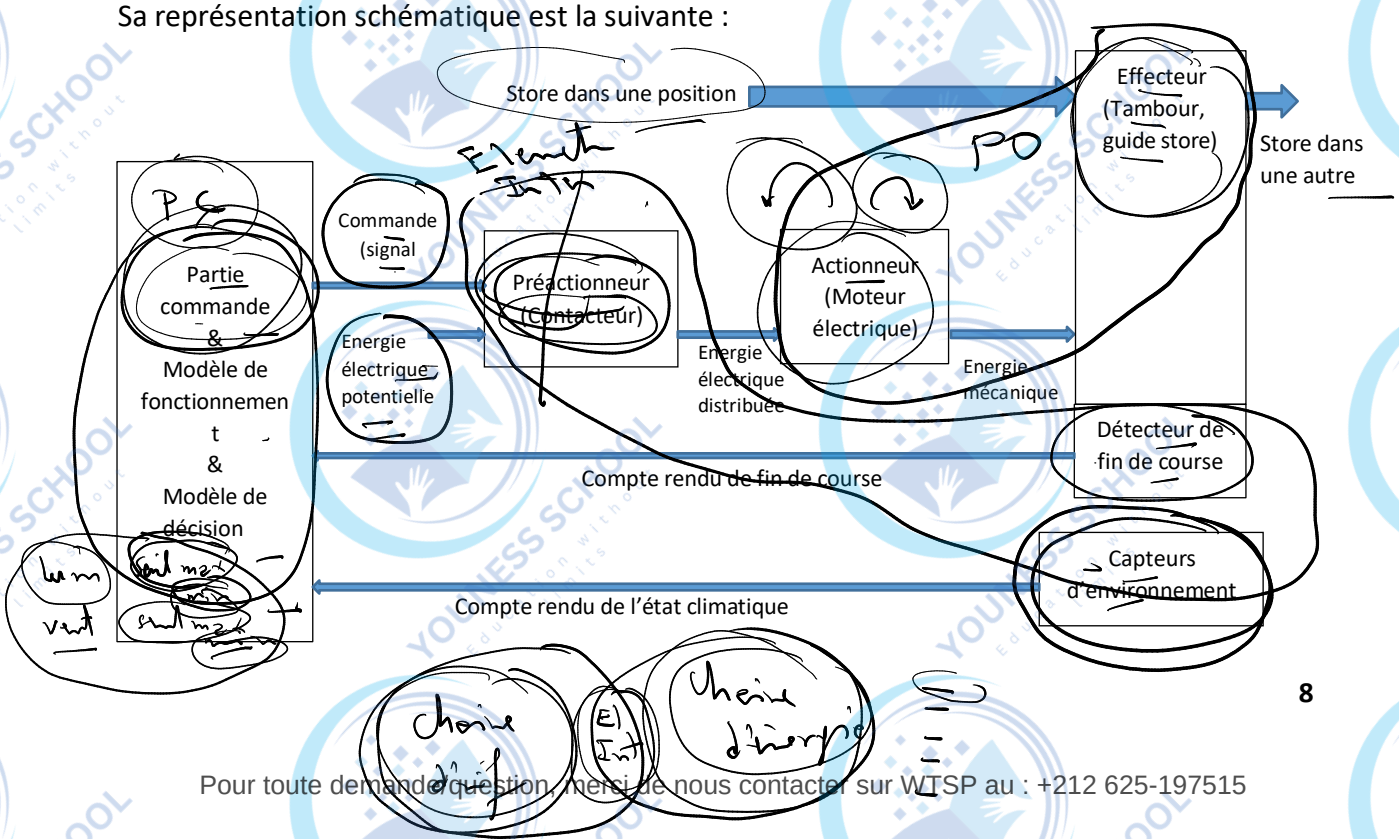
5) Exemple : store automatisé.

Le store automatisé étudié, dans cet exemple, est motorisé et réagit automatiquement aux conditions météorologiques. Il se déroule automatiquement dès que l'intensité lumineuse atteint un niveau élevé ; il s'enroule dès que le vent se lève ou lorsque la luminosité retourne à un niveau bas.





Sa représentation schématique est la suivante :



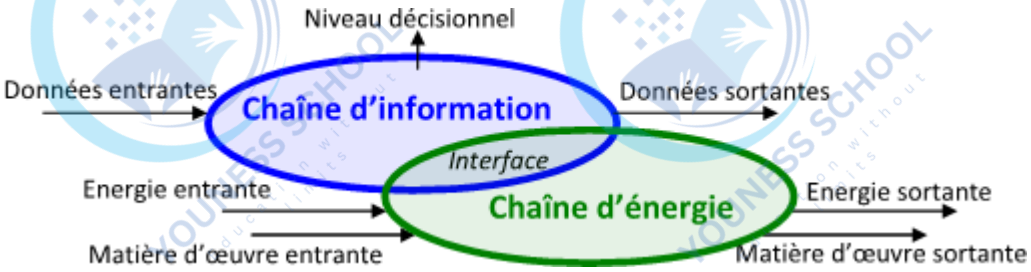
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

II. Chaines fonctionnelles :

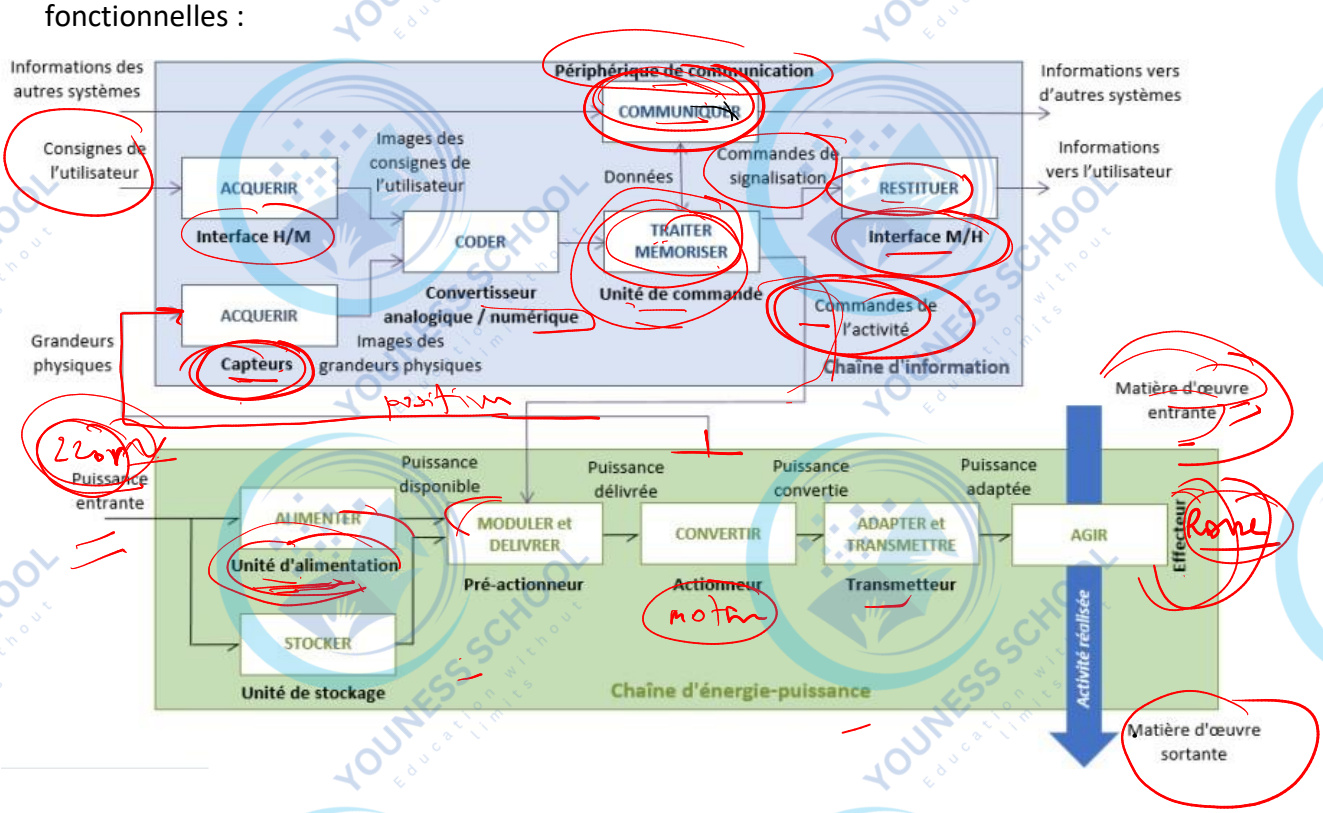
La fonction globale des systèmes complexes pluri-technologiques étudiés en SII, est d'apporter une valeur ajoutée à un flux de matière, de données et/ou d'énergie. Pour chacun de ces trois types de flux, un ensemble de procédés élémentaires de stockage, de transport et/ou de traitement est mis en œuvre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



Alors la description par **chaîne fonctionnelle** permet de mettre en relation **les constituants** avec leur **fonction** dans la réalisation d'une **unique activité**, modifiant une grandeur physique appelée matière d'œuvre.

Chacune des deux chaînes peut être décomposée en un certain nombre de fonctions élémentaires. Le schéma ci-dessous représente la structure générique des chaînes fonctionnelles :



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Une chaîne fonctionnelle comprend :

- un **flux d'information** au travers d'une chaîne d'information qui traite les informations provenant de l'utilisateur et de capteurs afin de définir les commandes aux pré-actionneurs ;
- un **flux d'énergie (puissance)** au travers d'une chaîne d'énergie-puissance qui gère la conversion de puissance pour modifier la matière d'œuvre ;
- un **flux de matière** (pièce à déplacer ou à transformer…).modifié par l'effecteur.

Chaque constituant de la chaîne fonctionnelle est associé à une fonction et à une famille de constituants. Par exemple, Un pré-actionneur est une famille de constituant de la chaîne d'énergie-puissance recevant une commande de l'unité de commande.
Pour une activité donnée d'un système, il faudra renseigner sur la chaîne fonctionnelle :

- le nom des constituants (contacteur, moteur…) et non pas les familles des constituants;
- le flux d'énergie (puissances électrique, mécanique de translation…) ainsi que les grandeurs effort et flux qui le caractérise (U, I, C…) ;
- les grandeurs physiques acquises (position, vitesse,…) par les capteurs ;
- le flux d'information (analogique, numérique, logique) ;

Remarque :

- Toutes les fonctions ne sont pas nécessairement présentes (exemple : communiquer, stocker) et certaines peuvent apparaître plusieurs fois (exemple : transmettre). Le squelette des chaînes fonctionnelles est donc à adapter.
- une chaîne fonctionnelle décrit une **seule** activité.

II.1. chaine d'énergie-puissance

1) Type de puissance transférée

Le transfert de puissance dans la chaîne d'énergie-puissance correspond au flux d'énergie transféré entre les constituants.

Energie :

L'énergie mesure ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état initial à un état final. L'unité dans le système international est le joule (J).

Puissance :

La puissance, quant à elle, est la quantité d'énergie développée par unité de temps. Elle correspond au flux d'énergie. C'est donc une grandeur instantanée. L'unité dans le système international est le watt (W)

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

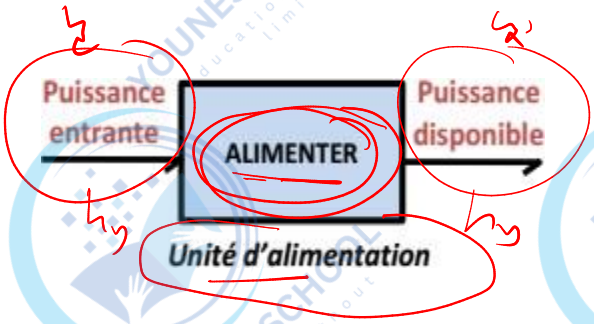
La puissance, notée P une grandeur scalaire, est toujours le produit de deux grandeurs variables, scalaires ou vectorielles, dépendant du temps. L'une d'entre elle est appelée flux et notée f, l'autre est appelée effort et notée e. On a alors : $P(t) = e(t) \times f(t)$ ou $P(t) = e(t) \times f(t)$.

Les deux termes sont génériques. Le tableau suivant précise l'effort et le flux dans des domaines particuliers :

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 C(t) en N.m	vitesse angulaire ω(t) en rad/s ou tr/min
hydraulique ou pneumatique	pression p (t) en Pa	débit volumique $q_v(t)$ en m^3/s

2) Unité d'alimentation

Les unités d'alimentation permettent de **transmettre au système de l'énergie -puissance** (sous différentes formes) venant d'une **source extérieure** au système. Ces composants peuvent alors **adapter** l'énergie-puissance pour le système (augmentation/diminution de la tension…) **sans réaliser de conversion d'énergie**.



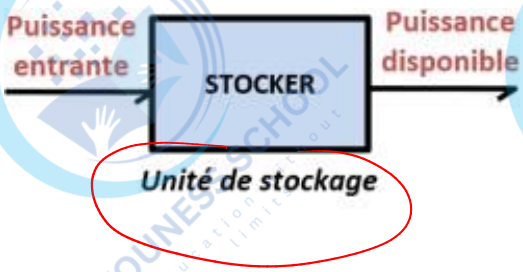
Différents composants d'alimentation sont présentés :





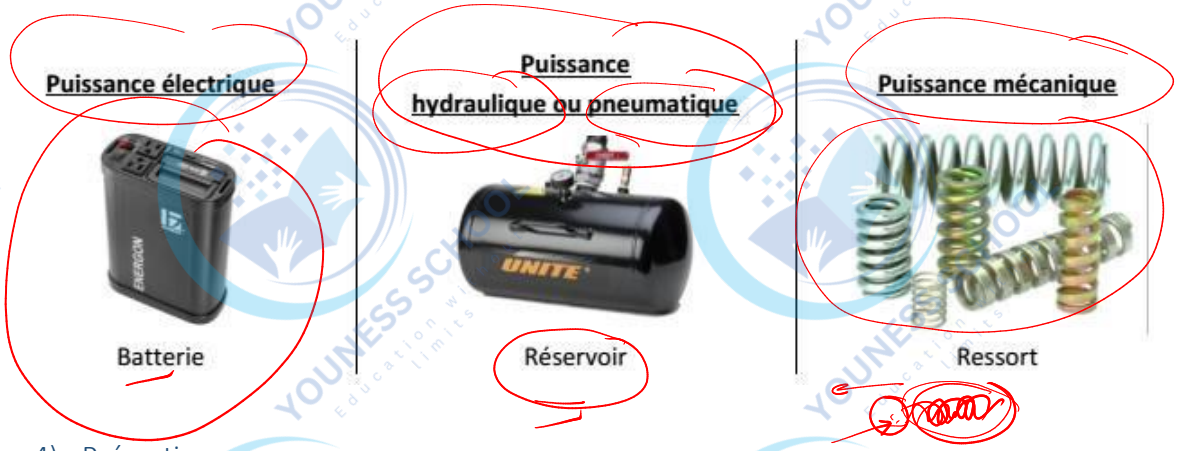
3) Unité de stockage

Les unités de stockage permettent de **stocker de l'énergie** en vue de rendre un **système autonome** durant certaines phases d'utilisation (l'énergie provenant de l'extérieur n'est donc pas consommée par le système durant ces phases).



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

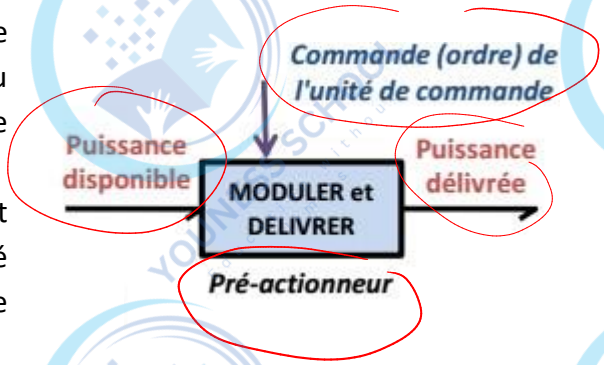
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515



4) Pré-actionneur

Les pré-actionneurs sont pour fonction de **délivrer sur commande** (après un ordre reçu par l'unité de commande) l'énergie-puissance utile aux actionneurs.

L'énergie-puissance en entrée de ce composant peut provenir de l'unité de stockage, de l'unité d'alimentation ou directement d'une source extérieure.

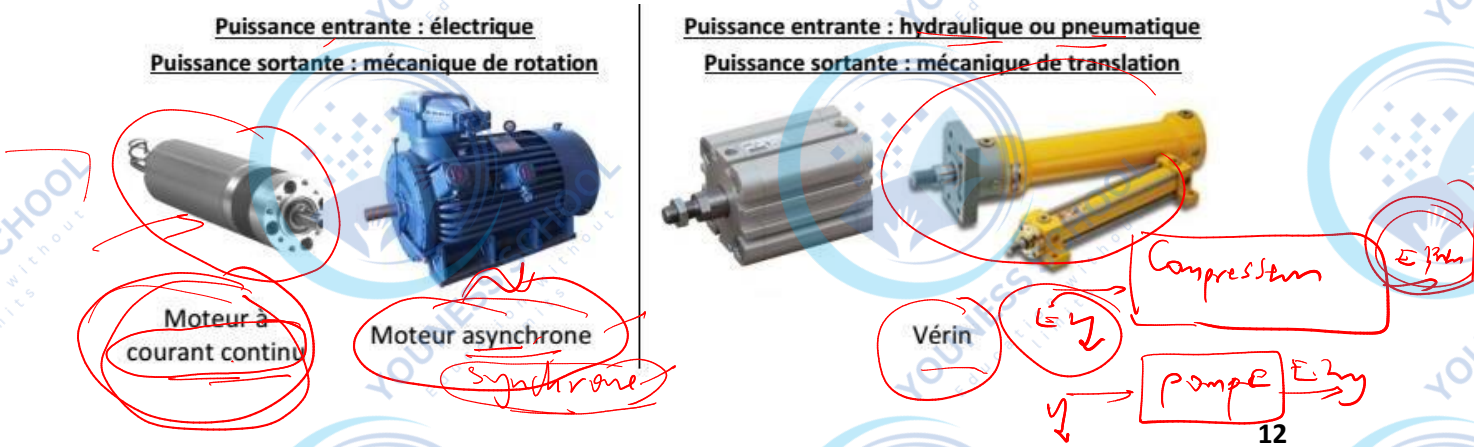




5) Actionneur

Les actionneurs ont pour fonction de **convertir l'énergie-puissance** en entrée du système en une **autre forme d'énergie** adaptée aux composants qui suivront cet organe.





Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

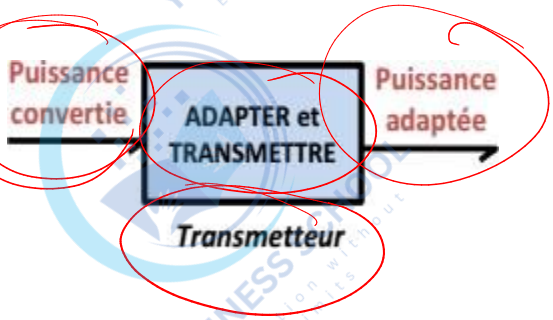
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Remarque :

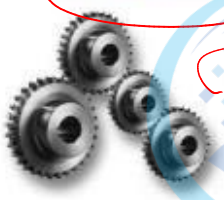
- L'énergie souvent rencontrée en sortie de l'actionneur est mécanique (de rotation ou de translation).
- la conversion énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation est réalisée par les transmetteurs (présentés ci-dessous)

6) Transmetteur

Les transmetteurs permettent d'**adapter et de transmettre** l'énergie convertie par l'actionneur pour la rendre utilisable par l'effecteur. Il existe alors deux catégories de transmetteur : avec et sans transformation de mouvement (passage d'une rotation à une translation ou l'inverse)



Sans transformation de mouvement

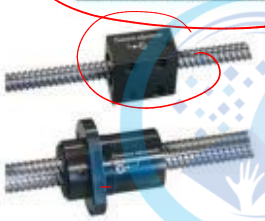


Engrenage



Poulie-courroie

Avec transformation de mouvement



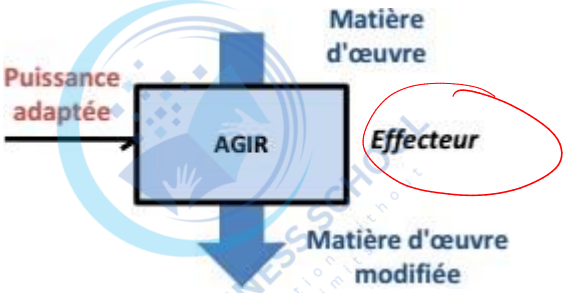
Vis-écrou



Pignon-crémaillère

7) Effecteur

Les effecteurs permettent **d'agir directement sur la matière d'œuvre** (ce sur quoi agit le système) pour la déplacer ou la transformer.





Doigts d'une pince



Tapis roulant



Ventouses de préhension



Outil d'usinage

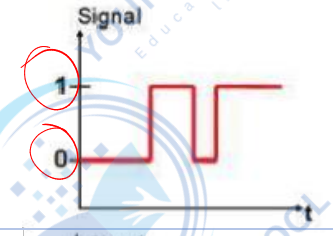
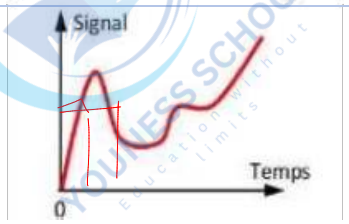
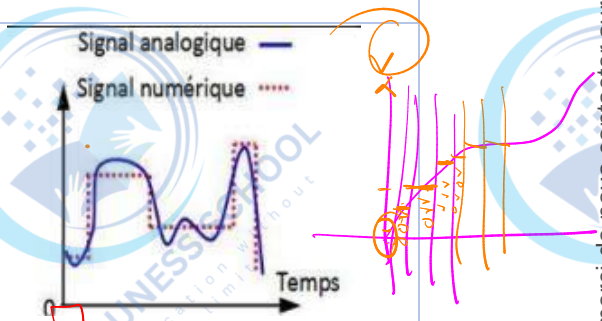
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

II.2. chaine d'information

1) Type d'information échangée

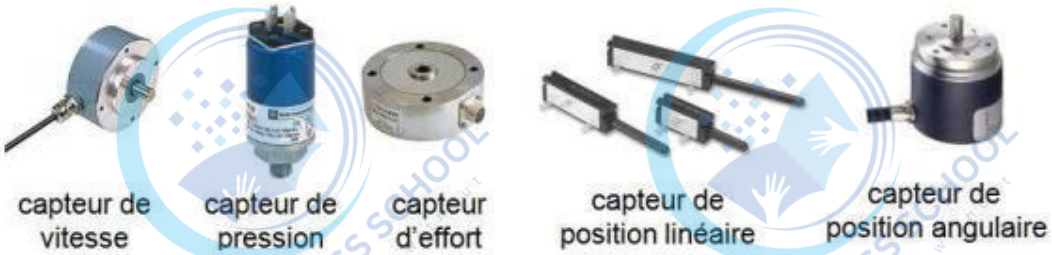
Dans une chaîne d'information, l'information traitée peut être de trois types :

Type	Description	Forme du signal
Logique	le signal n'admet que deux valeurs distinctes : tout ou rien (0 ou 1).	
Analogique	le signal peut prendre une infinité de valeurs car il varie en continue ;	
Numérique	le signal prend des valeurs discrètes transmises sous la forme d'une combinaison de digits (*bits*) ;	

2) Capteur

Les capteurs permettent **d'acquérir une grandeur physique** et en **produire une image** exploitable par l'unité de commande afin d'en déduire l'état d'un élément du système (ou du système).





Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Remarque :

Lorsque c'est nécessaire, il faut associer un codeur pour convertir le signal analogique, issue du capteur ou de l'IHM, en signal numérique utilisable par l'unité de commande. C'est la fonction du bloc «CODER».

3) Interface homme - machine (IHM)

Elle permet de **traduire la consigne** d'un utilisateur en une **image exploitable** par l'unité de commande.





4) Interface machine - homme (IMH)

Elle permet **d'informer l'utilisateur** sur **l'état du système** (en messages écrits ou en signaux lumineux et/ou sonores).

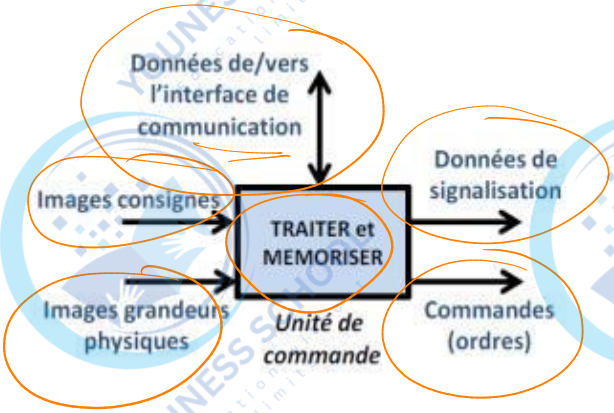




5) Unité de commande

Elle permet de **traiter**, à l'aide d'un programme implanté en mémoire, **les informations** en provenance des capteurs et de l'interface H/M, afin de :

- Définir les commandes destinées au pré-actionneur.
- Envoyer des signalisations à l'interface M/H qui seront traduites en messages écrits ou en signaux lumineux et/ou sonores à destination de l'utilisateur.



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

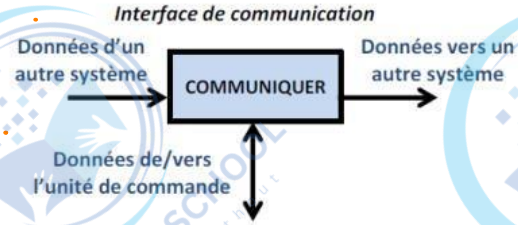
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515


automate programmable


micro-controleur

6) Interface de communication

Elle permet au système **d'échanger des informations** avec d'autres systèmes.




Interface E/S bus

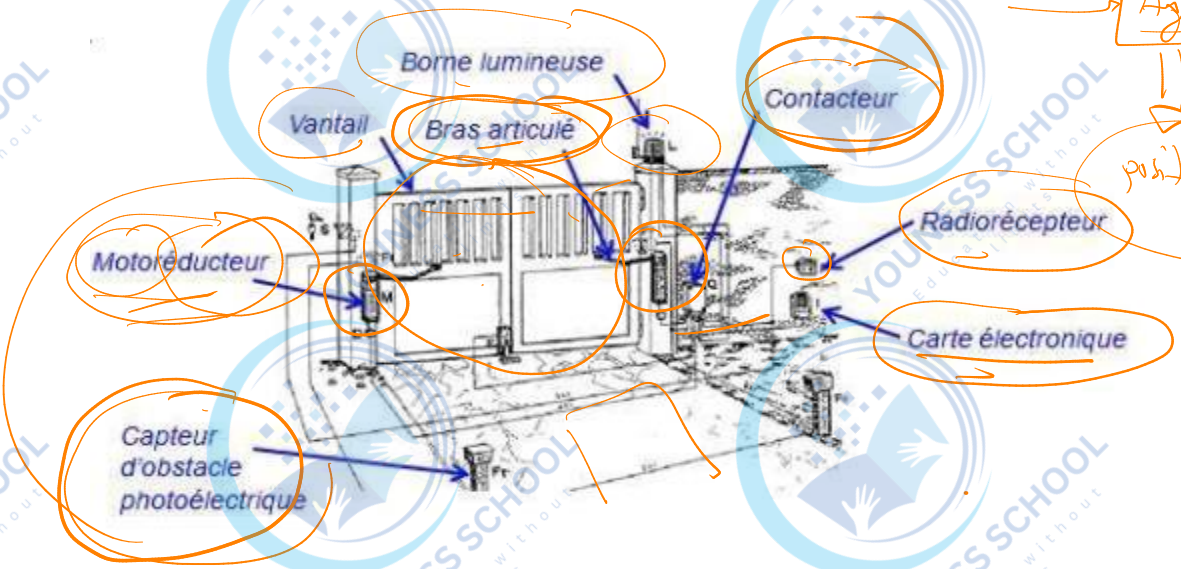

Carte réseau


Emetteur/récepteur Wifi - Bluetooth

La fonction COMMUNIQUER est devenue une fonction essentielle dans les systèmes actuels. Ils sont désormais très souvent communicants, ce qui permet la prise de commande à distance, les mises à jour automatiques, le diagnostic et la maintenance à distance, …

II.3. Exemple d'application : portail automatique

Fonction globale : ……



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

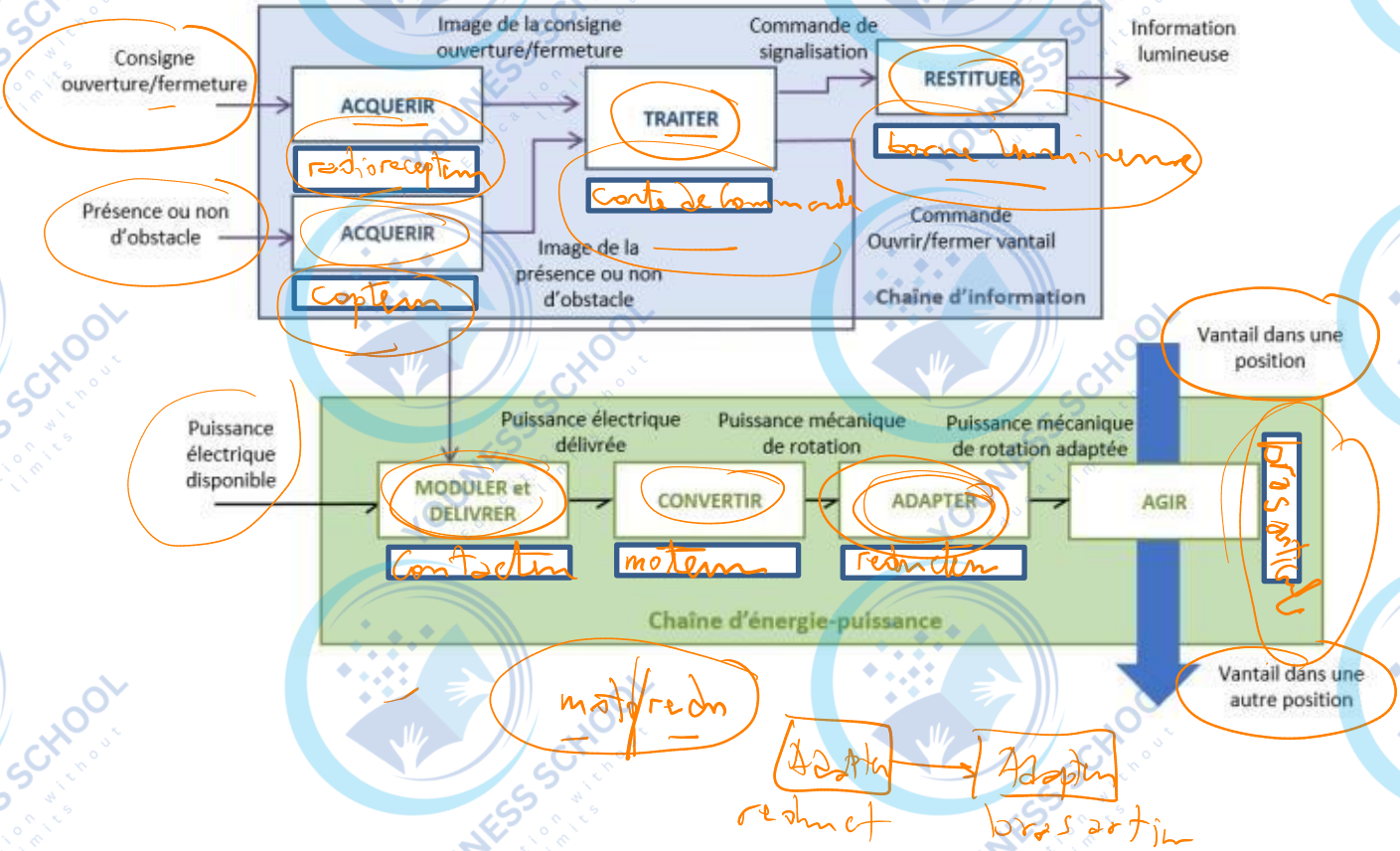
Description du système :

À la réception de **la consigne d'ouverture/fermeture** en provenance du **radiorécepteur associé à une radiocommande**, et à condition qu'aucune information de présence d'un obstacle ne provienne des **capteurs**, la **carte électronique** commande un **contacteur** afin d'alimenter des **motoréducteurs**, chacun composés d'un moteur et d'un réducteur. Ces derniers entraînent alors le déplacement des vantaux par l'intermédiaire des **bras articulés**.

Questions pour comprendre le fonctionnement du système :

- Quelle **matière d'œuvre** est modifiée par cette activité ? ..... position des vantaux
- Quelle est la **puissance** entrante ? ..... puissance utile $P = UI$
- Quel constituant convertit cette puissance ? ..... moteurs
- Quel constituant **agit directement** sur la matière d'œuvre ? ..... bras articulé
- Quel constituant acquiert **la consigne de l'utilisateur** ? ..... radiorecepteur
- Quel constituant **traite** l'information ? ..... carte électronique
- Quel constituant **acquiert** la présence d'obstacle ? ..... capteur
- Quel constituant **restitue** une information à l'utilisateur ? ..... borne lumineuse

Mettre l'ensemble des réponses sur le schéma suivant :



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

modélisation par Sysml

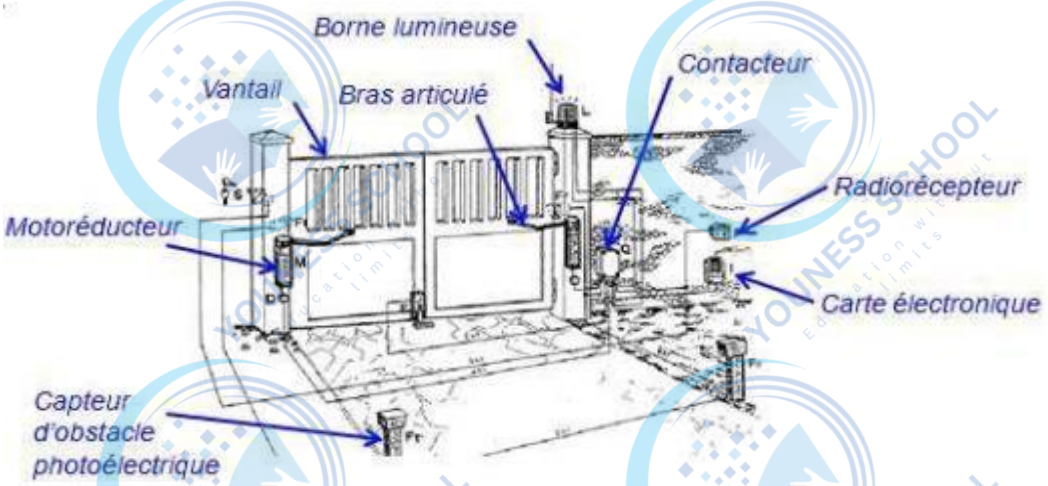
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Fonction global : ouvrir/fermer vantail



Description du système :

À la réception de **la consigne d'ouverture/fermeture** en provenance du **radiorécepteur associé à une radiocommande**, et à condition qu'aucune information de présence d'un obstacle ne provienne des **capteurs**, la **carte électronique** commande un **contacteur** afin d'alimenter des **motoréducteurs**, chacun composés d'un moteur et d'un réducteur. Ces derniers entraînent alors le déplacement des vantaux par l'intermédiaire des **bras articulés**.

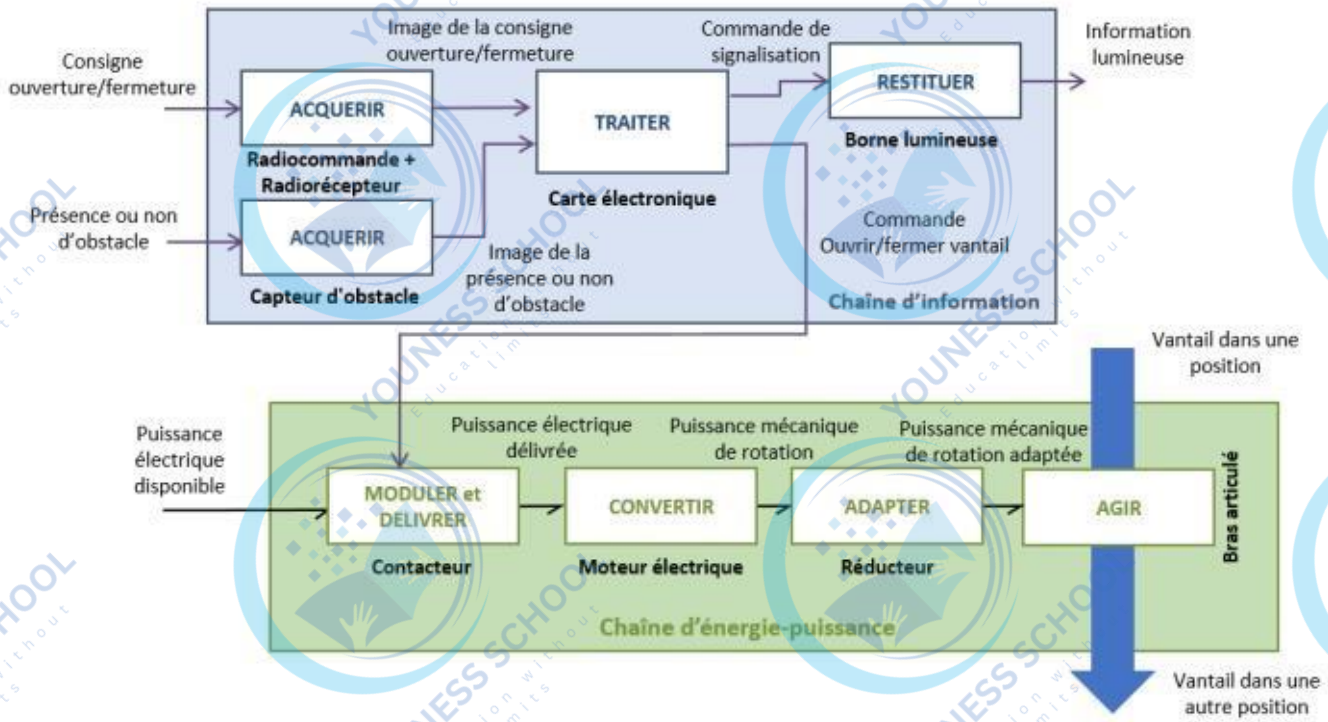
Questions pour comprendre le fonctionnement du système :

- Quelle **matière d'œuvre** est modifiée par cette activité ? La position du vantail
- Quelle est la **puissance** entrante ? Électrique pour le moteur
- Quel constituant convertit cette puissance ? Le moteur électrique
- Quel constituant **agit directement** sur la matière d'œuvre ? Le bras articulé
- Quel constituant acquiert **la consigne de l'utilisateur** ? La radiocommande associée au radiorécepteur
- Quel constituant **traite** l'information ? La carte électronique
- Quel constituant **acquiert** la présence d'obstacle ? Le capteur d'obstacle photoélectrique
- Quel constituant **restitue** une information à l'utilisateur ? La borne lumineuse

L'ensemble des réponses peut être représenté sur le schéma suivant :

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515



Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515