Analyse des systèmes
Structure d'un système technique

http://perso.numericable.fr/starnaud/

Introduction : Le métier de l'ingénieur consiste à résoudre des problèmes de nature technologiques, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services.

1. Définitions

Système : Un système est une association structurée d'éléments ayant des relations entre eux. Il est destiné à remplir une fonction et il est soumis à des lois.

Exemples : Système scolaire, solaire, bancaire, économique, de freinage…

Système technique : Crée par l'homme, un système technique est un ensemble fonctionnel assurant un certain nombre de fonctions.

L'étude des systèmes modernes demande en général des connaissances dans plusieurs disciplines telles que l'électronique, l'électrotechnique, la mécanique, etc.

Le système technique assure une fonction de service globale en agissant sur de la matière d'œuvre pour lui donner de la valeur ajoutée.

Fonction : Une fonction est un verbe d'action à l'infinitif (déplacer, traiter, acquérir, transformer, etc.) parfois suivi d'un complément.

Matière d'œuvre : La matière d'œuvre (notée MO) est l'élément d'entrée sur lequel s'exercent les activités du système.

Il y a différentes formes de matière d'œuvre :

- ✓ Matière : Matières premières, produits manufacturés, …
- ✓ Information : Signal logique, grandeur physique,…
- ✓ Energie : Energie mécanique, électrique…

Système :	Entrée	Sortie
Usine de montage automobile	Pièces	Voiture
Haut fourneau	Minerai de fer	Plaque de fer
Centrale nucléaire	Uranium	Energie électrique
Télévision	Information codée	Image et son

Valeur ajoutée : La valeur ajoutée (notée VA) est la valeur supplémentaire apportée à la (ou les) matières d'œuvre par l'activité du système.

Critères d'appréciation : Les critères sont associés aux fonctions. Ils permettent d'apprécier les performances d'un système mais aussi ses caractéristiques techniques…

Le cahier des charges regroupe les fonctions attendues et leurs performances attendues.

Exemple : Robot Roméo

1.4. Extrait du cahier des charges fonctionnel

Fonctions	Noms	Critères	Niveaux
FP1	Aider le patient à se lever de sa chaise	*Poids de la personne* *Temps d'exécution*	$< 100\ Kg$ $< 30\ s$
Fc1	S'adapter et protéger l'environnement	*Largeur de passage* *Eco-conception*	$> 80\ cm$ CO_2 *minimum* *Consommation minimale*
Fc2	Respecter les normes et réglementation en vigueur	*A définir*	
Fc3	S'adapter au mobilier environnant	Reconnaissance visuelle de l'encombrement de la chaise	$\pm 2\ cm$
Fc4	Charger sa batterie de manière autonome	Alimentation sur secteur	$230\ V\sim$ $< 15\ A$
Fc5	Communiquer avec le personnel médical	Dialogue vocal en français Dialogue via Smart-Phone ou tablette	

2. Architecture d'un système pluri technique, chaine fonctionnelle.

Une chaîne fonctionnelle est un sous-ensemble d'un système technique.

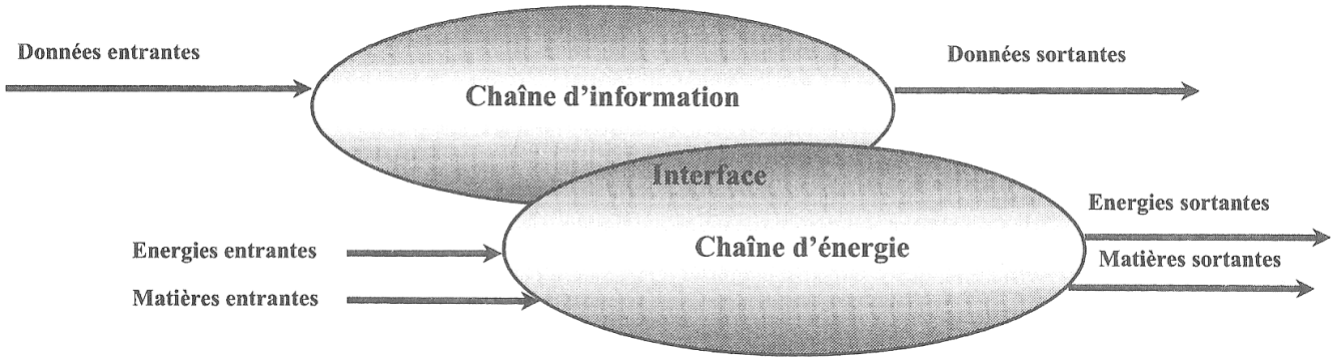
Elle permet de réaliser une fonction élémentaire (transférer, réguler, positionner, main- tenir, transformer, etc.) participant à la réalisation de la fonction globale du système.

On lui associe un actionneur.

Il y a souvent plusieurs chaines fonctionnelles dans un système.

On peut distinguer au sein des systèmes pluri techniques deux chaînes :

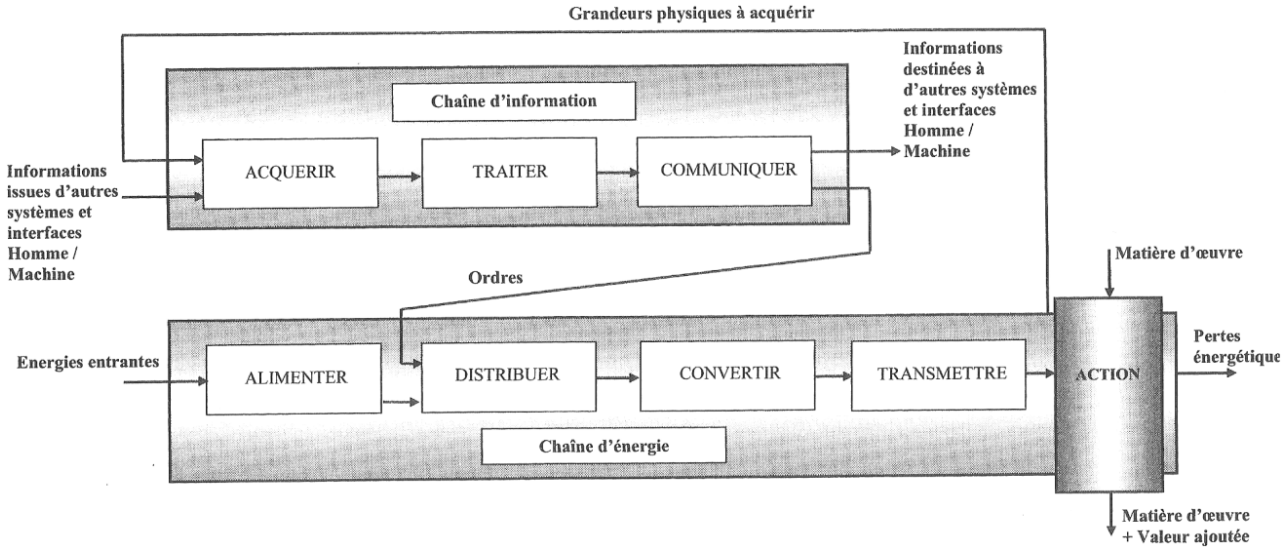
- ✓ L'une agissant sur les flux de données, appelée chaîne d'information.
- ✓ L'autre agissant sur les flux de matières et d'énergies, appelée chaîne d'énergie.



Pour déterminer les entrées et sorties, il faut se poser les questions suivantes :

- ✓ Sur quoi le système agit ? ⇨ Matière d'œuvre (MO).
- ✓ Dans quel but ? ⇨ Fonction et valeur ajoutée.
- ✓ De quoi a-t-il besoin pour agir ? ⇨ Energies et informations.

A la chaîne d'information et à la chaîne d'énergie, on peut en général associer les fonctions élémentaires suivantes :

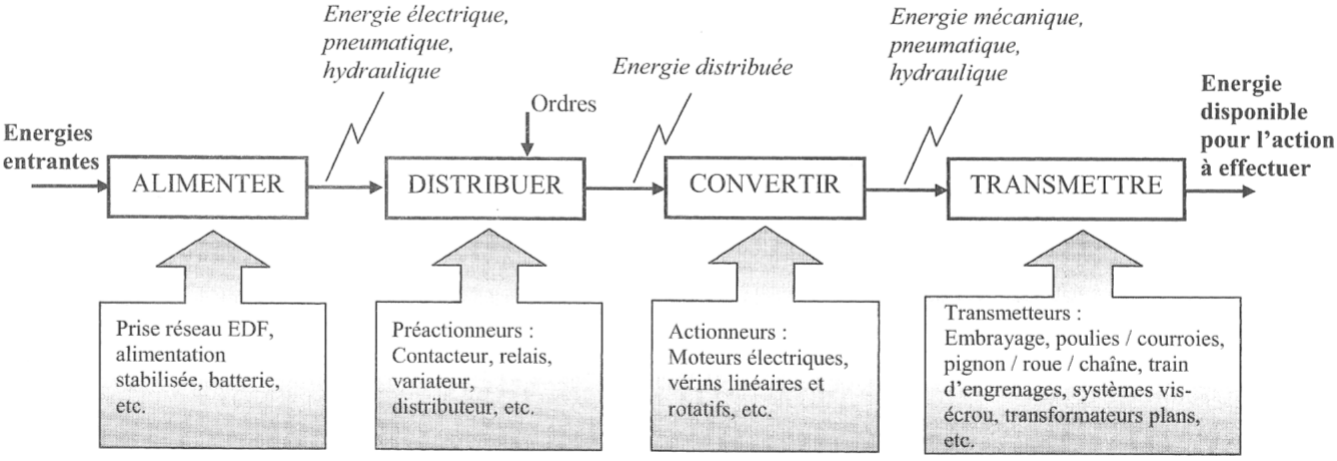


3. La chaîne d'énergie.

La chaîne d'énergie contribue à la réalisation de la fonction de service globale, en agissant sur la (ou les) matières d'œuvre.

Elle utilise une très grande part de l'énergie totale consommée. En effet l'énergie issue de la chaîne d'information est faible et insuffisante pour être directement utilisée.

La chaîne d'énergie est constituée de plusieurs composants, le pré-actionneur, l'actionneur, le transmetteur et l'effecteur.



3.1. Le pré-actionneur.

Le pré actionneur distribue une énergie importante, sous l'action d'un ordre (signal de faible énergie) envoyé par la chaîne d'information. Il peut être « tout ou rien » ou « progressif ».

Exemples :	Fonctions :
Relais	Distribuer de l'énergie électrique (tout ou rien)
Variateur	Distribuer de l'énergie électrique (progressivement)
Distributeur pneumatique ou hydraulique	Distribuer de l'énergie pneumatique ou hydraulique

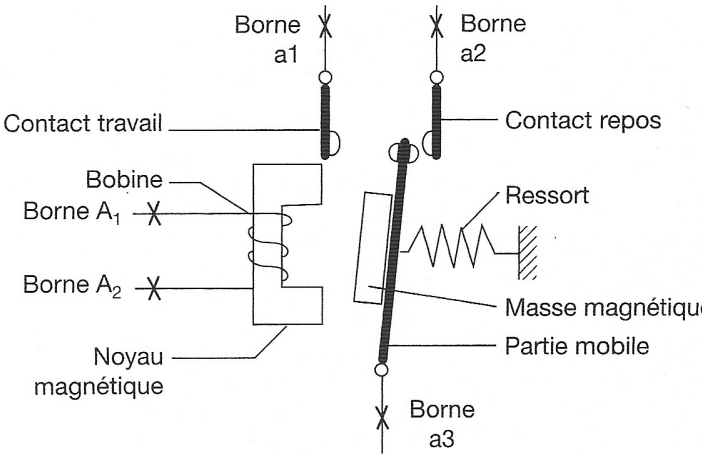
Exemple 1 : Le relais

Le <u>relais</u> est un interrupteur commandé électriquement. Il permet de séparer le circuit de commande et le circuit de puissance.

Il est constitué d'un circuit de commande (solénoïde) et d'un interrupteur.

Le passage du courant dans le solénoïde provoque la fermeture du contact.

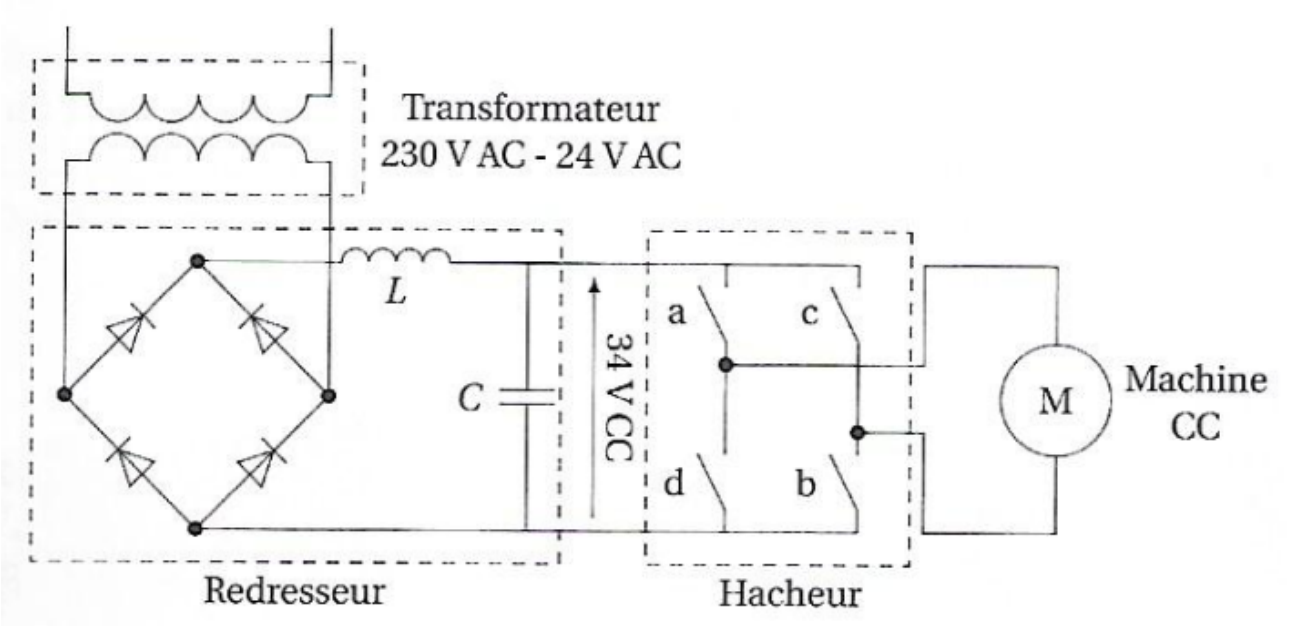
Lorsqu'on interrompt le passage du courant de commande, le contact s'ouvre grâce au ressort.



Exemple 2 : Variateur de type « hacheur ».

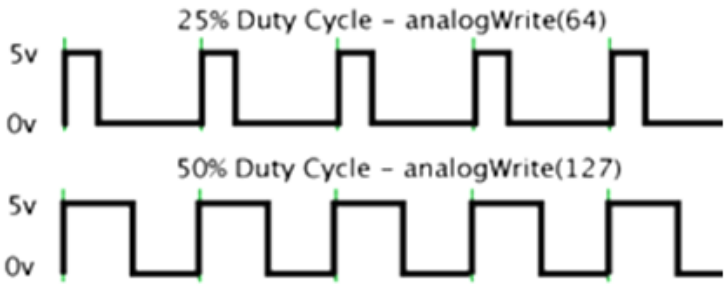
Le schéma suivant représente l'alimentation d'un moteur à courant continu. Il est constitué successivement d'un transformateur, d'un redresseur et d'un hacheur.

- ✓ Le transformateur diminue la tension, on passe du 230 Volt au 24 Volt.
- ✓ Le redresseur (à diodes) convertie le courant alternatif en courant continu.
- ✓ Le hacheur, constitué d'interrupteurs électromagnétiques commandés par une partie commande spécifique permet d'alimenter le moteur.



Le hacheur est piloté par une partie commande qui ouvre et ferme les interrupteurs plusieurs milliers de fois par minute.

On peut ainsi faire varier la puissance en sortie du hacheur (et le sens de rotation).



Exemple 3 : Le distributeur pneumatique ou hydraulique.

Un <u>distributeur</u> est constitué d'un corps, d'un tiroir et d'une commande pour translater le tiroir par rapport au corps.

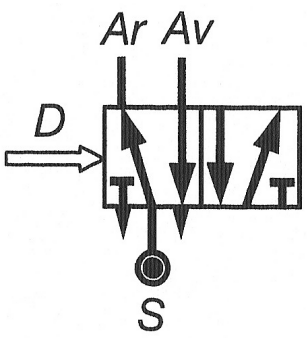
Il est associé à un actionneur de type vérin (pneumatique ou hydraulique).

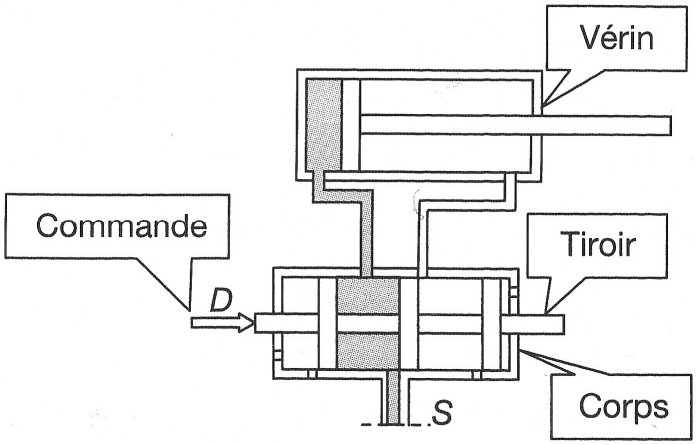
Les schémas suivants montrent l'association d'un distributeur et d'un vérin : la position du tiroir permet de mettre en communication l'arrivée d'air dans la chambre appropriée selon le sens de déplacement du piston du vérin.

Position 1 : L'action D pousse le tiroir vers la droite.

La chambre arrière du vérin est mise en communication avec la source de pression S, la chambre avant est mise à l'échappement : la tige du vérin sort.

Schéma associé

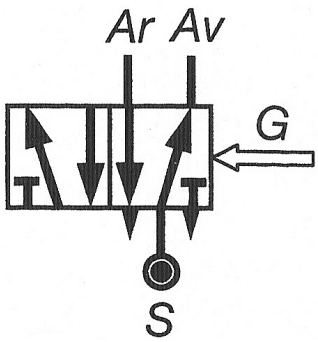


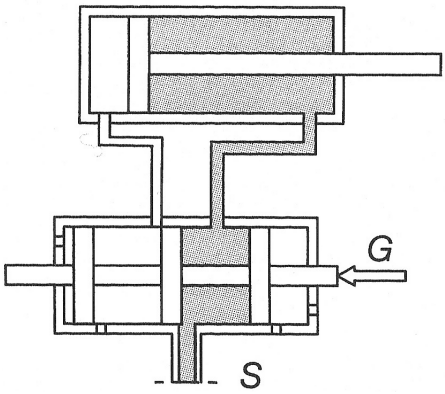


Position 2 : L'action G pousse le tiroir vers la gauche.

La chambre avant du vérin est mise en communication avec la source de pression S ; la chambre arrière est mise à l'échappement, la tige du vérin rentre.

Schéma associé





3.2. L'actionneur.

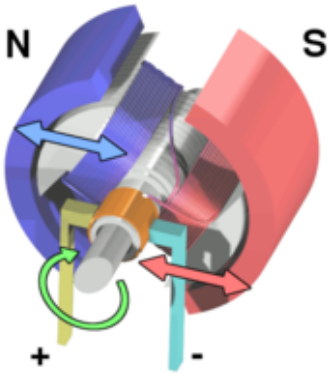
L'actionneur transforme une l'énergie disponible en une énergie utilisable.

Exemples :	Entrée	Sortie
Moteur électrique	Energie électrique	Energie mécanique
Vérin pneumatique	Energie pneumatique	Energie mécanique
Résistance chauffante	Energie électrique	Energie thermique

Exemple 1 : Moteur à courant continu.

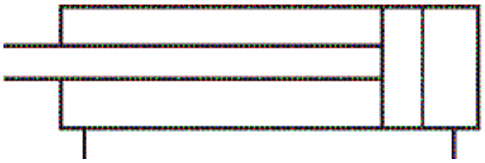
Il est constitué :

- ✓ D'un stator qui crée un champ magnétique fixe (par bobinage ou par aimants permanents).
- ✓ D'un rotor bobiné relié à un collecteur rotatif inversant la polarité dans chaque enroulement au moins une fois par tour de façon à faire circuler un flux magnétique transversal en quadrature avec le flux statorique.

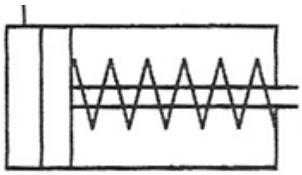


Exemple 2 : Vérin.

Vérin double effet



Vérin simple effet avec rappel par ressort



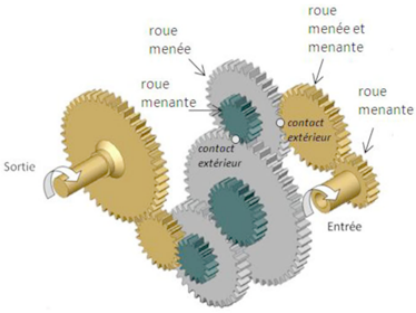
3.3. Le transmetteur.

Le transmetteur adapte l'énergie mécanique reçue de l'actionneur (l'énergie ne change pas de nature). Ils feront l'objet du cours de mécanique.

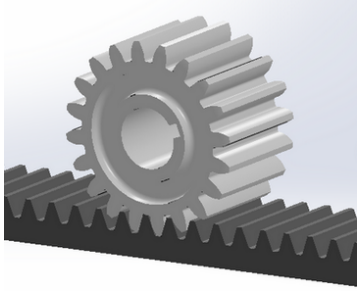
Exemples :

Engrenage

Réducteur à engrenages



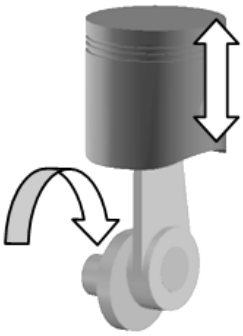
Pignon crémaillère



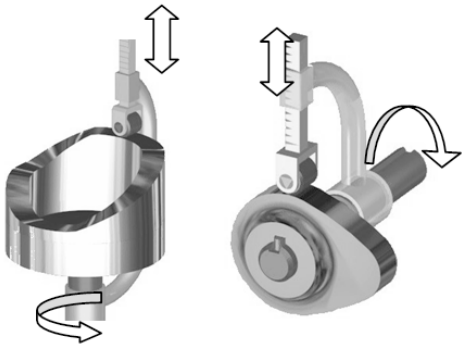
Poulie courroie

Chaine

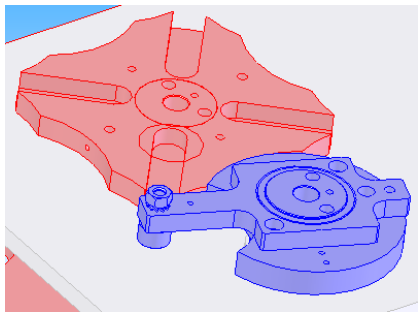
Mécanisme bielle manivelle



Mécanisme à came

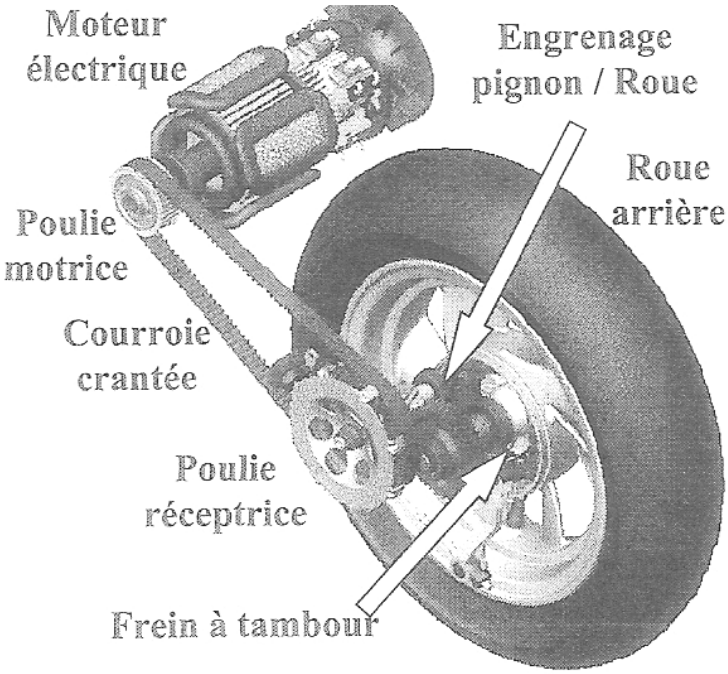


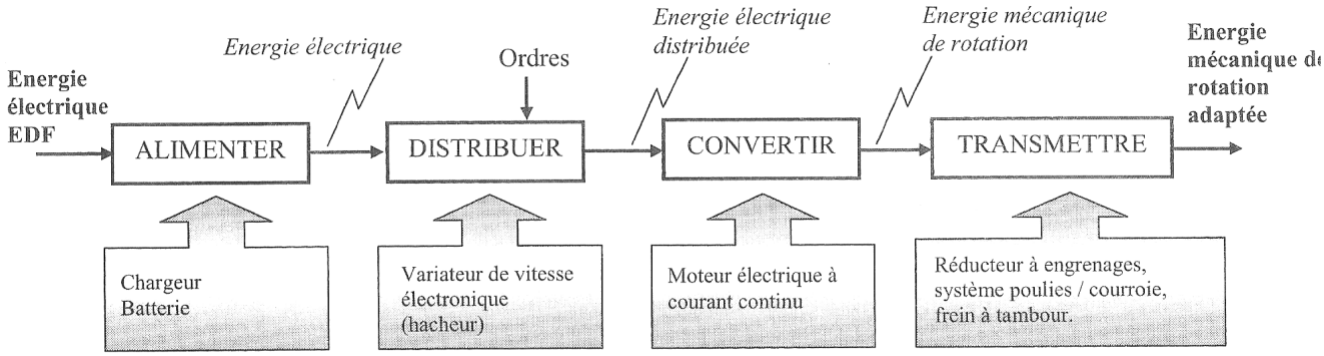
Mécanisme à Croix de malte



3.4. Exemple :

Chaine d'énergie d'un scooter électrique





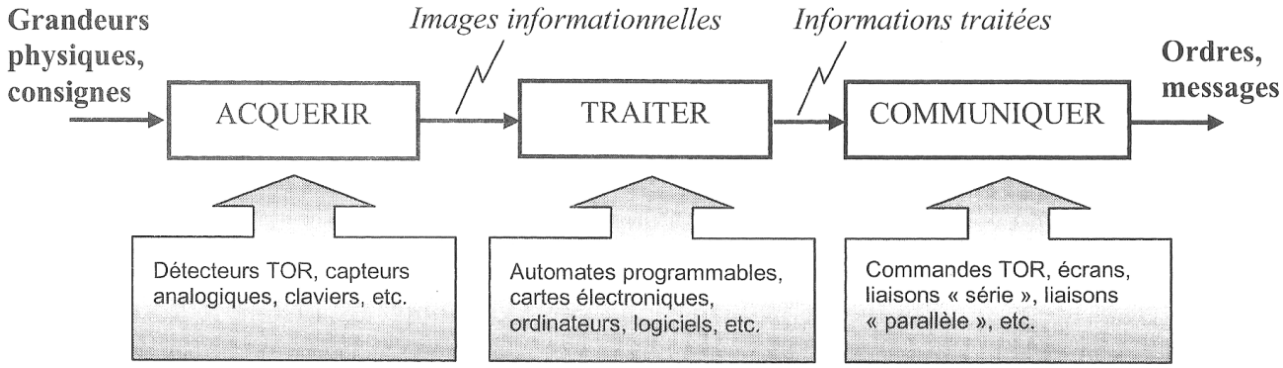
4. La chaîne d'information

La chaîne d'information permet notamment d'acquérir des informations :

- ✓ Sur l'état d'un produit ou de l'un des constituants de la chaîne d'énergie.
- ✓ Issues d'interfaces Homme machine.

La chaîne d'information permet aussi de traiter ces informations et de communiquer :

- ✓ Les ordres à la chaîne d'énergie.
- ✓ Les messages destinés aux interfaces Homme machine.

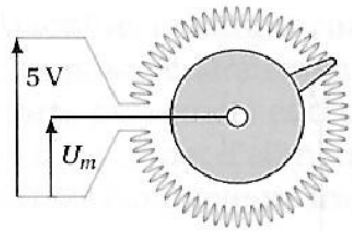


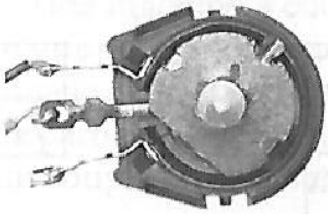
4.1. Les capteurs.

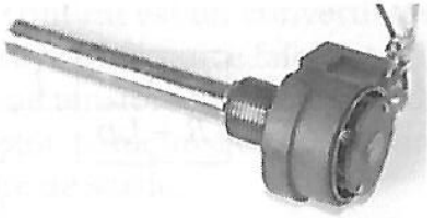
Pour acquérir une grandeur physique (force, température, êtes) ou une consigne, les constituants utilisés sont des capteurs.

Ils restituent une grandeur image sous forme logique, numérique ou analogique exploitable par l'unité de traitement.

Exemple 1 : Potentiomètre de mesure de position.



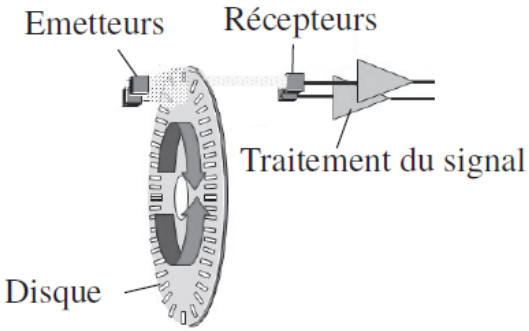


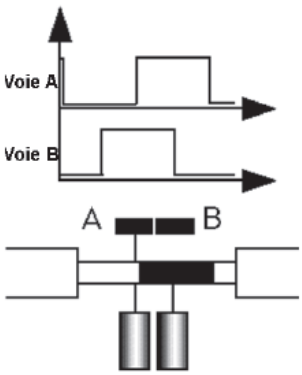


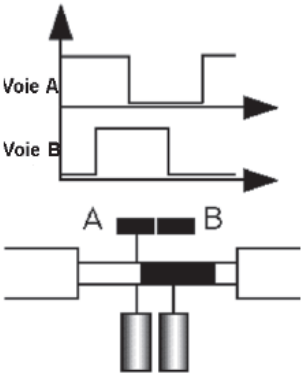
Le potentiomètre est constitué d'une piste conductrice dont la résistance par unité de longueur est uniforme, sur laquelle frotte un contacteur mobile.

Lorsqu'on alimente la piste avec une tension U connue, la tension récupérée par le contacteur U_S est proportionnelle à sa position.

Exemple 2 : Codeur optique.







Autres exemples :

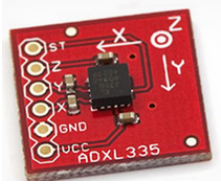
Capteur mécanique

Détecteur de position capacitif

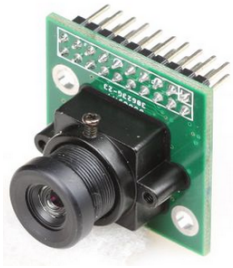
Capteur à ultrason

Génératrice tachymétrique

Accéléromètre



Camera



4.2. Fonction « TRAITER ».

Logique câblée :

Les fonctions logiques sont réalisées sous forme de circuits intégrés sur une carte électronique. Ces circuits sont élaborés pour obtenir un comportement bien définie et non modifiable (sauf en modifiant le câblage).

Logique programmée :

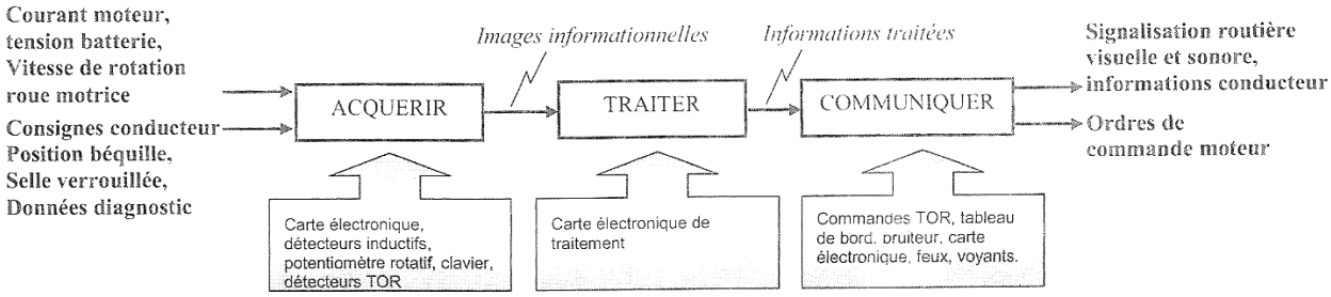
Il s'agit de remplacer les circuits logiques câblés dédiés à un fonctionnement par des circuits intégrés complexes, mais programmables par l'utilisateur en fonction de son application.

Exemple : Microcontroleur de type ARDUINO.

Un microcontrôleur est un circuit intégré sur lequel les organes essentiels d'un micro-ordinateur sont regroupés.

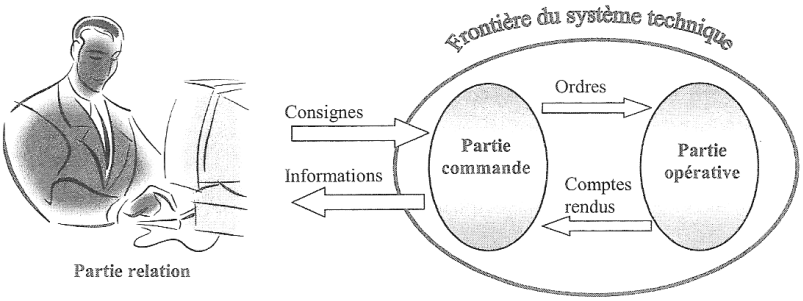
Les microcontrôleurs sont aujourd'hui bon marché, très peu encombrants, de plus en plus performants.

4.3. Exemple : Chaine d'information d'un scooter électrique



Remarque :

Modèle simplifiée de représentation d'un système automatisé.

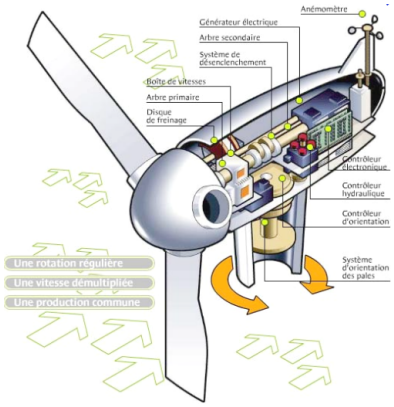


Exercice 1

Question : *Pour les systèmes techniques ci-dessous, définir la matière d'œuvre, la fonction globale et la valeur ajoutée.*

Disque dur interne

Eolienne

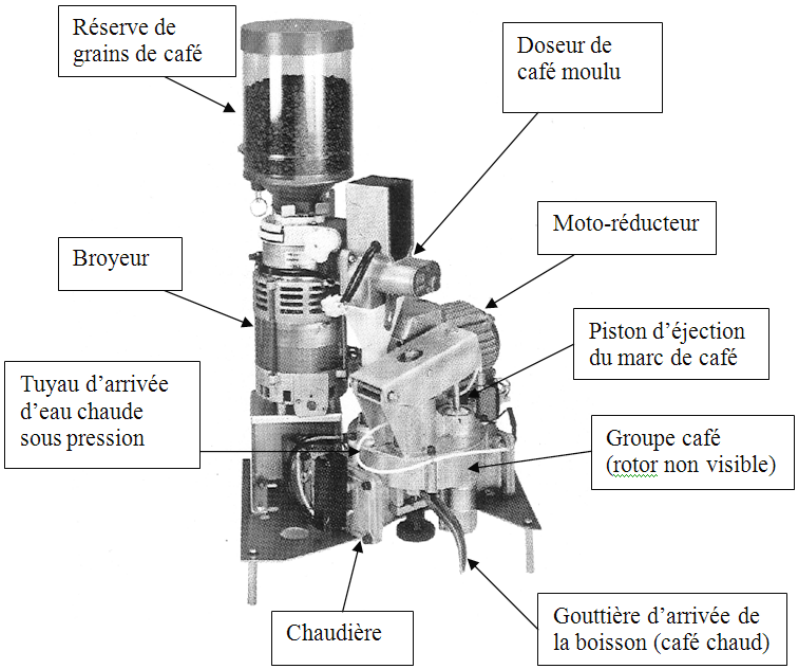


Exercice 2 Distributeur automatique de café

Le distributeur automatique de café « DISPENSER » est utilisé dans les cafétérias, brasseries et centres de restauration rapide.

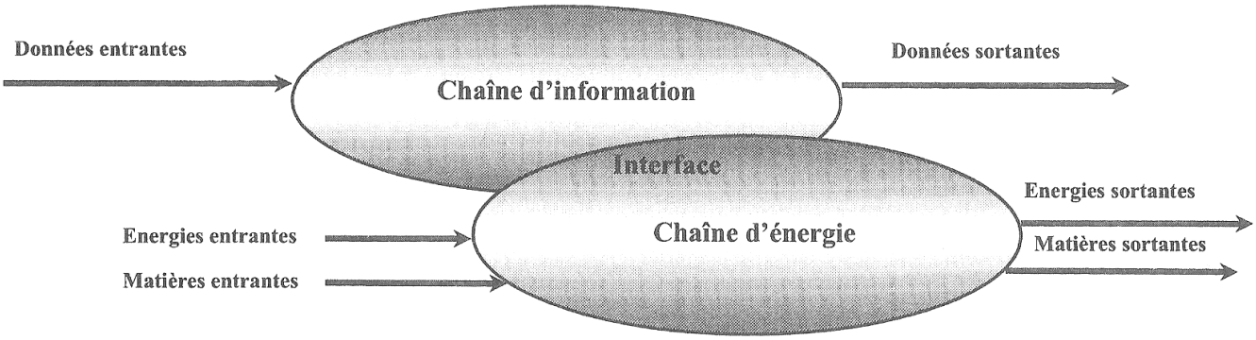
Moyennant paiement, il distribue une boisson à partir de grains de café et d'eau dans un délai très court (environ 20 à 25 secondes).

Le client a le choix entre plusieurs options : café « court », café « long », dose supplémentaire d'eau chaude, programmation de plusieurs tasses.



Question

Pour le système distributeur automatique de café « DISPENSER », définir les données entrantes et sortantes de la chaîne d'information et de la chaîne d'énergie.



Exercice 3 Toyota Prius. (Centrale PSI 07)

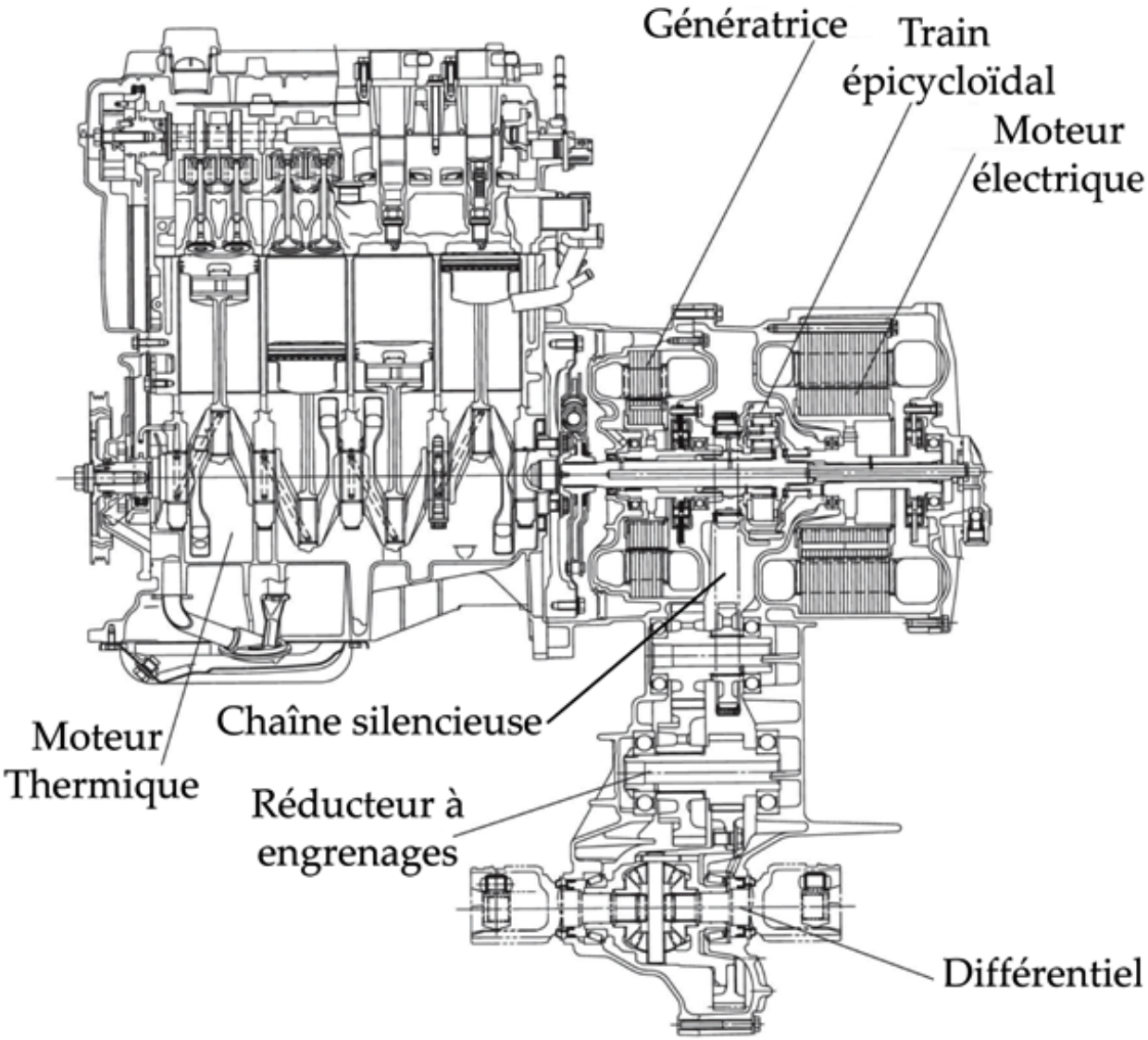
Dans le contexte actuel d'économie des énergies fossiles et de réduction des émissions de gaz nocifs, le système de propulsion hybride constitue une alternative intéressante à la propulsion classique par moteur thermique seul car il permet de réduire la consommation.

La spécificité de la solution retenue sur la Prius consiste à :

- ✓ Récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage,
- ✓ Exploiter le moteur thermique à son rendement optimal.

Problème posé : On se propose d'analyser les fonctions et la structure du système de propulsion hybride de la Prius.

Architecture du système hybride HSD TOYOTA.



La technologie hybride de TOYOTA, nommée HSD (Hybrid Synergy Drive) associe un moteur thermique à essence et sa transmission, à deux machines électriques et une batterie de puissance.

Le schéma de principe et la figure mettent en évidence les deux machines électriques (le moteur électrique et la génératrice) reliées au moteur thermique par un train épicycloïdal.

A partir de la position de la pédale d'accélérateur et de la vitesse du véhicule, le calculateur détermine la vitesse de rotation optimale du moteur thermique et la consigne d'ouverture du papillon des gaz.

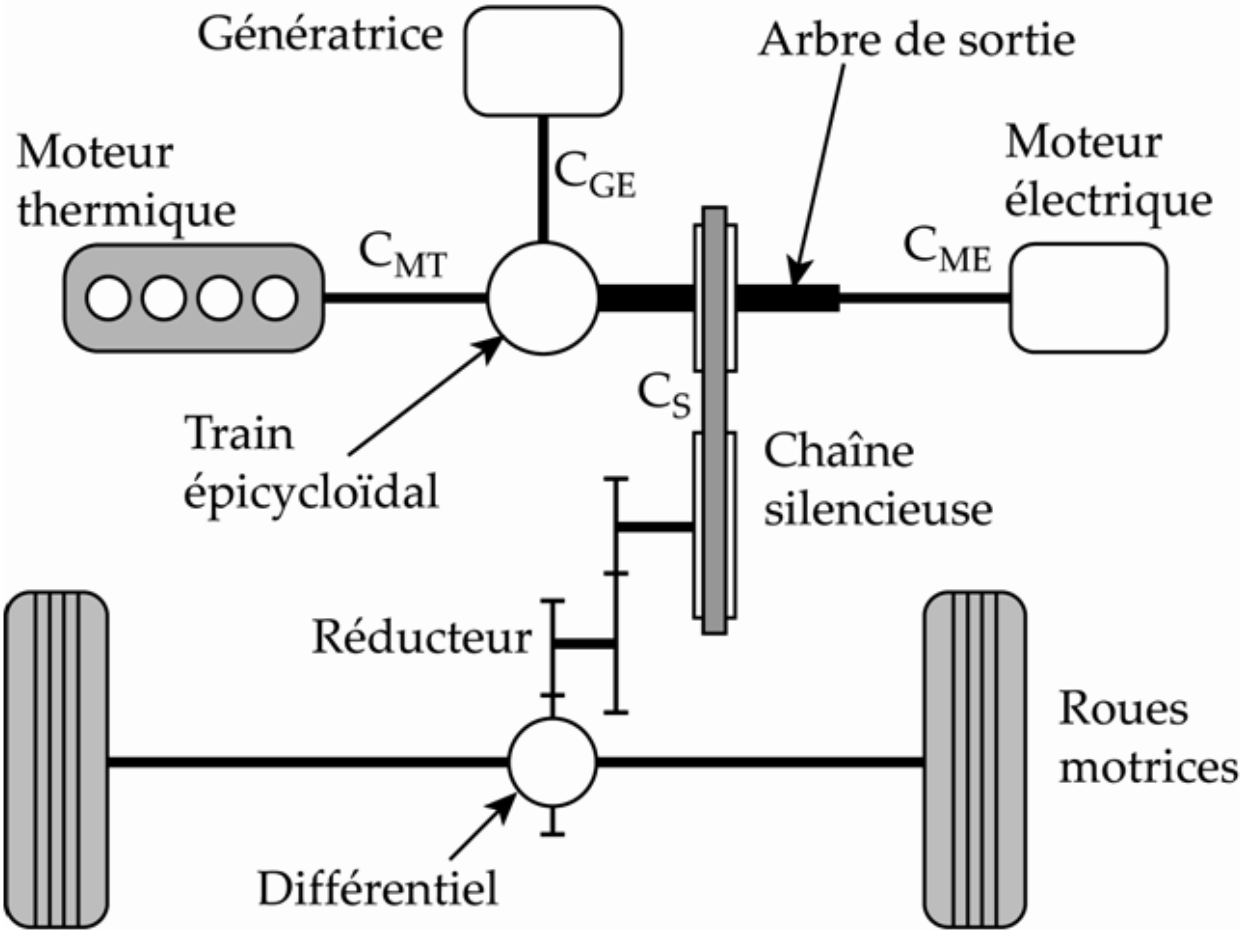
La puissance en sortie du moteur thermique est transmise, grâce à un train épicycloïdal, à la chaîne silencieuse et à la génératrice.

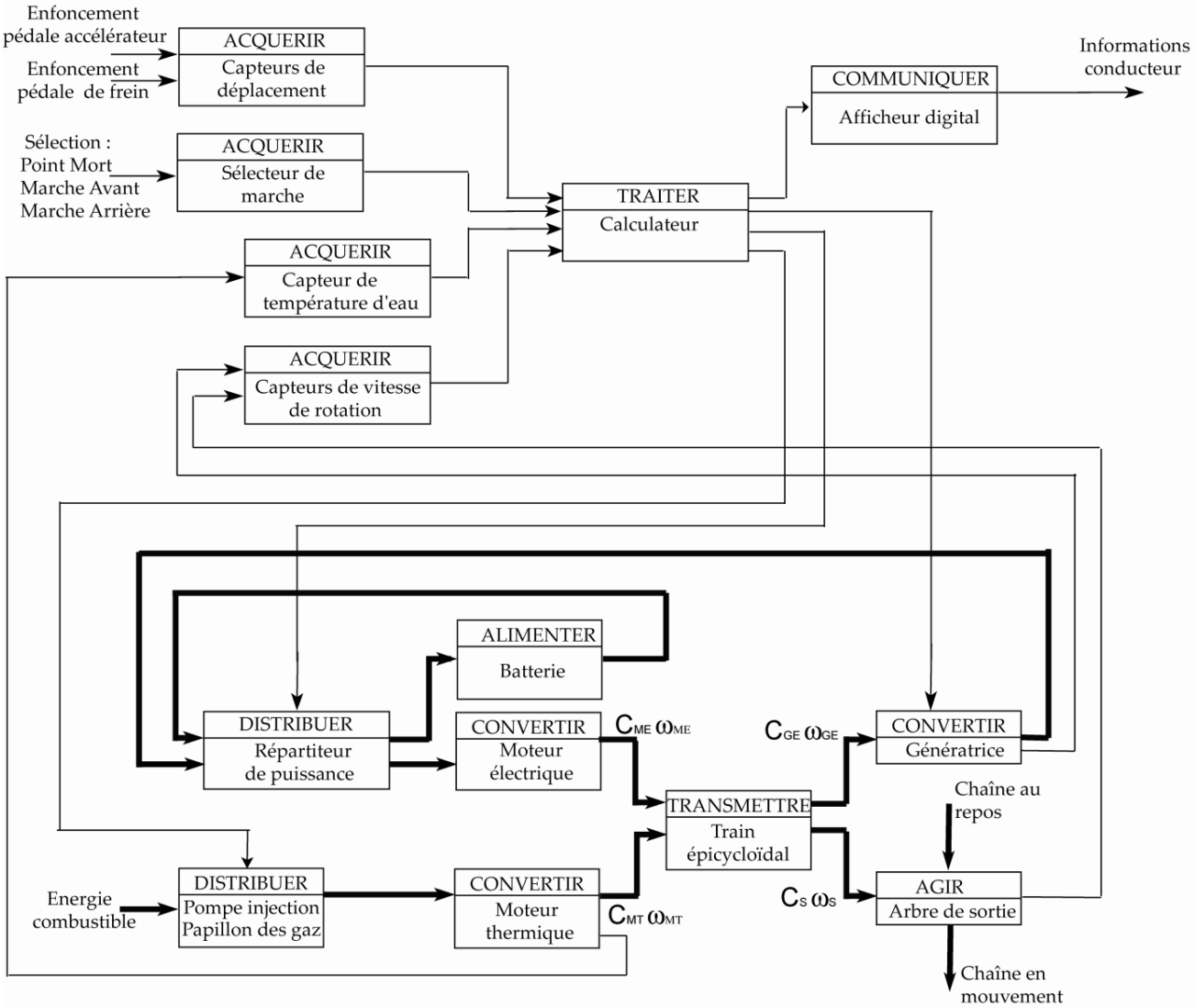
Un asservissement en vitesse de la génératrice permet de contrôler la vitesse de rotation du moteur thermique.

Le répartiteur de puissance gère les échanges de puissance électrique entre la génératrice, le moteur électrique et la batterie.

Le moteur électrique entraîne la chaîne silencieuse, seul ou en complément du moteur thermique. Il récupère également l'énergie cinétique ou potentielle du véhicule lors des phases de ralentissement.

Les chaînes d'énergie (partie inférieure) et d'information (partie supérieure), permettent de percevoir l'organisation des différents composants du HSD.





Question. *Compléter le tableau ci dessous.*

Fonction réalisée	Elément de Structure
Convertir l'énergie combustible en énergie mécanique	
Déterminer le régime optimal et l'ouverture des gaz	
Contrôler la vitesse de rotation du moteur thermique	
Transmettre la puissance du moteur thermique	
Convertir une partie de l'énergie mécanique en énergie électrique	
Stocker l'énergie électrique	
Calculer le couple manquant	
Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	
Transmettre l'énergie mécanique au réducteur	

Exercice 4 : Porte de TGV. (Centrale MP 08)

Le transport ferroviaire, concurrencé par la voiture sur les courtes et moyennes distances et par l'avion sur les longues distances, a dû trouver des solutions adaptées pour continuer à croître.

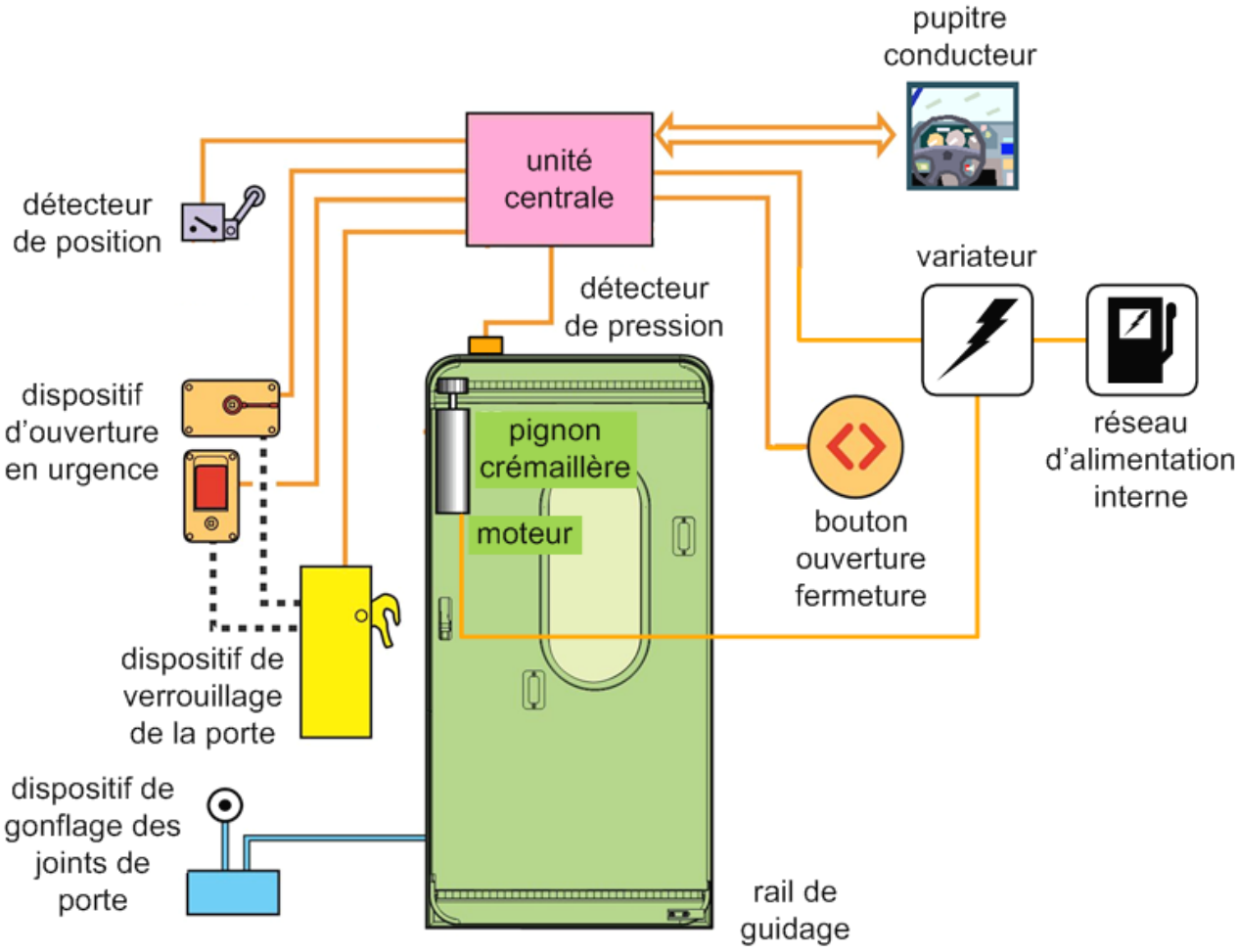
Avec le développement du train à grande vitesse, les caractéristiques du marché du transport ferroviaire de voyageurs se sont rapprochées de celles du transport aérien. Les performances du TGV (vitesse, confort, proximité des gares) ont conduit à un essor important du trafic de voyageurs.

Les opérateurs ferroviaires ont dû par conséquent adapter le cahier des charges de leurs équipements pour faire face à cette demande accrue. Le matériel voyageur a ainsi subi une évolution et une modernisation sans précédent depuis plusieurs années.

Nous nous intéresserons dans le cadre de ce travail au système « porte » autorisant la communication entre l'intérieur et l'extérieur du train.

Problème posé : On se propose d'analyser les fonctions et la structure de la porte de TGV.

Présentation du système



La figure montre l'interface assurant, à partir des informations délivrées par l'unité centrale de commande, la fermeture hermétique et le verrouillage de la porte.

L'ordre de fermeture de la porte est donné soit par appui sur le bouton situé sur la porte soit via un ordre fourni par le conducteur depuis son pupitre.

L'information est traitée par l'unité centrale qui pilote un moteur électrique permettant, dans un premier temps, de fermer la porte grâce à un mécanisme pignon-crémaillère puis, dans un deuxième temps, lorsque la position de fermeture est détectée, de verrouiller la porte.

La détection de la position fermée enclenche également le gonflage des joints assurant l'herméticité de la fermeture.

L'information de fin d'opération est transmise au conducteur sur son pupitre.

Question 1. *Compléter le tableau ci dessous.*

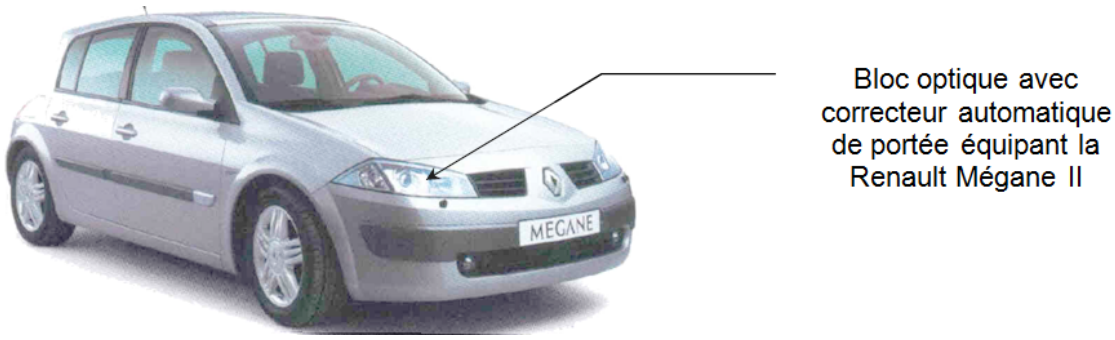
Fonction réalisée	Elément de Structure
Traiter les informations et élaborer les ordres	
Alimenter en énergie électrique	
Distribuer l'énergie électrique	
Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	
Transmettre l'énergie	
Assurer le mouvement de la porte	
Acquérir l'information sur la position de la porte	
Acquérir les consignes	

Question 2. *Construire le schéma montrant l'architecture de la chaine d'information.*

Question 3. *Construire le schéma montrant l'architecture de la chaine d'énergie.*

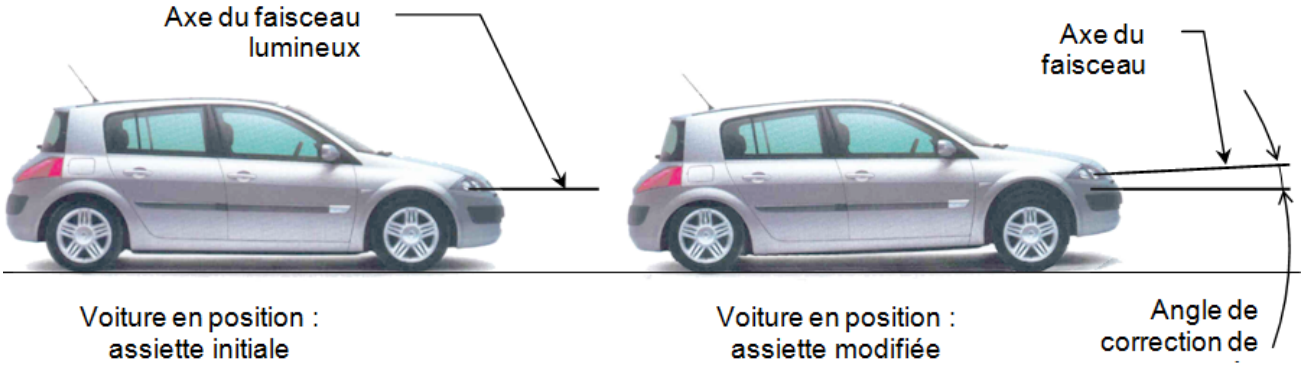
Exercice 5 : Correcteur de portée. (CCP PSI 03)

Mise en situation



L'assiette d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération).

Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée.



Certaines voitures sont équipées de système de correction de portée.

Le système étudié est un correcteur de portée statique, qui corrige la portée lorsque le véhicule est à l'arrêt et conserve cette correction lorsque le véhicule roule (le correcteur ne tient compte que de la variation d'assiette due à la charge).

Il existe aussi une possibilité de réglage manuel en sortie d'usine ou en cas de défaillance du système électrique.

Fonctionnement du système :

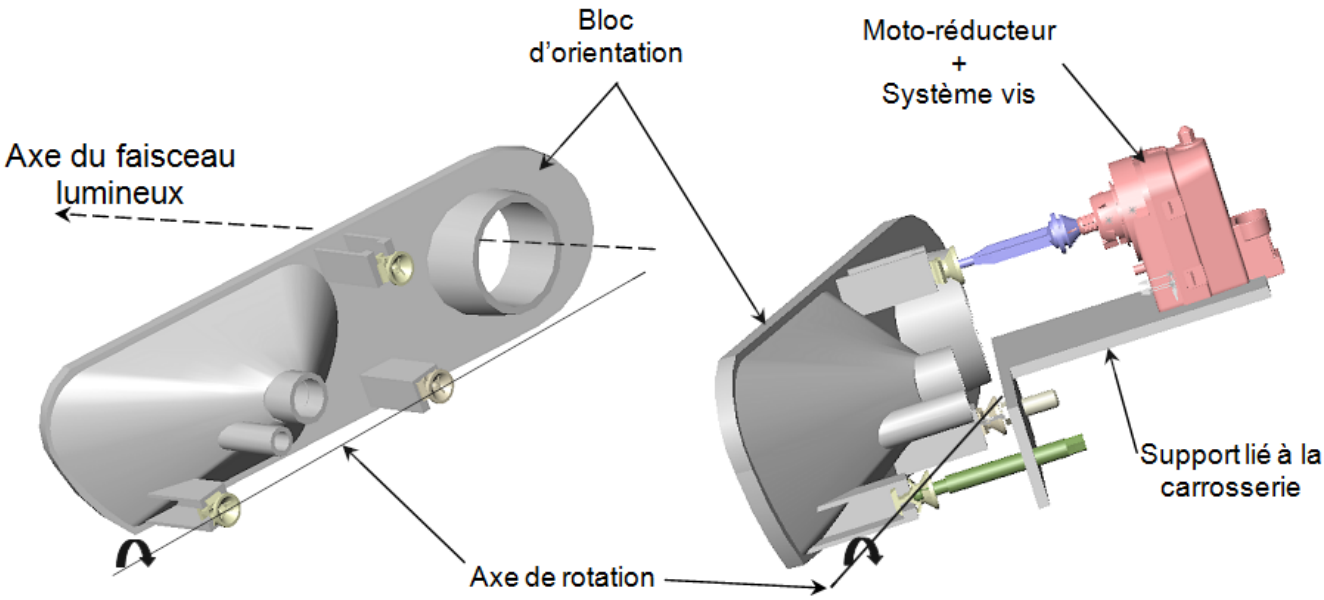
Ce système fait appel à des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Les capteurs d'assiette sont des codeurs optiques qui mesurent le débattement des suspensions.

Les données sont traitées électroniquement par un calculateur et transmises à des variateurs puis aux actionneurs situés derrière les projecteurs.

La position du projecteur est ajustée en maintenant un angle de faisceau optimal évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route.

Le bloc d'orientation supporte les différentes lampes du phare (codes, clignotants). Il peut pivoter par rapport au support lié à la carrosserie autour d'un axe horizontal (axe de rotation indiqué sur la figure). Le bloc est protégé par une vitre liée à la carrosserie.

Le mouvement du bloc est motorisé grâce au motoréducteur et à un système vis écrou qui transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation.



Problème posé : On se propose d'analyser les fonctions et la structure du correcteur de portée.

Question 1.

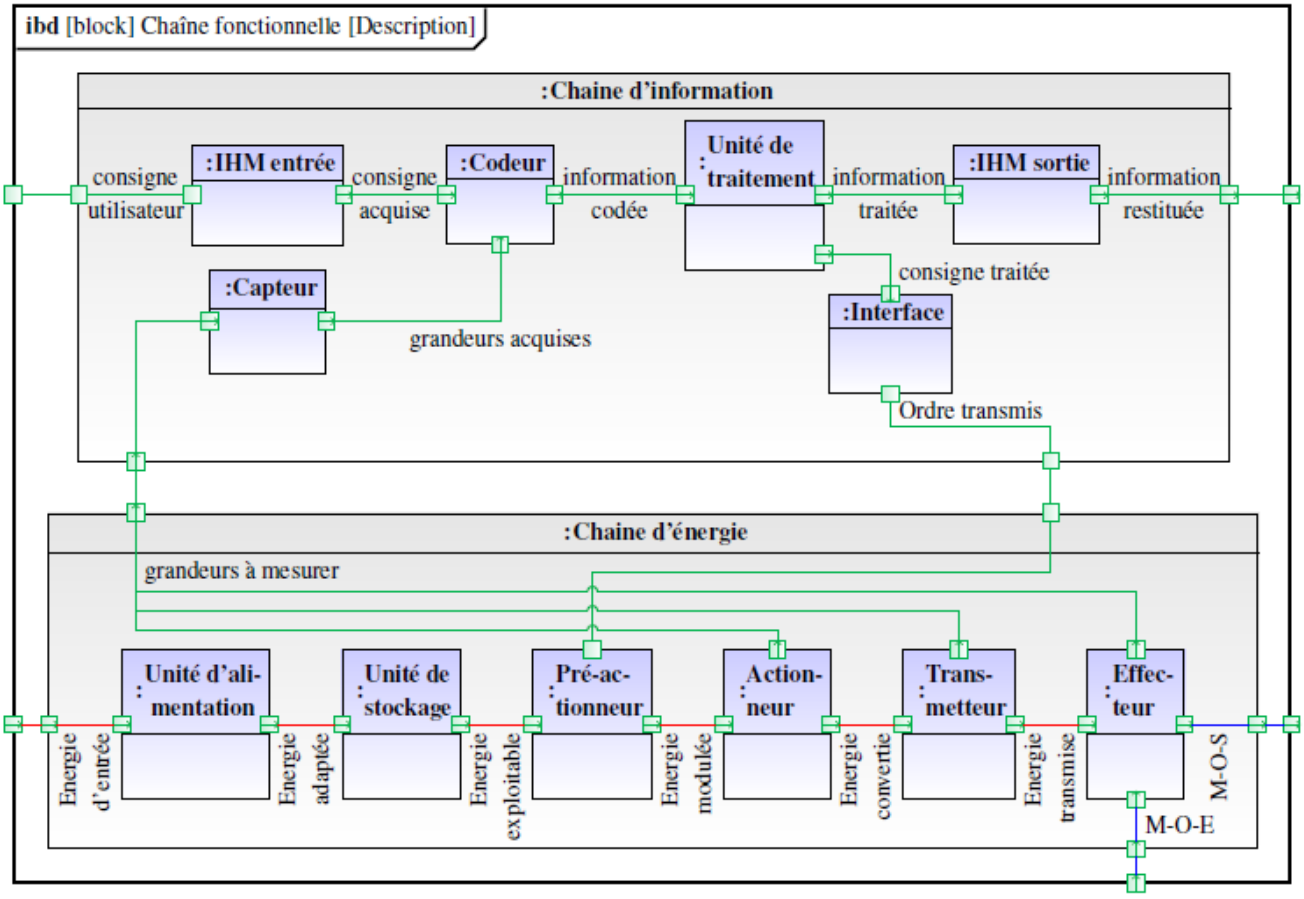
Définir les données entrantes et sortantes de la chaîne d'information, définir les énergies et matières entrantes et sortantes de la chaîne d'énergie.

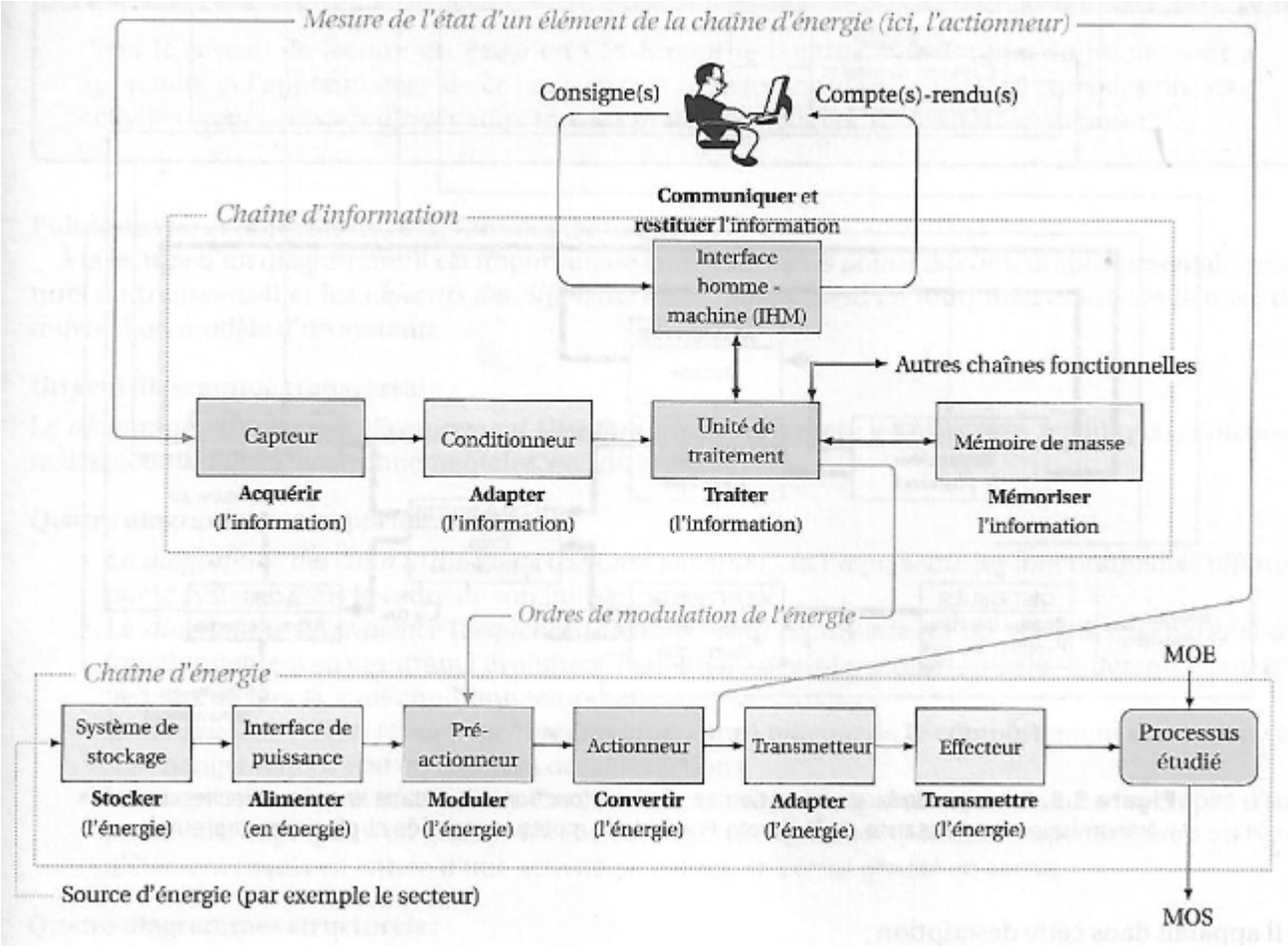
Question 2. *Compléter le tableau ci dessous.*

Fonction réalisée	Elément de Structure
Mesurer l'assiette	
Traiter les informations	
Distribuer l'énergie	
Transformer l'énergie	
Adapter l'énergie	
Agir sur l'axe du faisceau incorrect	

Question 3. *Construire le schéma montrant l'architecture de la chaine d'information.*

Question 4. *Construire le schéma montrant l'architecture de la chaine d'énergie.*


ibd [block] Chaîne fonctionnelle [Description]
:Chaine d'information
consigne utilisateur
:IHM entrée
consigne acquise
:Codeur
information codée
Unité de traitement
information traitée
:IHM sortie
information restituée
consigne traitée
:Capteur
grandeurs acquises
:Interface
Ordre transmis
:Chaine d'énergie
grandeurs à mesurer
Unité d'alimentation
Unité de stockage
Pré-actionneur
Action-neur
Trans-metteur
Effec-teur
Energie d'entrée
Energie adaptée
Energie exploitable
Energie modulée
Energie convertie
Energie transmise
M-O-S
M-O-E


Mesure de l'état d'un élément de la chaîne d'énergie (ici, l'actionneur)
Consigne(s)
Compte(s)-rendu(s)
Communiquer et restituer l'information
Chaîne d'information
Interface homme - machine (IHM)
Autres chaînes fonctionnelles
Capteur
Acquérir (l'information)
Conditionneur
Adapter (l'information)
Unité de traitement
Traiter (l'information)
Mémoire de masse
Mémoriser l'information
Ordres de modulation de l'énergie
Chaîne d'énergie
MOE
Système de stockage
Stocker (l'énergie)
Interface de puissance
Alimenter (en énergie)
Pré-actionneur
Moduler (l'énergie)
Actionneur
Convertir (l'énergie)
Transmetteur
Adapter (l'énergie)
Effecteur
Transmettre (l'énergie)
Processus étudié
Source d'énergie (par exemple le secteur)
MOS