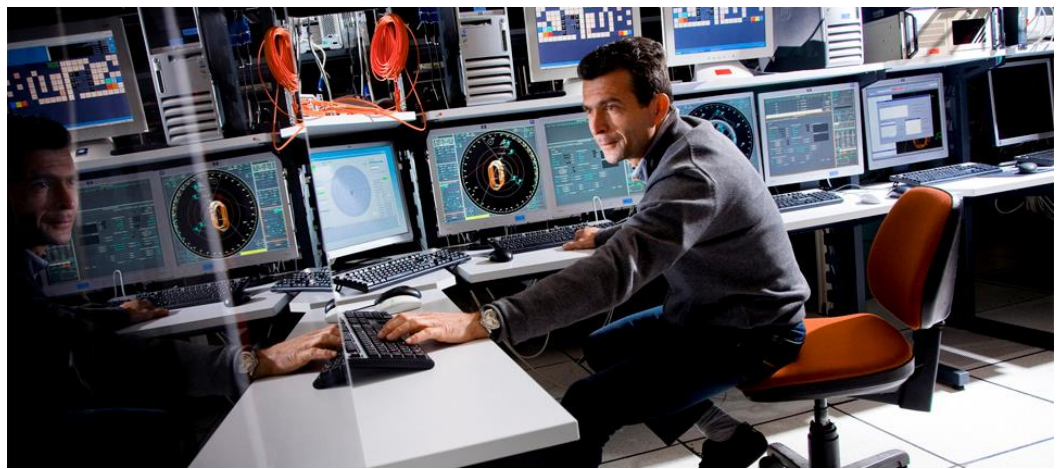


Ingénierie Système

Compétences attendues :

- ✓ Décrire le besoin et les exigences.
- ✓ Traduire un besoin fonctionnel en exigences.
- ✓ Définir les domaines d'application et les critères technico-économiques et environnementaux.
- ✓ Qualifier et quantifier les exigences.
- ✓ Évaluer l'impact environnemental et sociétal.
- ✓ Isoler un système et justifier l'isolement.
- ✓ Définir les éléments influents du milieu extérieur.
- ✓ Identifier la nature des flux échangés traversant la frontière d'étude.
- ✓ Associer les fonctions aux constituants.
- ✓ Identifier et décrire les chaînes fonctionnelles du système.
- ✓ Identifier et décrire les liens entre les chaînes fonctionnelles.
- ✓ Caractériser un constituant de la chaîne d'information.

Qu'est ce qu'un ingénieur ?



Qu'est ce qu'un ingénieur ?

Une Fonction dans l'entreprise et une Éthique.

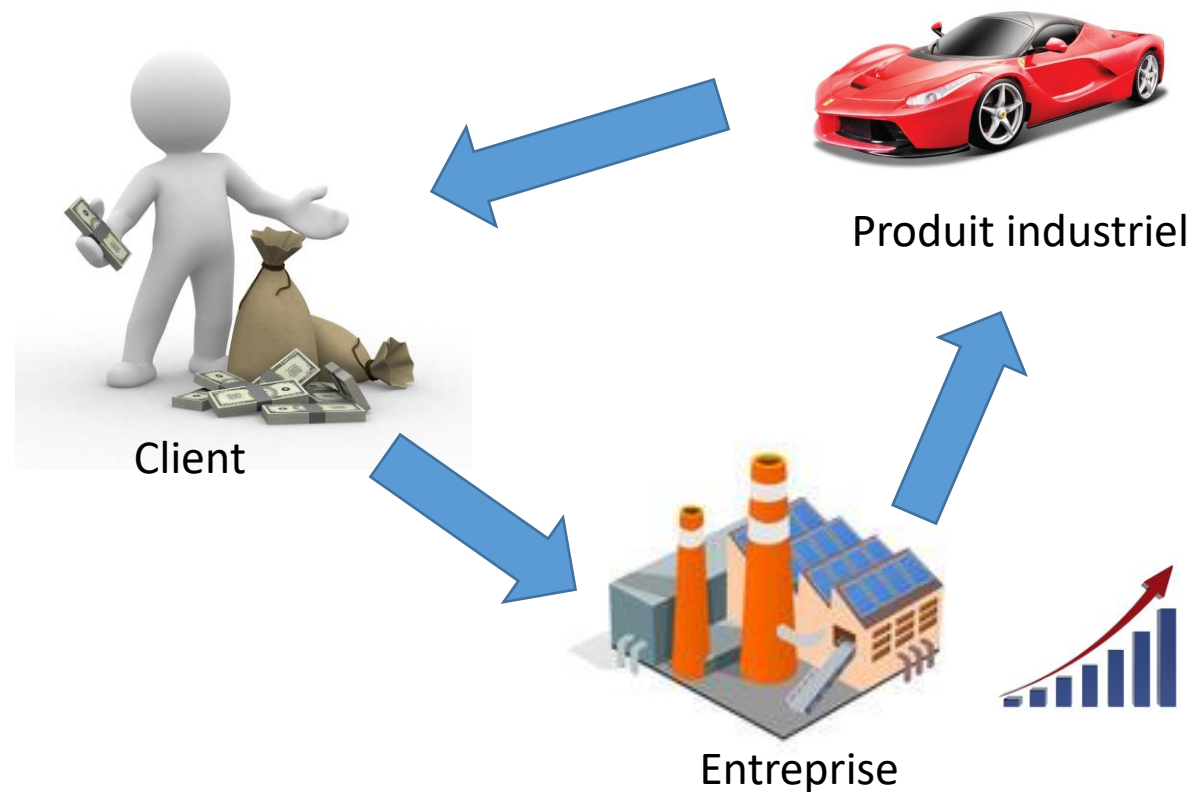
Le métier de base de l'ingénieur consiste à **poser et résoudre** de manière toujours plus performante des problèmes souvent complexes liés à la **conception**, à la **réalisation** et à la **mise en œuvre**, au sein d'une organisation compétitive (entreprise privée ou publique), de **produits**, de **systèmes** ou de **services**, éventuellement à leur financement et à leur commercialisation.



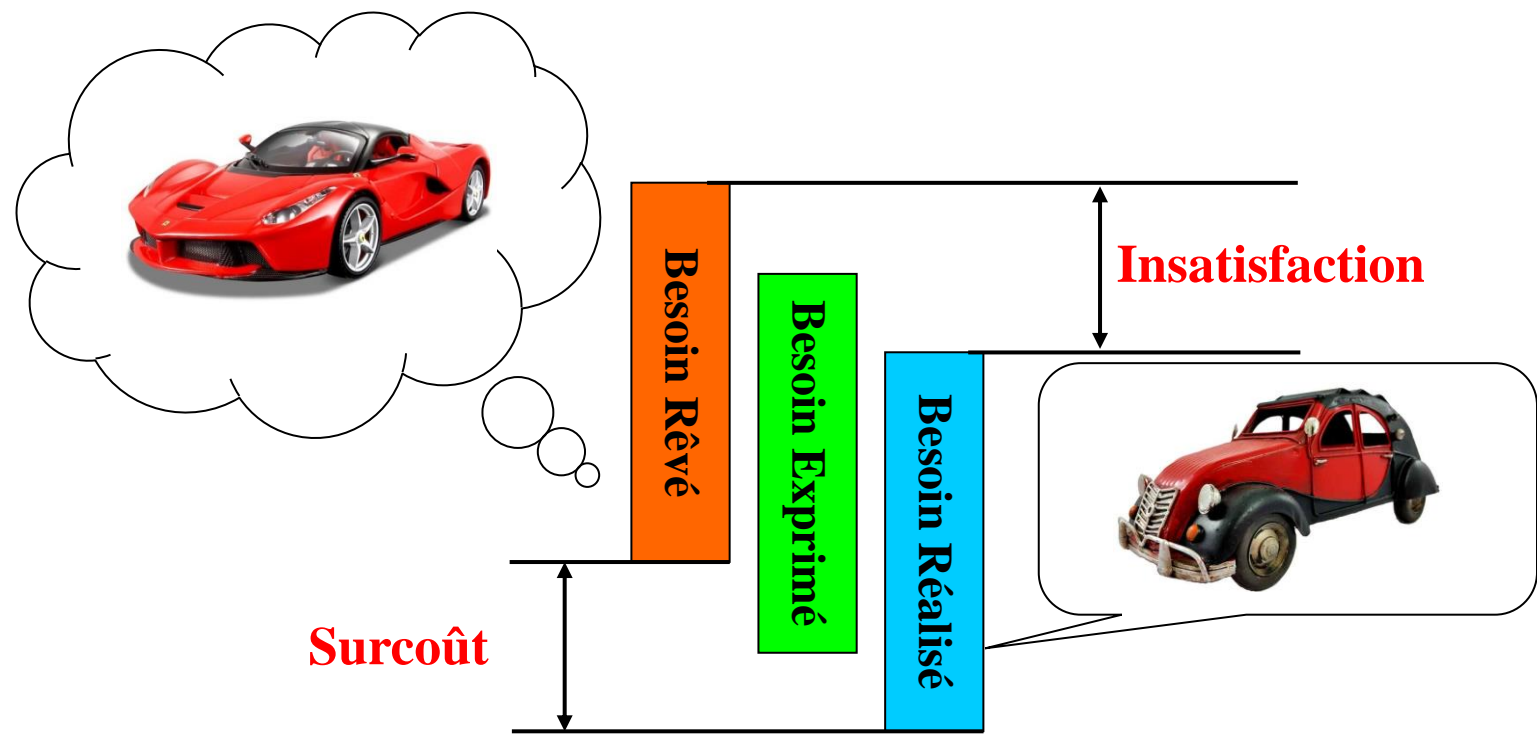
Le besoin

Définition du besoin :

Un **besoin** est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur



Le besoin



Le besoin



Systeme souhaité

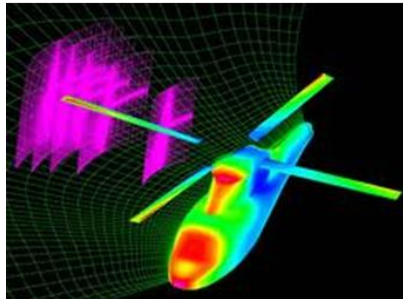
Service attendu



Hélicoptère

Systeme réel en utilisation

Service réalisé



Systeme conçu

Service simulé

Le produit

Un produit est réalisé pour satisfaire un besoin. Ainsi, le besoin du client est satisfait par l'utilisation du produit.

- Un objet



- Un service



- Un processus



Le système

Définition d'un système :

Un système est un ensemble d'éléments entre-liés dont le but est de réaliser une ou plusieurs fonctions, dans le but de **satisfaire** un ou plusieurs **besoins** cohérents d'un utilisateur.

Techniquement un **système** est défini par ses **constituants**, sa **structure** et ses **performances**.



Le système

Attention : Un système n'est pas un ensemble. Un ensemble est défini uniquement par les éléments qui le composent. Un **système** est défini par les éléments qui le composent **ET** par l'ensemble des **interactions** entre ces éléments.

Il présente des **propriétés nouvelles résultant des interactions et des flux échangés** entre les éléments constitutifs et le milieu.



Décomposition du système en sous-systèmes



Une moto-cross



Une boite de vitesses



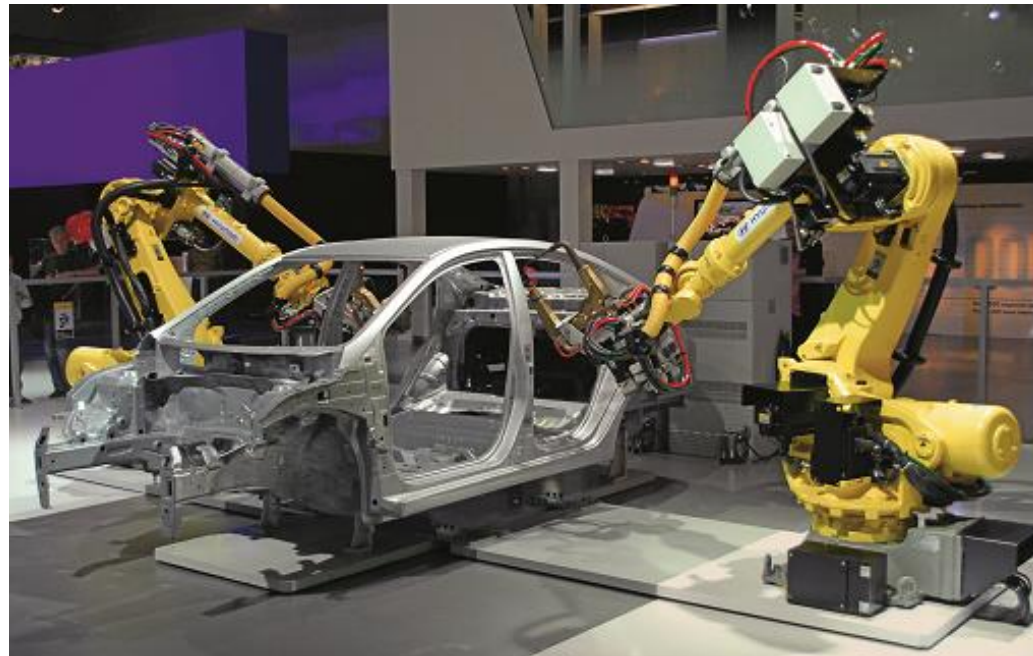
Un roulement à billes

Les systèmes complexes

Définition d'un système complexe :

Un système est dit **complexe** lorsque les inter-relations liant les composants sont **multiples, interdépendantes et bouclées**.

Le **comportement global** n'est donc **pas directement prévisible** à partir des **comportements élémentaires** de chacun des constituants.



Autour du système : Le milieu extérieur

Définition du milieu extérieur :

Le **milieu extérieur** est l'ensemble des éléments extérieurs au système en interaction avec celui-ci.



Quels sont les éléments extérieurs au système ?

Matière d'œuvre

Définition de la matière d'œuvre :

On appelle **matière d'œuvre** ce sur quoi agit le système pour le faire passer d'un état initial (**matière d'œuvre entrante - MOE**) à un état final (**matière d'œuvre sortante - MOS**).

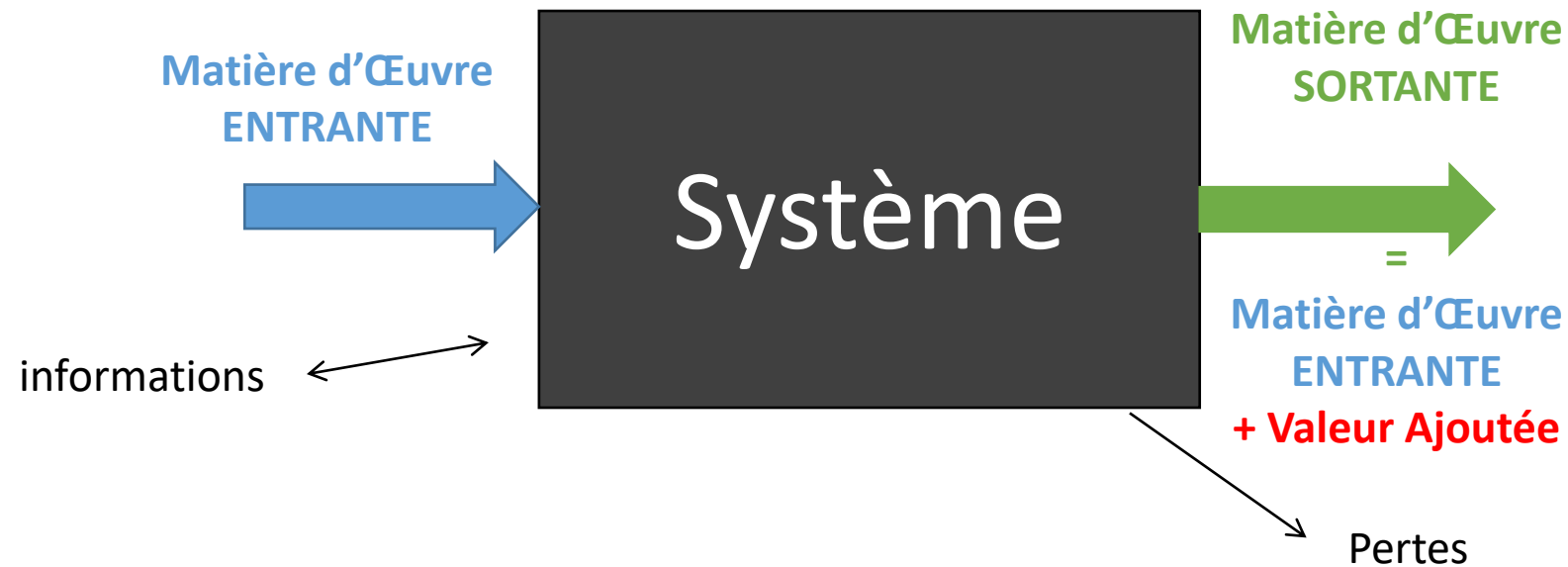
La matière d'œuvre est un **flux = matière, énergie ou information.**

Attention : La matière d'œuvre est extérieure au système !

La valeur ajoutée

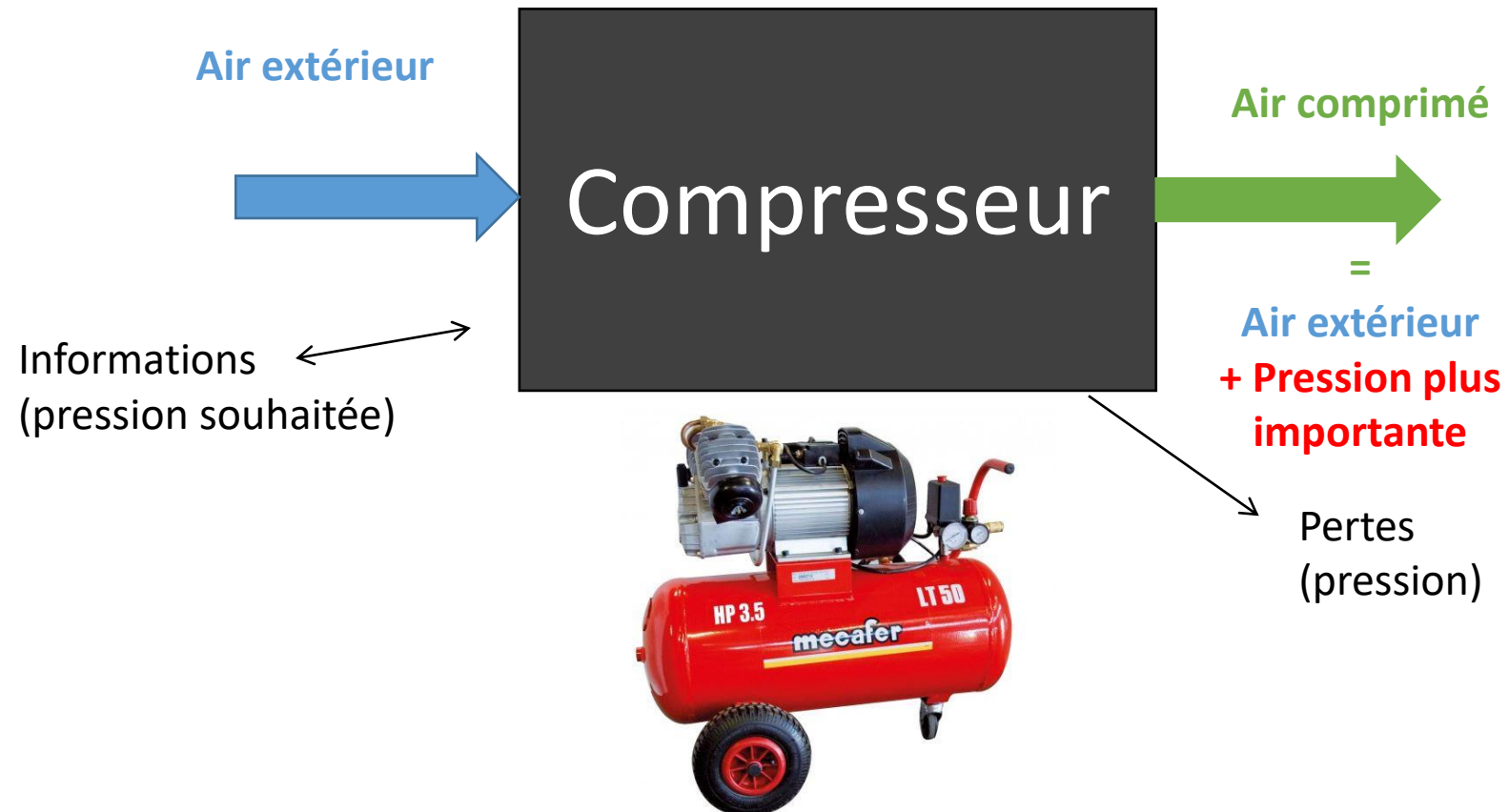
Définition de la valeur ajoutée :

La modification des caractéristiques de la matière d'œuvre après passage dans le système est appelée **valeur ajoutée**.



La valeur ajoutée

Exemple : Un compresseur d'air



Fonctions du système

Définition de la fonction d'un système :

Une **fonction** est une action réalisée par un système (ou de l'un de ses constituants), qui exprime le but à atteindre.

Fonction = verbe à l'infinitif + un complément.

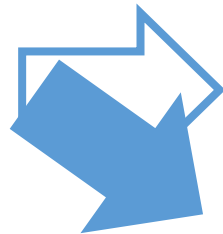
Analyse de la valeur

AUGMENTER LES BENEFICES



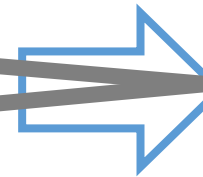
Augmenter le prix de vente ?
Diminuer les coûts ?
**Fournir un produit qui répond
au besoin au meilleur coût !**

BESOIN



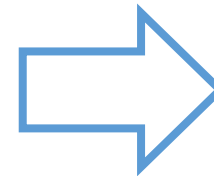
PRODUIT

FONCTION UTILES



~~FONCTION UTILES~~

~~FONCTION INUTILES~~



PRODUIT

Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...

Etude de Standish Group [1996]

- Seuls 16 % des projets sont terminés dans le respect du cahier des charges.
- 31 % des projets n'aboutissent pas.
- 45 % des projets ont un dépassement budgétaire de plus de 50 % dont 11 % avec des dépassements supérieurs à 200 % (soit plus du triple du budget initialement alloué).
- 57 % des projets ont un retard de plus de 50% dont 10 % avec un retard supérieur à 200 %.

Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...

Cause des échecs : *(Les points couverts directement ou indirectement par l'Ingénierie Système sont indiqués par [IS].)*

- 12,8 % : manque de prise en compte des utilisateurs [IS] ;
- 12,5 % : exigences et spécifications incomplètes [IS] ;
- 11,8 % : changement des exigences et spécifications au cours de la conception [IS] ;
- 7,5 % : manque de soutien de la direction ;
- 7 % : incompétence sur les technologies [IS] ;
- 6,4 % : manque de ressources ;
- 5,9 % : attentes non réalistes ;
- 5,3 % : objectifs non clairement explicités [IS] ;
- 4,3 % : délais non réalistes ;
- 3,7 % : mauvaise maîtrise des nouvelles technologies ;
- 23 % : autres causes (marché mouvant, concurrence internationale, etc...).

Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...

Coup dur pour Samsung, contraint de rappeler des millions de smartphones

High-Tech | 02 septembre 2016, 10h35 | f t 0



Le numéro un mondial des smartphones Samsung, devant l'américain Apple, se bat pour préserver sa réputation alors que son grand rival s'apprête à lancer un nouvel iPhone. (AFP/Ilya S. Savenok)



Coup dur pour Samsung: le géant sud-coréen de l'électronique a annoncé vendredi qu'il allait suspendre les ventes de son nouveau smartphone vedette, le Galaxy Note 7, et rappeler des millions d'exemplaires, après des explosions de batteries.

Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...

Europe 1 **EN DIRECT** PROGRAMMES / PODCASTS REPLAY ACTUS

POLITIQUE INTERNATIONAL SPORT MÉDIAS CULTURE ÉCONOMIE SOCIÉTÉ DÉVELOPPEMENT PERSONNEL SANTÉ

L'ÉDITO ÉCO CONSO EMPLOI IMPÔTS IMMO TECHNOLOGIES ENTREPRISE

ACCUEIL / ÉCONOMIE

Trains trop larges à la SNCF : quelques centimètres qui vont coûter des millions

© 13h46, le 21 mai 2014, modifié à 07h13, le 27 mai 2014 AA



@ REUTERS

Partagez sur :    

L'ESSENTIEL - La facture de l'erreur de la SNCF et de RFF sera lourde. Tant sur le plan économique qu'industriel.

L'info. "Consternant", "stupide", "gaspillage", appels à la démission : pour quelques centimètres de trop, la SNCF et RFF se sont attirés les foudres du monde politique. La compagnie ferroviaire a [commandé 341 rames TER trop larges pour pouvoir passer entre tous les quais](#) des gares françaises. Résultat, près de 1.300 quais à raboter pour un coût estimé à 50 millions d'euros. Et de sévères rappels à l'ordre,

Pourquoi l'Ingénierie Système Ce que l'on souhaite éviter ...



Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...

fil info | App Mobile | Newsletter

l'express
L'Expansion

Rechercher

ACTUALITÉ ÉCONOMIE FINANCES PERSO ENTREPRISE EMPLOI STYLES TENDANCES VIDÉOS CODES PROMO

A LA UNE ACTUALITÉ ECONOMIQUE **ENTREPRISES** HIGH-TECH CARRIÈRE IMMOBILIER BOURSE PLACEMENT IMPÔTS VIDÉOS Solution Business


ENTREPRISES /

A voir : Amazon • Air France et la "chemise arrachée" • Dieselgate • EDF et l'EPR d'Hinkley Point • Chantiers de Saint-Nazaire

Un A380 Qantas se pose à Dubaï après un incident de moteur

Économie / Entreprises / Par L'EXPRESS.fr, publié le 04/11/2011 à 09:55

Partager Tweeter LinkedIn



Un Airbus A380 de la compagnie australienne Qantas avait dû effectuer un atterrissage d'urgence à l'aéroport de Singapour le 4 novembre 2010. REUTERS/Vivek Prakash

Il y a un an jour pour jour, un autre des appareils A380 de la compagnie avait dû se poser en urgence à Singapour, après une avarie de moteur. Cette fois il s'agirait d'un défaut de pression d'huile dans l'un des moteurs.

A LIRE AUSSI

AUSTRALIE + S'ABONNER

Australie : Un incident de moteur fait atterrir d'urgence un A380



Écrit par [Clement L.](#) Publié il y a 2115 jours

Un A-380 de la compagnie aérienne Fly Emirates a dû atterrir d'urgence en Australie après avoir constaté un problème moteur. Aucun blessé n'est à déplorer. [melty.fr](#) vous en dit plus.

Pourquoi l'Ingénierie Système

Ce que l'on souhaite éviter ...



Ce que le Marketing a demandé



Ce que les commerciaux ont ordonné



Ce que les ingénieurs ont conçu



Ce qui a été fabriqué



Ce qui a été installé



Ce que le CLIENT voulait

Ingénierie Système

Définition de l'Ingénierie Système :

L'Ingénierie Système est une **démarche méthodologique générale** qui englobe l'ensemble des activités adéquates pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes.

L'ingénierie Système est une méthode de résolutions de problèmes complexes.

C'est une approche et des moyens **interdisciplinaires** permettant la **réalisation** et le **déploiement de systèmes réussis.**

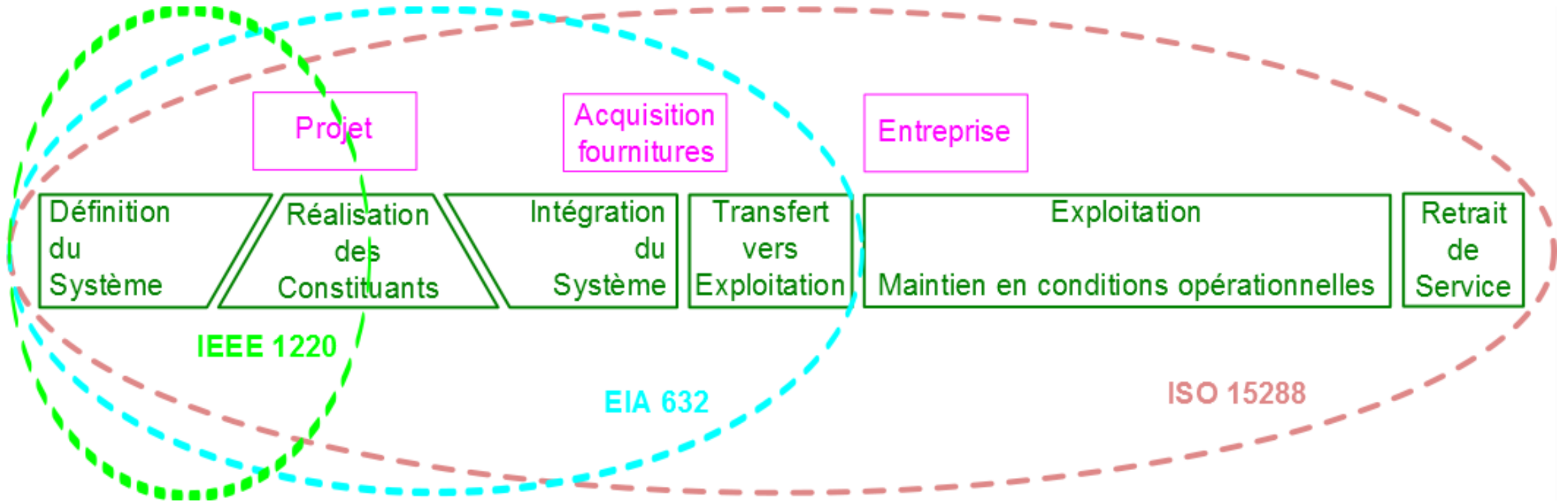
Ingénierie Système

Plus précisément, l'Association Française d'Ingénierie Système définit l'Ingénierie Système comme :

- un **processus coopératif et interdisciplinaire** de résolution de problème,
- s'appuyant sur les connaissances, méthodes et techniques issues de la science et de l'expérience,
- mis en œuvre pour **définir, faire évoluer** et vérifier la définition d'**un système** (système en IS = ensemble organisé de matériels, logiciels, compétences humaines et processus en interaction)
- apportant une solution à un **besoin opérationnel identifié** conformément à des **critères d'efficacité mesurables**,
- **satisfaisant aux attentes et contraintes** de l'ensemble de ses parties prenantes et soit acceptable pour l'environnement,
- cherchant à équilibrer et **optimiser** sous tous les aspects l'économie globale de la solution sur **l'ensemble du cycle de vie du système**.

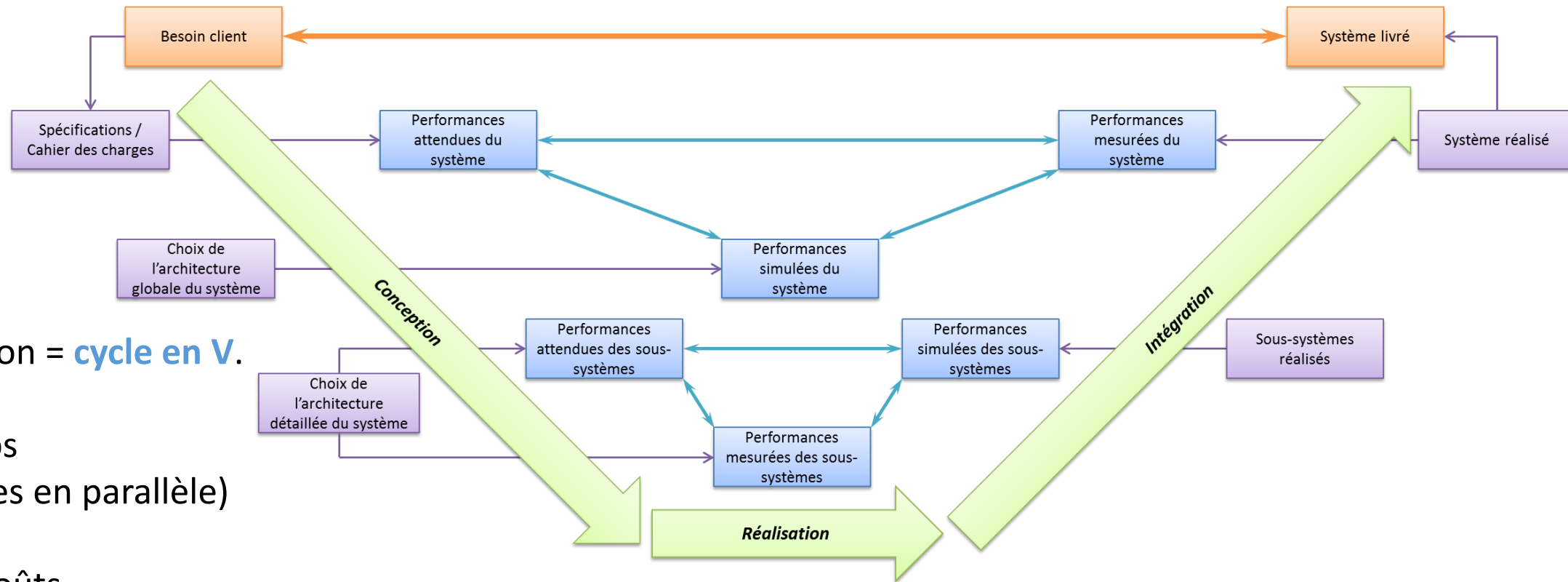
*Définition de l'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système)
Chapitre Français de l'INCOSE (International Council on Systems Engineering)*

Ingénierie Système



Cycle de vie du produit

Ingénierie Système



Détail Réalisation = **cycle en V**.

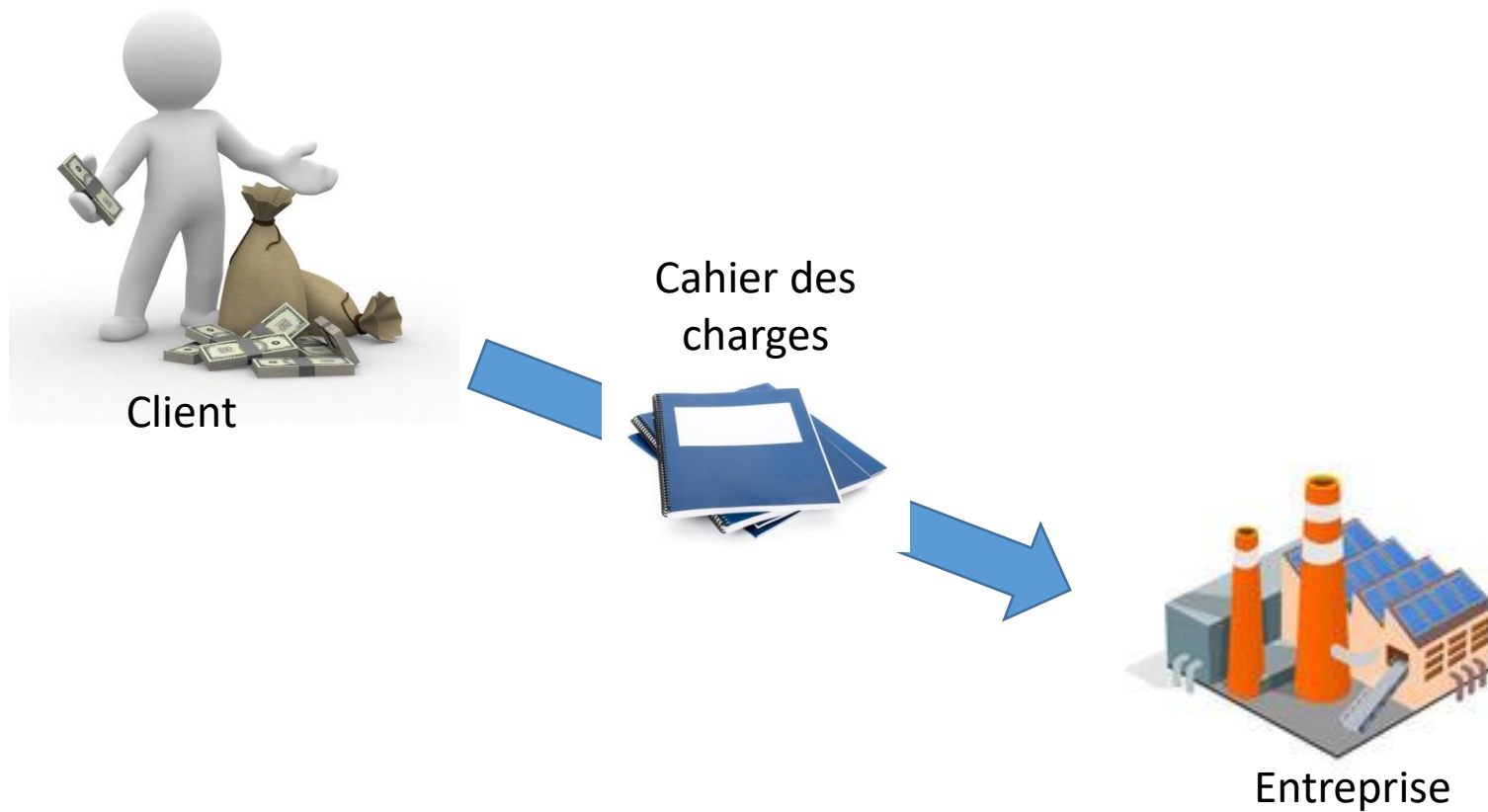
Limiter le temps
(sous ensembles en parallèle)

Limiter et les coûts
(validation à chaque étape)

Itérations en cas d'échec de la validation plus coûteuses si on s'éloigne de la base du V.

Les étapes de la branche descendante (gauche) sont donc fondamentales.

Le Cahier des Charges



Le Cahier des Charges

Le point de départ de la conception proprement dite est le **Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)**. Il est établi selon le cas avec le client (réponse à un besoin formulé par un client donné) ou sans (mise sur le marché d'un nouveau produit, besoin établi par des analyses de marché, des analyses de tendances ...).

Récapitule les **exigences** et **fonctions** que devra remplir et assurer le système pour **satisfaire le besoin**.

Toujours une fonction principale.

Fonction = Verbe à l'infinitif + compléments.

Pas de solutions techniques (contrat passé avec le client).

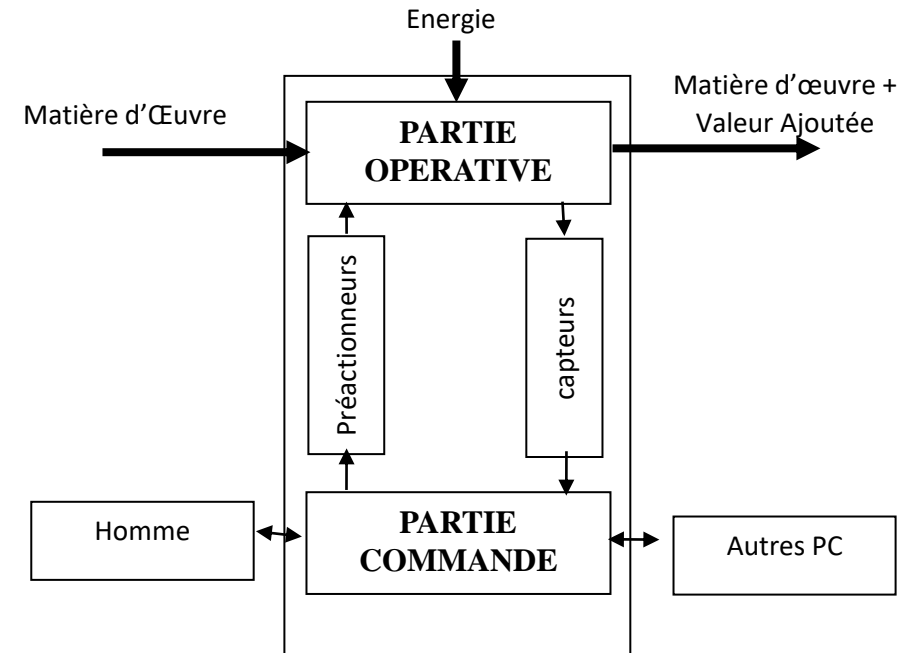
Exemple de Cahier des Charges



Exigences	Critères	Niveaux	Flexibilité
Gérer l'énergie de DEMETER	Durée d'éclairement des panneaux solaires	65 min	Maxi
	Capacité du système de batteries	15 A.H	-
	Nombre de circuits électriques à alimenter	44	Aucune
	Intensité dans le circuit	0,6 A	$\pm 0,02$ A
Adapter la vitesse	Vitesse relative maximale	30 m/s	Maxi

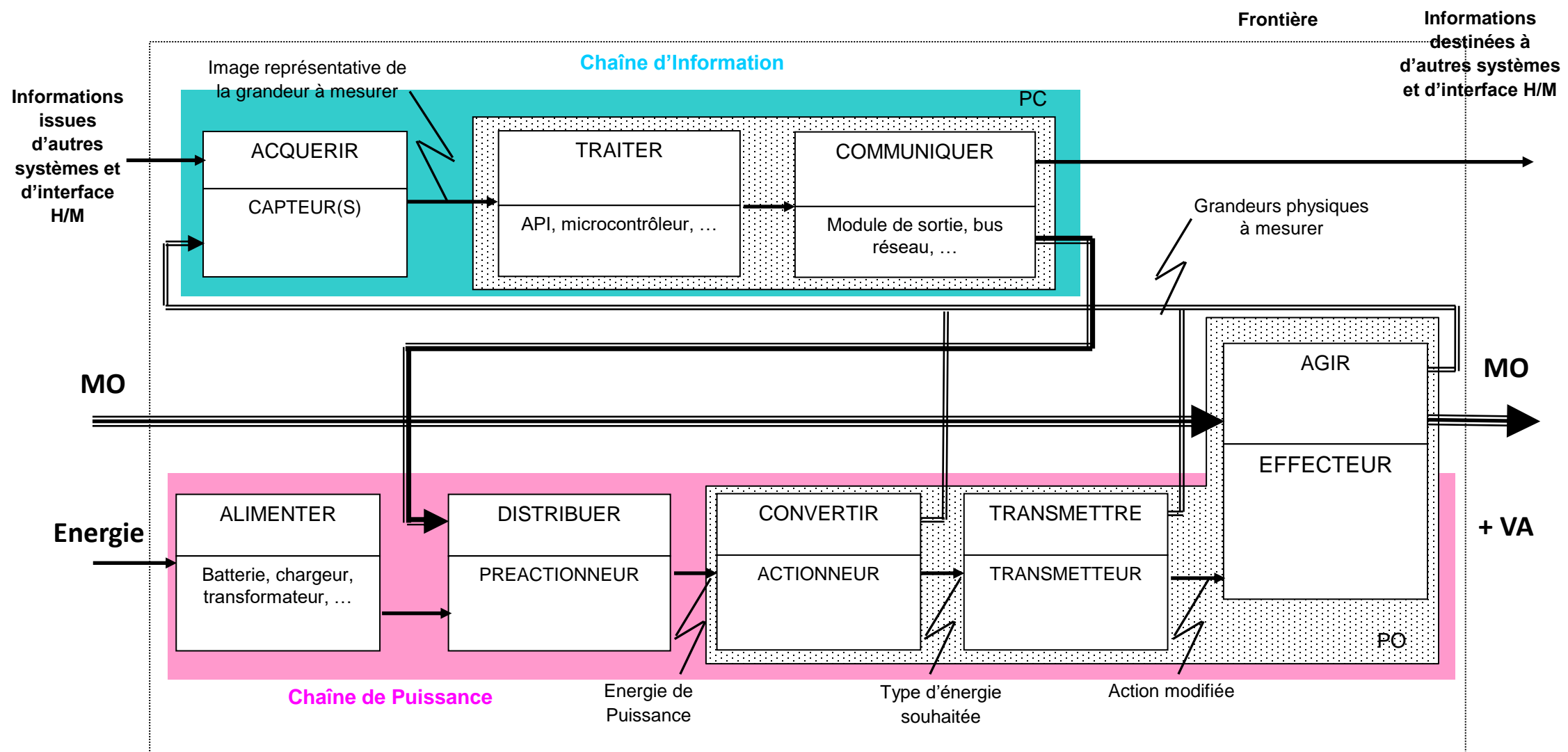
Architecture des systèmes

Partie Opérative / Partie Commande

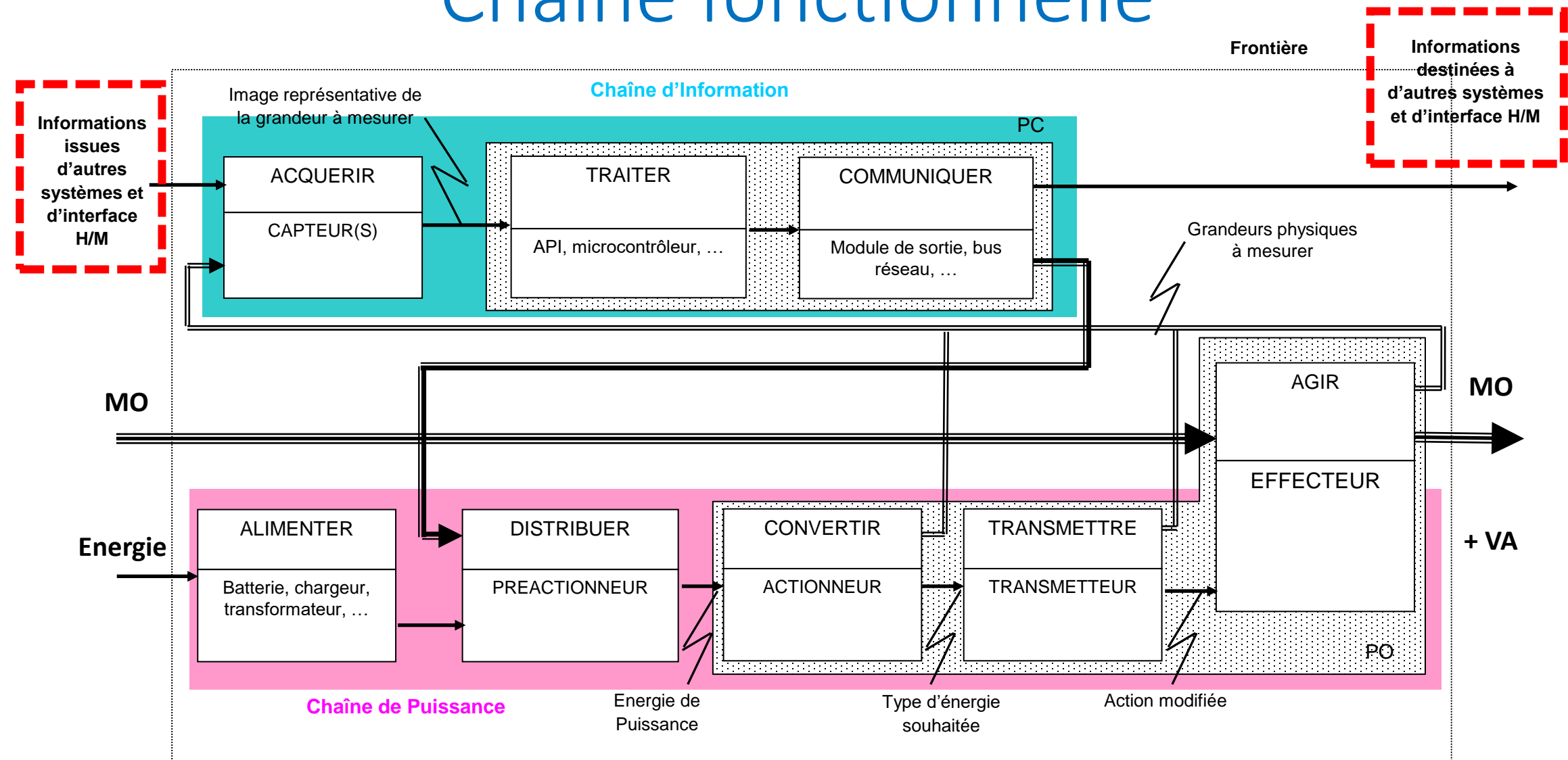


Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle



Architecture des systèmes Chaîne fonctionnelle



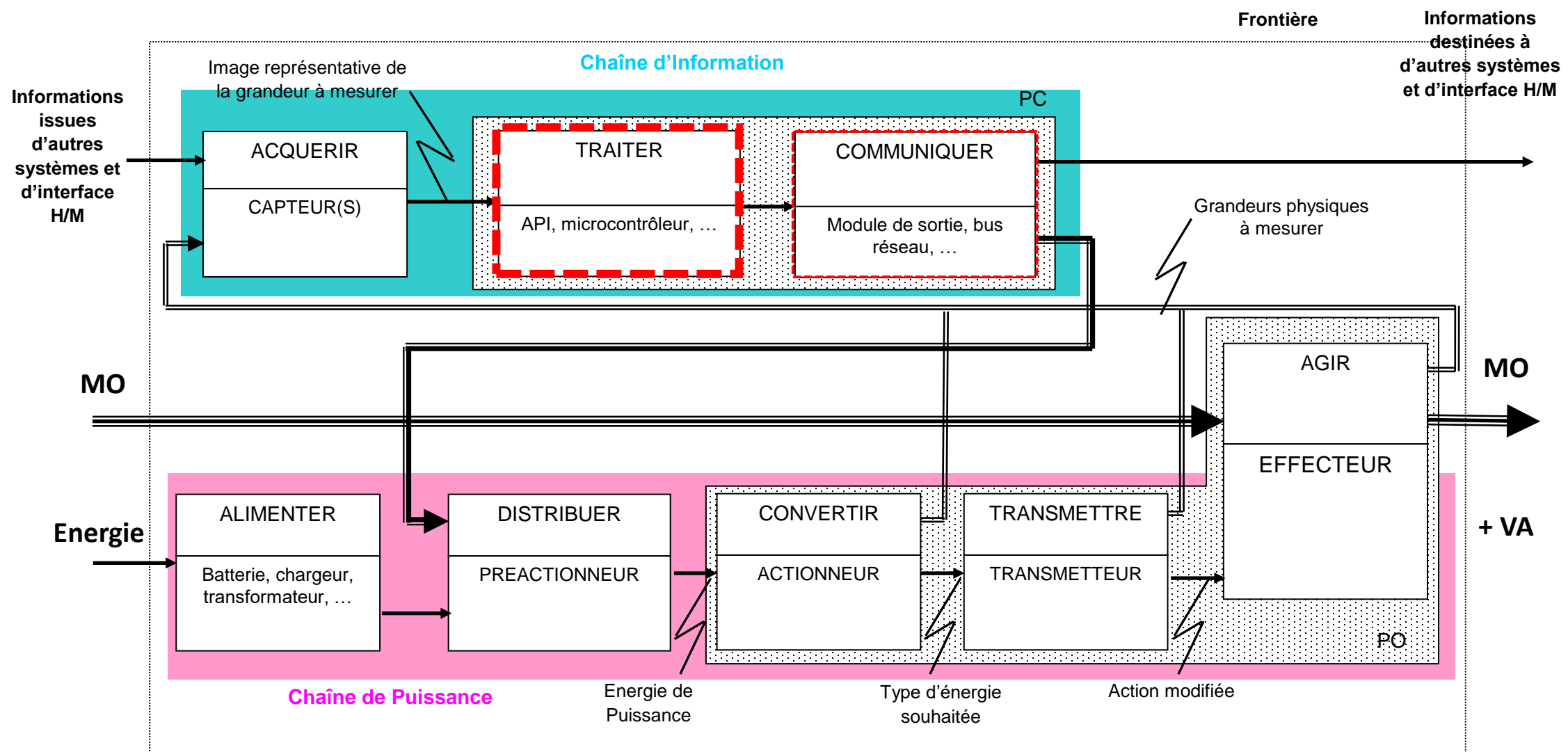
Interfaces (H/M et M/H)



Dialogue entre l'Homme et la Machine

Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle



Unités de traitement et de mémoire

Automate Programmable Industriel (API)



Unité principale dans l'industrie, la domotique et la logistique (production d'automobiles, tri du courrier et de colis, ...).

Microcontrôleurs



Utilisé généralement dans les systèmes grand public (machine à café, robots, ...).

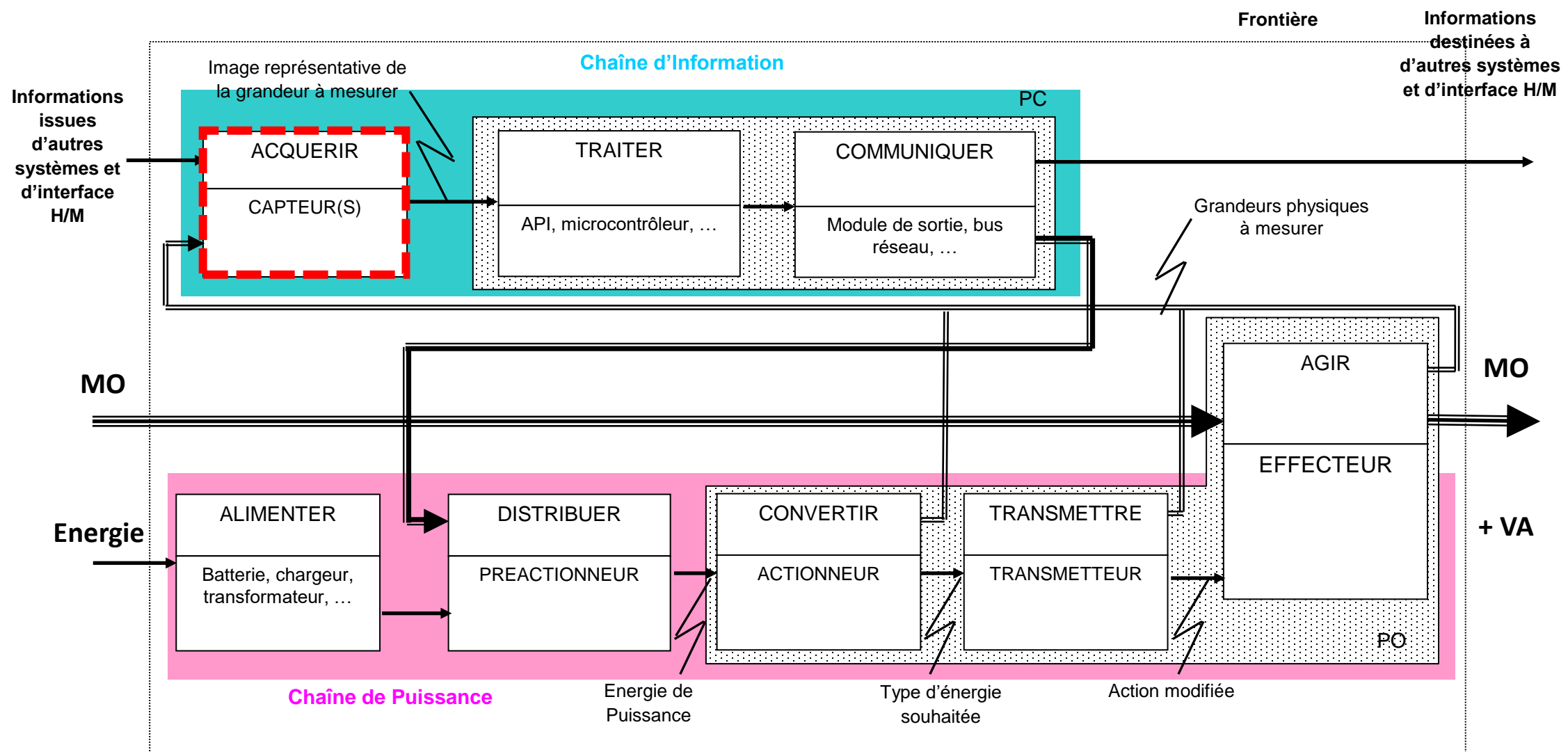
Circuits logiques (programmables ou non)



Utilisés généralement dans les applications nécessitant de l'électronique numérique (télécommunication, aéronautique, ...).

Architecture des systèmes

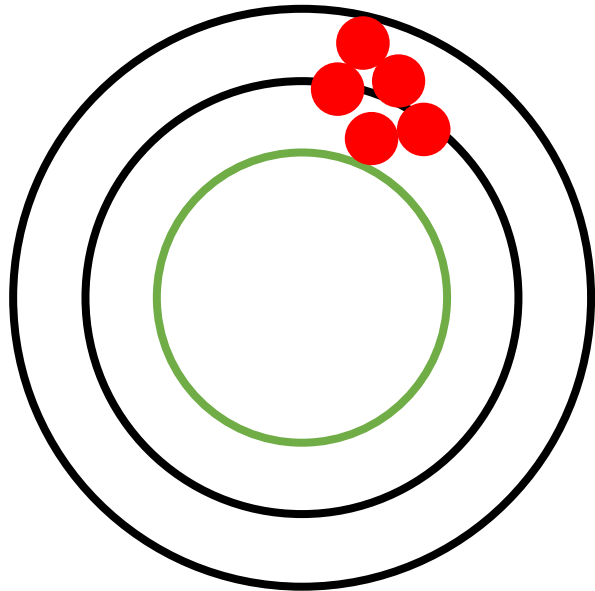
Chaîne fonctionnelle



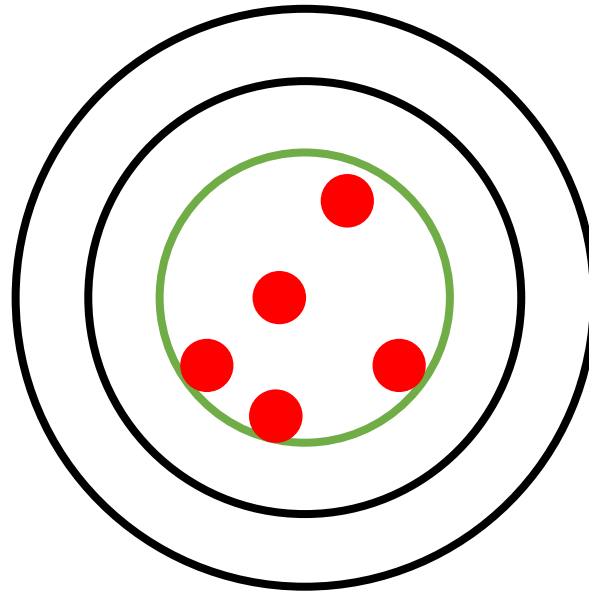
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

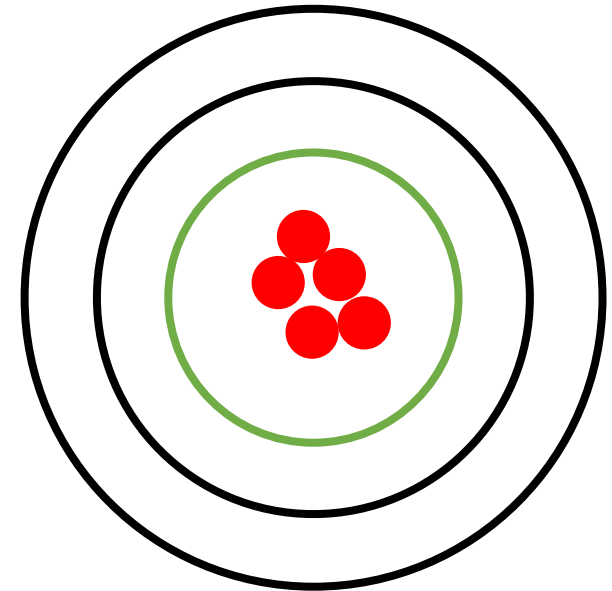
Fidélité



Justesse

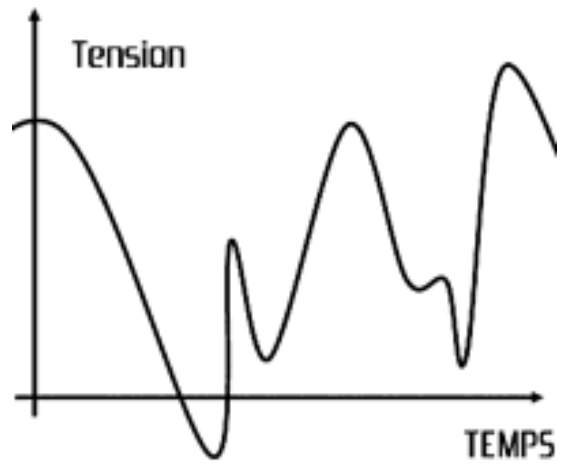


Précision

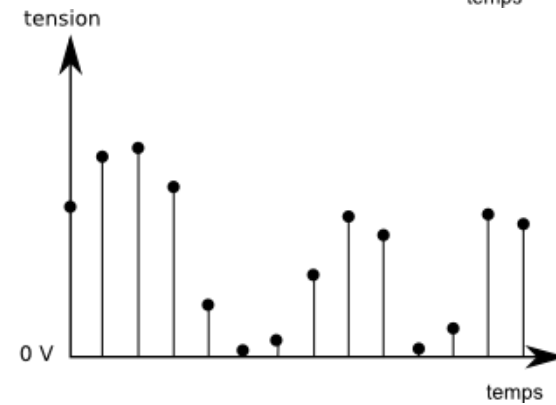
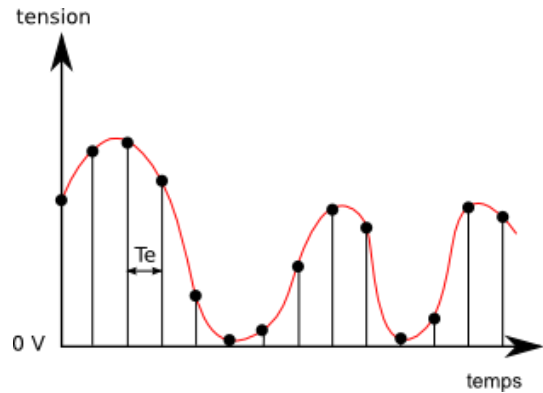


Capteurs

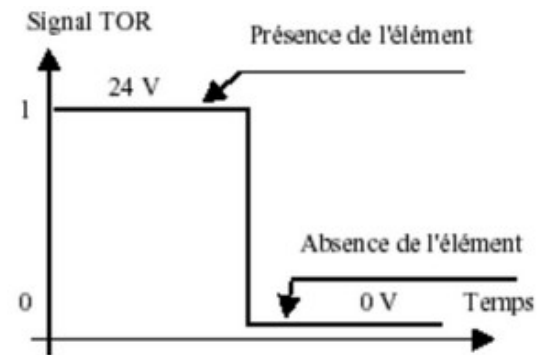
MESURER / DONNER UNE IMAGE



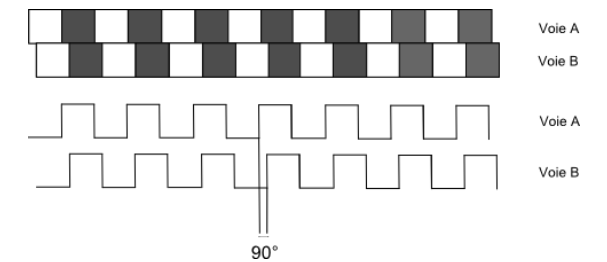
Signal analogique



Signal numérique



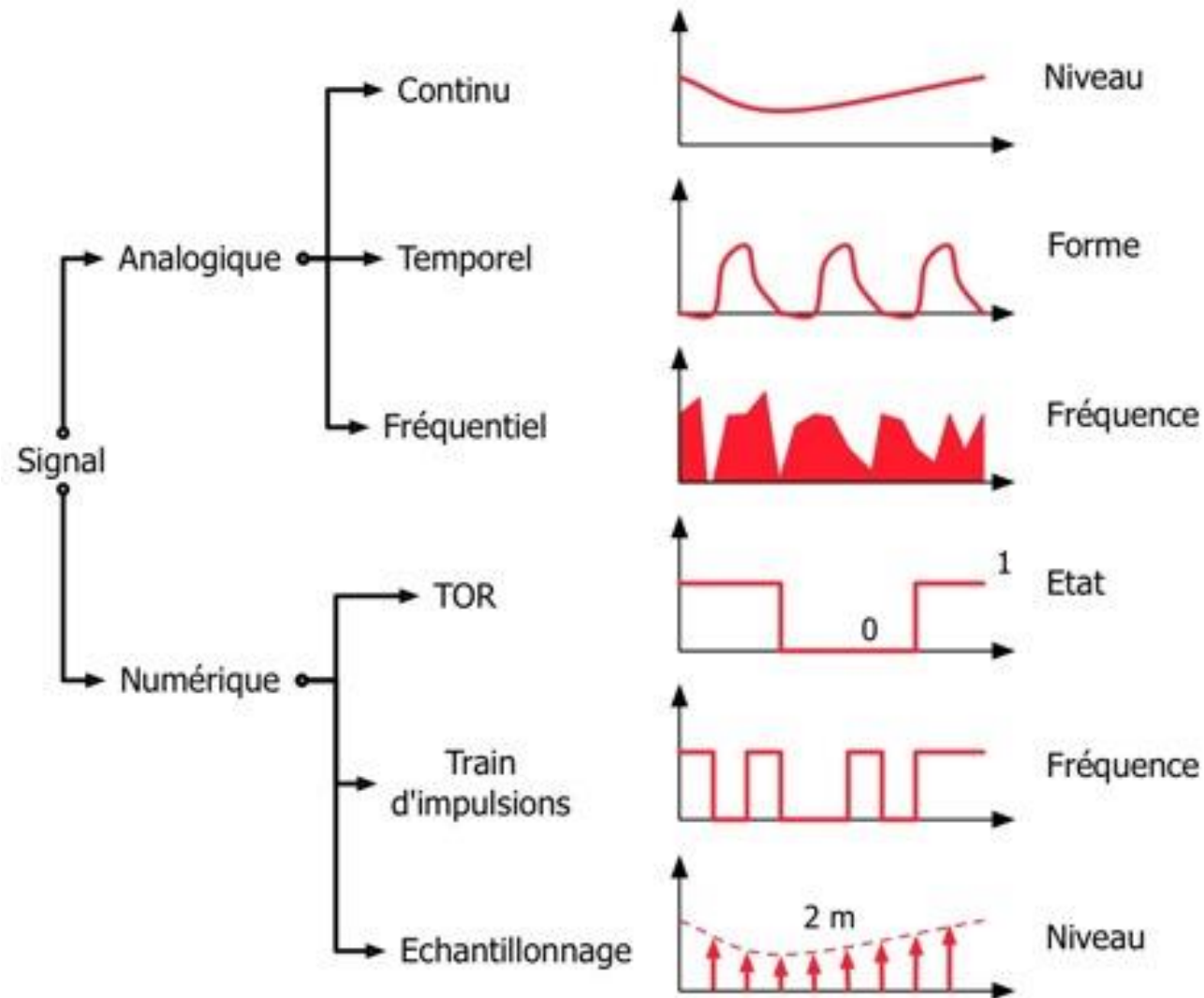
Signal Tout Ou Rien (TOR)



Signal impulsion

Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE



Capteurs actifs

Grandeur Physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
	Pyroélectricité	Charge
Flux de rayonnement optique	Photo-émission	Courant
	Photovoltaïque / Photoélectrique	Tension
Force ou pression	Piezo-électricité	Charge
Accélération ou vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant) ou courant	Effet hall	

Capteurs passifs

Grandeur Physique à mesurer	Caractéristique sensible	Matériaux
Température	Température	Platine, nickel, Cuivre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation		Alliage Nickel, silicium
	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Magnéto-résistants

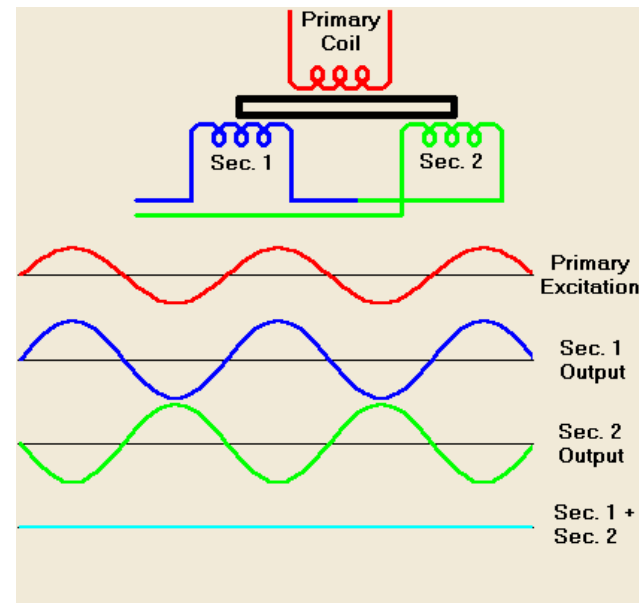
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

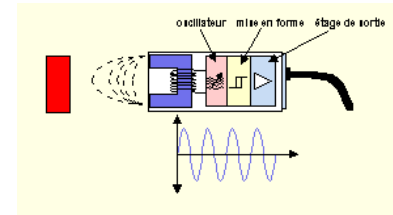
Détection d'objet



Contact



Inductif

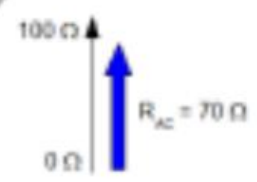
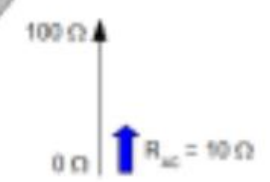
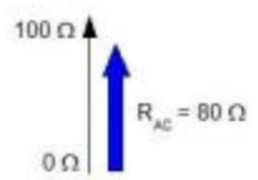
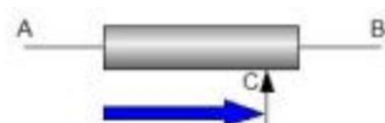
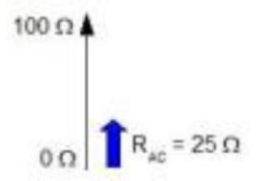
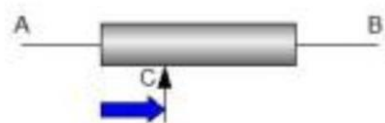
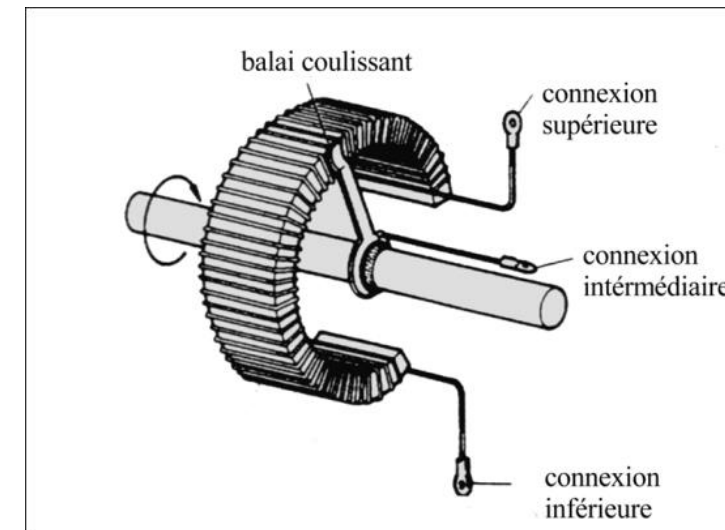
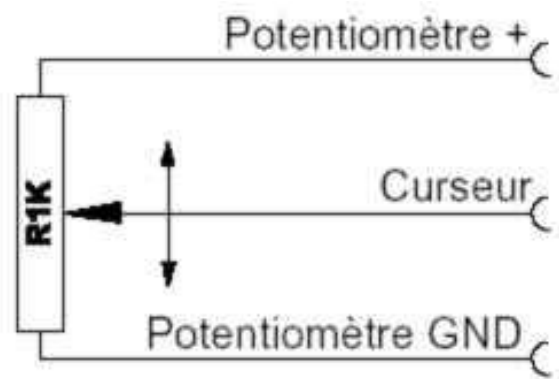


Capacitif

Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Position analogique

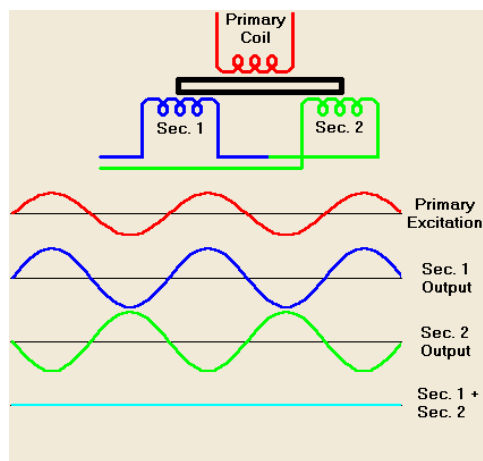


Résistif

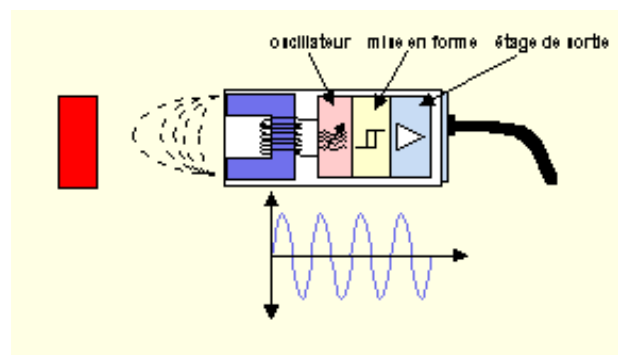
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

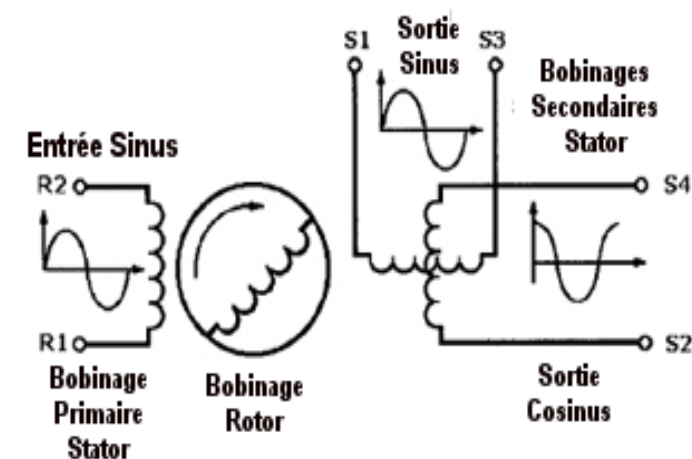
Position analogique



Inductif



Capacitif

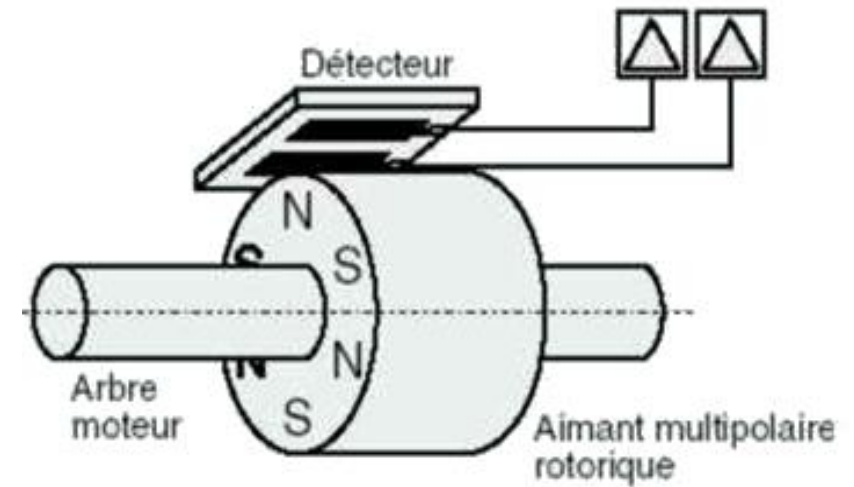
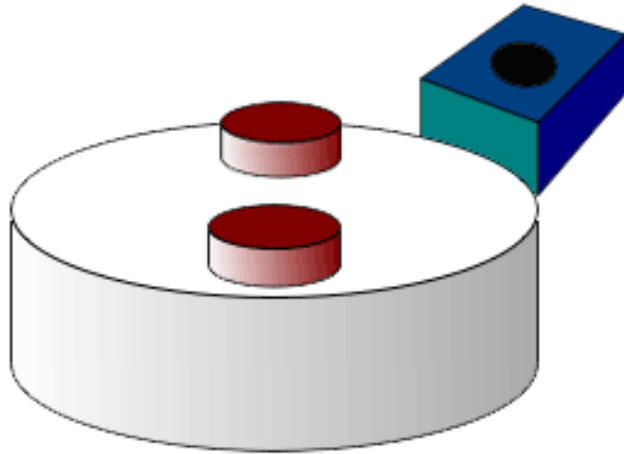


Resolver

Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Position numérique

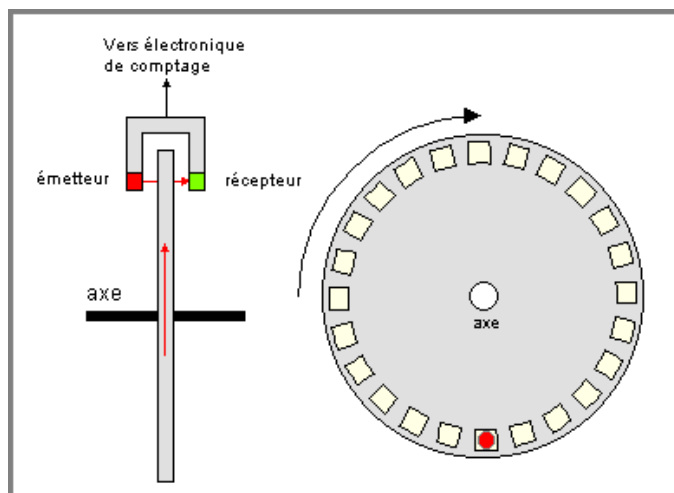
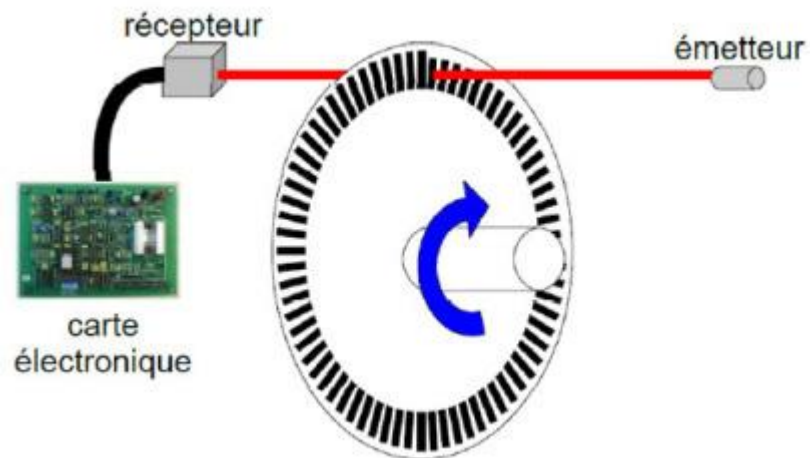


Capteur à effet Hall

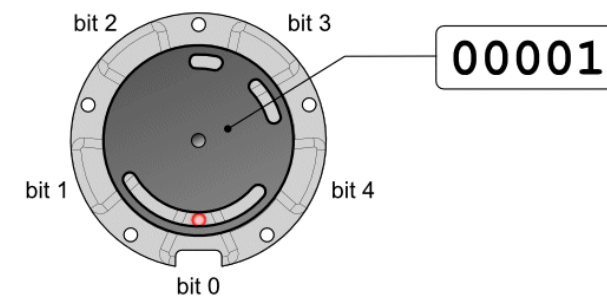
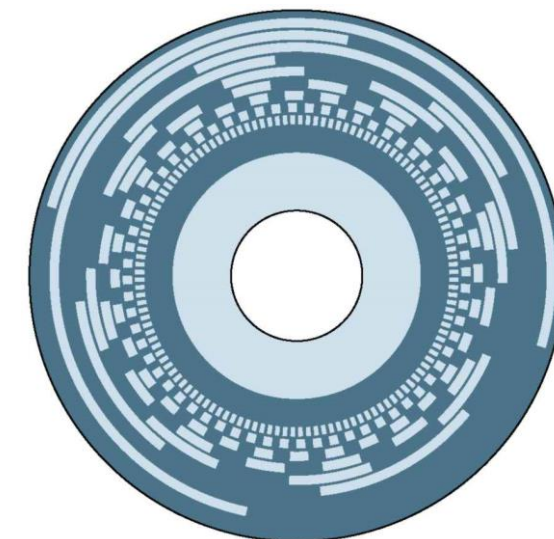
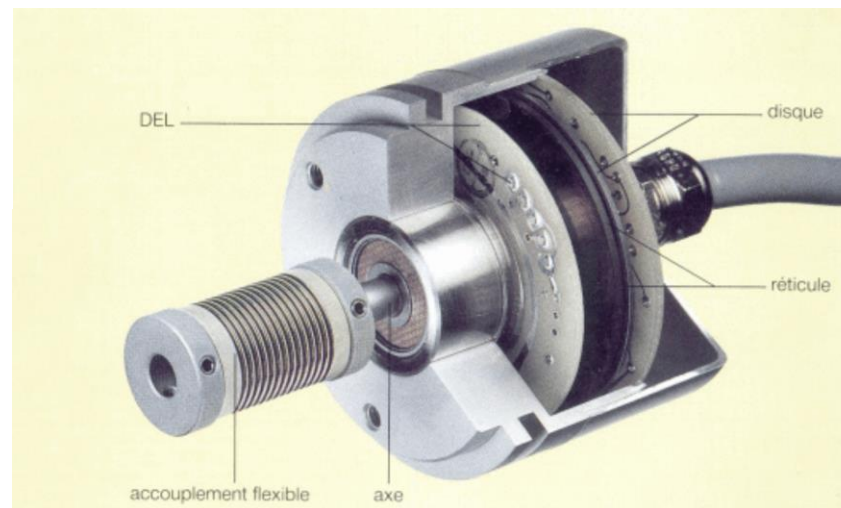
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Position numérique



Codeur optoélectronique / Codeur incrémental

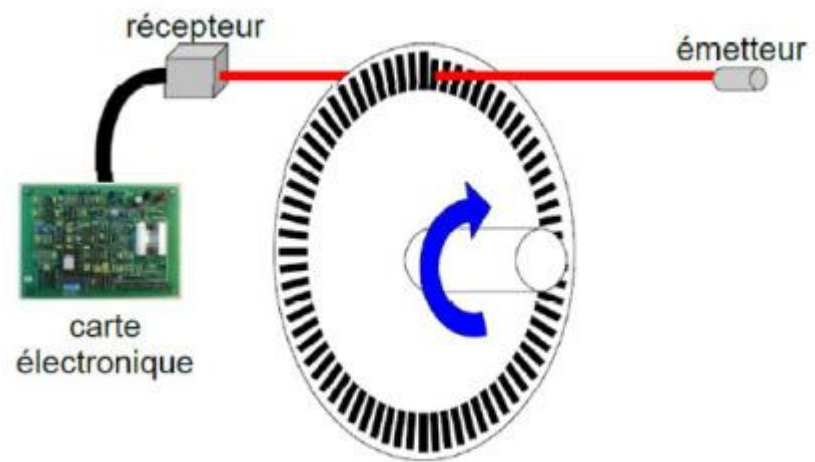


Encodage direct / Codeur absolu

Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Vitesse



Codeur optoélectronique

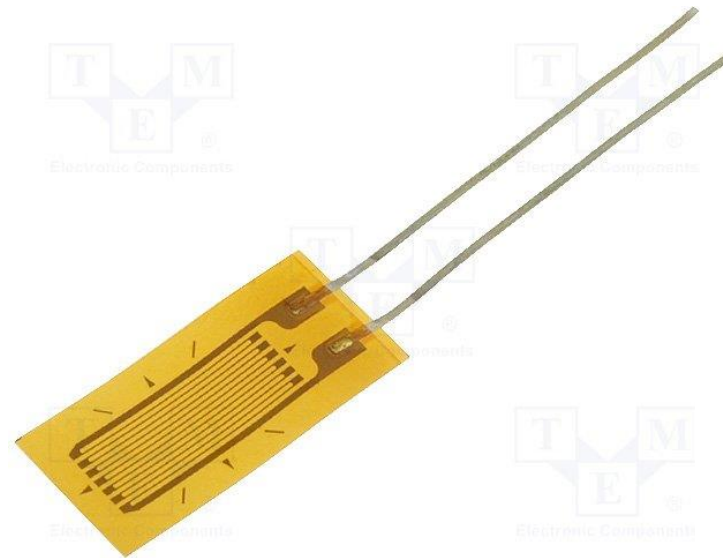
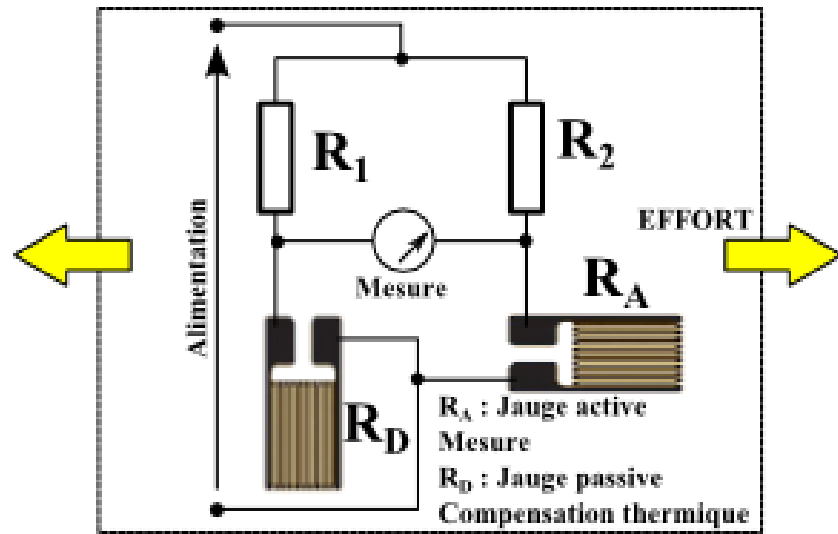


Génératrice tachymétrique / Tachymètre

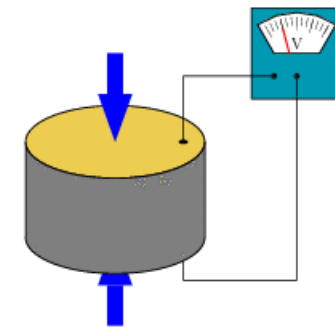
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Effort / accélérations / pressions / contraintes / déformations



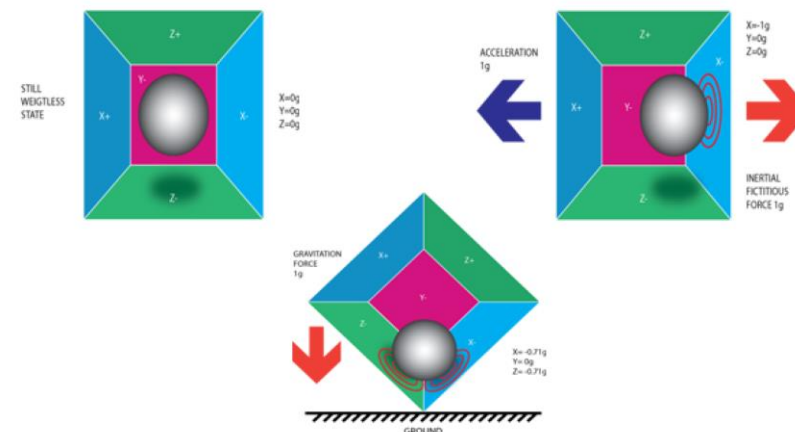
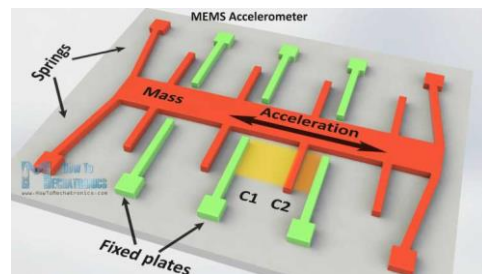
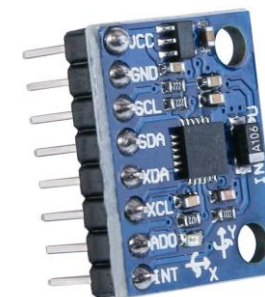
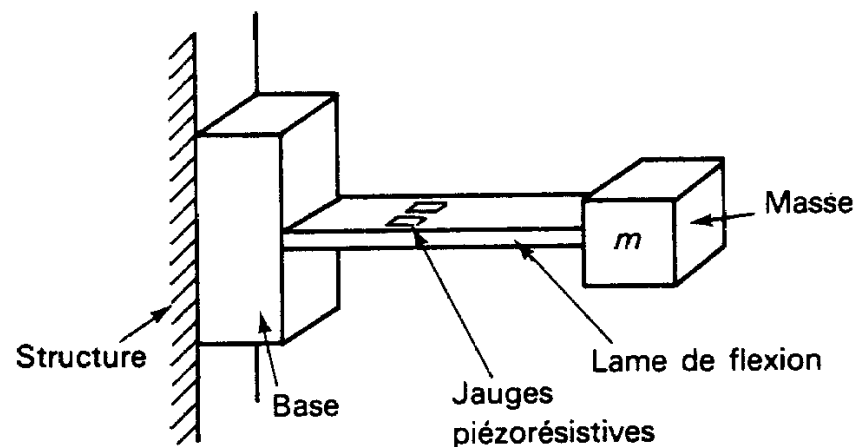
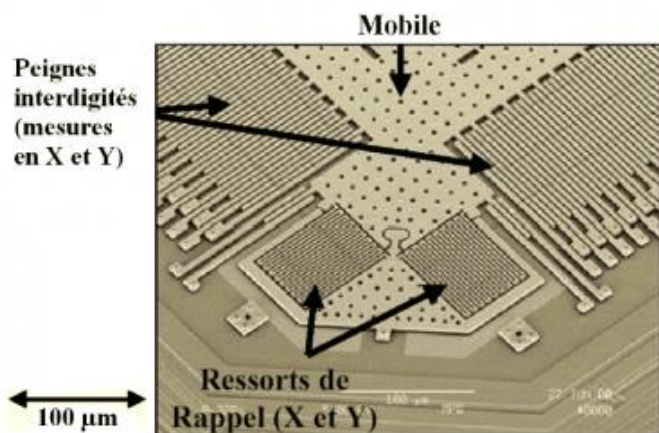
Jauge de déformation



Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

Effort / accélérations / pressions / contraintes / déformations



Micro-accéléromètre

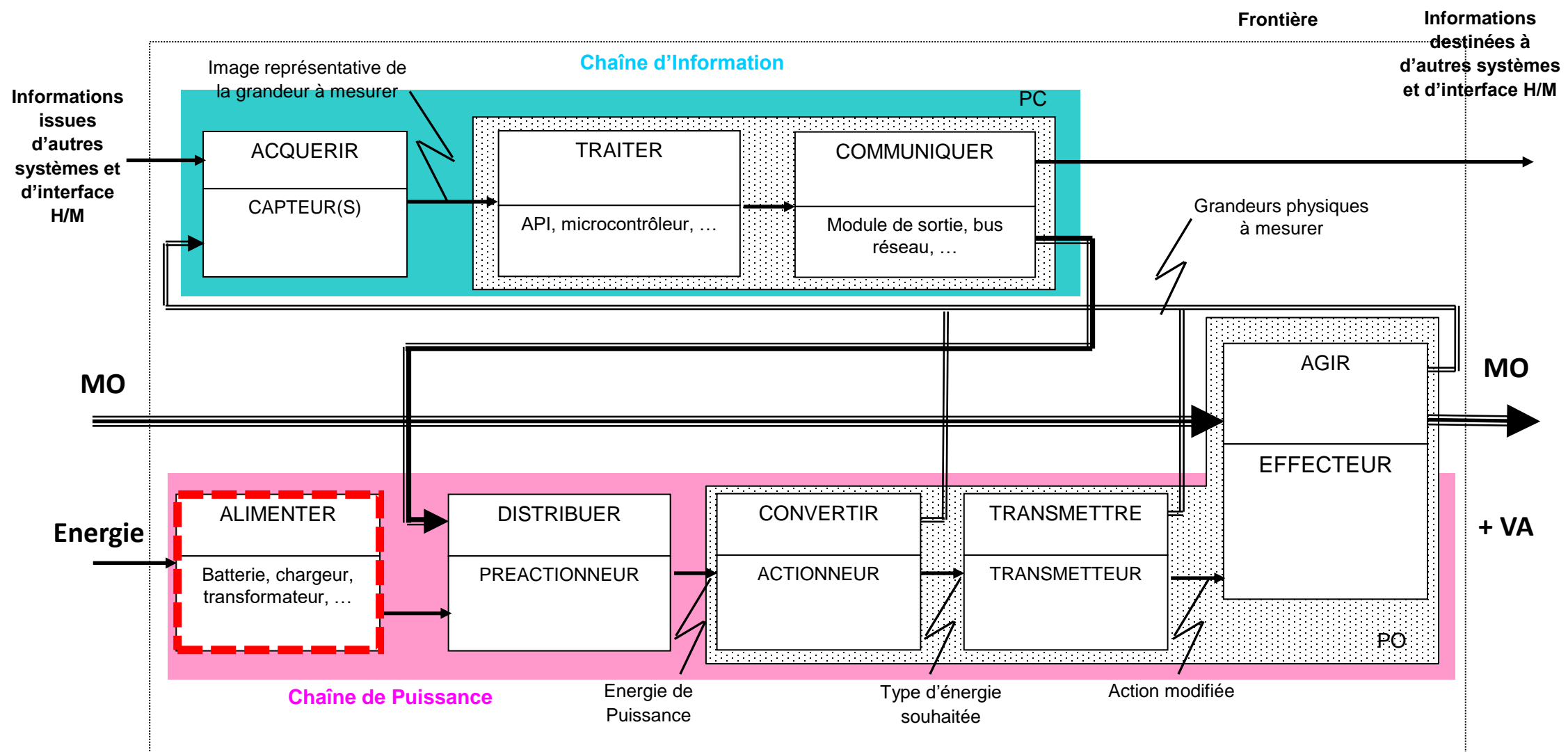
Capteurs

MESURER / DONNER UNE IMAGE

VOIR COMPLEMENTS CAPTEURS SUR LE SITE

Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle



Unités d'alimentation /stockage

Alimentation

Pile électrique



Réseau électrique



Eolien



Solaire



Carburant



Pneumatique



Pile à hydrogène

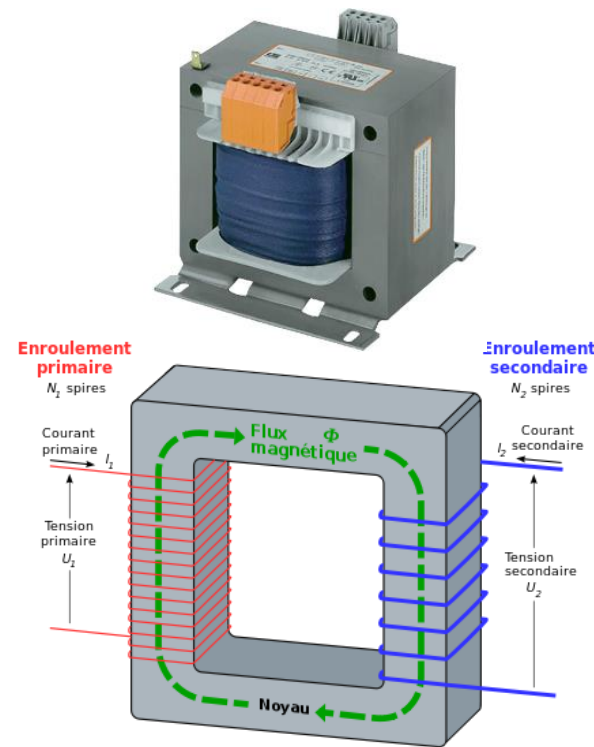


Autres

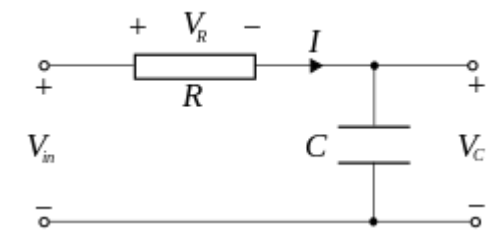
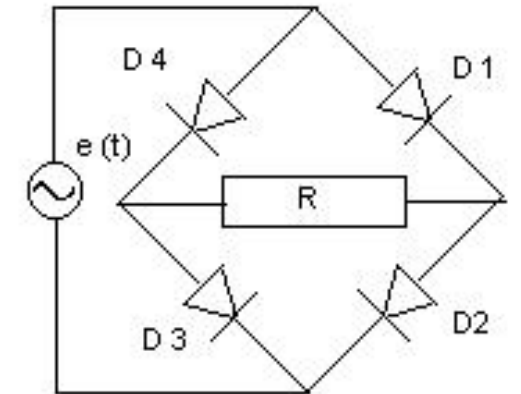
...

Unités d'alimentation /stockage

Alimentation



Transformateurs



Redresseur à pont de Graetz

+

Circuit RC

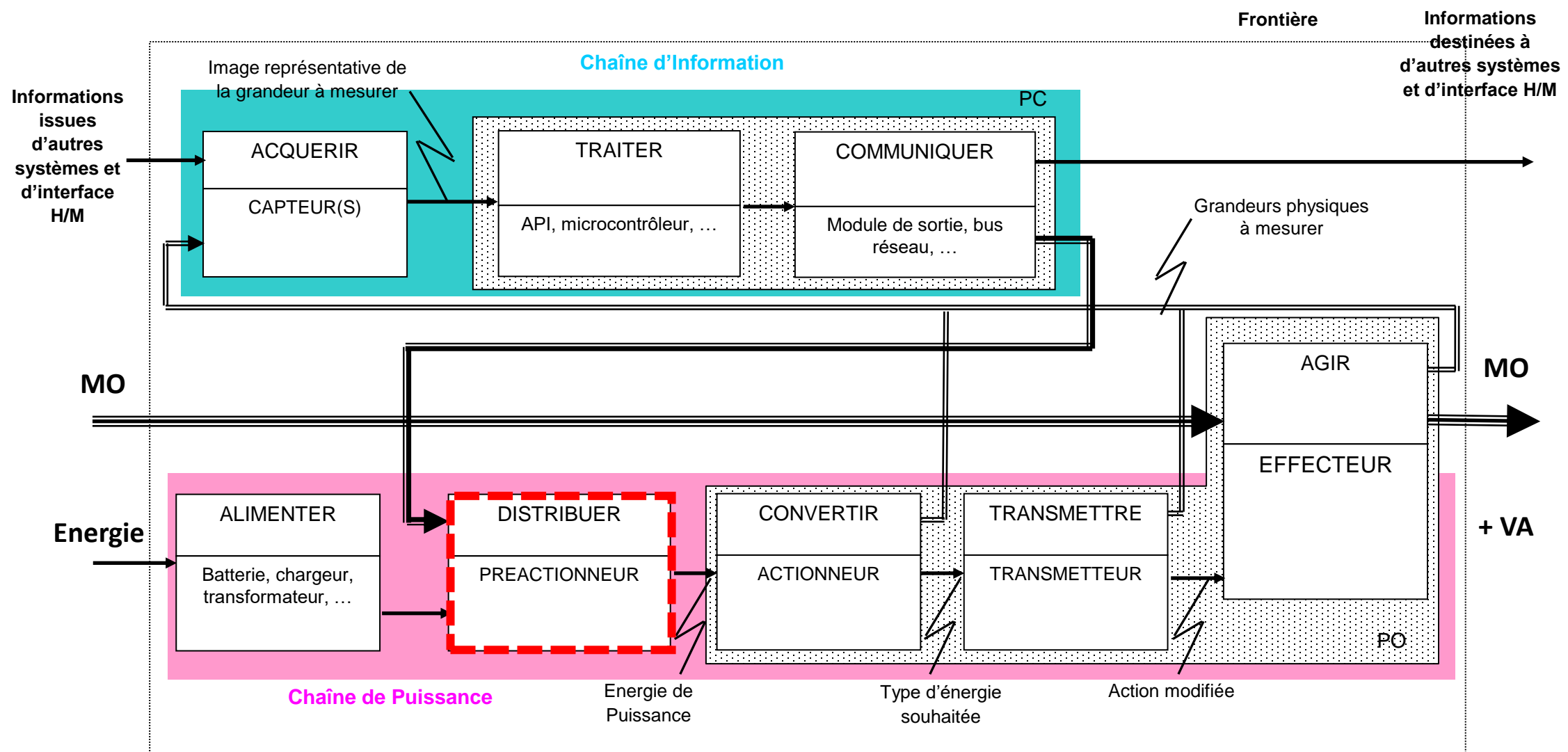
Unités d'alimentation /stockage

Stockage



Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle



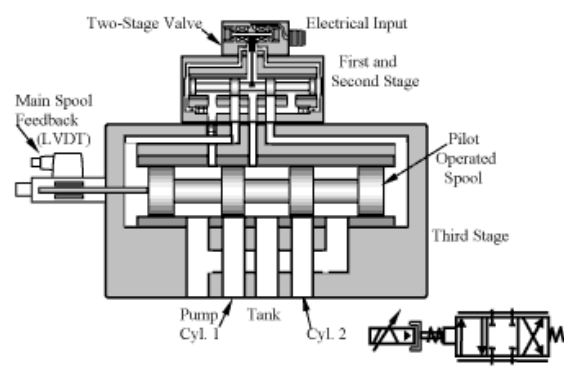
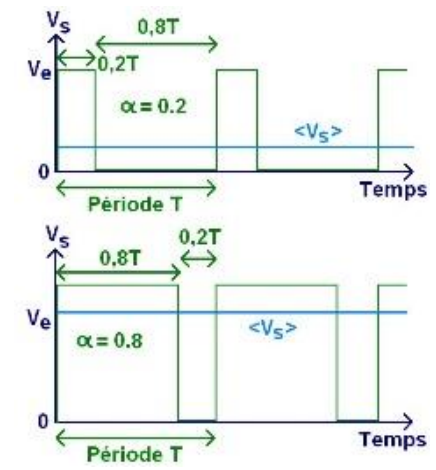
Préactionneurs DISTRIBUER/MODULER l'énergie



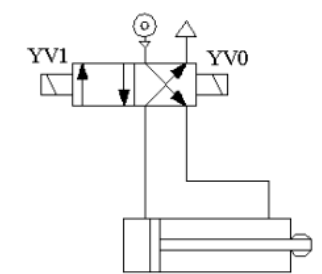
Relais électrique ou contacteur électrique



Variateur / Hacheur électrique



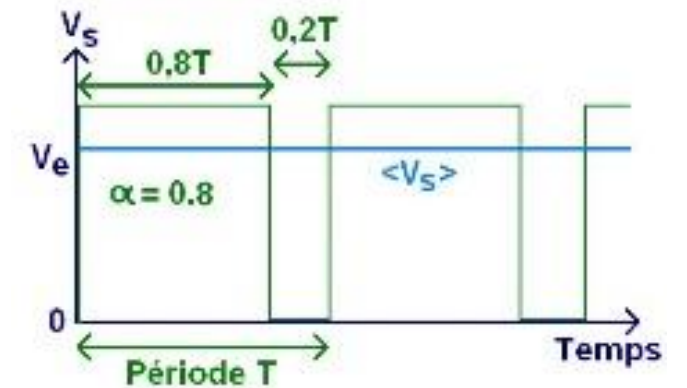
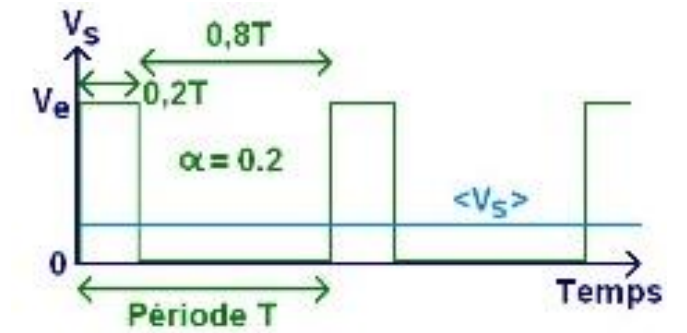
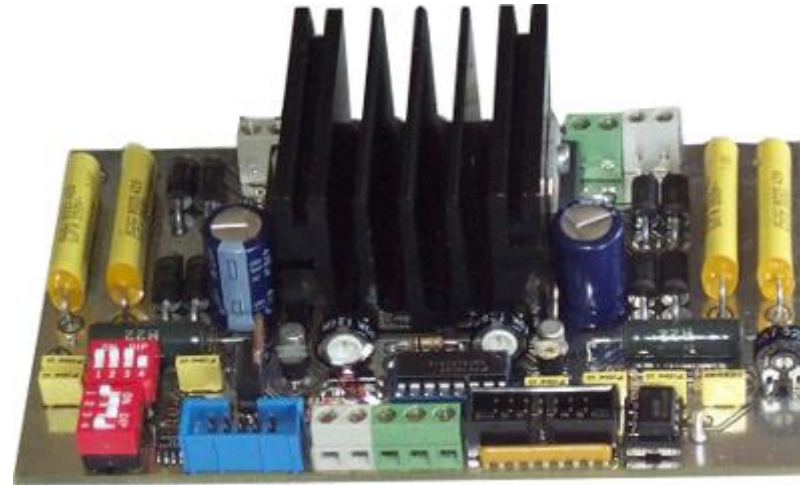
Servovalve hydraulique



Distributeur hydraulique / pneumatique

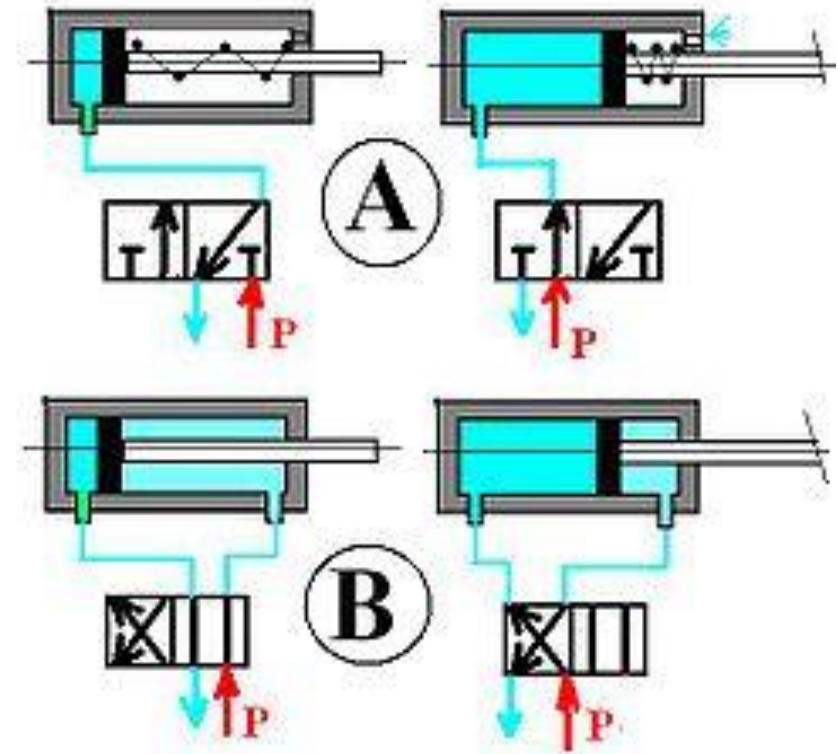
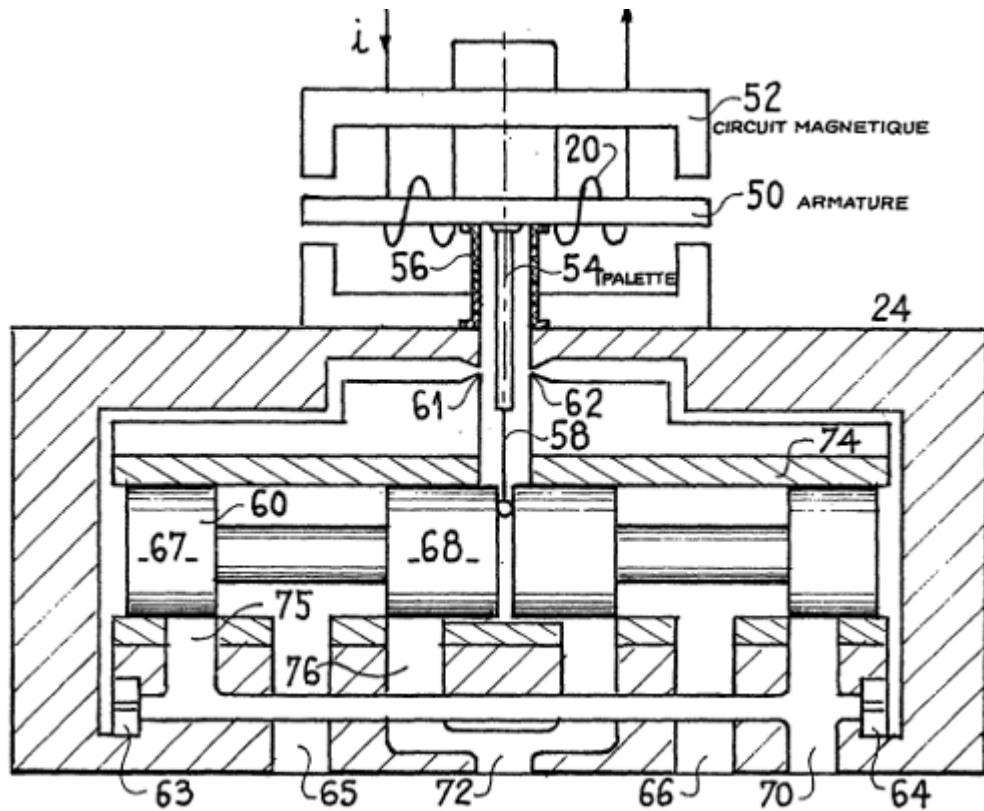
Préactionneurs

Variateur / Hacheur électrique



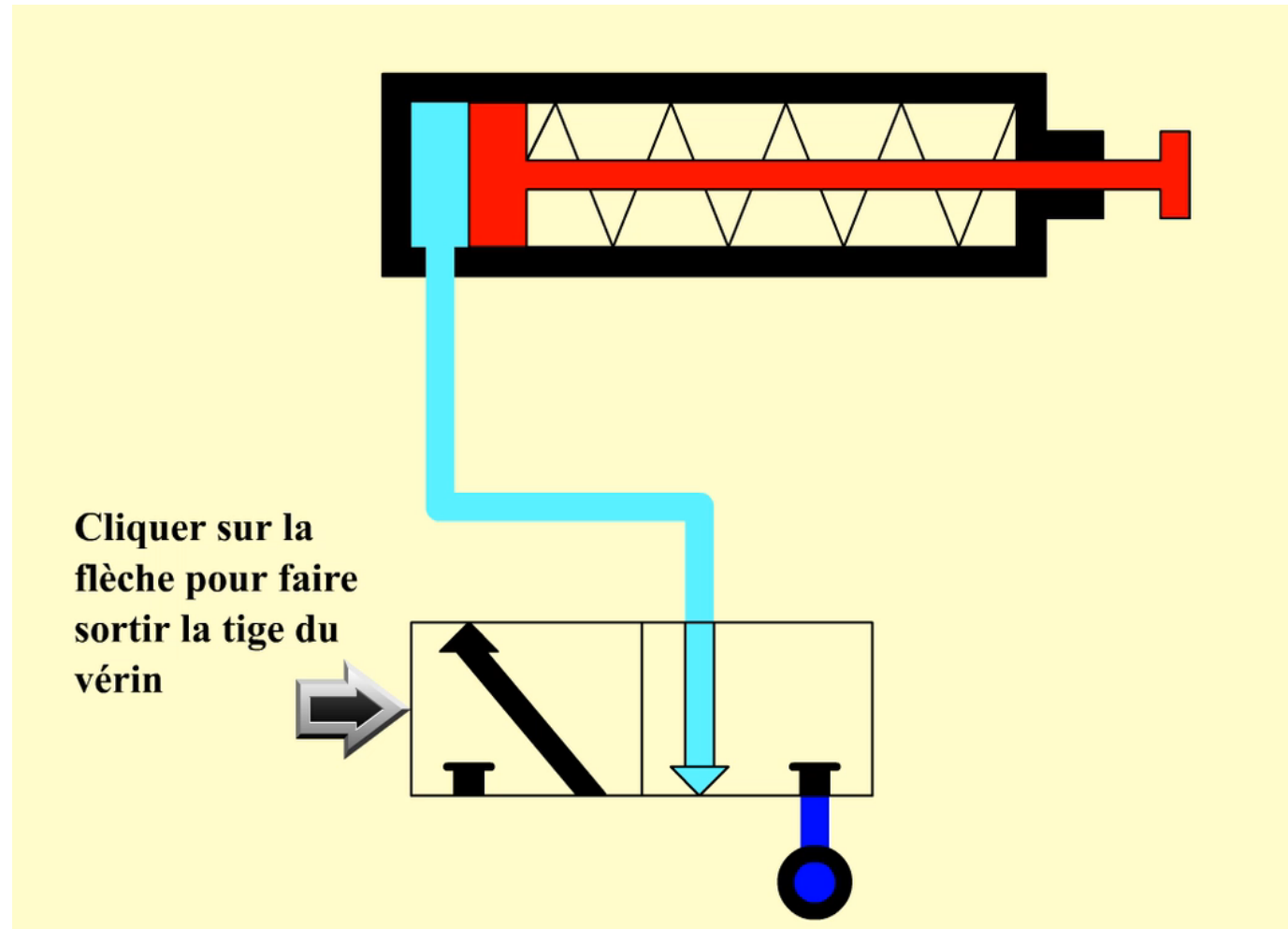
Préactionneurs

Distributeur hydraulique / pneumatique

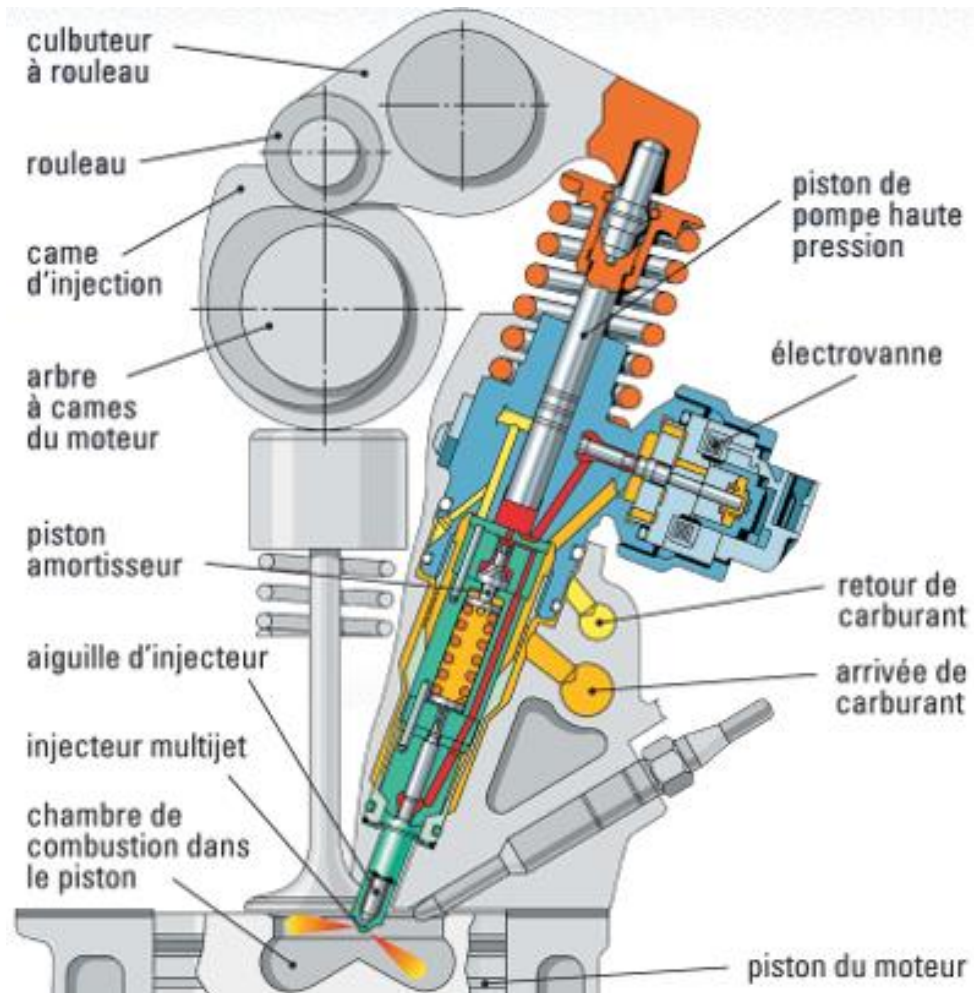


Préactionneurs

Distributeur hydraulique /pneumatique

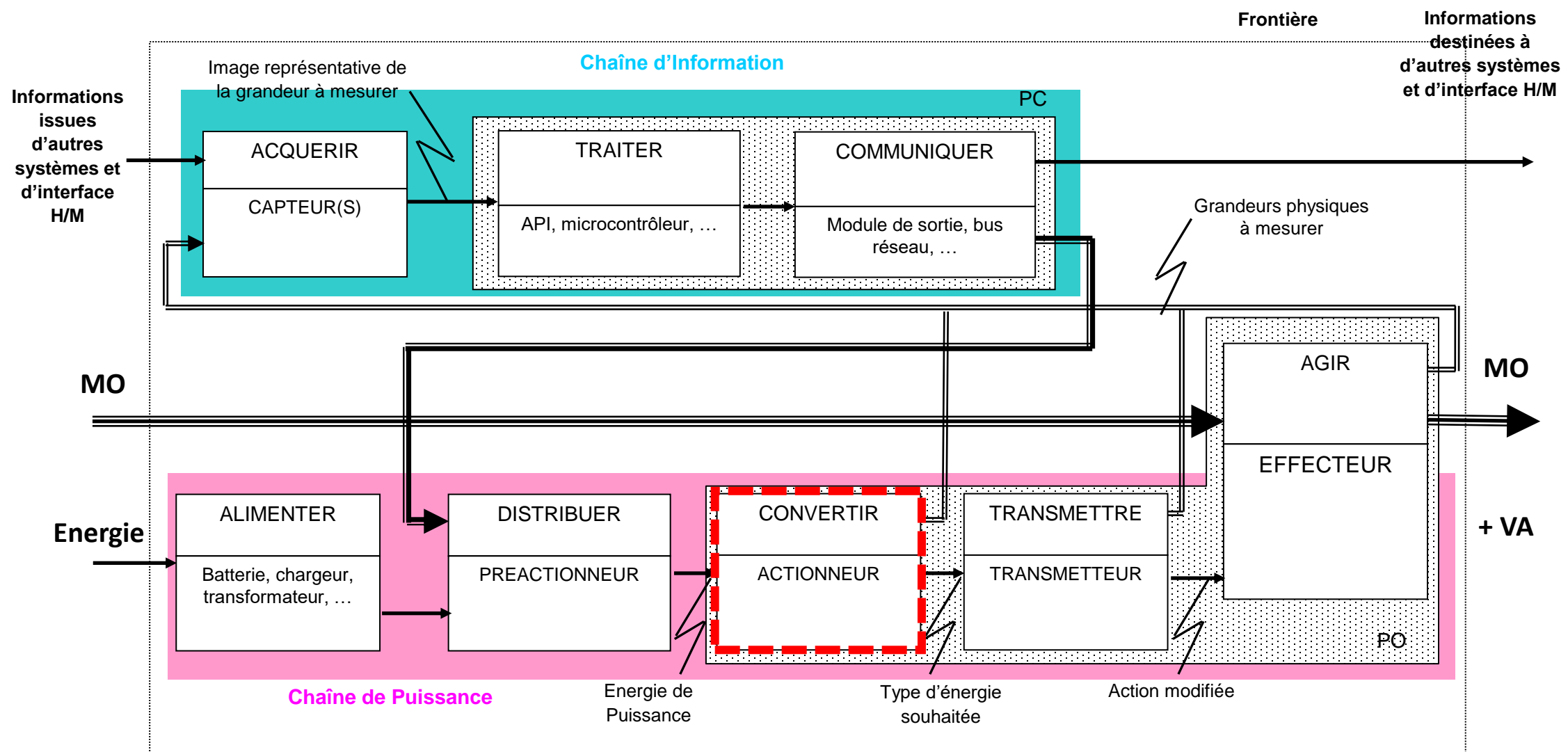


Préactionneurs Electrovanne



Architecture des systèmes

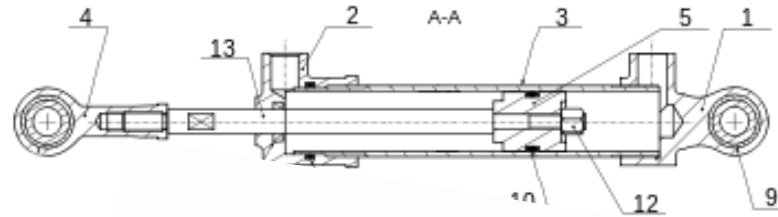
Chaîne fonctionnelle



Actionneurs CONVERTIR l'énergie



Moteur électrique



Vérin hydraulique



Moteur
pneumatique



Résistance



Moteur thermique

Rotor bobiné



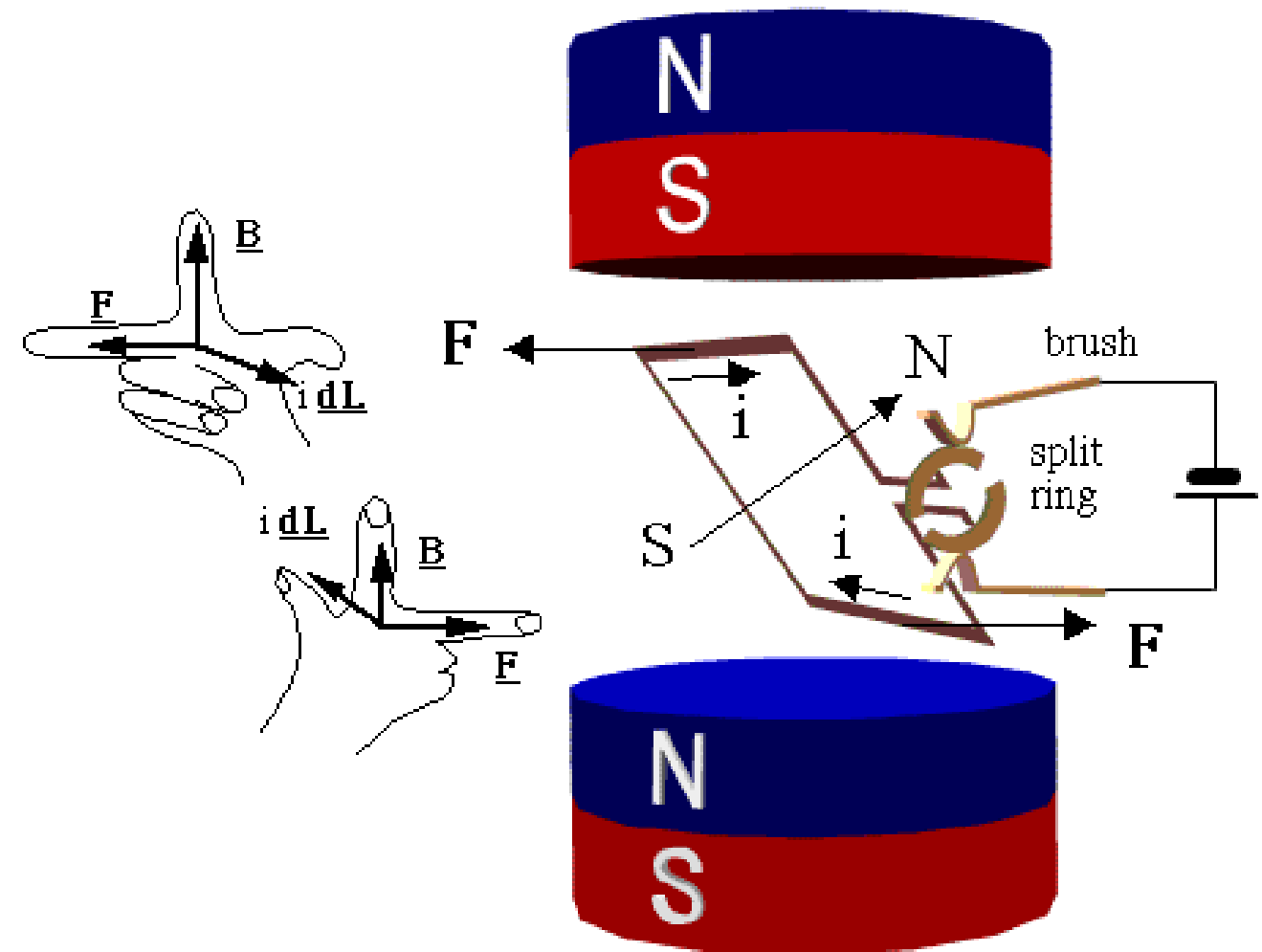
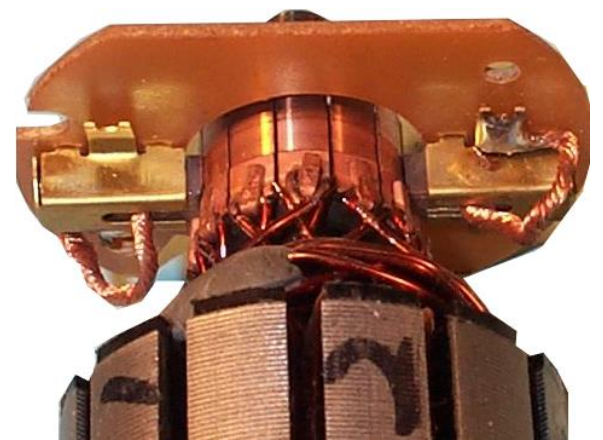
Actionneurs Moteur CC

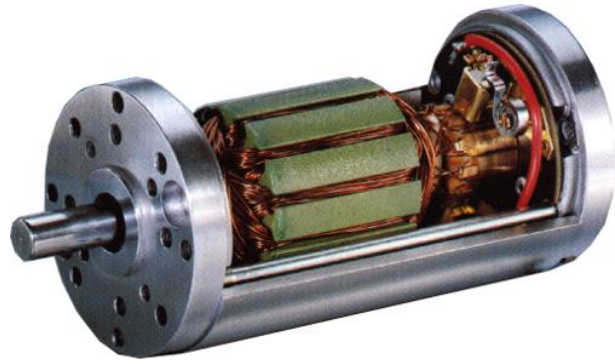
Principe : Force de Laplace

Stator Aimant permanent



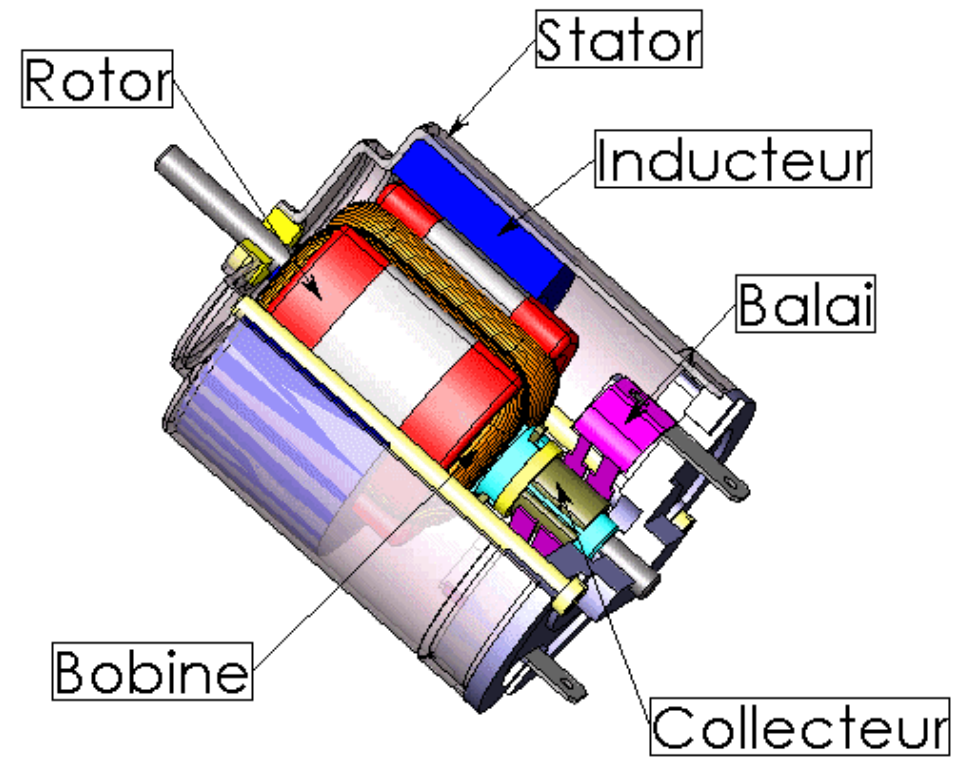
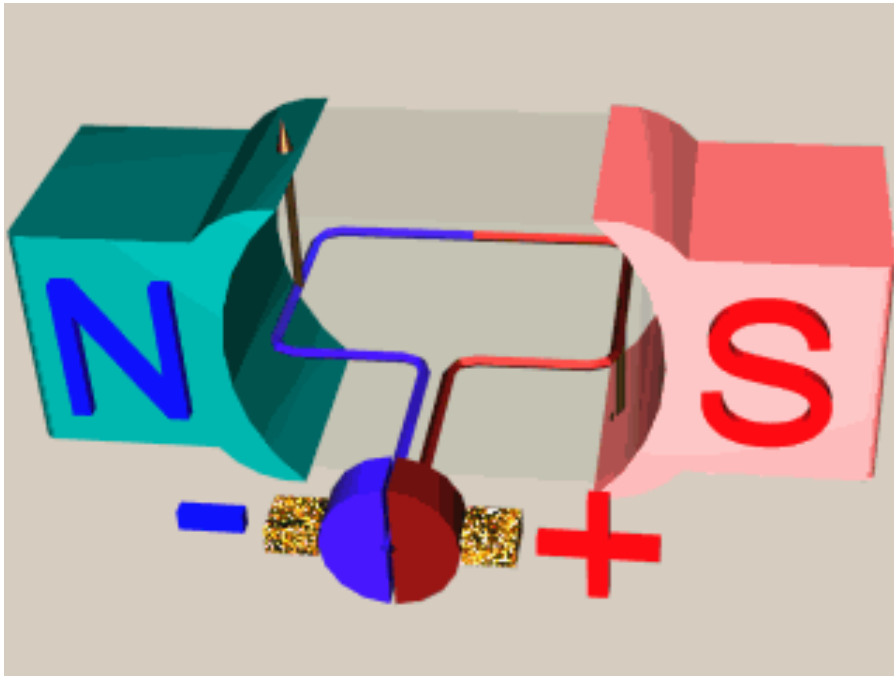
Collecteur





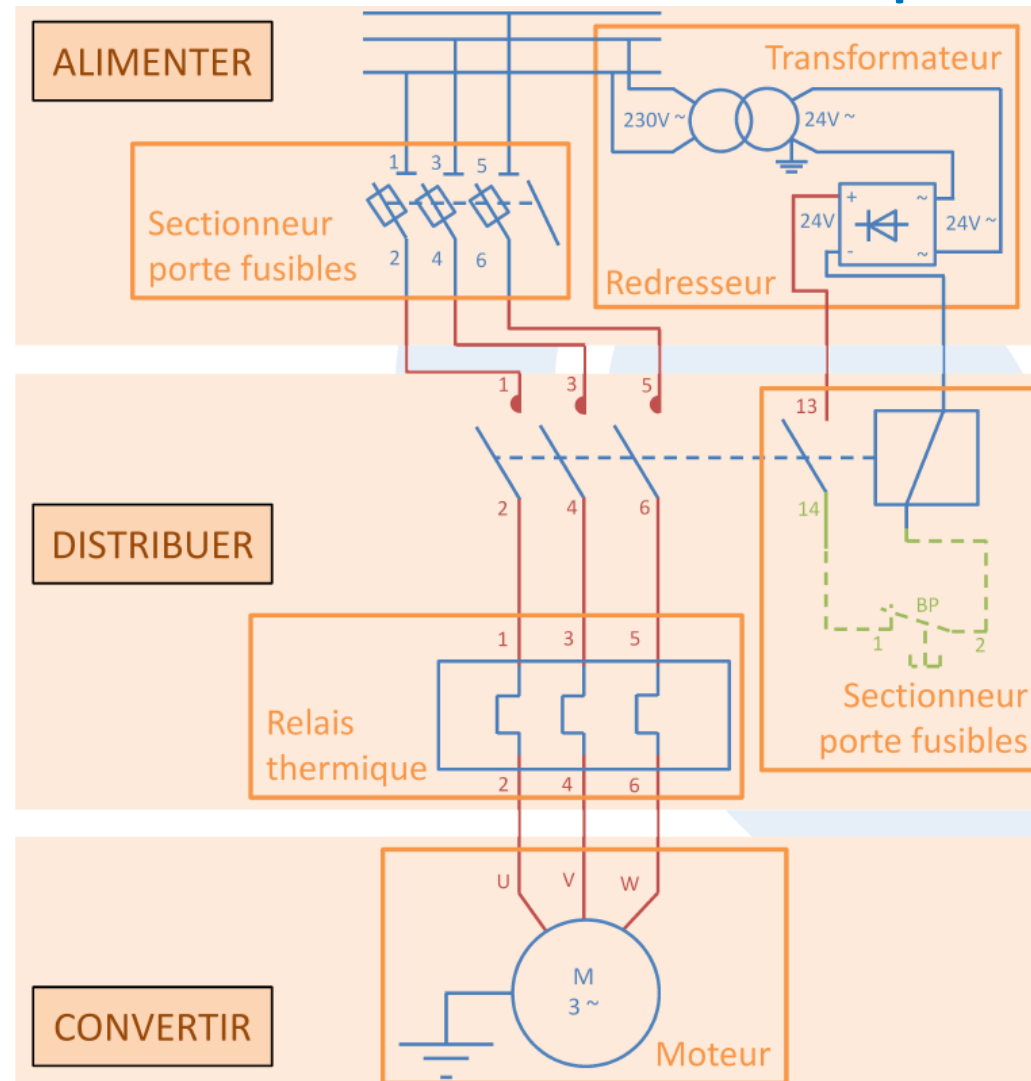
Actionneurs

Moteur CC



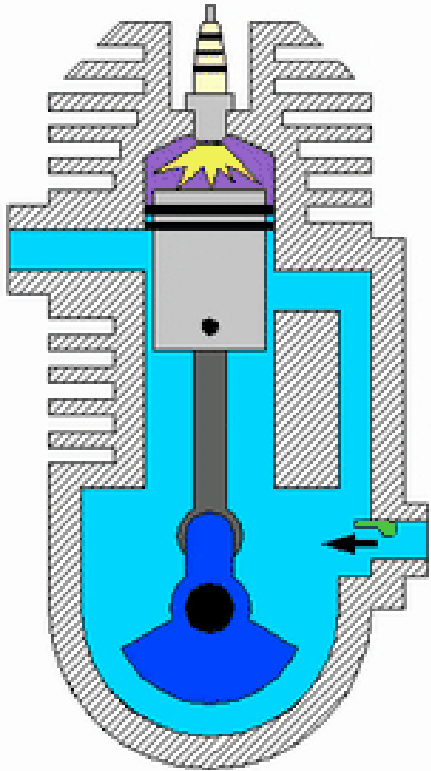
Actionneurs

Schéma électrique

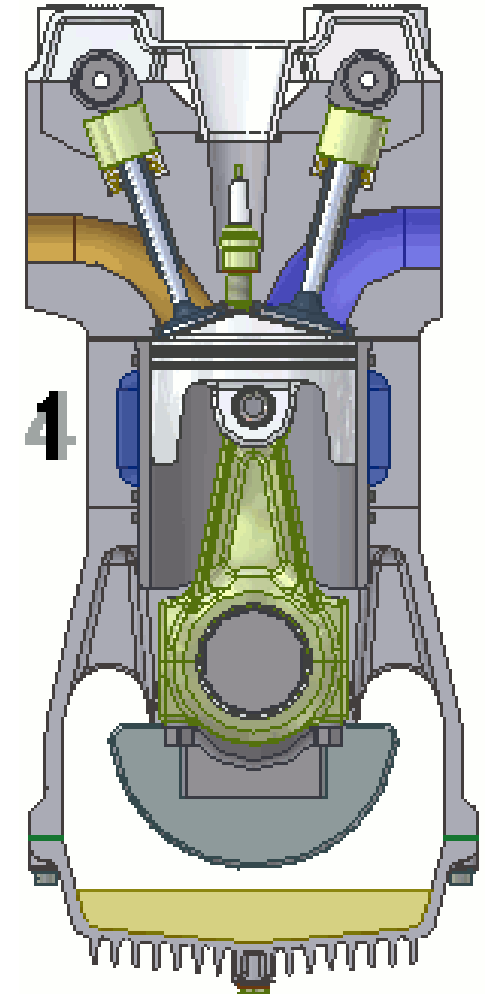
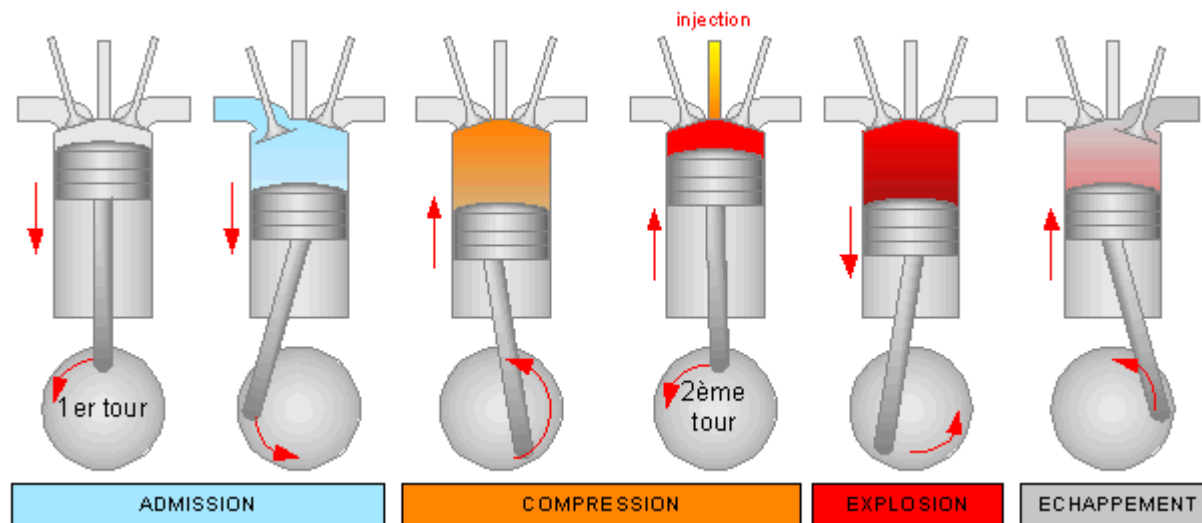
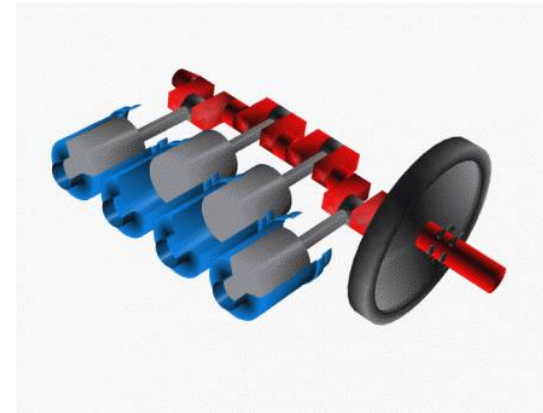
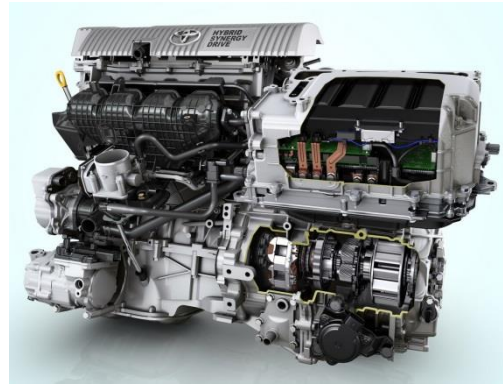


Actionneurs

Moteurs thermiques



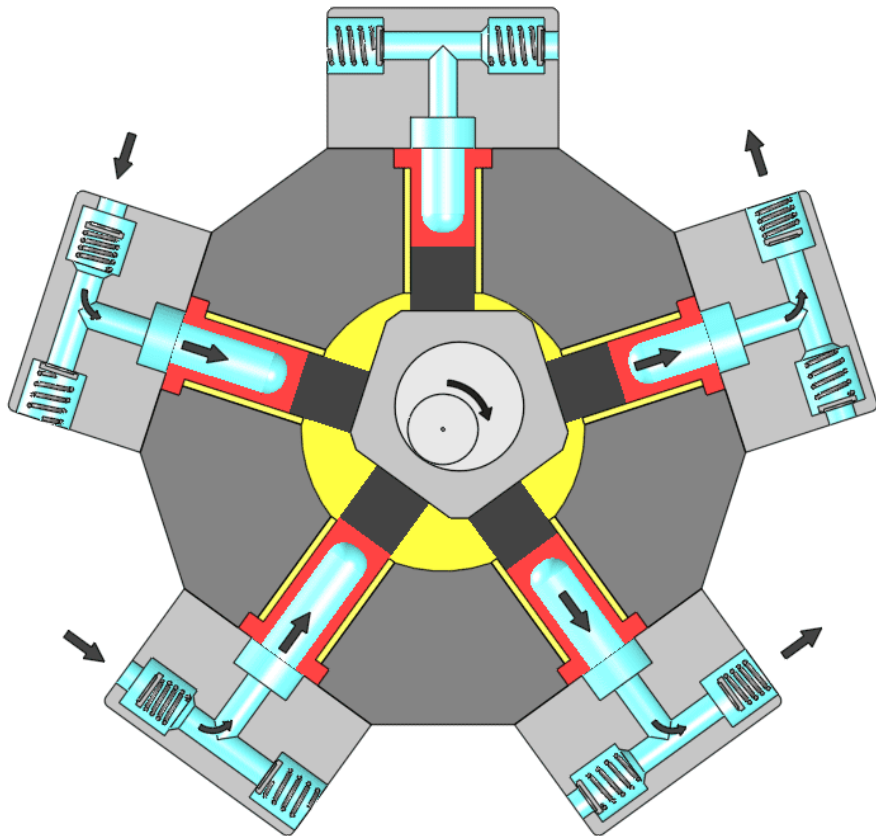
Moteur 2 temps



Moteur 4 temps

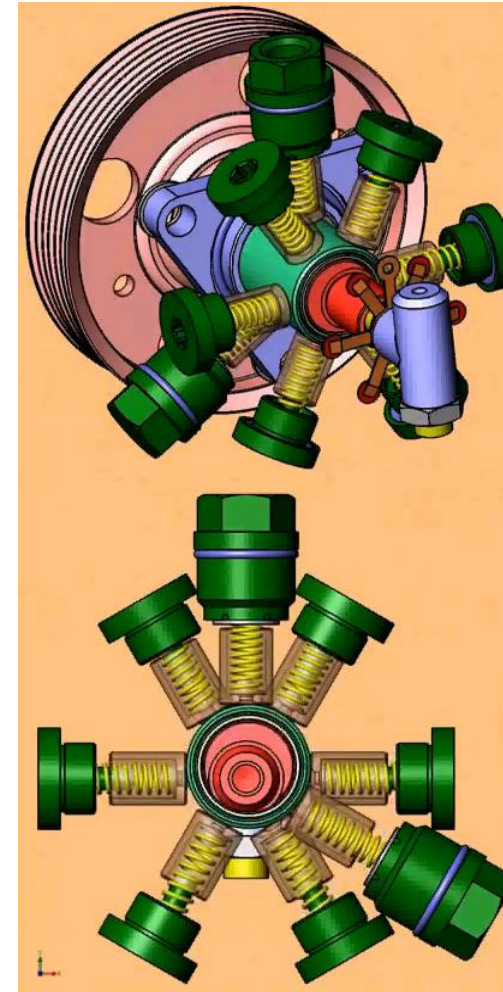
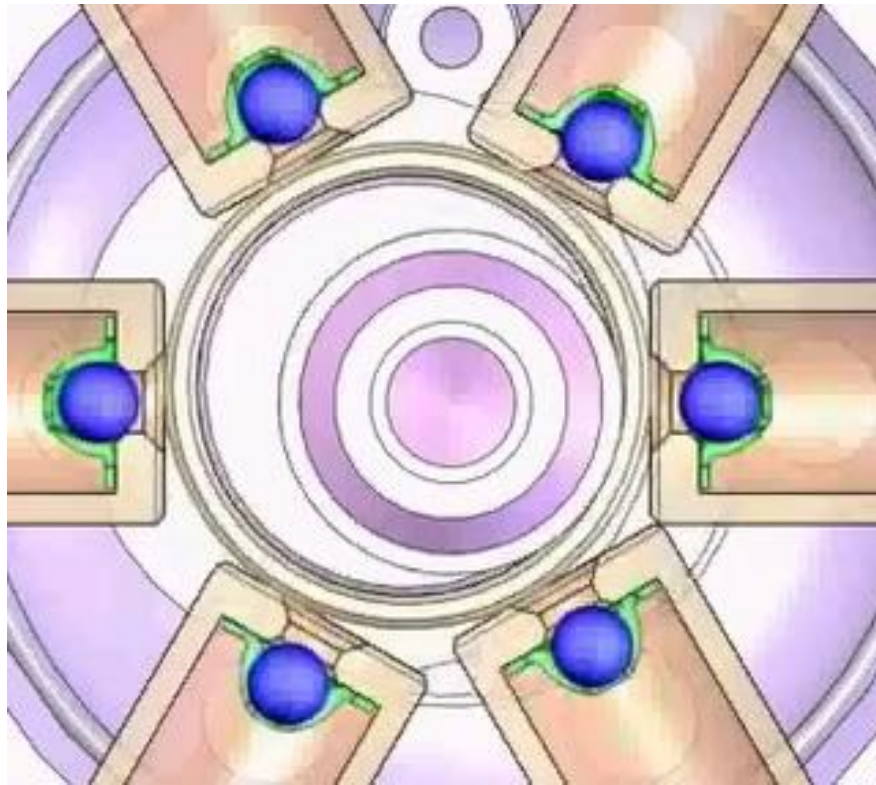
Actionneurs

Moteurs hydrauliques / pneumatiques



Actionneurs

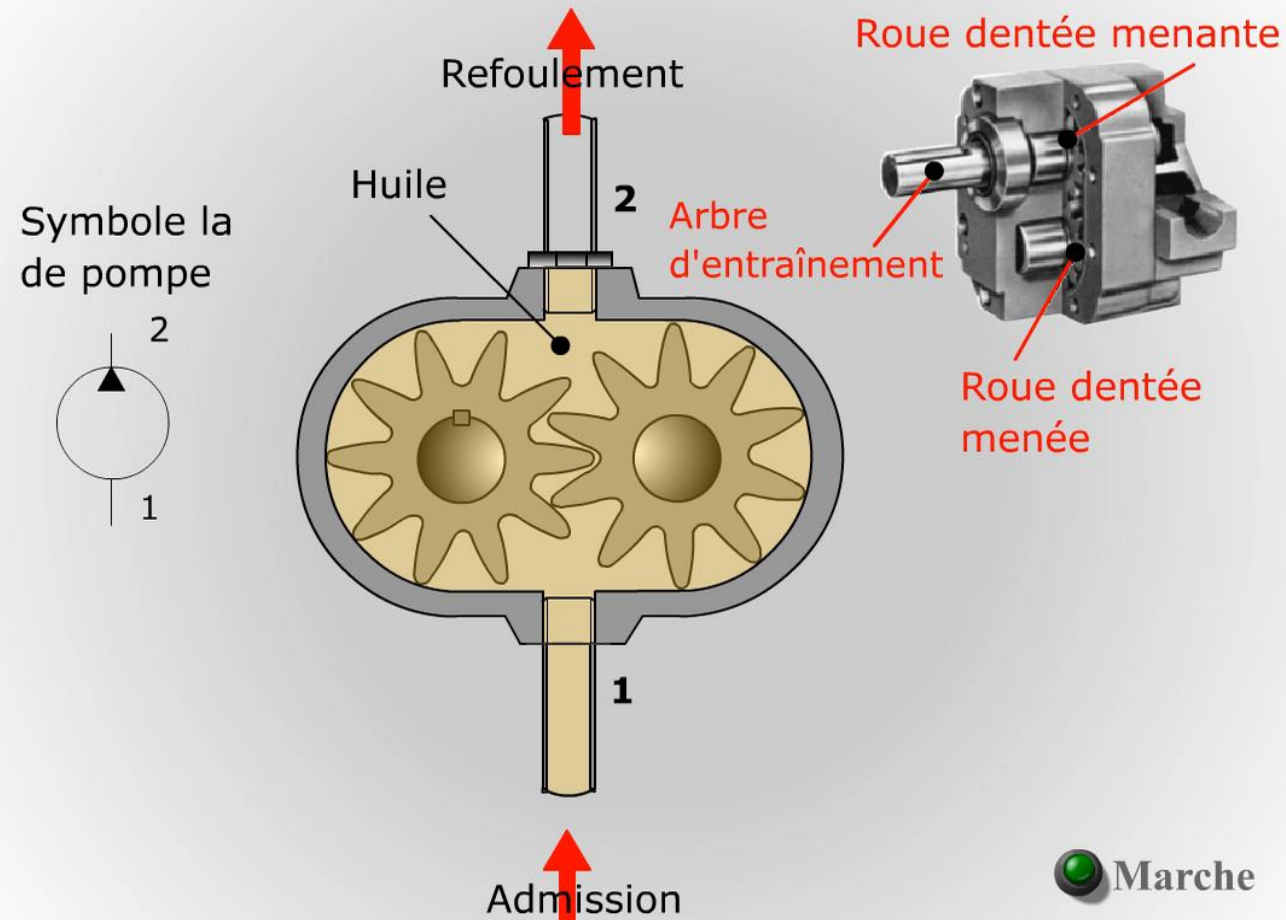
Moteurs hydrauliques / pneumatiques



Actionneurs

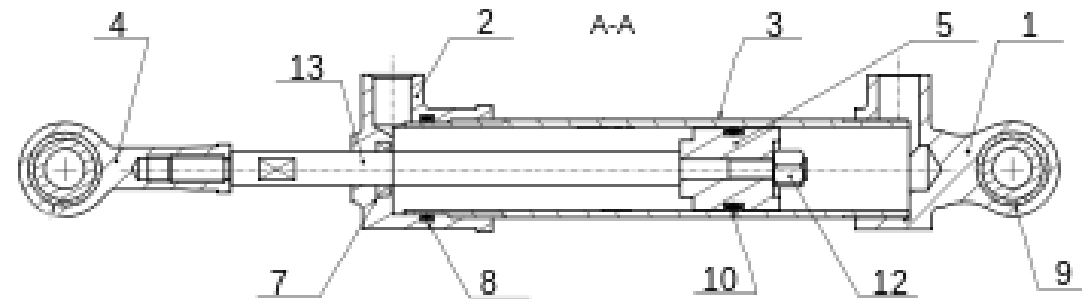
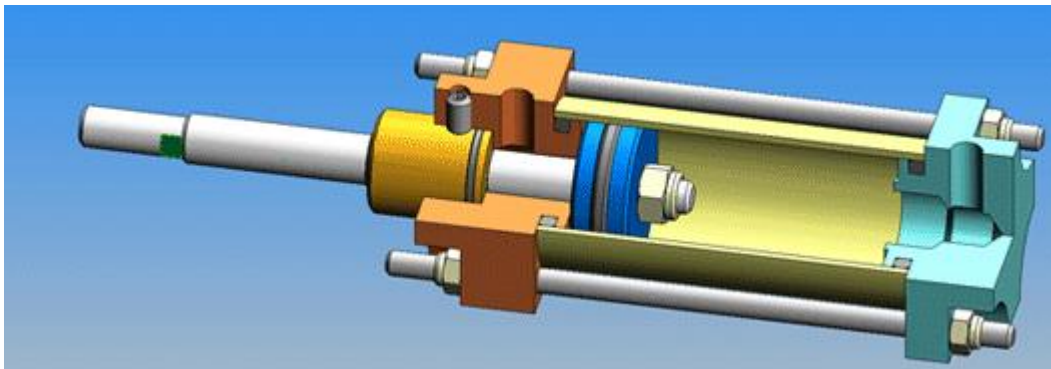
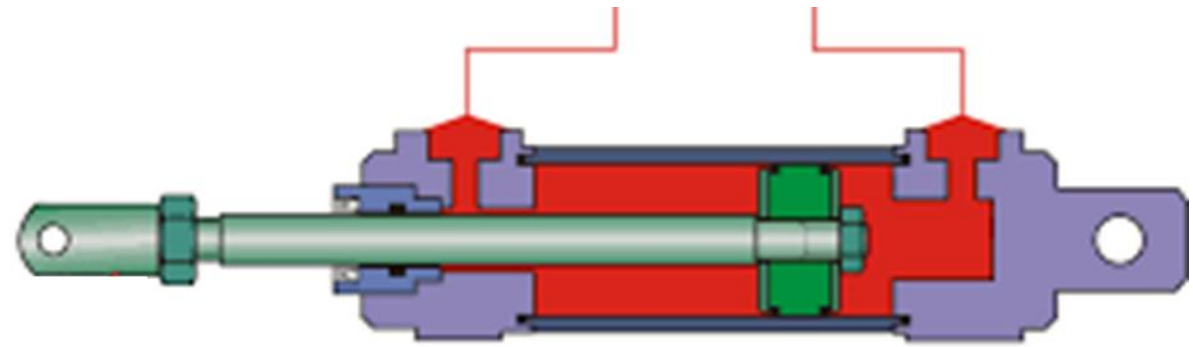
Moteurs hydrauliques / pneumatiques

Pompe hydraulique: principe de fonctionnement



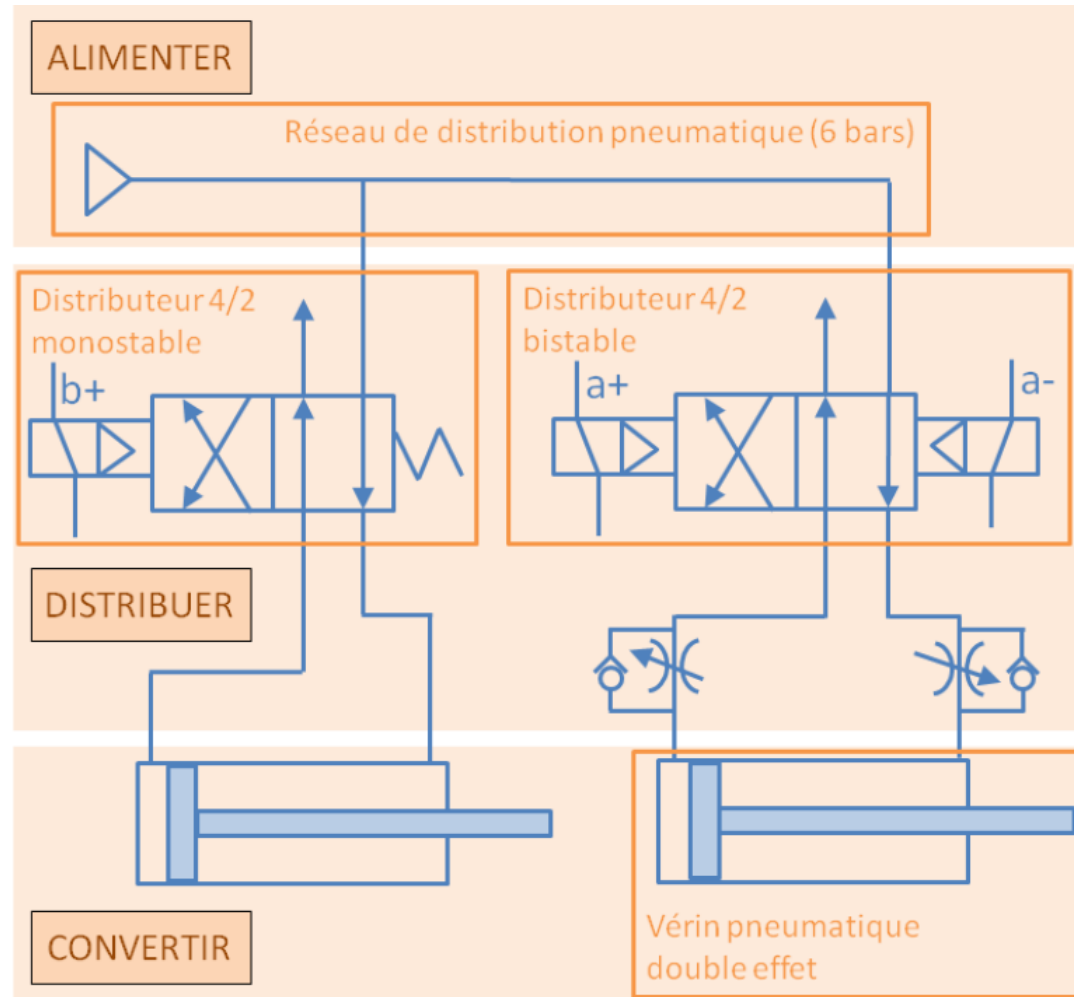
Actionneurs

Vérin hydraulique ou pneumatique



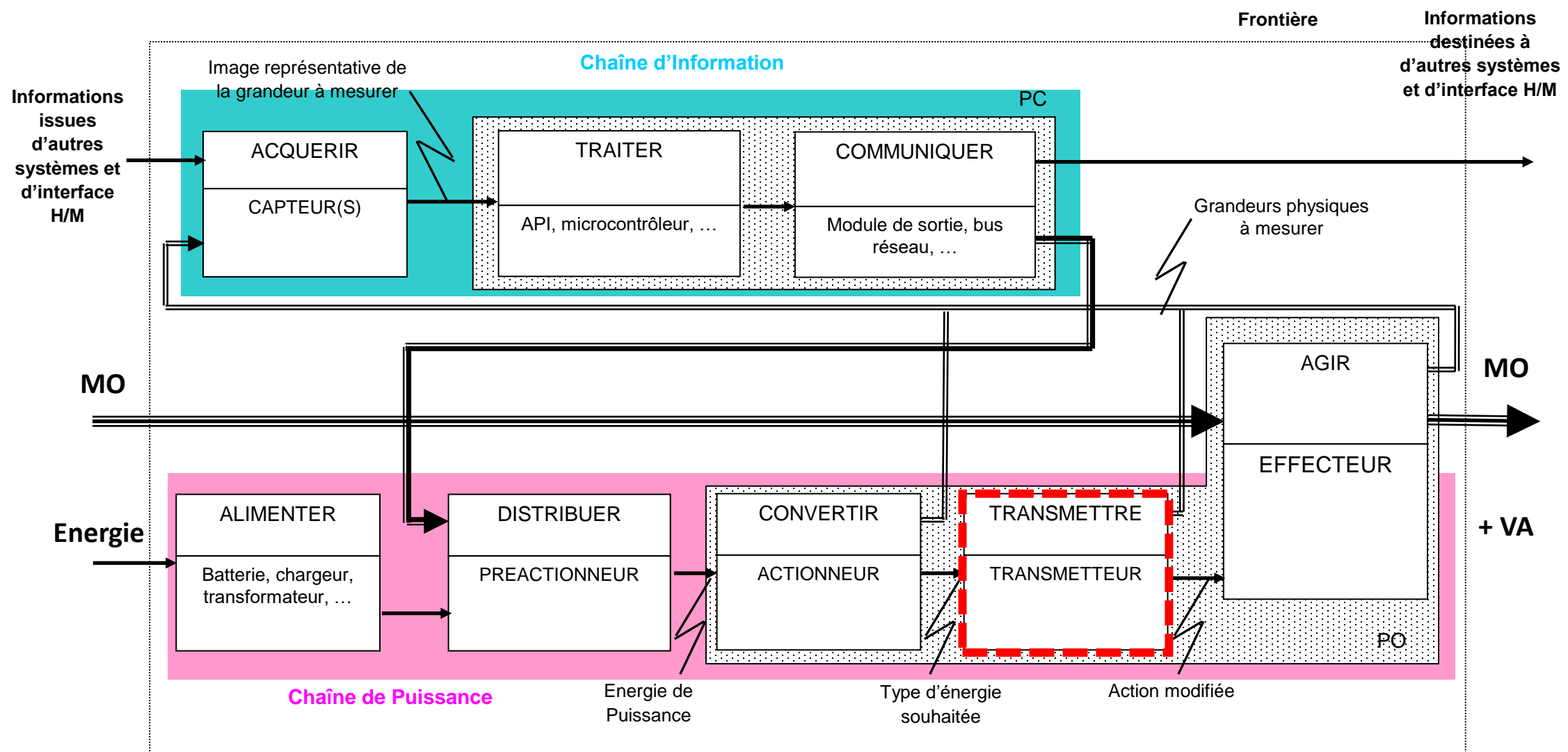
Actionneurs

Schéma pneumatique

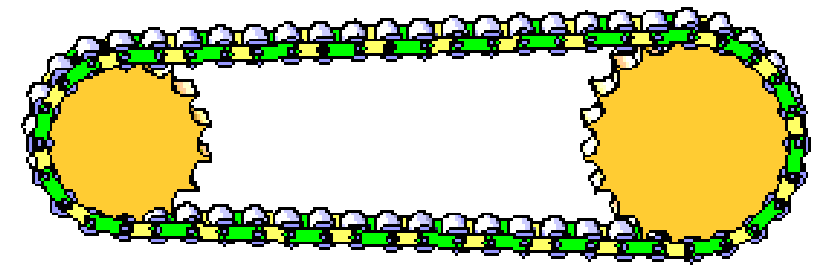
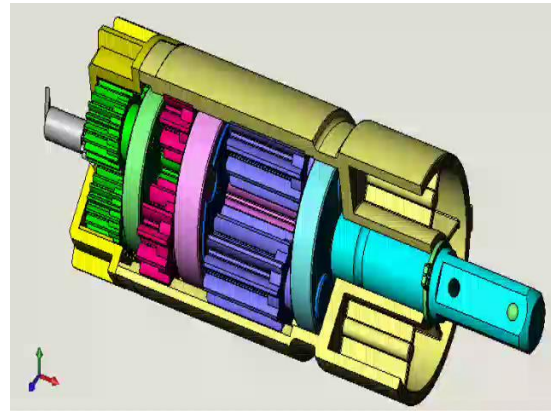
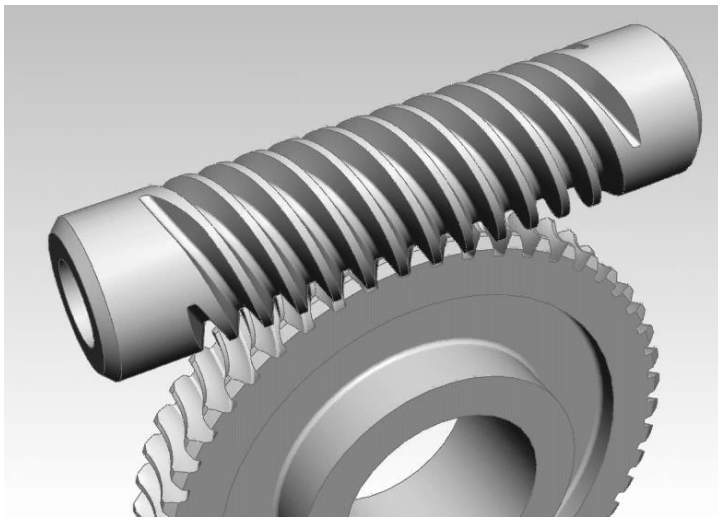
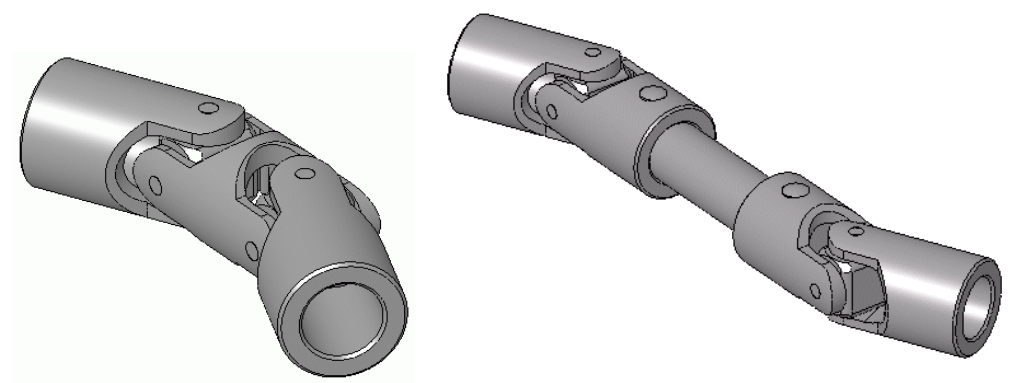
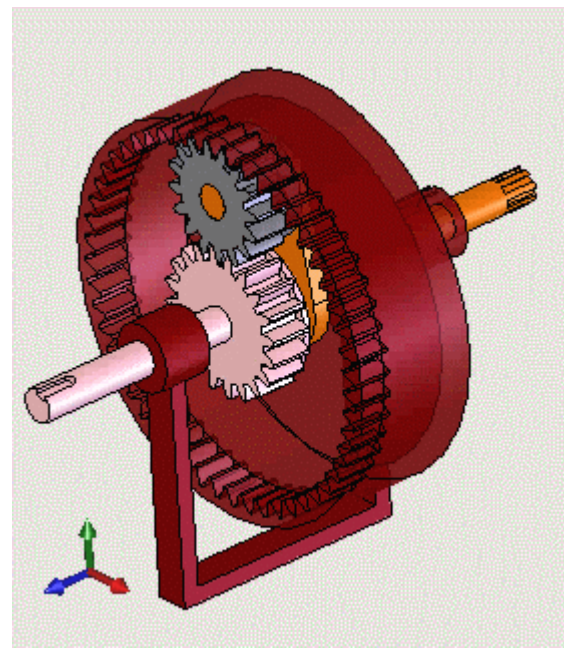
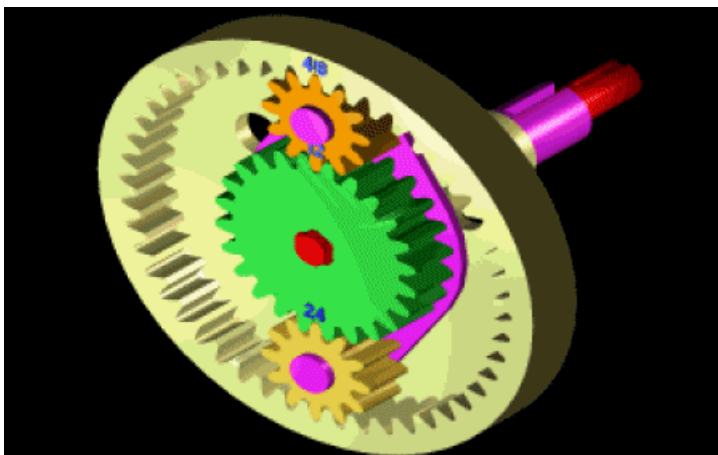


Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle

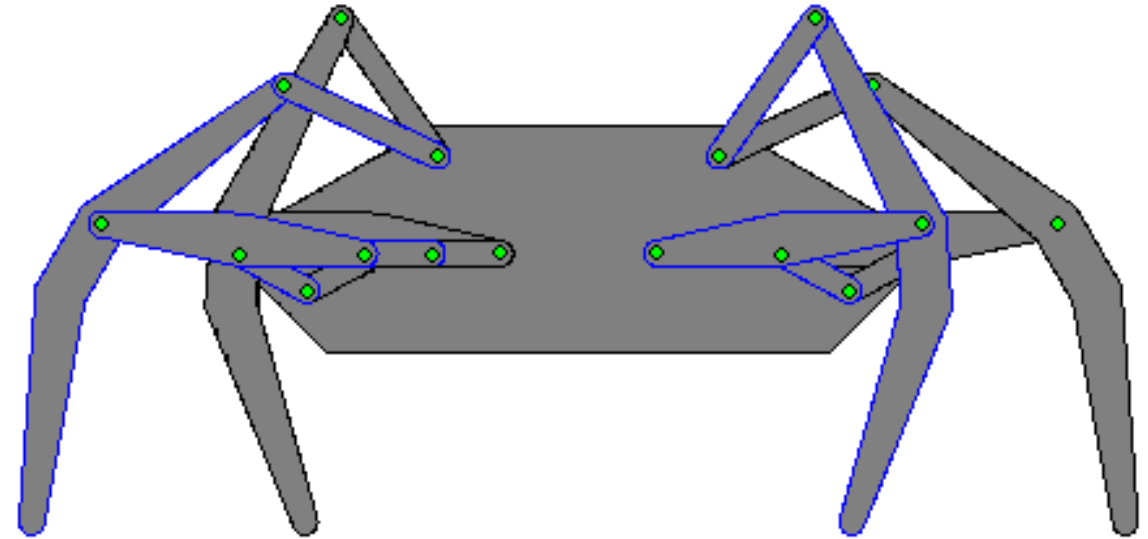
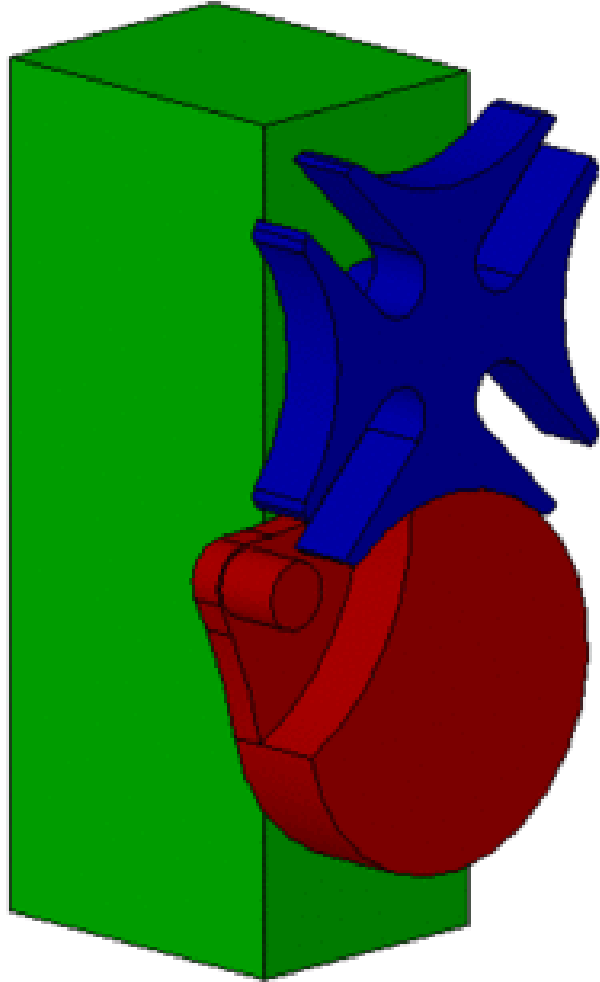


Transmetteurs Rotation → Rotation



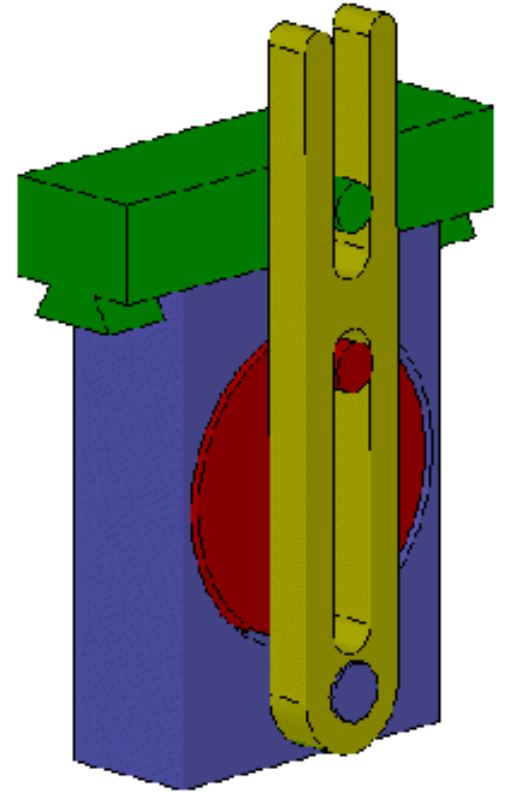
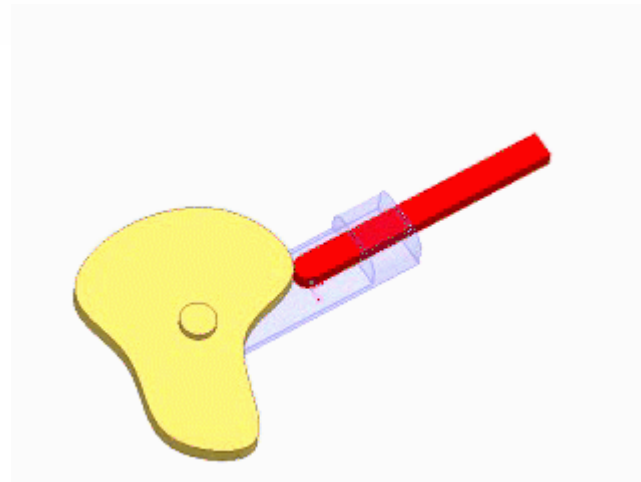
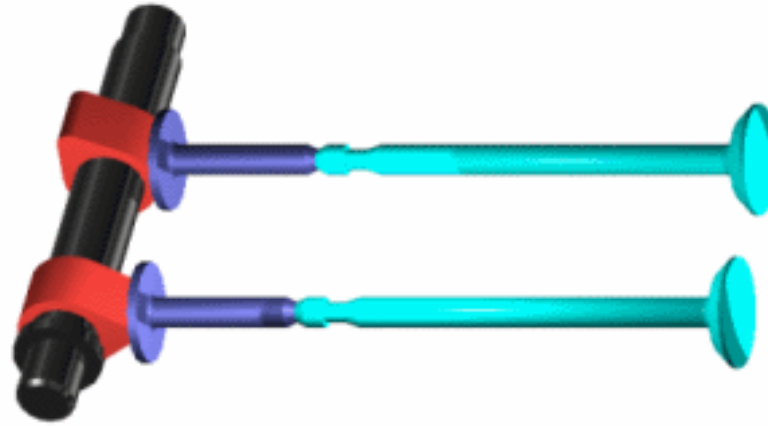
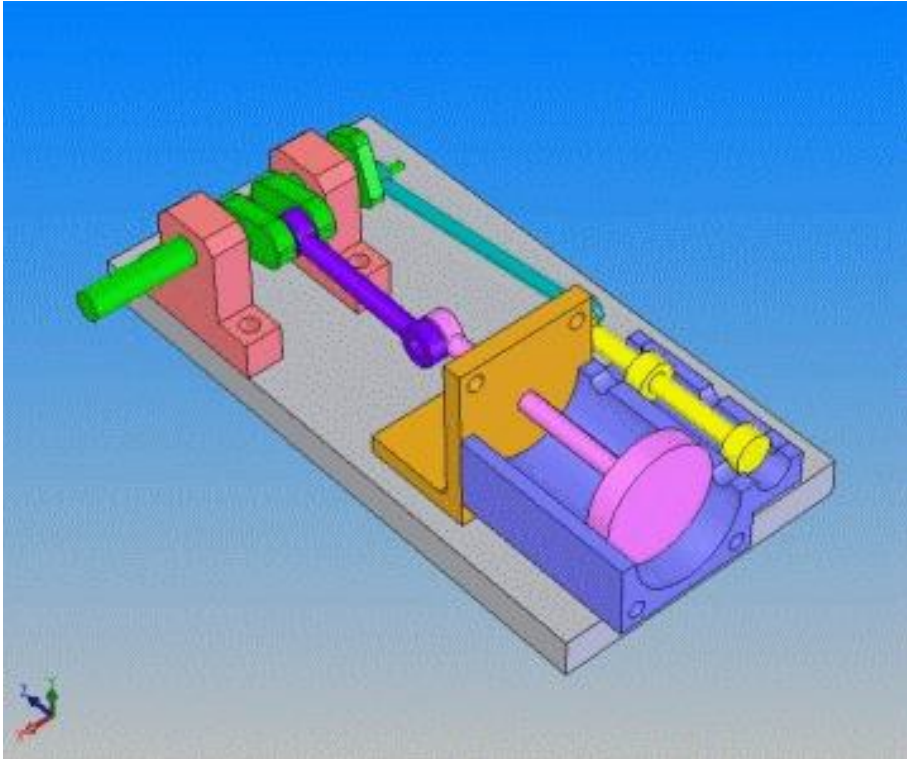
Transmetteurs

Rotation \rightarrow Rotation discontinue



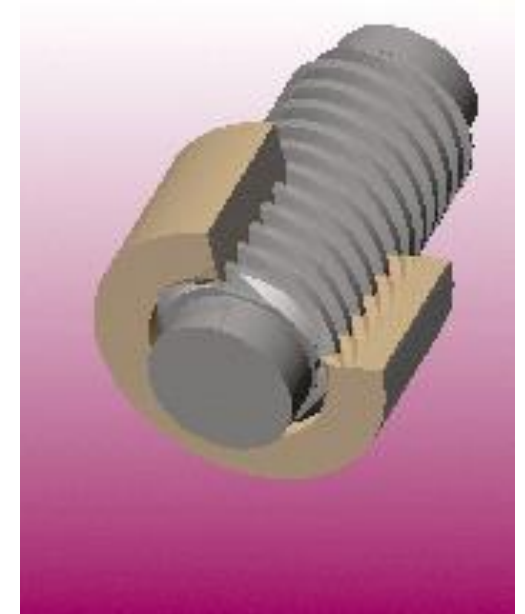
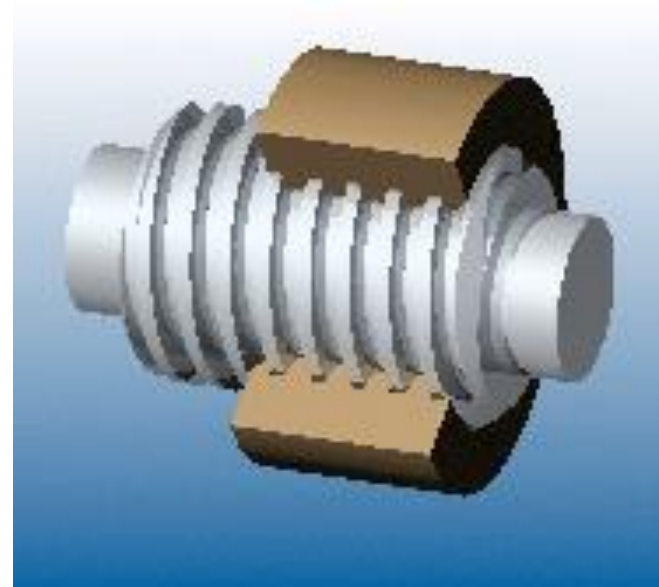
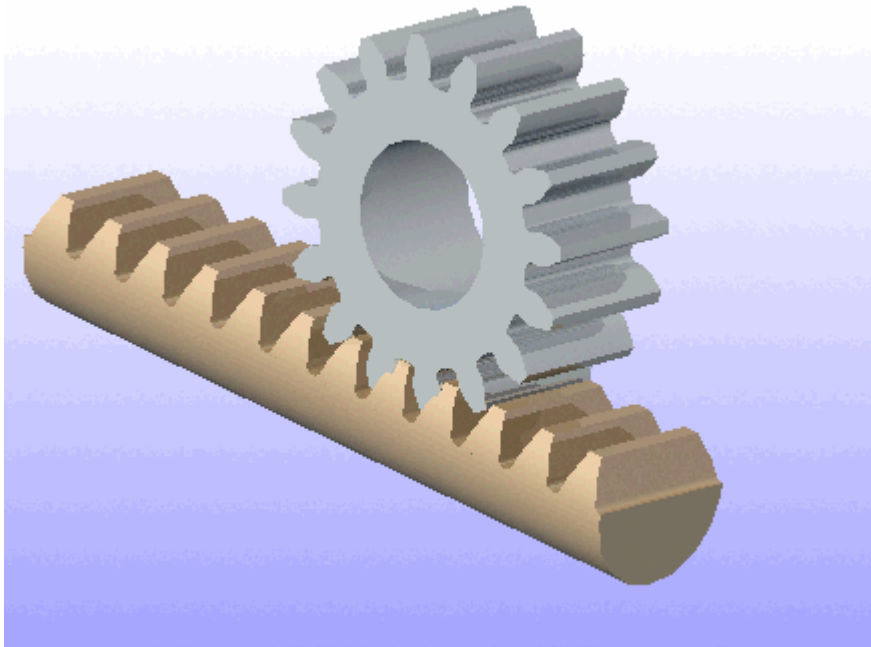
Transmetteurs

Rotation \rightarrow Translation



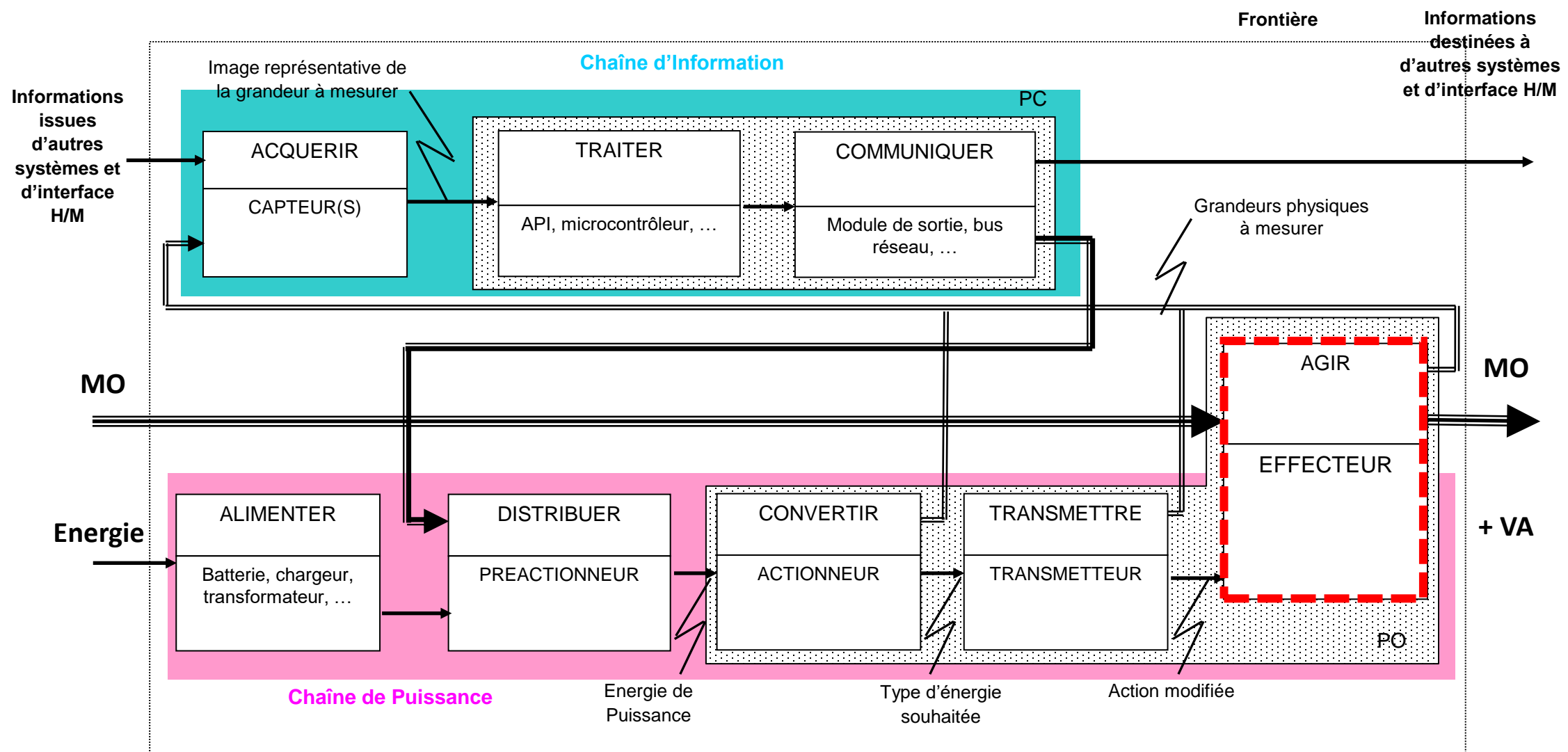
Transmetteurs

Rotation → Translation

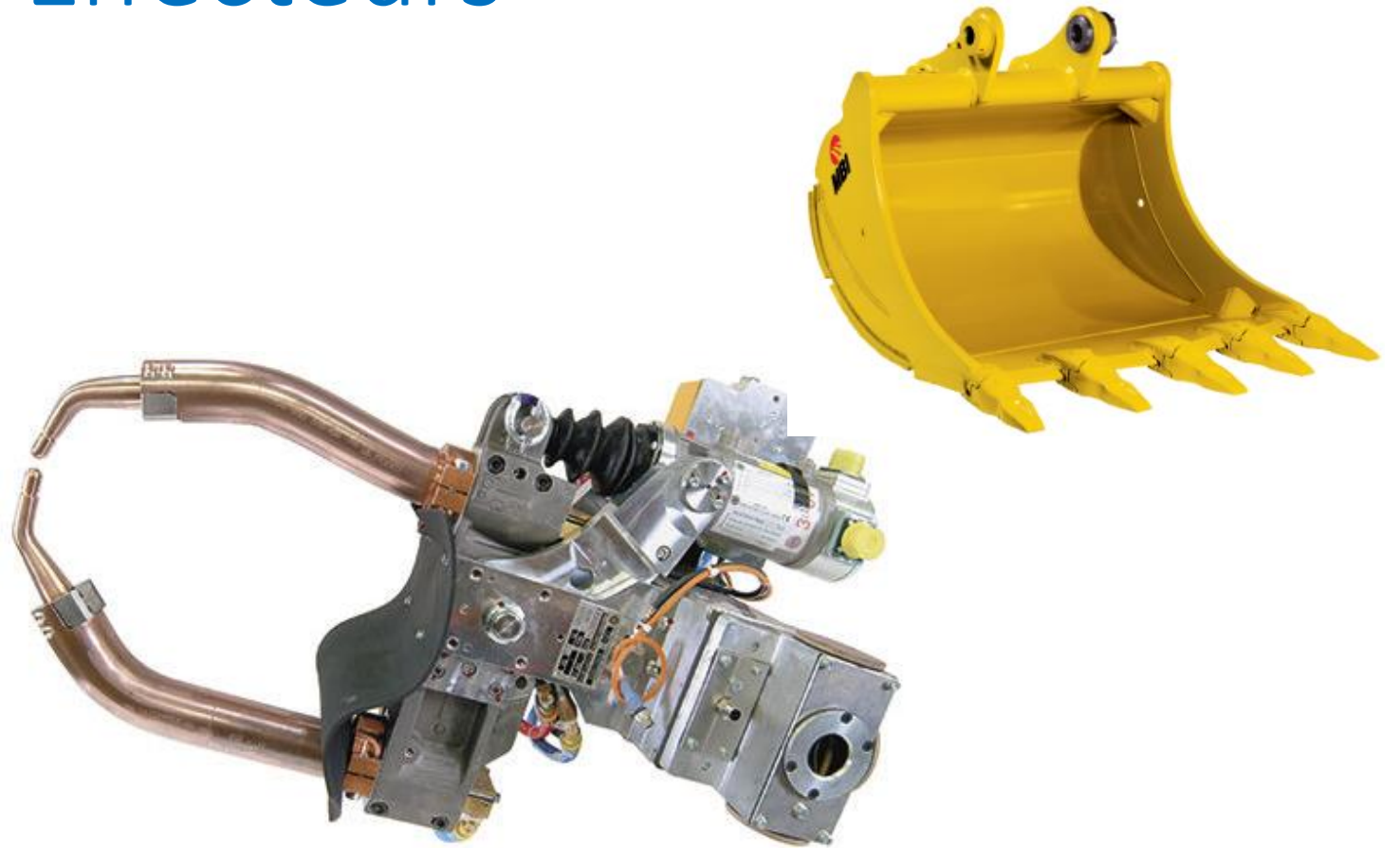
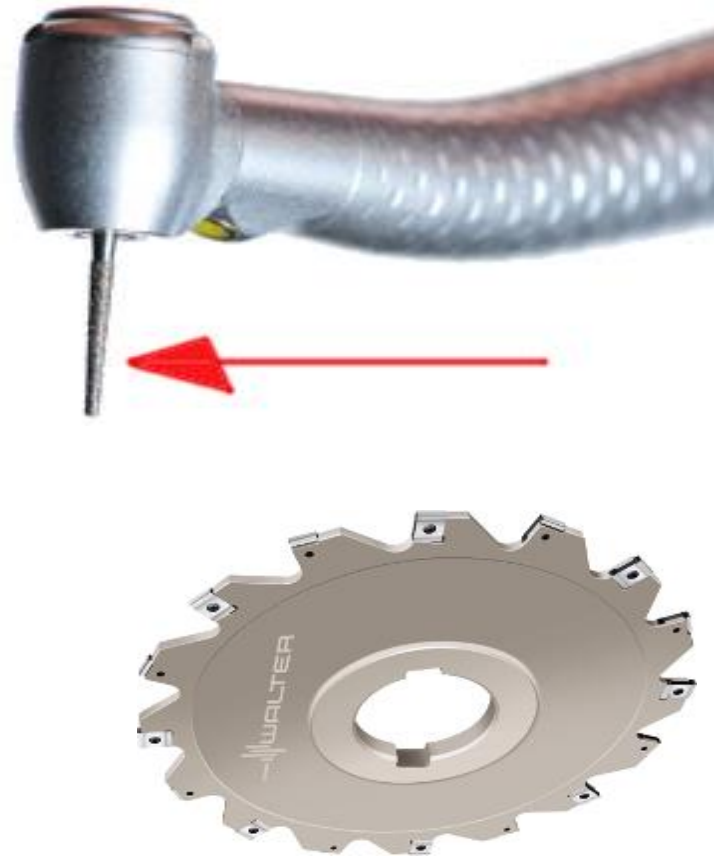


Architecture des systèmes

Chaîne fonctionnelle

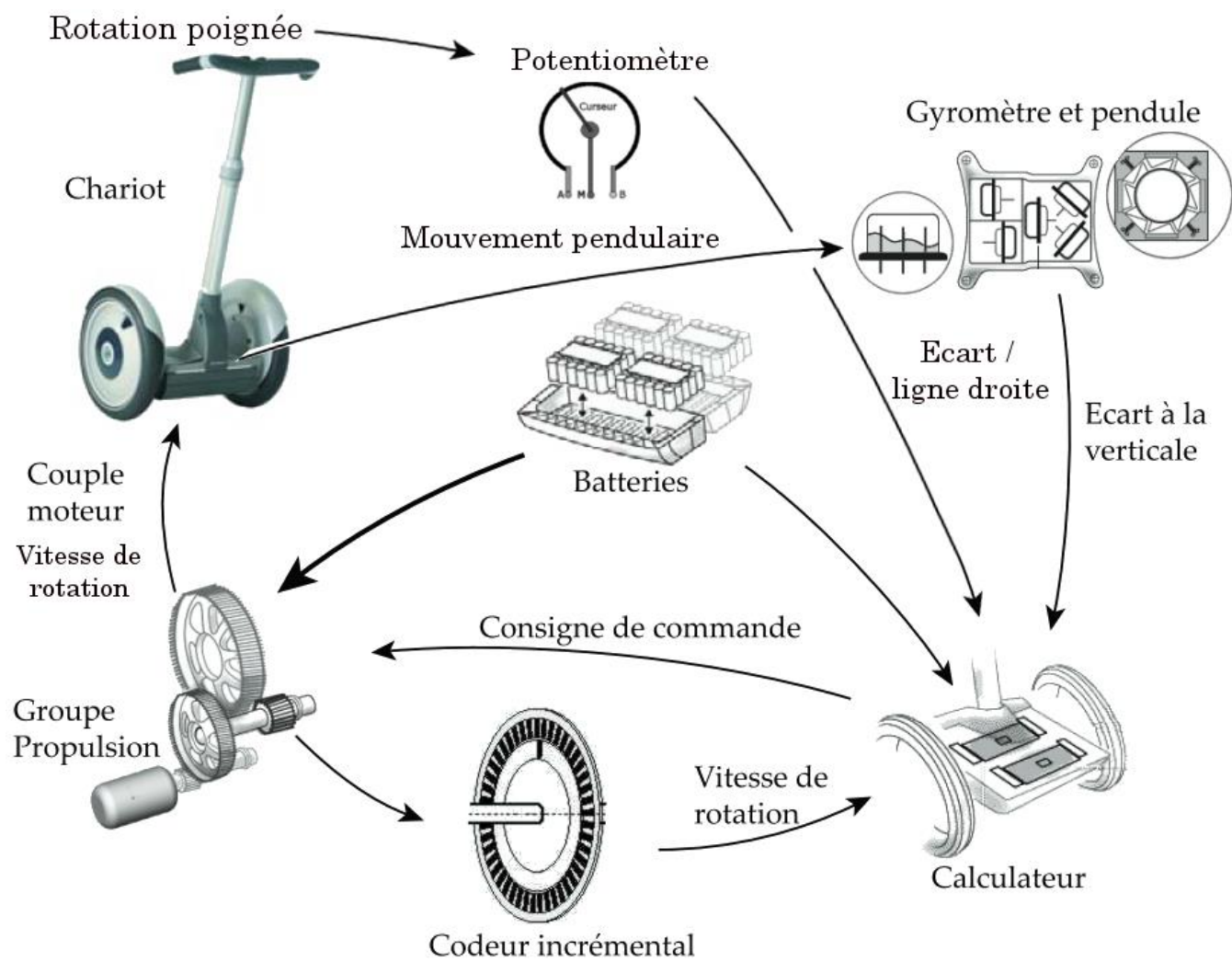


Effecteurs



Tout ce qui agit directement sur la matière d'œuvre.

Exemple de chaîne fonctionnelle Segway®



Exemple de chaîne fonctionnelle Segway®

