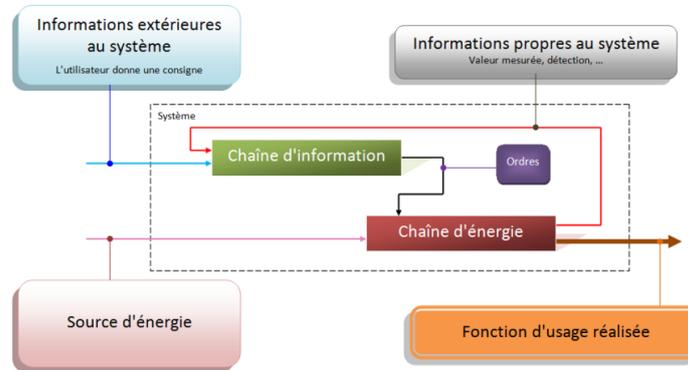


1 / Chaînes d'énergie et d'information

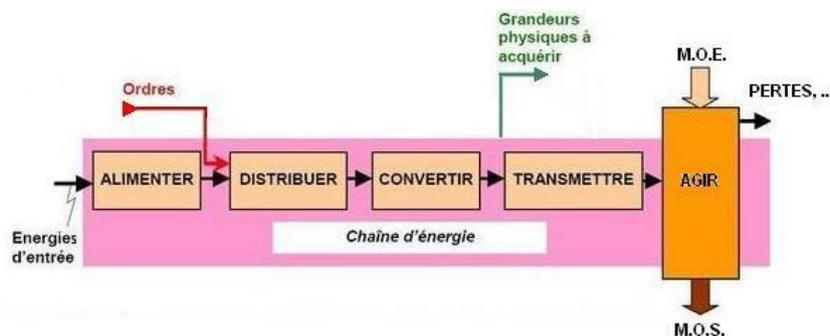


Un système peut être décomposé en deux chaînes, qui interagissent : la chaîne d'énergie et la chaîne d'information.

La chaîne d'énergie permet de remplir la fonction d'usage, c'est à dire d'agir sur la Matière d'œuvre Entrante (M.O.E.) de manière à lui ajouter de la valeur. En sortie, on y trouve donc la Matière d'Oeuvre Sortante (M.O.S.), c'est à dire la M.O.E. + la V.A. (Valeur Ajoutée). Il peut aussi y avoir des pertes (chaleur, résidus, déchets...) ou des indésirables (bruit,...).

Hormis le cas particulier des systèmes autonomes, au moins une énergie est disponible à l'entrée, qui ne fait pas partie de la chaîne d'énergie.

Des grandeurs physiques propres au système sont prélevées sur la chaîne d'énergie (détecteurs / capteurs), ce qui permet à la chaîne d'information de réagir en conséquence et, après traitement, d'envoyer à la chaîne d'énergie des ordres qui modifient l'action entreprise (exemple : mouvement stoppé par un détecteur fin de course).



Très souvent, la chaîne d'énergie est décomposée en une suite de fonctions : Alimenter, Distribuer, Convertir, Transmettre, Agir.

Toutefois, ce modèle ne permet pas de rendre compte de tous les systèmes actuels, où sont présentes d'autres fonctions : Stocker/Restituer, Produire localement, Protéger, Adapter.

Par ailleurs, le terme Moduler est maintenant préféré à Distribuer.

Enfin, il est souhaitable de faire apparaître clairement dans le schéma blocs les différents flux d'énergie, à plus forte raison avec les systèmes multi sources ou hybrides, qui se développent aujourd'hui.

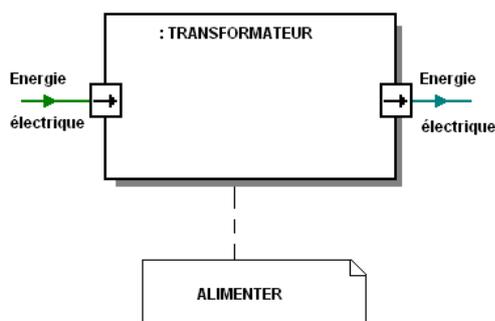
On s'oriente donc vers une représentation de la chaîne d'énergie sous la forme d'un **diagramme de blocs internes** (ibd selon le SysML).

2 / Fonctions de la chaîne d'énergie

2.1 / Alimenter

Cette fonction correspond à l'entrée d'un système raccordé à un réseau d'énergie sans tenir compte de la production de cette énergie.

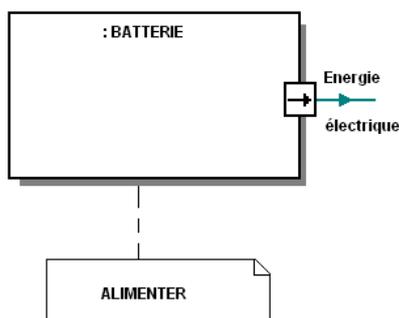
Exemple : transformateur électrique



Transformateur 230V/24V

L'énergie est de même type en entrée et en sortie (énergie électrique s'agissant du transformateur) mais certaines caractéristiques ont changé, la tension par exemple.

Exemple : Batterie d'accumulateurs



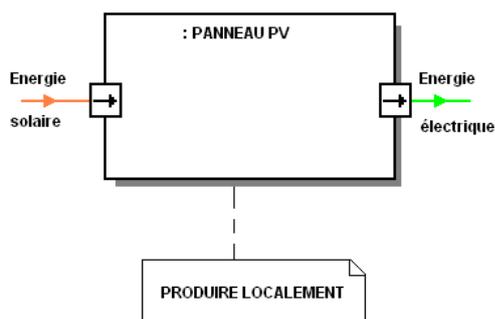
Batterie Plomb Acide 12V

L'énergie est stockée mais la phase de stockage n'est pas envisagée car elle ne correspond pas au service rendu par le système (cas d'utilisation). Exemple : drone ; le système est autonome, durant un certain temps... on peut alors charger la batterie tout en poursuivant avec une autre.

2.2 / Produire localement

Cette fonction correspond à la production locale de tout ou partie de l'énergie par le système lui-même.

Exemple : Panneau PhotoVoltaïque



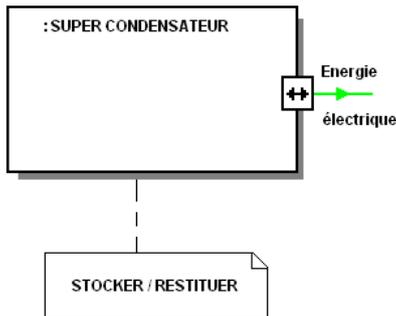
Panneau photovoltaïque

Il s'agit en réalité d'une conversion d'énergie.
Les énergies en entrée et en sortie sont donc de nature différente.

2.3 / Stocker / Restituer

Cette fonction décrit le cas particulier de certains systèmes capables d'emmagasiner et de restituer une forme d'énergie.

Exemple : super condensateur



super condensateur 3000F - 2.7V

Le port associé est bidirectionnel, le constituant est capable de restituer l'énergie qu'il a stockée.

Autres exemples : réservoir hydraulique, ressort, volant d'inertie, batterie d'accumulateurs.

Remarque : Une batterie peut donc remplir les fonctions :

- Alimenter ;
- Stocker / Restituer.

Cette dernière configuration est illustrée par l'ouvre portail solaire, voir paragraphe 3.

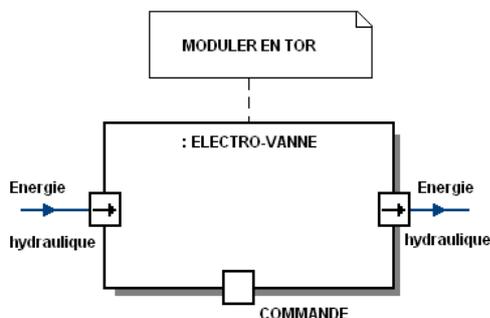
2.4 / Moduler

Cette fonction permet de délivrer tout ou partie de l'énergie vers le convertisseur principal. C'est sur cette fonction qu'agit la chaîne d'information.

Elle peut se décliner en **trois types** :

- **Modulation** par pilotage à deux niveaux (**T.O.R.**)

Exemple : vanne hydraulique à commande électrique T.O.R. (électrovanne)

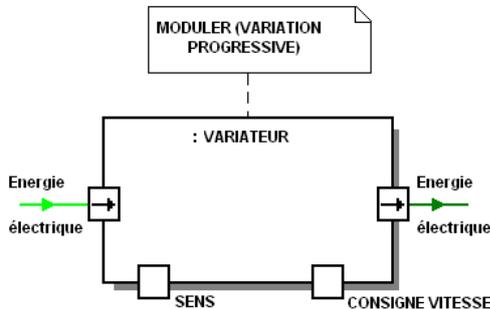


électrovanne

Un port (standard) permet la commande.

- **Modulation** par **variation** progressive

Exemple : variateur de vitesse pour moteur électrique



variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé

La commande nécessite au moins deux ports standards (sens de rotation, consigne de vitesse,...).

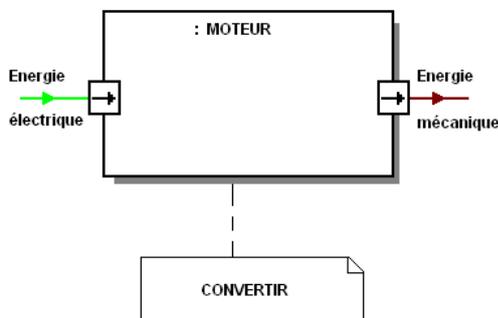
- **Modulation asservie** (exemple : régulateur de température PID : Proportionnel Intégral Dérivé)

La grandeur sous contrôle est mesurée en permanence pour que le régulateur effectue les corrections nécessaires.

2.5 / Convertir

C'est la fonction principale du système, qui délivre l'énergie utile. Les énergies en entrée et en sortie sont **nécessairement** de nature différente.

Exemple : moteur électrique

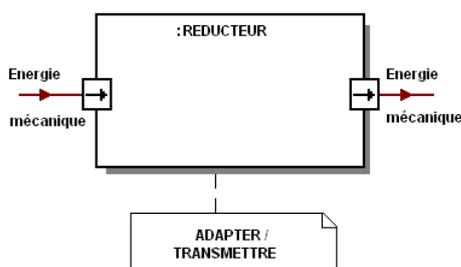


Moteurs brushless

2.6 / Adapter

Cette fonction permet de transmettre et d'adapter l'énergie issue du convertisseur pour la rendre compatible avec l'effecteur.

Exemple : réducteur mécanique



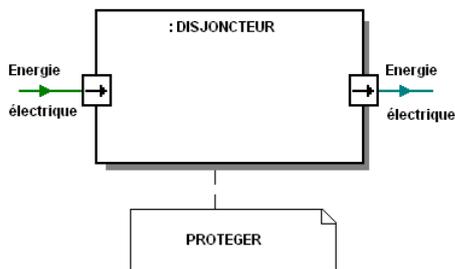
Réducteur mécanique roue et vis sans fin

L'énergie est de même nature (mécanique dans l'exemple ci dessus) mais les caractéristiques (vitesse, couple) du mouvement changent et il peut même y avoir modification du type de mouvement (rotation ↔ translation).

2.7 / Protéger

Cette fonction assure la protection des biens et des personnes par rapport au(x) danger(s) que présente l'énergie employée. Cette protection se fait par dérivation ou par interruption du flux.

Exemples : Disjoncteur, Interrupteur différentiel



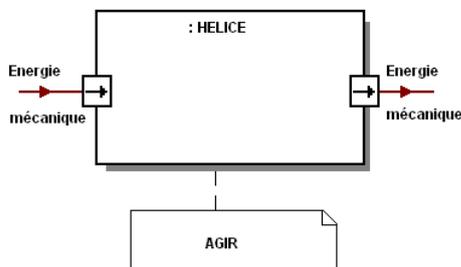
Interrupteur différentiel 40A 30mA

Cette fonction n'est pas toujours représentée dans les ibd, car en fonctionnement normal elle est transparente. Sa présence n'aide donc pas à la compréhension du fonctionnement du système.

2.8 / Agir

Cette fonction, réalisée par un effecteur, agit sur la matière d'œuvre entrante dans le système.

Exemple : Hélice de drone



Hélices de drone

L'énergie mécanique en rotation au niveau de chaque hélice permet de sustenter et d'orienter le drone selon les vitesses imposées par la chaîne d'information aux différents moteurs.

3 / Exemples de diagrammes de blocs internes « Chaîne Energie »

Remarque : les ports standards de commande ne sont pas représentés, ni les organes relatifs à la fonction « protéger ».

3.1 / Ouvre Portail

Il s'agit d'un **système autonome**, c'est à dire où l'intégralité de l'énergie nécessaire est produite localement, grâce à un panneau photovoltaïque.

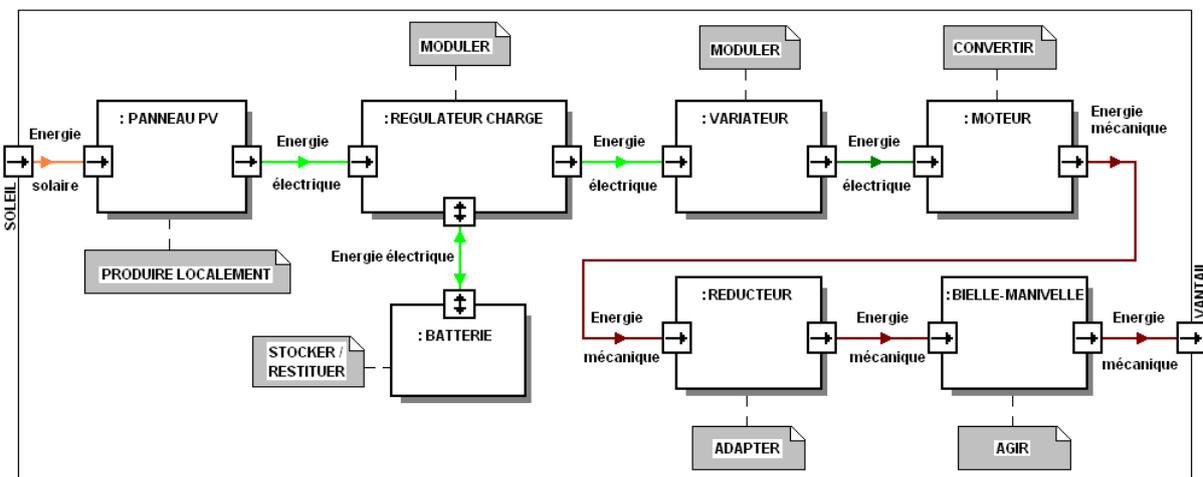
L'énergie électrique ainsi créée à partir du soleil (irradiance) est stockée dans une batterie, sous le contrôle d'un régulateur de charge qui empêche aussi la décharge profonde de la batterie (et stoppe alors le fonctionnement du reste de la chaîne d'énergie).

ORGANISATION FONCTIONNELLE D'UNE CHAÎNE D'ÉNERGIE

Le moteur, de type « à courant continu » permet la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Il est alimenté sous tension variable, par le biais d'un variateur qui assure la fonction moduler (par variation progressive).

L'énergie mécanique (mouvement de rotation) est ensuite adaptée par un réducteur roue et vis sans fin, ce qui permet d'obtenir une vitesse de rotation et un couple conformes à la charge (le vantail). C'est un système articulé bielle - manivelle qui agit sur ce vantail.

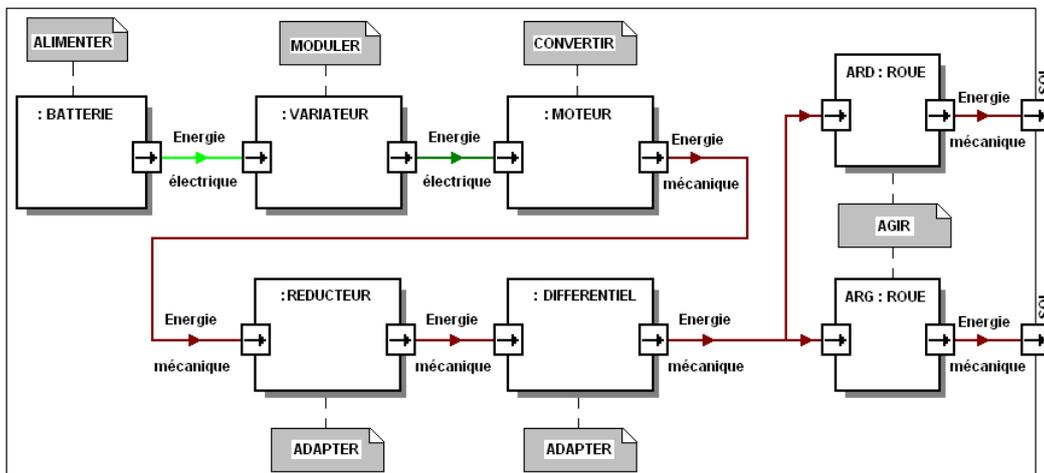
Chaque ensemble pilier/ vantail dispose de son propre boîtier qui renferme à la fois la chaîne d'énergie (hors bielle – manivelle) et la chaîne d'information.



ibd « Chaîne d'Énergie » Ouvre Portail

3.2 / Véhicule Radio Commandé

Il s'agit d'un **système embarqué**, c'est à dire qui dispose d'une quantité limitée d'énergie dans un élément de stockage, une batterie d'accumulateurs, qui assure la fonction « Alimenter ». Il n'y a donc pas de flux entrant.



ibd « Chaîne d'Énergie Propulsion » Véhicule Radio Commandé

Seule est représentée ici la chaîne d'énergie « Propulsion », sachant que l'arbre de transmission – à la sortie du réducteur - rend aussi motrices les roues avant directrices.

Il y a deux blocs « Adapter » :

- le premier (réducteur) entre le moteur à courant continu et l'arbre de transmission ;
- le second (différentiel) chargé, comme son nom l'indique, de distinguer les vitesses de rotation des roues arrière en virage.

3.3 / Maison dôme rotative « Domespace »

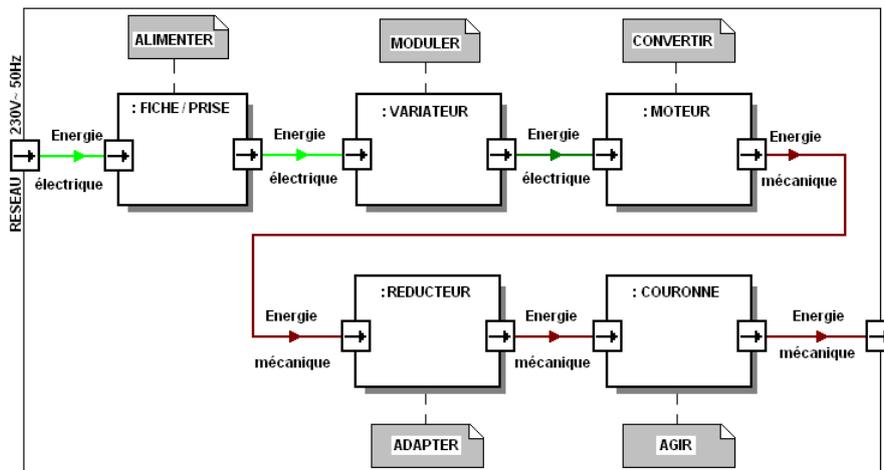
Il s'agit d'un **système connecté** à un réseau de distribution d'énergie électrique, le réseau public 230V~ 50Hz.

La fonction « Alimenter » est donc réduite aux accessoires permettant le raccordement du variateur au réseau.

Le moteur étant cette fois de type « asynchrone triphasé » le variateur associé est donc un variateur de fréquence. Il est de surcroît mono/tri (monophasé en entrée, triphasé à fréquence variable en sortie).

Les trois étages de réduction – présentant plusieurs solutions technologiques – sont regroupés sous la fonction « Adapter ».

La couronne tournante, montée sur un chemin de roulement, entraîne la maison en rotation.



ibd « Chaîne d'Énergie » Maison dôme rotative