

Technologie des Systèmes Automatisés

GMP3 – M1214

Plan du chapitre

- La conception des bâtis
- Les actionneurs électriques
- Les actionneurs pneumatiques
- Les pré-actionneurs
- Les systèmes de préhension
- La transmission des mouvements
- Les capteurs TOR et de mesure

Ce qu'il faut savoir sur les automatismes (BU)

Édition 2008 Technosup, <http://www.amazon.fr/>

Philippe GRARE & Imed KACEM

Conception des bâtis 1/2

Structures mécano-soudée

Un châssis mécano-soudé est une structure composée de pièces assemblées par soudage.



Conception des bâtis 2/2

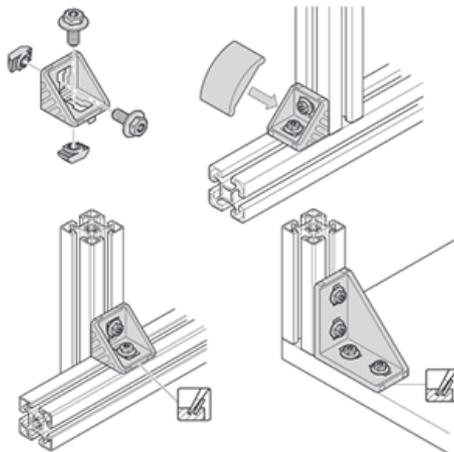
Structures utilisant des profilés aluminium

Plusieurs sections du 20x20 au 60x90

Assemblages faciles (équerres + visserie spécifiques)

Coût élevé du matériau mais entièrement démontables (donc adaptables et réutilisables) !

Applications : bâti, banc d'essai, poste de travail, etc..



Tourner – déplacer - maintenir

PARTIE OPÉRATIVE : LES ACTIONNEURS

Sources d'énergie

Les actionneurs sont les organes agissant sur une machine de manière à modifier son état ou son comportement. Ils utilisent de l'énergie pour fonctionner.

Énergie électrique

Fournie par le réseau (ENEDIS filiale EDF)

Distribution continue

Installation très simple (on branche..)

Prix des actionneurs (moteurs) en rapport avec la puissance fournie

Énergie pneumatique

Produite en interne

Installation moyennement simple

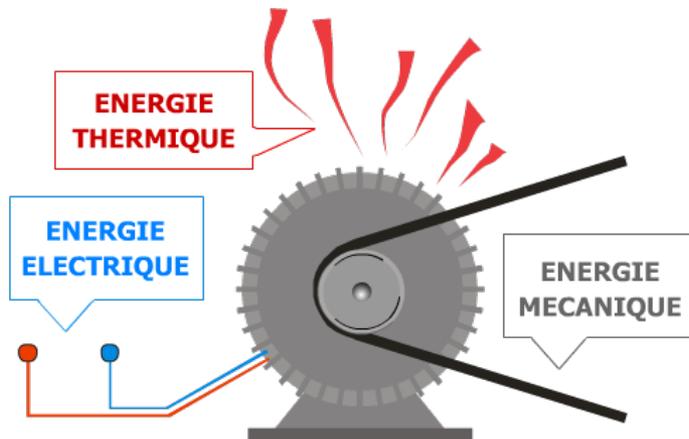
Nécessite des pré-actionneurs

Très adaptée aux mouvements linéaires

Actionneurs électriques

Les actionneurs électriques les plus répandus sont les moteurs électriques.

Un moteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Lors de cette conversion, le moteur dissipe de l'énergie thermique.



$$\eta = \frac{W_u}{W_a}$$

η : rendement

W_u : énergie utile (J)

W_a : énergie absorbée (J)

Quelques valeurs de η pour les moteurs électriques :

- Moteur à balais (*charbons*) : < 60%
- Moteur asynchrone : 60 à > 90%
- Moteurs synchrones : 70 à > 90%

Types de moteurs électriques 1/5

Moteur asynchrone

Le type de moteur le plus couramment employé dans le cas de grandes puissances, est le moteur asynchrone.

- Alimentation 220V monophasé (basse puissance et rendement assez faible)/380V triphasé (puissance plus élevée et bon rendement) ;
- Puissance allant de 0.18 à 365 kW ;
- Vitesse fonction de la fréquence d'alimentation (variateur de fréquence *Variable Frequency Drive*);
- Inversion de sens par inversion de 2 phases ;
- Vitesse de rotation maximum proche de 3000 tr/min (sur réseau 50hz) ;
- Couplage au réseau étoile ou triangle (suivant charge et tension d'alimentation) ;
- Protection par sectionneur, disjoncteur, relais thermique.



variateur de fréquence

Types de moteurs électriques 2/5

Moteur à courant continu (CC/DC)

Ces moteurs sont facilement réglables en vitesse et en couple et ne nécessitent pas beaucoup d'électronique de commande même si on doit leur fournir une tension continue.

L'inversion du sens de rotation est réalisée en inversant la polarité.

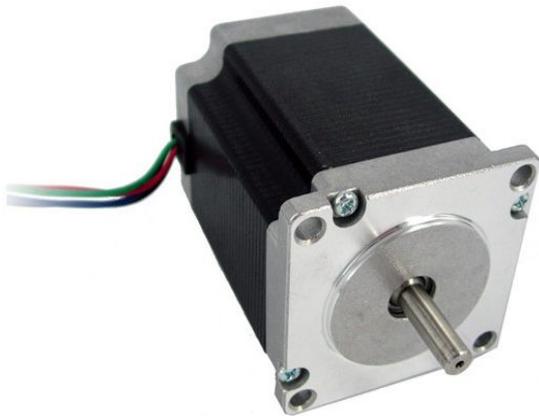
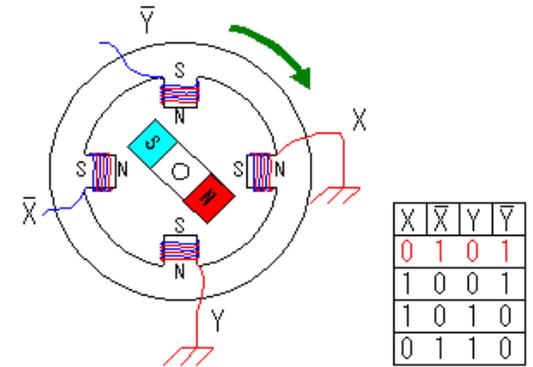
Ils sont progressivement délaissés au profit des moteurs à courant alternatif (CA).



Types de moteurs électriques 3/5

Moteur pas à pas

Un **moteur pas à pas** permet de transformer un train d'impulsions électriques en un mouvement angulaire.



Ce type de moteur est très courant dans tous les dispositifs où l'on souhaite faire du contrôle de vitesse ou de position en boucle ouverte (positionnement et d'indexation).

Types de moteurs électriques 4/5

Moteur brushless à courant direct

Moteur sans balais, ou « moteur *brushless* », ou machine **synchrone auto-pilotée à aimants permanents**, c'est une machine électrique de la catégorie des machines synchrones dont le rotor est constitué d'un ou de plusieurs aimants permanents et peut être pourvu d'un *capteur de position rotorique* (capteur à effet Hall, synchro-résolver, codeur incrémental...).

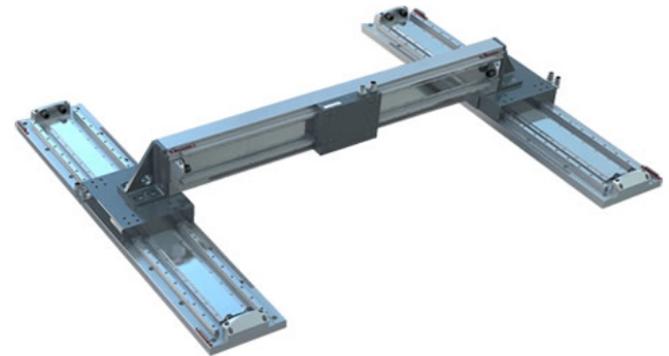


Moteur brushless DC

Types de moteurs électriques 5/5

Moteurs linéaires

Un moteur linéaire est une solution d'entraînement qui se distingue d'un moteur rotatif. Contrairement à une machine rotative, un moteur linéaire ne génère **aucun moteur rotatif** de l'objet à entraîner mais le déplace de façon linéaire ou le long d'une ligne incurvée. Tandis qu'un moteur rotatif produit un couple, un moteur linéaire produit une force.



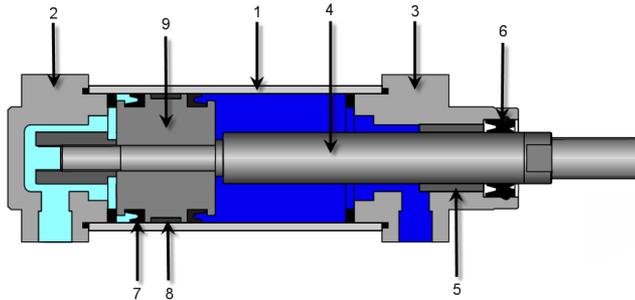
Portique à moteurs linéaires

Actionneurs pneumatiques 1/2

Les actionneurs pneumatiques les plus répandus sont les vérins.

Un vérin transforme l'énergie d'un fluide sous pression en énergie mécanique. Dans notre cas, il s'agit d'air comprimé.

Fonctionnement du vérin à tige double effet



- 1- corps du vérin
- 2- culasse arrière
- 3- culasse avant
- 4- tige de vérin
- 5- coussinet
- 6- joint racleur avec joint à lèvres intégré
- 7- joint à lèvres
- 8- bague de guidage
- 9- piston

Un vérin est constitué de 2 chambres dans lesquelles peut entrer l'air comprimé.

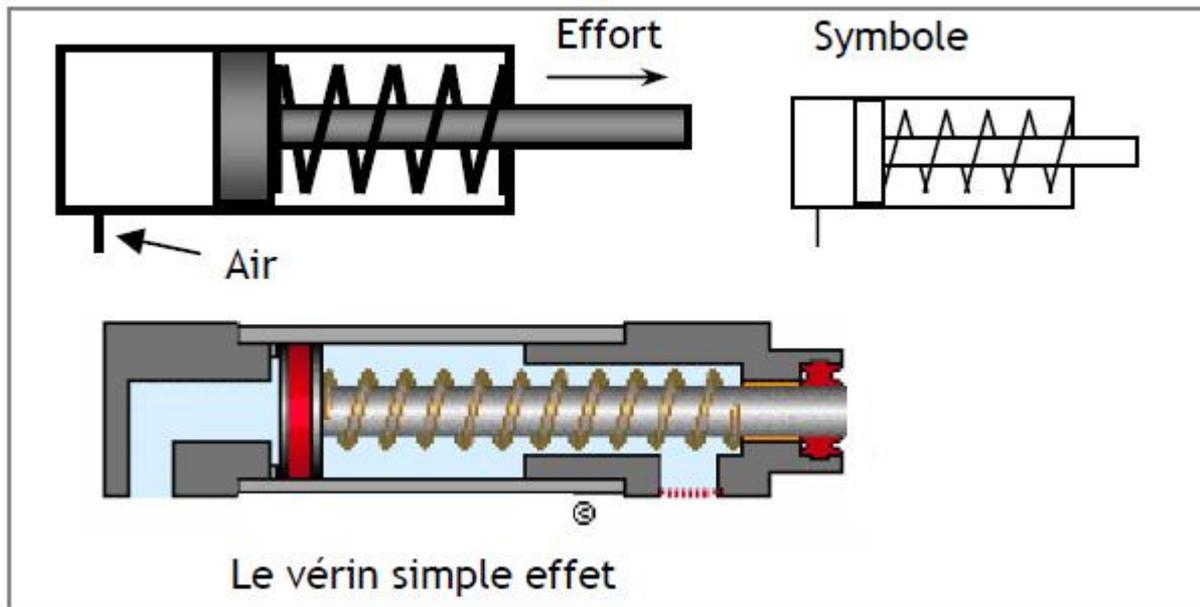
En bleu clair sur le schéma, la chambre arrière du vérin. En bleu foncé, la chambre avant du vérin.

C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, pousse le piston dans un sens ou dans l'autre. La tige se déplace en conséquence.

L'air présent dans l'autre chambre est en même temps chassé et évacué du corps du vérin (échappement). Cette alternance pression/échappement s'effectue grâce à un pré-actionneur : le distributeur.

Actionneurs pneumatiques 1/2

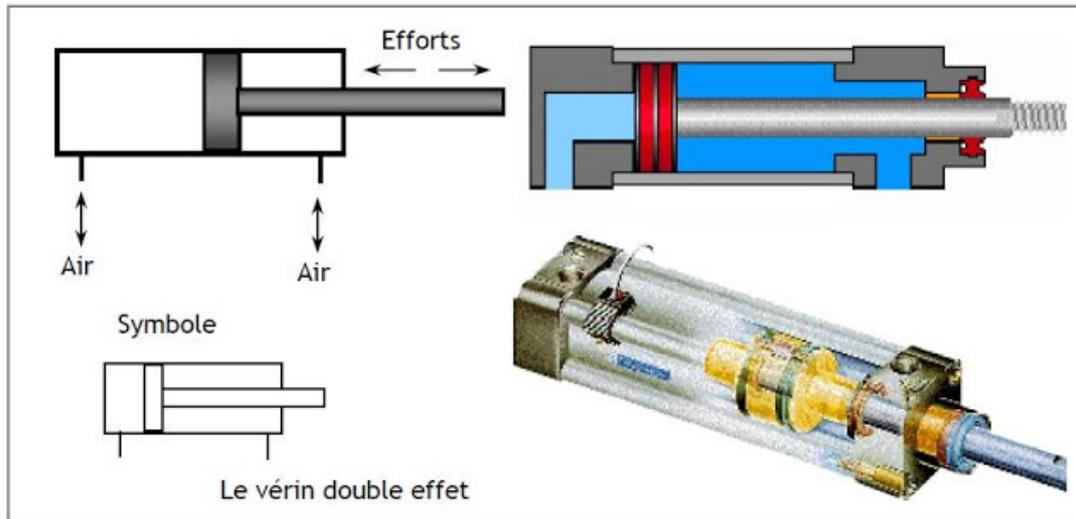
Vérin simple effet (VSE)



Ce vérin produit l'effort dans un seul sens. Il n'est donc alimenté que d'un seul côté du piston. Le retour à la position initiale s'effectue en général par un ressort.

Actionneurs pneumatiques 2/2

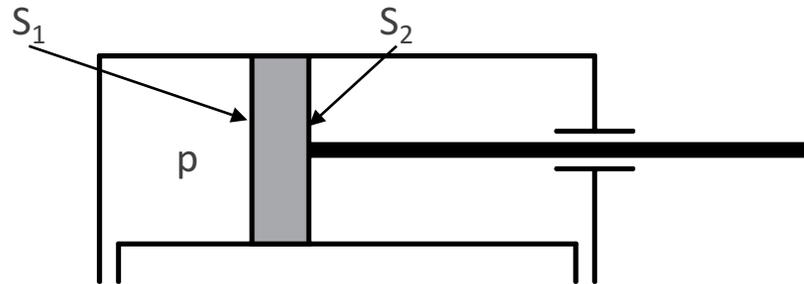
Vérin double effet (VDE)



Dans un vérin double effet, la sortie et la rentrée de la tige s'effectue par l'application de la pression, alternativement, de part et d'autre du piston. Les vérins double effet sont utilisés lorsqu'on a besoin d'efforts importants dans les deux sens.

Force disponible en bout de tige 1/2

Vérin double effet



En sortie :

$$F_1 = pS_1$$

En rentrée :

$$F_2 = pS_2$$

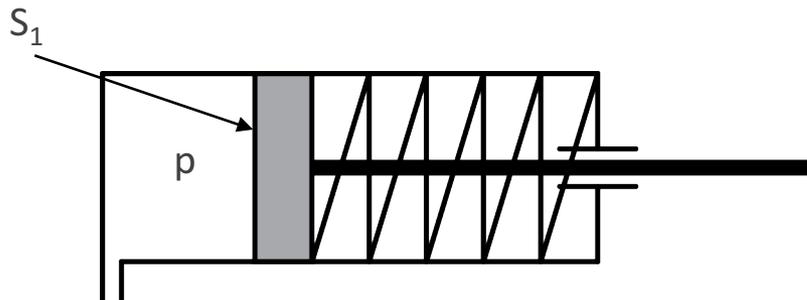
$$S_2 < S_1 \Rightarrow F_2 < F_1$$

F est l'effort exprimé en newtons (N).

p est la pression en pascal (Pa).
S est la surface sur laquelle s'exerce la pression en m².

1 bar = 10⁵ Pa (≈14,51 PSI)

Vérin simple effet



En sortie :

$$F_1 = pS_1 - Kx$$

K : Coefficient de raideur du ressort.

Nota : l'asservissement en position des vérins pneumatique est possible.

Force disponible en bout de tige 2/2

Quelle force théorique développe en sortie et en rentrée un vérin double effet (figure ci-contre) sous une pression de 6 bars ?

Soient d_1 le diamètre d'alésage et d_2 le diamètre de la tige.

En sortie :

$$F_1 = pS = p \cdot \pi \cdot (d_1/2)^2$$

En rentrée :

$$F_2 = pS = p \cdot \pi \cdot (d_1 - d_2/2)^2$$

A.N. :

$$F_1 = 6 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 64 \cdot 10^{-6} = 120 \text{ N}$$

$$F_2 = 6 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 55 \cdot 10^{-6} = 103 \text{ N}$$



Diamètre d'alésage :
16

Diamètre de tige : 6

Course : 25

Autres types de vérins

Vérin sans tige – (gain en encombrement)



Vérin soufflet (effort important pour course faible)



Vérin rotatif oscillant



Vérin à tige traversante



Et bien d'autres..

Préactionneurs électriques 1/8

Les préactionneurs sont des constituants qui, sur ordre de la partie de commande, assurent la distribution de l'énergie de puissance aux actionneurs. Dans les circuits électriques, les préactionneurs sont généralement soit un relais, soit un contacteur. Le contacteur assure en plus l'extinction de l'arc électrique qui accompagne souvent la commutation de l'énergie de forte puissance.

Nous verrons ici :

- Les sectionneurs
- Les contacteurs
- Les relais
- Quelques éléments de protection
- Les variateurs de fréquence

Préactionneurs électriques 2/8

Les sectionneurs

Leur seule fonction est d'isoler (séparer électriquement) l'actionneur de l'alimentation aval – pour vérification, maintenance, etc. Il n'ont aucun pouvoir de coupure et ne doivent pas être actionnés en charge.



Sectionneur tétrapolaire

Préactionneurs électriques 3/8

Les contacteurs

Un contacteur est un relais électromagnétique particulier, pouvant commuter de fortes puissances grâce à un dispositif de coupure d'arc électrique. Il est donc adapté à la commande et la protection des circuits.



Contacteur tripolaire

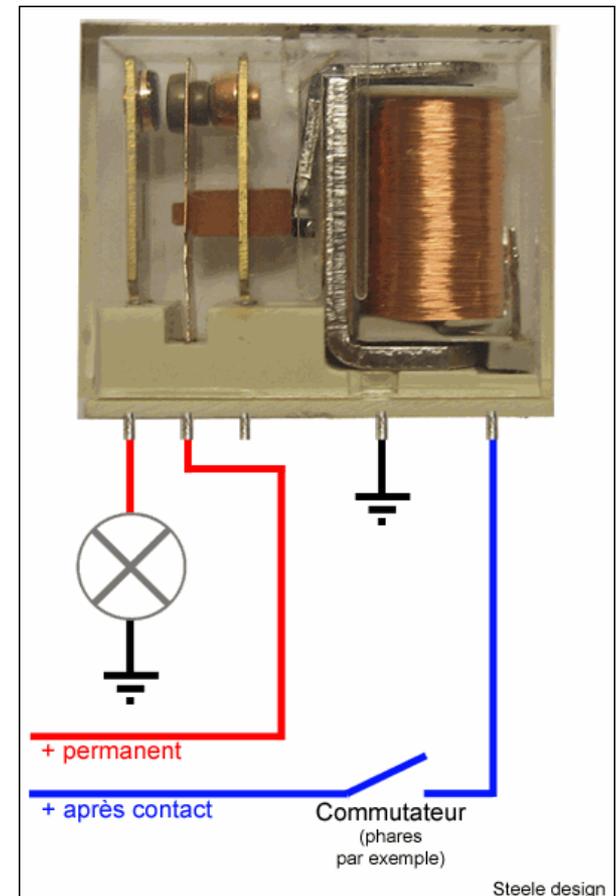
Préactionneurs électriques 4/8

Les relais

Un **relais** est un interrupteur qui se commande avec une tension continue de faible puissance. La partie « interrupteur » sert à piloter des charges secteur de forte puissance (jusqu'à 10A couramment).



Relais 2 contacts 8A



Préactionneurs électriques 5/8

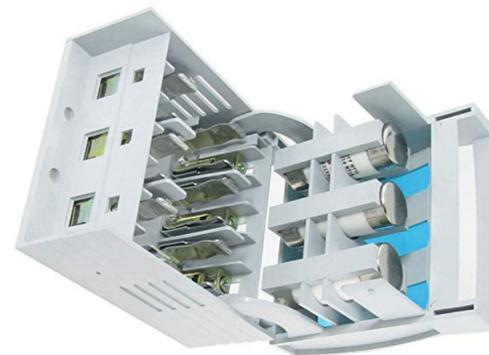
Les fusibles

Le fusible ou coupe-circuit à fusible est un dispositif de sécurité conçu pour « couper » l'alimentation électrique lors d'une surcharge ou d'un court-circuit, produisant une surintensité. Le composant principal de ce dispositif est un petit isolant enveloppant un fil conducteur qui fond quand il est traversé par un courant d'intensité supérieure au calibre supporté. Ainsi, il permet de couper le circuit électrique après une période de surintensité donnée, et permet ainsi de prévenir les incendies, et la destruction de l'ensemble du système. Le fusible garantit l'intégrité du circuit d'alimentation.

Les fusibles peuvent être intégrés dans les sectionneurs.



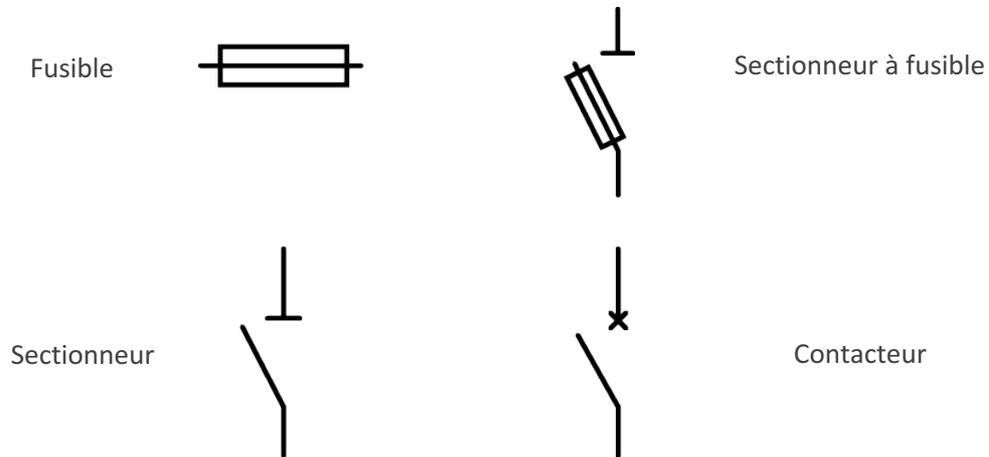
Fusibles type cartouche de différents calibres



Sectionneur à fusibles intégrés

Préactionneurs électriques 6/8

Symboles



Préactionneurs électriques 7/8

Variateur de fréquence

Un variateur de fréquence est un dispositif utilisé pour contrôler la vitesse d'un moteur électrique aux fins suivantes :

- améliorer le contrôle des process ;
- réduire la consommation d'énergie et générer efficacement de l'énergie ;
- diminuer la contrainte mécanique sur les applications de contrôle des moteurs ;
- optimiser le fonctionnement de diverses applications basées sur des moteurs électriques.
- Adapter les circuits d'entrée (alimentation) et de sortie (moteur).

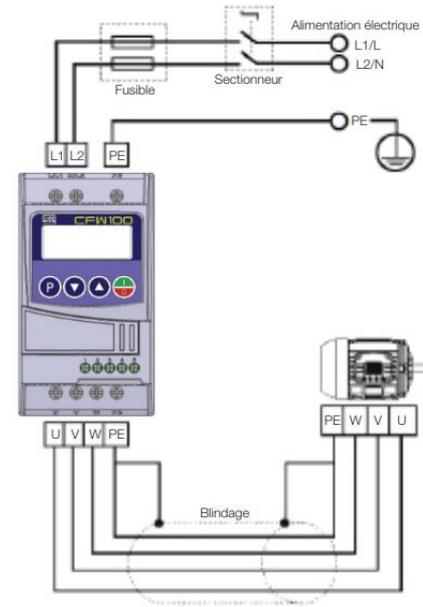


Schéma pour alimentation 220V monophasé vers moteur triphasé

Préactionneurs électriques 8/8

Contrôleur pour motorisation pas-à-pas (*stepper motor drive*)

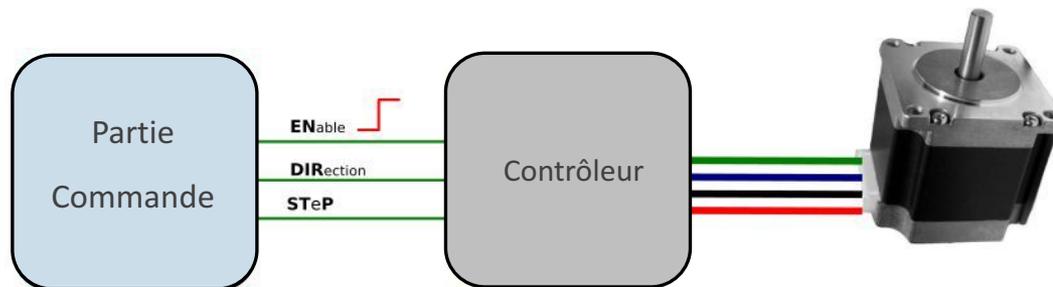
Le contrôleur de moteurs pas-à-pas améliore la fluidité de mouvement, procure un couple optimum et une bonne stabilité. Les moteurs peuvent fonctionner plus silencieusement, avec moins d'échauffement et un mouvement plus régulier.

Ils ont une plage d'alimentation en tension continue (de l'ordre de 50V ou plus).

Ils reçoivent les impulsions (sens et vitesse) de la partie commande et assurent le pilotage du moteur.



Contrôleur de moteur pas-à-pas



Préactionneurs pneumatiques

Distributeurs pneumatiques

Pour alimenter des vérins ou pour commander la distribution d'air vers les différents composants faisant partie d'une installation pneumatique on utilise des distributeurs à voies multiples.

Les distributeurs à voies multiples déterminent le chemin et le sens de passage que l'air comprimé peut emprunter et peuvent, si nécessaire, en obturer complètement le passage.

Un distributeur à voies multiples peut avoir deux à cinq orifices de raccordement pour l'air comprimé.

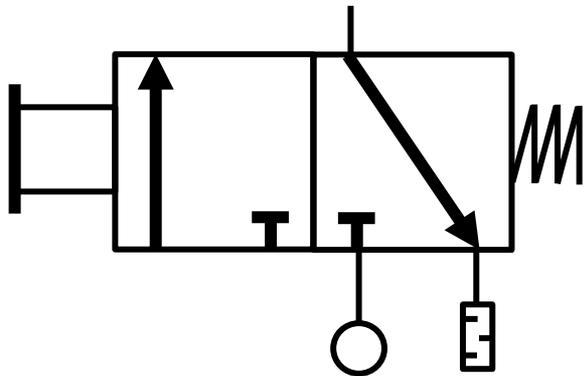


Distributeurs

Distributeur - Représentation

Le symbole du distributeur est dessiné horizontalement dans la plupart des cas.

On dessine une case par « position du distributeur ». Un distributeur avec deux positions, par exemple une position ouverte et une position fermée, sera donc représenté avec 2 cases



La position de repos est d'habitude dessinée à droite. C'est la position dans laquelle se trouve le distributeur lorsqu'il n'est pas commandé.

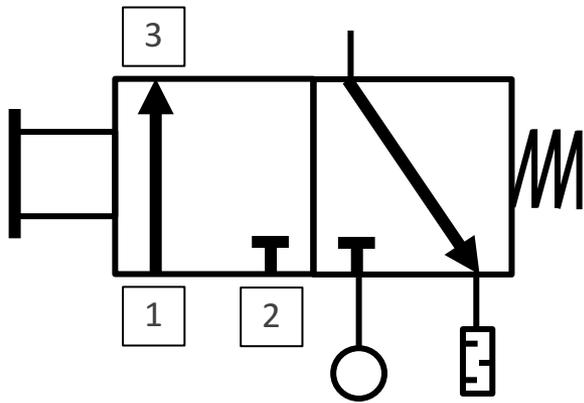
Une jonction entre deux orifices connectés indique que ces deux orifices sont connectés dans cette position du distributeur. Le sens de passage que l'air comprimé peut emprunter dans une position du distributeur est représenté par une flèche.

Pour indiquer la fermeture des raccords dans une position, on dessine des bouchons.

Nous représentons les raccords du distributeur à sa position de repos. L'alimentation et l'échappement de l'air comprimé arrivent par en dessous et les sorties au-dessus

Distributeur - Dénomination

La dénomination du distributeur comprend 2 chiffres et dépend du nombre d'orifices et du nombre de positions de commutation.



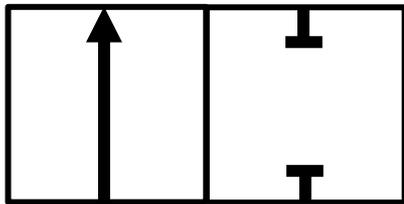
Le premier chiffre (X) dans la dénomination donne le nombre d'orifices du distributeur, sans tenir compte des orifices de commande.

Le deuxième chiffre (Y) donne le nombre de positions de commutation : c'est le nombre de cases.

Ce distributeur, avec 3 orifices de raccordements (raccordements des commandes pas pris en compte) et 2 positions de commutation est donc un **distributeur 3/2**.

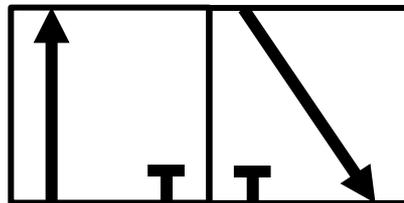
Différent distributeurs

Le nombre de commutations et d'orifices dépend du fonctionnement souhaité. Un distributeur peut être très simple, comme le distributeur 2/2, ou plus complexe, comme le distributeur 5/3 à centre ouvert.

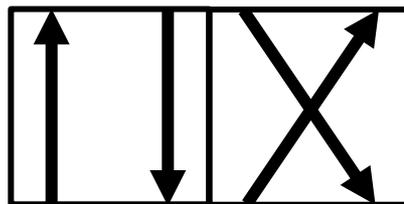


Nous ne représentons ici que les cases de commutation.

Distributeur **2/2** : un simple robinet. Peut constituer un bloqueur.



Un vérin simple effet doit pouvoir être mis à l'échappement via le distributeur afin de pouvoir réaliser une nouvelle course de travail. Pour cela nous avons besoin d'un troisième orifice qui permet la mise en échappement du vérin. Le distributeur que nous devons utiliser doit avoir 3 orifices et est donc un distributeur **3/2**.



Pour commander un vérin double effet il faut utiliser un distributeur à 2 sorties. Si on combine les deux distributeurs 3/2 en utilisant une alimentation et un échappement collectif pour les deux distributeurs, on obtient un distributeur à 4 raccords et 2 positions. Le distributeur obtenu est un distributeur **4/2**.

Il existe d'autres distributeurs plus complexes.

Différentes commandes

Pour actionner un distributeur il faut minimum un organe de commande.

La commande peut être manuelle, mécanique, pneumatique ou électrique.

Pour représenter les différentes commandes, on utilise des symboles appropriés

Manuelle



Commande manuelle



Bouton



Levier



Pédale



Commande verrouillable

Mécanique



Ressort



Bouton poussoir



Commande à galet



Commande à galet escamotable

Pneumatique



Commande directe

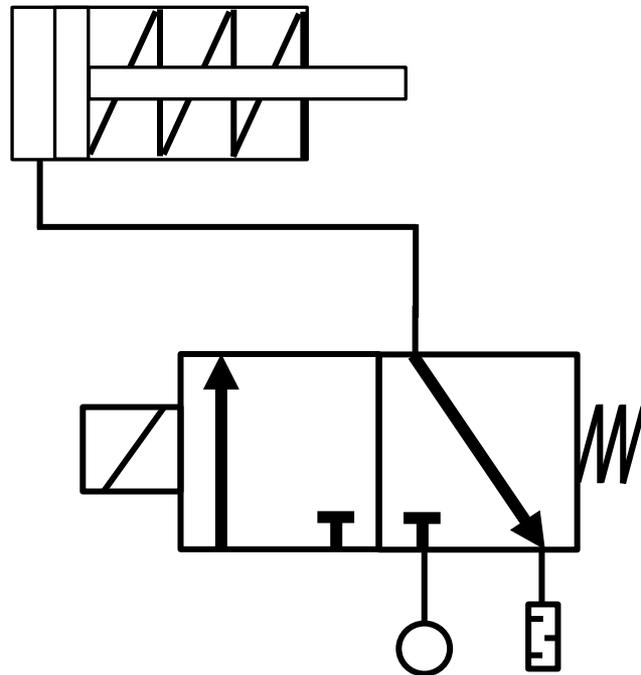
Electrique



Bobine

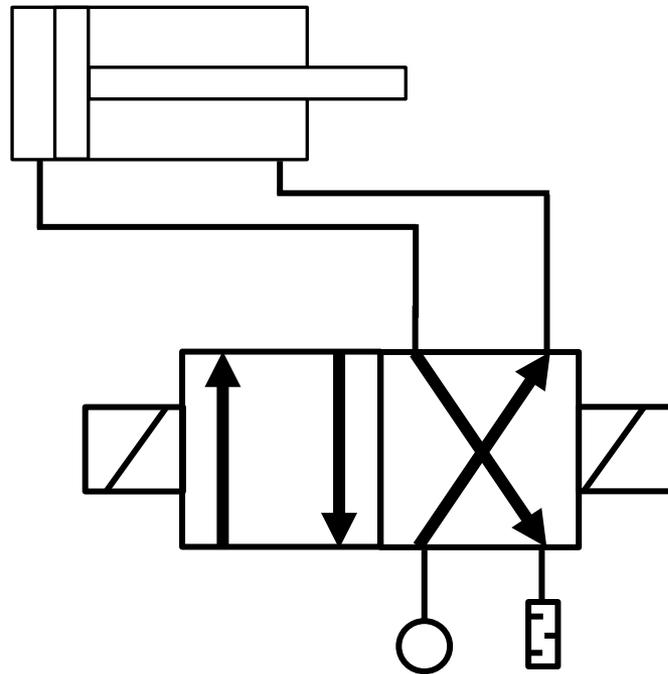
Connexion d'un VSE

Comme on l'a vu, nous utilisons un distributeur 3/2. Il s'agira d'un distributeur à commande électrique.



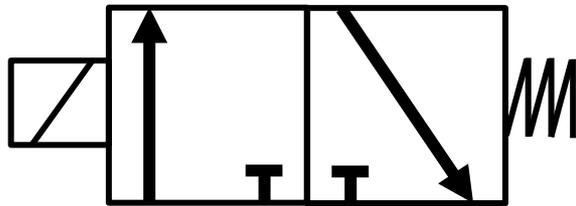
Connexion d'un VDE

Nous utilisons cette fois un distributeur 4/2. Il s'agira d'un distributeur à commande électrique.

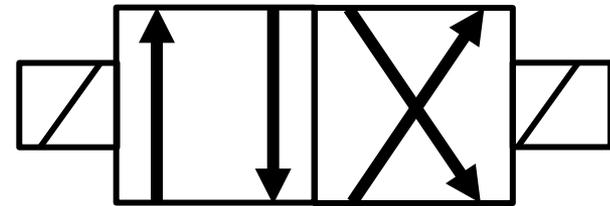


Monostable/Bistable

Un distributeur est dit monostable lorsqu'il y a un déficit entre le nombre de positions que peut prendre ce distributeur et le nombre de pilotes, ou s'il y a un ressort. Cela est lié aux type d'actionneurs à piloter.



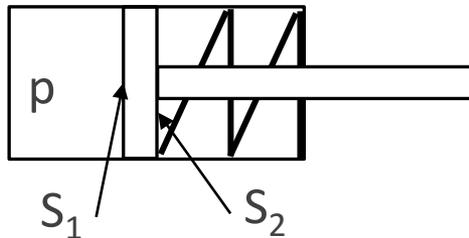
Ce distributeur a 2 positions et n'est pourvu que d'une commande (électrique). Le retour en position de repos est assuré par un ressort. Il est donc **monostable**.



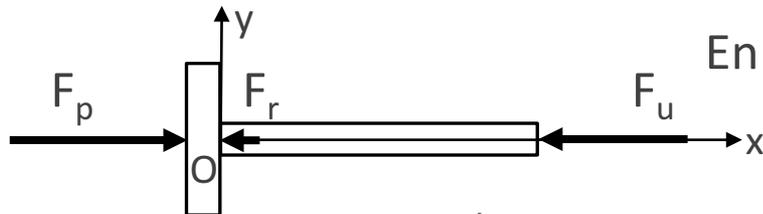
Ce distributeur a 2 positions et est pourvu de 2 commandes. Il est donc **bistable**.

Dimensionnement des vérins 1/3

On dimensionne un vérin en fonction de l'effort utile à fournir, ainsi que de la course à effectuer (c).



On isole l'ensemble piston-tige et on met en place les forces extérieures.



En statique : $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\text{/Ox} \quad F_p - F_r - F_u = 0 \quad \text{avec } F_r = Kx \text{ et } x \text{ max pour la course } c !$$

$$F_p = F_r + F_u = K.c + F_u$$

$$F_p = pS_1 \text{ d'où } S_1 = (K.c + F_u)/p$$

En dynamique on tiendra compte de l'accélération !

Dimensionnement des vérins 2/3

Un vérin simple effet alimenté en 8 bars assure un serrage d'effort utile de 30 daN pour une course de 5 mm. Le ressort du vérin a un coefficient de raideur de 10N.mm⁻¹. Déterminer le diamètre mini du vérin.

$$S_{\min} = (K.c + F_u)/p \quad 1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2, \text{ il est donc pratique de convertir les unités en daN et cm !}$$

$$K = 10\text{N.mm}^{-1} = 1\text{daN.mm}^{-1} = \mathbf{10\text{daN.cm}^{-1}}$$

$$c = 5\text{mm} = \mathbf{0,5 \text{ cm}}$$

$$S_{\min} = (10.0,5 + 30)/8 = \mathbf{4,375 \text{ cm}^2}$$

$$S_{\min} = \pi.r^2 \quad r = \sqrt{\frac{S_{\min}}{\pi}} \quad r = 1,18 \text{ cm}$$

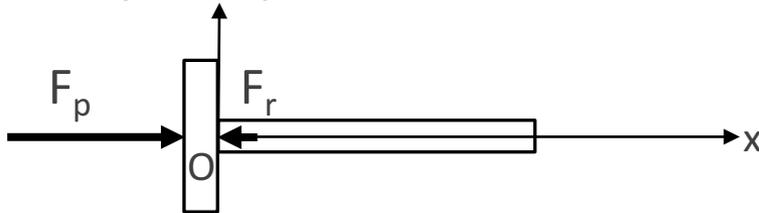
$$\mathbf{d = 23,6 \text{ mm}}$$

Nous prendrons la dimension disponible par excès : D = 25 mm

Dimensionnement des vérins 3/3

Un vérin sans tige double effet alimenté en 10 bars doit déplacer une masse de 20Kg avec une accélération de 3g (30m.s⁻²). Les frottements sont évalués à 50N. Donner le diamètre minimum du vérin.

En dynamique : $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$



$$/Ox \quad F_p - F_r = ma$$

$$F_p = ma + F_r = 20 \cdot 30 + 50 = 650\text{N} = 65\text{daN} \quad \text{Rappel : } 1\text{N} = 1\text{Kg.m.s}^{-2}$$

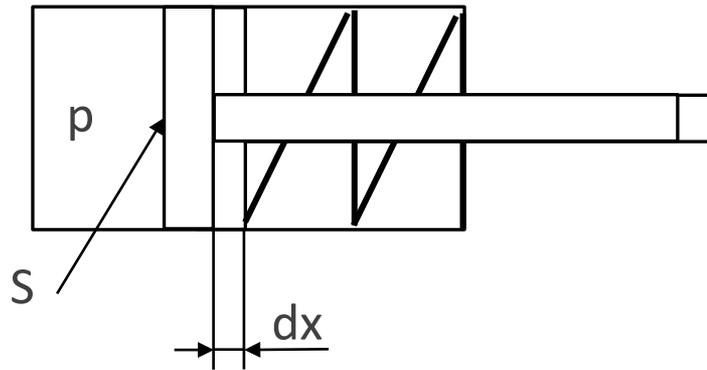
$$S_{\min} = 65/10 = \mathbf{6,5 \text{ cm}^2}$$

$$S_{\min} = \pi \cdot r^2 \quad r = \sqrt{\frac{S_{\min}}{\pi}} \quad r = 1,43 \text{ cm}$$

$$\mathbf{d = 28,6 \text{ mm}}$$

Nous prendrons la dimension disponible par excès : D = 32 mm

Vitesse d'action d'un vérin



Expression du débit d'air :

$$Q = \frac{dV}{dt} \quad \Rightarrow \text{Variation de volume}$$

$$dV = S \cdot \frac{dx}{dt} \quad \frac{dx}{dt} = v \quad (= \text{vitesse})$$

$$Q = S \cdot v$$

Le distributeur devra fournir le débit Q nécessaire !

Exemple : Si la vitesse, d'un vérin de diamètre 40, doit être de $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, le débit en $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ à fournir est de :

$$Q = \pi \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3 = 0,0012 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rappel : $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ l}$

VDE à amortissement réglable

Un piston qui bute contre une des culasses avec une vitesse trop élevée peut endommager le vérin. Pour éviter cela, il est à conseiller d'utiliser des vérins avec amortisseurs de fin de courses réglables (Fig. 1). Ce type de vérin est équipé d'un "piston d'amortissement" (1) qui, avant la fin de la course du piston, bloque la sortie normale de l'air comprimé (Fig. 2). L'air qui se trouve encore emprisonné dans la chambre du vérin (Fig. 3) doit s'échapper par un limiteur de débit (2). Si le limiteur est bien réglé, un coussin d'air exerce une force sur le piston qui ralentit sa vitesse. Lorsque le piston se déplace en sens contraire, (Fig. 4) l'air peut affluer librement dans la chambre avant via un clapet anti-retour (3), l'air peut ainsi remplir la chambre à plein débit sans devoir passer par l'étrangleur, le vérin peut accélérer normalement.

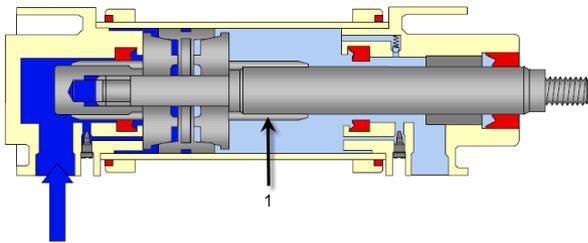


Fig.1

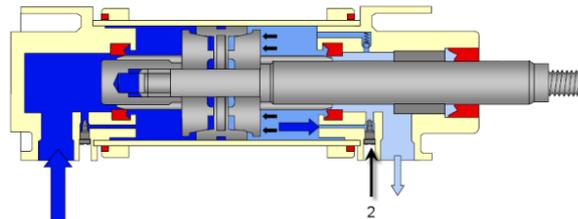


Fig.2

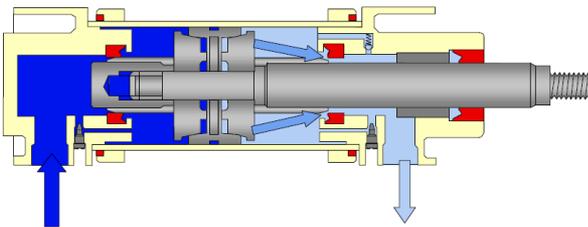


Fig.3

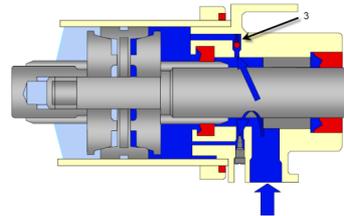
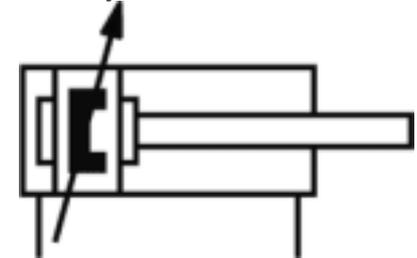


Fig.4

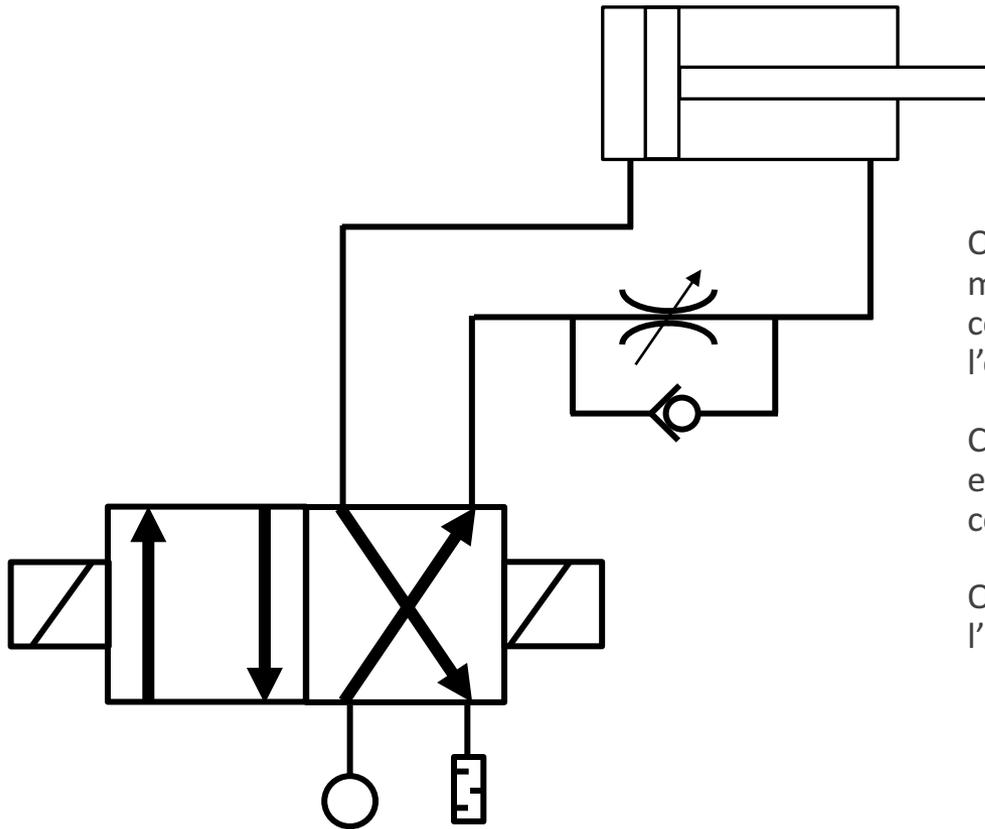
Symbole



Régulation de la vitesse d'un vérin

On utilise un réducteur de débit en parallèle avec une valve anti-retour, on obtient ainsi un réducteur de débit unidirectionnel (RDU).

Cela revient à bloquer partiellement l'échappement lors de la sortie du vérin. On réduit ainsi la vitesse de sortie.



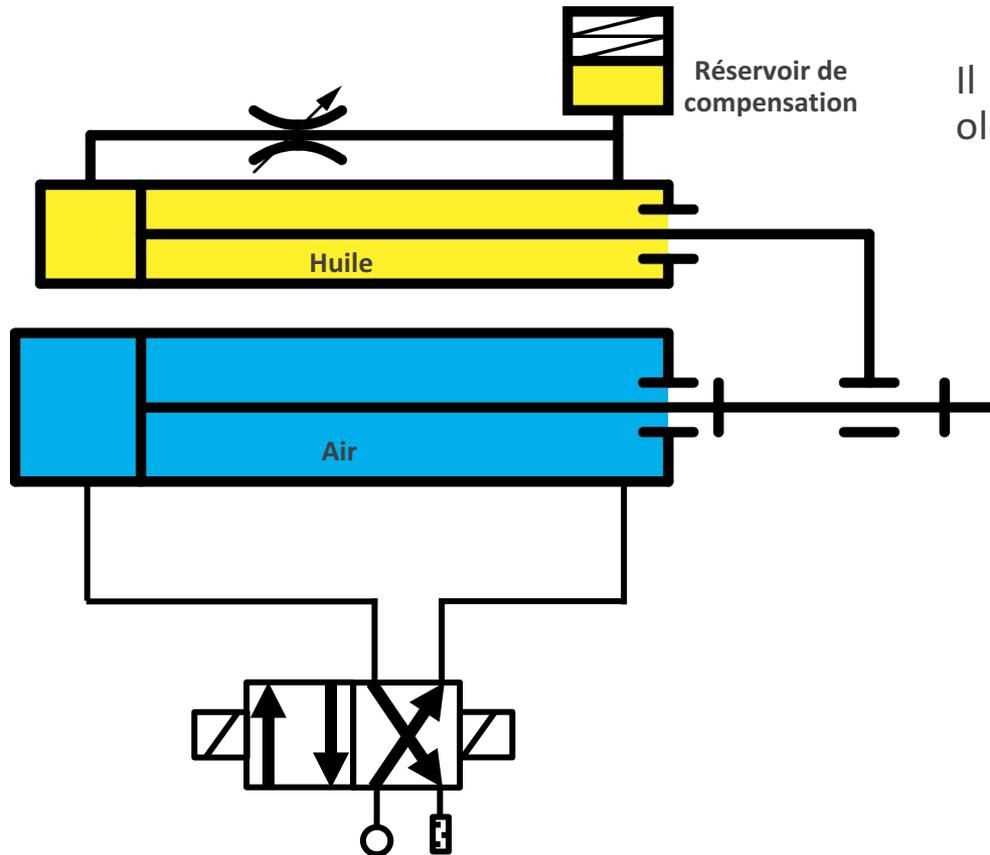
On peut placer le RDU sur l'alimentation mais les calculs montrent qu'une vitesse constante est obtenue en le plaçant à l'échappement.

Cette solution bien que très économique, est peu précise, du fait de la compressibilité de l'air.

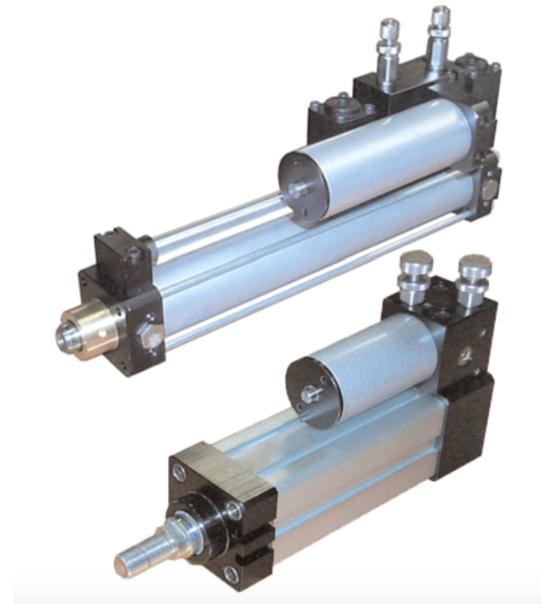
On peut l'améliorer en complexifiant l'installation par de multiples RDU.

Régulation oléopneumatique

Ce dispositif, plus performant mais aussi plus cher que le RDU, permet suivant les versions plusieurs vitesses d'action du vérin. Il utilise l'imcompressibilité de l'huile pour réguler le mouvement.

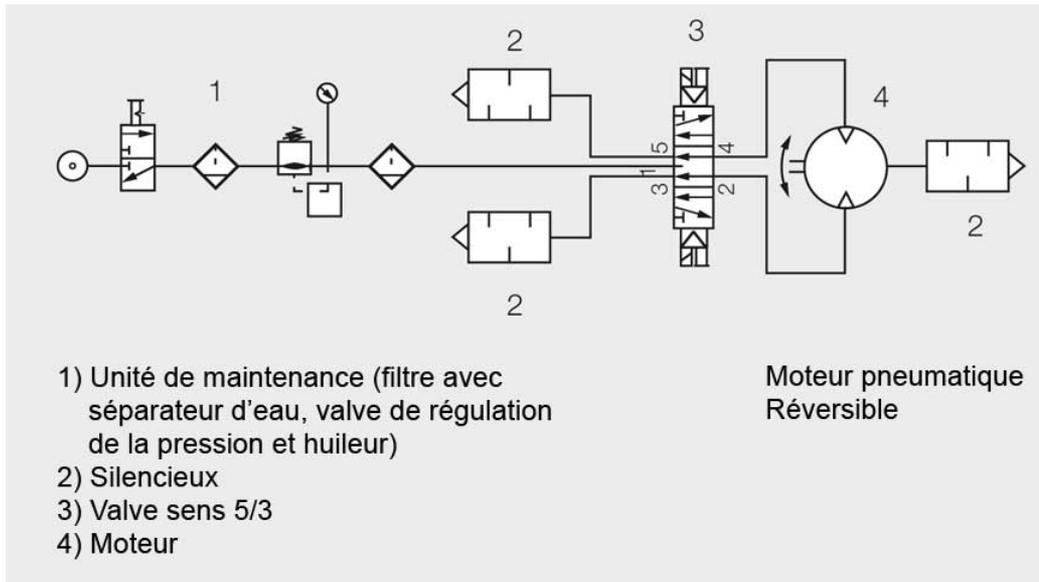


Il s'agit d'un vérin spécifique : le vérin oléopneumatique (oléo : huile) :



Moteur pneumatique

Bien que fortement dédié aux mouvements linéaires, on peut utiliser l'air comprimé pour obtenir des mouvements rotatif. Cela est déjà connu grâce aux différents équipements tournants que l'on peut directement brancher sur un compresseur - visseuse, ponceuse, etc. Un moteur pneumatique fonctionne sur un principe identique : l'air comprimé entraîne une turbine qui transmet son mouvement de rotation à un arbre. La vitesse est fonction du débit, le couple est fonction de la pression. Certains modèles ont 2 entrées d'air comprimé, une pour chaque sens de rotation.



Éléments de préhension

Prendre..

Les éléments de préhension sont très importants dans les S.A. :

- Déplacement d'un poste à un autre
- Stockage-déstockage
- Changement de position
- Changement d'outil

Différents type de préhenseurs :

- mécaniques
- magnétiques
- Pneumatiques
- déformables

Préhenseurs mécaniques

Ils reproduisent souvent une ou plusieurs fonctions de la main - pincer, aggriper, crocheter.. Ils sont très utilisés en manutention (déplacement de grosses charges).

Tous les systèmes mécaniques connus sont utilisés pour parvenir à réaliser la fonction : levier, pantographe, arc-boutement, etc.

Le plus simple est sans doute le crochet de levage mais on conçoit le plus souvent des préhenseurs mécaniques adaptés à une tâche spécifique, voire un produit. Les bras manipulateurs et les robots de charges utilisent des préhenseurs mécaniques.

Crochet de levage



Pince



Pince à cylindre

Bras manipulateur
de bouteilles



Préhenseurs magnétiques

On utilise l'attraction magnétique d'un aimant permanent (pas d'énergie nécessaire -> petite pièce) ou d'un électroaimant (énergie électrique -> pièce plus volumineuse mais échauffement important de la bobine). Levage de masses jusqu'à 100 T !!

Cela ne fonctionne bien sûr que pour les métaux ferreux (mais pas les inox austénitiques).

L'empilage est problématique. Risque de salissure des surfaces de contact.



Préhenseurs à aimants permanents



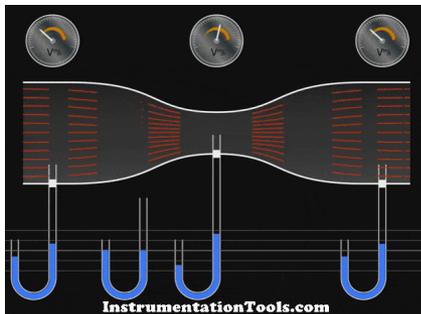
Préhenseurs à électroaimant



Préhenseurs pneumatiques 1/2

Ce sont des préhenseurs qui utilisent le vide pour maintenir les objets. Le vide est produit par un système venturi qui provoque une dépression à l'intérieur d'une ventouse flexible. On obtient le même résultat avec une pompe à vide.

La dépression peut atteindre 95% pour les pompes et 70% pour les venturis. L'effort d'arrachement maximal est égal à la section de la ventouse multiplié par la pression atmosphérique (environ 1 bar).

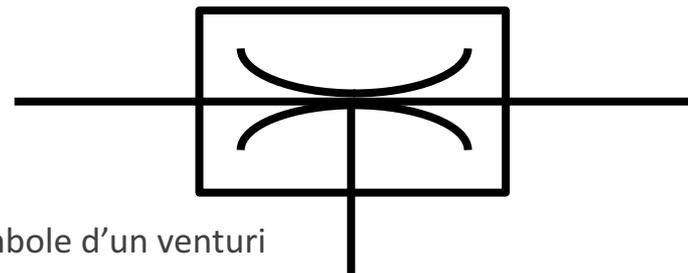


L'effet Venturi est un phénomène important de la dynamique des fluides, et présente la formation d'une dépression dans une zone où les particules sont accélérées.

Ci-contre, le cas d'un tuyau présentant une section variable ; on mesure la **variation de pression du liquide en fonction de la section**, la pression la plus faible étant observée pour la section la plus petite.



Ventuse à venturi et silencieux intégré



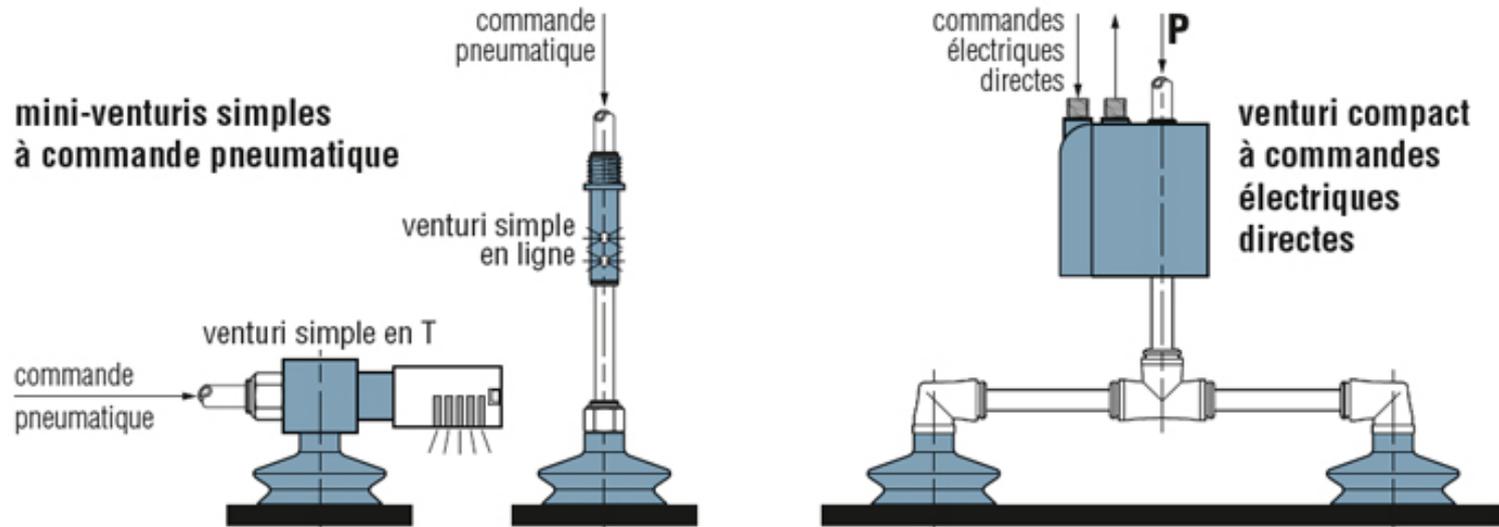
Symbole d'un venturi

Préhenseurs pneumatiques 2/2

Compacts et légers, les venturis sont implantés au plus près des ventouses : peu de pertes de charge et volume à purger minimum, d'où résultent des temps de réponse courts et une énergie consommée minimum.

Sur un plan pratique, il importe de distinguer :

- les venturis simples à commande pneumatique, miniaturisés pour implantation sur les ventouses.
- les venturis compacts à commande électrique directe, pour implantation au plus près des ventouses.



Ventouses pneumatiques

Généralement, les ventouses sont des éléments souples de formes rondes ou oblongues qui permettent la préhension, le déplacement d'objets de formes diverses. On distingue les ventouses plates qui répondent aux besoins de préhension de la plupart des applications courantes de déplacements de pièces, et les ventouses cylindriques à soufflets adaptées à la préhension d'objets présentant des particularités comme une surface inclinée, un défaut de planéité, des pièces de niveaux différents, des pièces fragiles et délicates à manipuler. On retrouve les ventouses dans l'industrie agroalimentaire sur des machines spéciales ou sur des unités de conditionnement.

Il est moins coûteux d'augmenter la taille et surtout le nombre de ventouses plutôt que d'augmenter la dépression.



Dimensionner une ventouse pneumatique

Quelle est la masse maximale que peut maintenir une ventouse de 30mm de diamètre. On considère que le venturi offre un vide à 60%.

La pression atmosphérique est d'environ **1 bar** (au niveau de la mer), et diminue avec l'altitude.

Un venturi offre, en règle générale, 60% de vide, c'est-à-dire que la (dé)pression à l'intérieur de la ventouse est de 0,6 bar.

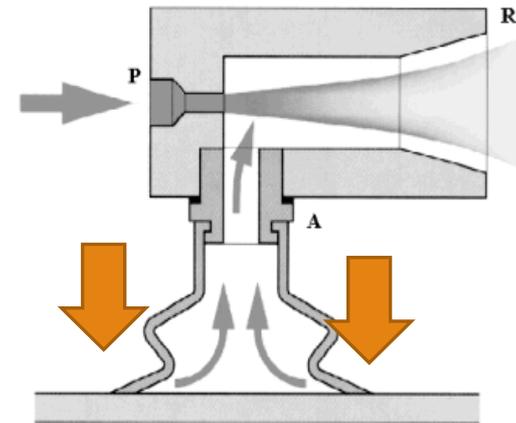
On rappelle que : 1 bar = 1daN/cm²

$$\text{Résolution : } F = p.S = 0,6 \times \pi \times (1,5)^2 = 42 \text{ N}$$

$$\text{En statique (maintien) : } F - Mg = 0 \text{ avec } g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

$$M = F/G = 42/9,81 = 4,3 \text{ Kg}$$

La masse maximale que peut maintenir une ventouse de 30mm de diamètre à venturi (0,6 bar) est de 4,3 Kg



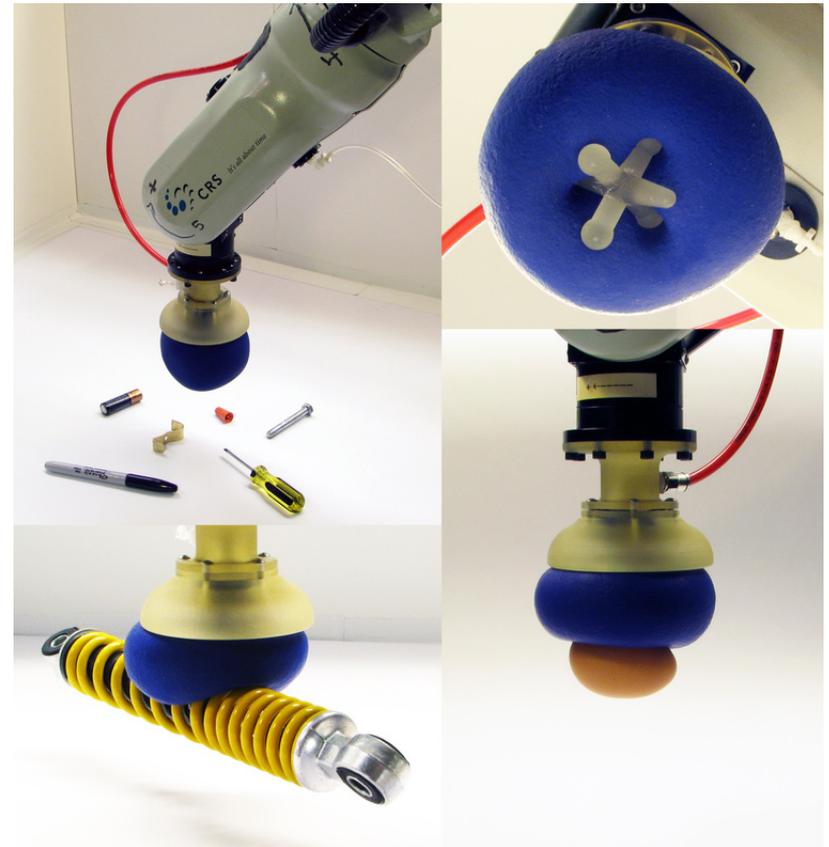
(doc Télémécanique)

Préhenseur déformable 1/2

On doit ce dispositif ingénieux à des chercheurs de l'Université de Columbia.

On place une poudre dans une boule en matériau flexible (type caoutchouc). La boule est appliquée sur l'objet à saisir et en prend partiellement la forme. On fait le vide dans la boule ce qui a pour effet de « figer » la poudre. L'objet se trouve alors « enfermé » par la poudre agglomérée.

Ce système permet la phéhension rapide et précise d'objet aux formes variées et complexes, quelqu'en soit le matériau.



Préhenseur déformable 2/2



Transmettre un mouvement

Transmettre un mouvement : généralités 1/2

Rappels puissance, couple, fréquence de rotation :

$$P = C \cdot \omega$$

Puissance = Couple x Fréquence de rotation (Vitesse angulaire)

P en W (Watt)

C en N.m (Newton mètre)

ω en rad.s^{-1} (radian par seconde)

N (en tr.min^{-1}) = $30 \cdot \omega / \pi$ (et $\omega = \pi \cdot N / 30$)

A puissance donnée, le couple maximum est obtenu pour une fréquence de rotation maximum (typiquement pour $N \geq 2000 \text{ tr.min}^{-1}$).

Remarque : ceci ne concerne pas les moteurs pas-à-pas, pour lesquels le couple diminue (risque de décrochement) lorsque N est élevée.

On peut **réduire mécaniquement** la vitesse pour conserver le couple à basse fréquence de rotation.

Transmettre un mouvement : généralités 2/2

Facteurs de qualité d'une transmission :

- Transmission de l'énergie (rendement maximum) ;
- Transmission homocinétique sauf si nécessité contraire ;
- Frottements secs faibles ;
- Frottements visqueux faibles ;
- Jeux faibles ;
- Parties mobiles de faible masse ;
- Grande rigidité.

Transmission Pignon-Crémaillère

Les dents du pignon s'engrènent dans les dents de la crémaillère pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation et inversement.



Relation rotation-translation

$$\text{Course} = C = nb \cdot \pi \cdot D$$

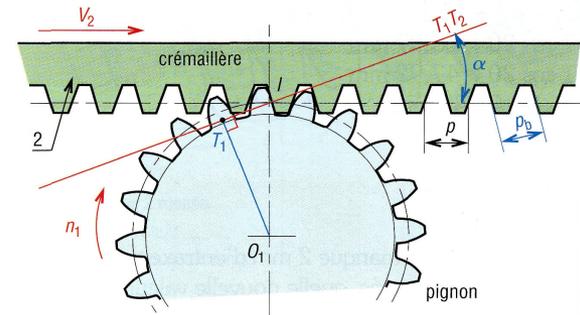
Avec :

nb : nombre de tours effectué par le pignon

D : diamètre primitif du pignon (en mm)

C sera exprimée en mm.

Nota : $\pi \cdot D$ correspond donc au périmètre primitif du pignon.



$$\begin{aligned} V_2 &= \omega_1 r_1 \\ r_1 &= O_1 I \\ p_b &= p \cos \alpha \\ r_{b1} &= O_1 T_1 \end{aligned}$$

Ce système est très utilisé dans les systèmes CN à portiques (découpe plasma, usinage, etc.) avec charges inertielles importantes.

Transmission par chaînes

Chaînes à rouleaux simples ou multiples sur roue dentée.
Dimensions variées.



Pour efforts à transmettre importants (de chaîne de bicyclette à celle d'un téléphérique).

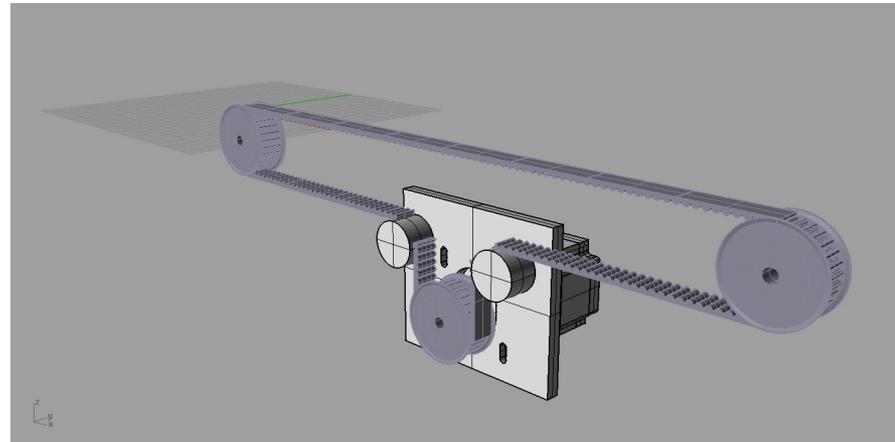
Transmissions par poulie et courroie crantée

Transmission synchrone par courroie par constituée de divers matériau. Flexible mais très peu extensible.

Plusieurs dents en prise : conduite améliorée.

Mise en oeuvre assez simple.

Précision de transmission liée au système (anti-backlash) et suivant le modèle (htd).



Transmission à vis (à bille)

On transforme une rotation en une translation (composant linéaire).

Filetage trapézoïdal à pas divers (4 - 5 - 10) trempé et rectifié.

Frottement de roulement par utilisation de vis à rattrapage de bille (très faible backlash, voire nul suivant la qualité).

De nombreuses dimensions (D 12 à 80 / longueur 1000 et plus).

Utilisation CN - impression 3D/Usinage/découpe plasma etc.

La fabrication en masse (impression 3D) des ensembles vis-écrou a permis de réduire les coûts de manière significative, mais les qualités sont très diverses.



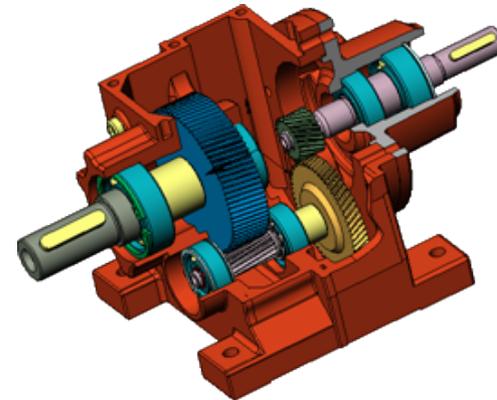
Les réducteurs 1/2

Réducteur à engrenage

Dentures droites et inclinées.

Engrenages parallèles ou coniques.

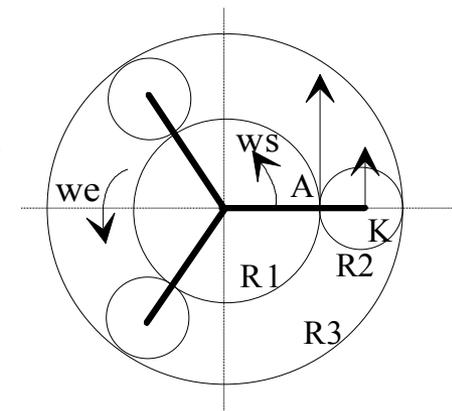
Roue et vis sans fin.



Réducteur épicycloïdal

Système à satellites et planétaires : grand rapport de réduction calculé suivant la conception du réducteur.

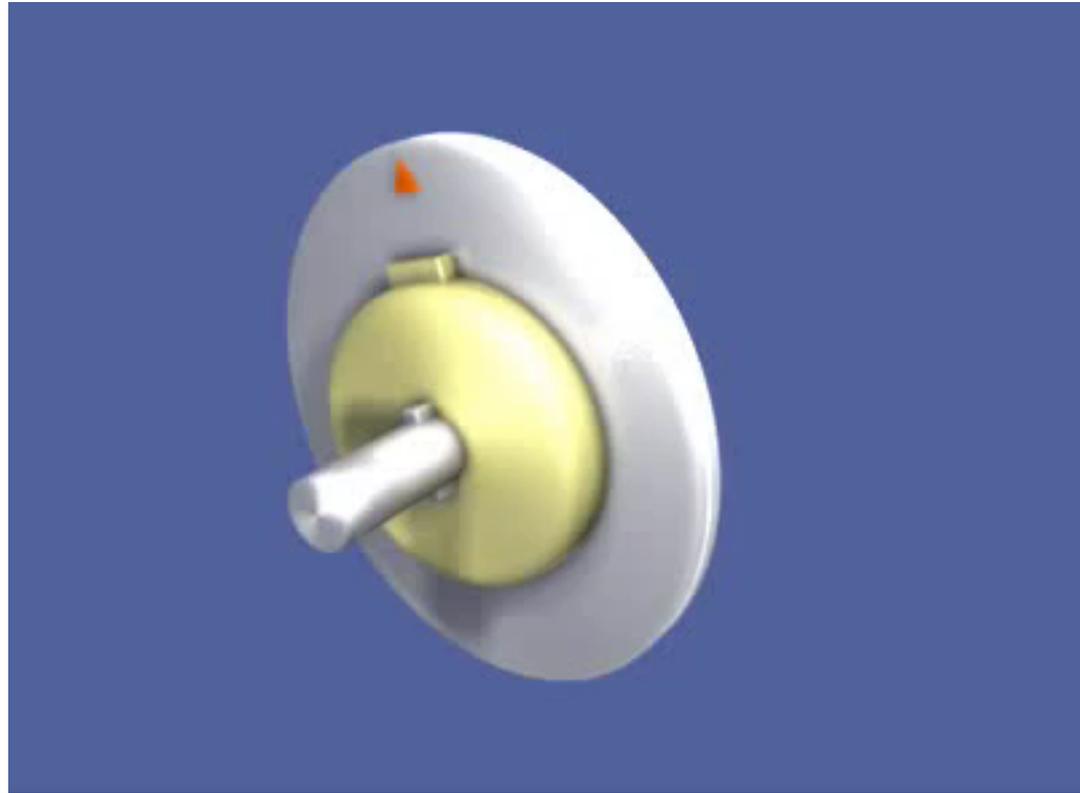
$$we.R1 = VA_0^1 \quad VK_0^2 = \frac{VA_0^1}{2} = ws(R1 + R2)$$
$$\Rightarrow \frac{ws}{we} = \frac{R1}{2(R1 + R2)}$$



Les réducteurs 2/2

Harmonic drive

Réducteur elliptique.
Bonne rigidité, faible jeu.
Rapport de réduction jusqu'à 320.



Les capteurs

INFORMER LA PARTIE COMMANDE

Détecteurs ou capteurs TOR

Un capteur transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.

Lorsque le capteur fournit une information logique (0 ou 1), on parle de capteur **TOR (Tout Ou Rien)** ou détecteur.

Ce sont ces détecteurs que nous verrons dans un premier temps.

Équivalents logiques des capteurs TOR :



NO



NF

Détecteurs avec contact

Détecteurs électromécaniques

Simple et robuste, il est souvent utilisé comme capteur de fin de course. L'effort de manœuvre est important. Leur proximité avec la tâche à accomplir oblige à une bonne étanchéité.

Fonctionnellement, ce sont des commutateurs de type poussoir ou inverseur, suivant l'utilisation, et qui ouvre ou ferme un circuit, suivant le type NO (NO) ou NF (NC).

Bien que le pouvoir de coupure de ces capteurs puisse être élevé, les circuits de détection sont le plus souvent en 12Vcc/24Vcc sous quelques centaines de mA. Ces valeurs correspondent à celles fournies et utilisées par les automates.



Détecteurs sans contact 1/3

Détecteurs inductifs

Détection sans contact d'objets **métalliques**

Surveillance de présence, de mouvement et de position.

Détecteurs très petits avec système électronique d'évaluation entièrement intégré.

Grande portées de commutation pour les petits détecteurs.



Détecteurs capacitifs

Détection sans contact d'**objets liquides et solides**.

Absolument fiable même si interféré par les conditions ambiantes.

Distance de commutation élevée jusqu'à 30 mm, même à travers les parois du conteneur non métalliques.



Détecteurs sans contact 2/3

Détecteurs ultrasoniques

Excellente rapides, petits et robustes à la fois
Indépendants de la brillance, la couleur ou la transparence de l'objet.
Insensibles à la poussière, à l'humidité et à la lumière externe.



Détecteurs optoélectroniques

IR ou Laser.
Réglage facilité par des fonctions d'apprentissage.
Détecteurs laser pour tâches de détection de l'ordre du centième de millimètre.



Détecteurs sans contact 3/3

Détecteurs à bandes lumineuses

Faisceaux lumineux parallèles et homogènes.

Mesure d'objets se déplaçant rapidement.

Boîtier en aluminium.

Variante à commutation pour détection de petits objets.

Plage de mesure jusqu'à 24 mm.



Détecteurs magnétiques de fin de course pour vérin

Grande portée de commutation jusqu'à 60 mm, même à travers des parois métalliques.

Robustes et sans entretien – particulièrement adaptés aux applications en extérieur.

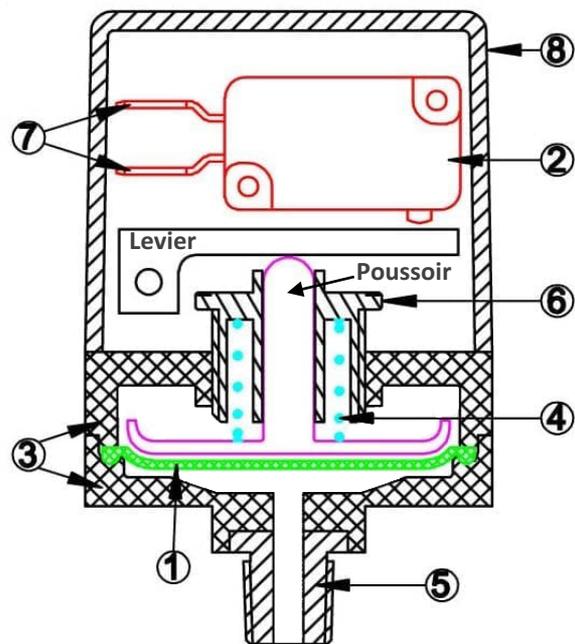
Temps de réponse rapides pour une détection fiable.



Détection spécifique

Vacuostat/pressostat

Ces dispositifs commutent (Ouverture ou Fermeture) lorsqu'une pression/dépression est atteinte. On les utilise pour contrôler par exemple le remplissage d'une cuve.



- 1: Membrane
- 2: Contact électrique
- 3: Corps pressurisé
- 4: Ressort de contre pression
- 5: Prise de pression
- 6: Système de réglage
- 7: Raccordement électrique
- 8: Boîtier de protection (Optionnel)



Pressostat 3,5 bar

Pressostat à pression positive, modèle à rupture brusque.

Capteurs de mesure

Un capteur peut fournir une information proportionnelle à la grandeur d'un phénomène physique, on parle alors de capteur de mesure.



Critères de choix d'un capteur :

- Le phénomène physique (température, force, déplacement...)
- Les performances du système (précision) ;
- Son utilisation (déplacement angulaire ou linéaire, etc.) ;
- Le traitement de l'information ;
- Les perturbations extérieures, électromagnétiques, thermiques (écart de température), mécaniques (vibrations), chimiques (corrosion).

Propriétés des capteurs de mesure 1/4

Sensibilité

Rapport entre la grandeur à mesurer et la grandeur restituée par ce capteur.

$$\frac{\textit{Plage de mesure}}{\textit{Sortie électrique}}$$

Ex. : un capteur de déplacement mesure une position de 0 à 100mm, et en donne une tension proportionnelle de 0 à 10 volts, la sensibilité est :

$$100/10 = 10 \text{ mm.V}^{-1}$$

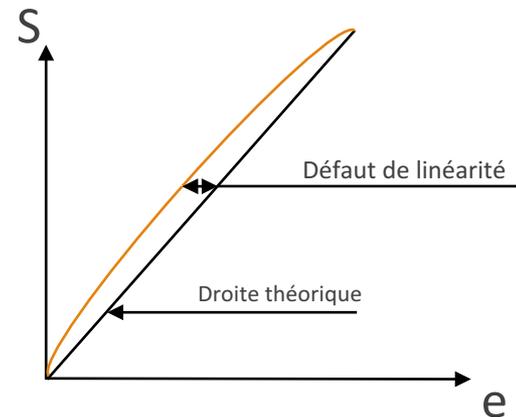
Résolution

La résolution est plus petit écart de la valeur de la grandeur à mesurer décelable en grandeur de sortie (qui provoque une variation de la sortie). On parle aussi de pas du capteur ou de son traitement.

Propriétés des capteurs de mesure 2/4

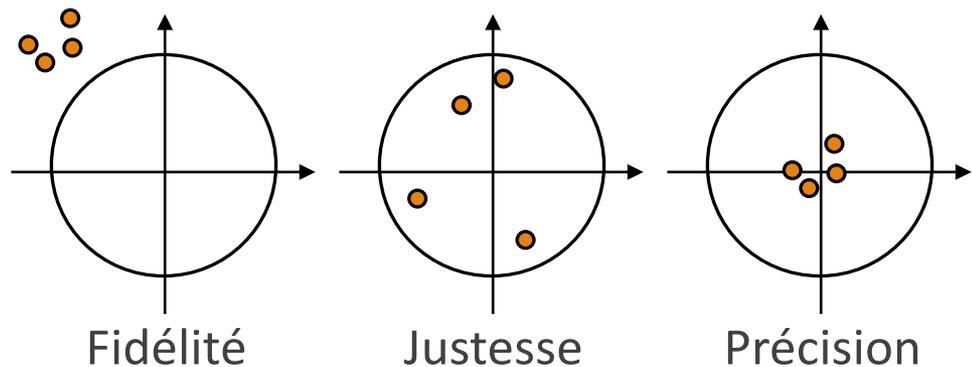
Linéarité

Aptitude d'un capteur à fournir une courbe $S(e)$ se rapprochant au plus juste d'une droite. Dans la pratique, un appareil de mesure linéaire fait l'objet d'un étalonnage de linéarité.



Fidélité (répétabilité)

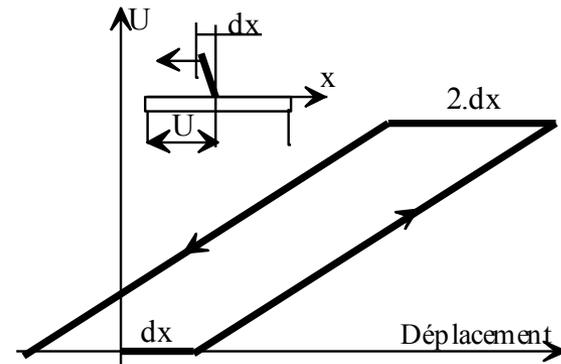
Aptitude d'un capteur de fournir une valeur invariante pour une même grandeur à mesurer.



Propriétés des capteurs de mesure 3/4

Hystérésis

Ou erreur de réversibilité : on obtient des valeurs différentes pour un même élément mesuré (mesurande) suivant le cycle croissant ou décroissant.



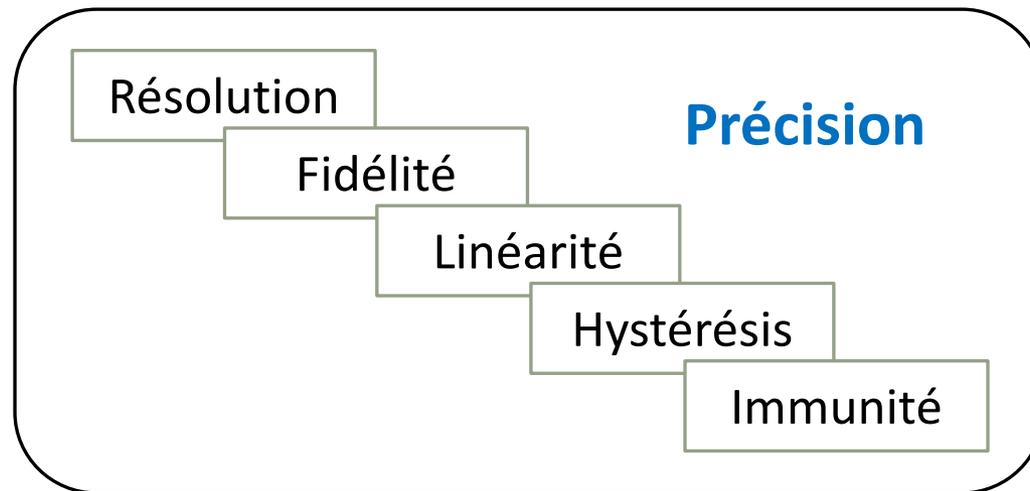
Immunité

Aptitude à fournir une mesure indépendamment des conditions extérieures intervenant sur le process (électromagnétique, radiofréquences, etc.)

Propriétés des capteurs de mesure 4/4

Précision

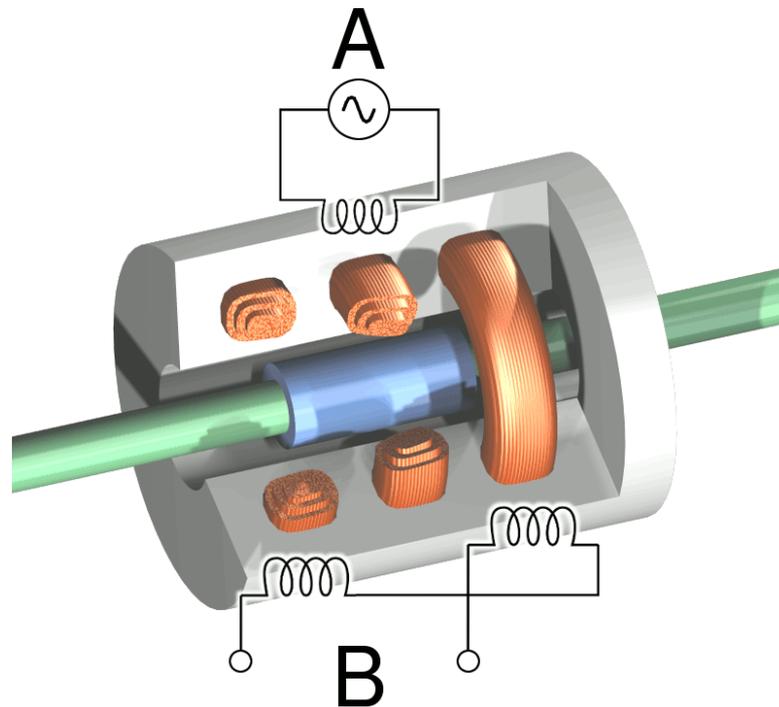
Aptitude à fournir, quelles que soient les conditions, **une grandeur de sortie image de la grandeur mesurée.**



Mesure de déplacement

Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

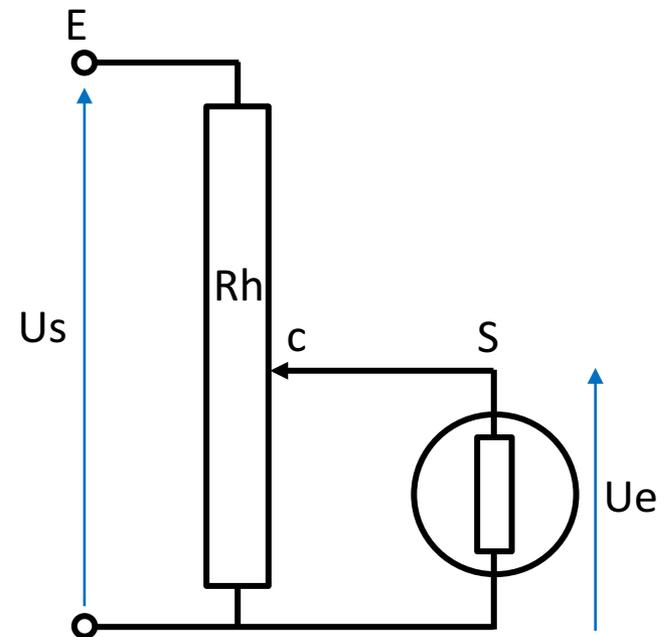
Un noyau ferromagnétique se déplace entre deux bobines secondaires, situées sur le même axe, et traversées par une tension induite dont la valeur dépend de la position du noyau.



Mesure de déplacement

Potentiomètre à spires (ou bobiné)

Un capteur potentiométrique est constitué d'une résistance fixe (R_h). Sur cette résistance, se déplace un curseur (c) qui relié mécaniquement à une pièce en mouvement (déplacement à mesurer). La tension mesurée (U_s) entre le curseur et une extrémité de la résistance est proportionnelle au déplacement mécanique.



Les codeurs

Les codeurs sont regroupés en 2 familles :

Un codeur absolu signale quant à lui sa position par rapport à une échelle ou une plage. En d'autres termes, lorsqu'un codeur absolu est mis sous tension, il rend compte de sa position angulaire sans nécessiter d'informations de référence ou de mouvement.

Un codeur incrémental (ou relatif) signale un changement de position (angulaire ou linéaire). En d'autres termes, lorsqu'un codeur incrémental est mis sous tension, il ne rapportera sa position angulaire (linéaire) qu'une fois qu'il disposera d'un point de référence à partir duquel il pourra effectuer des mesures.

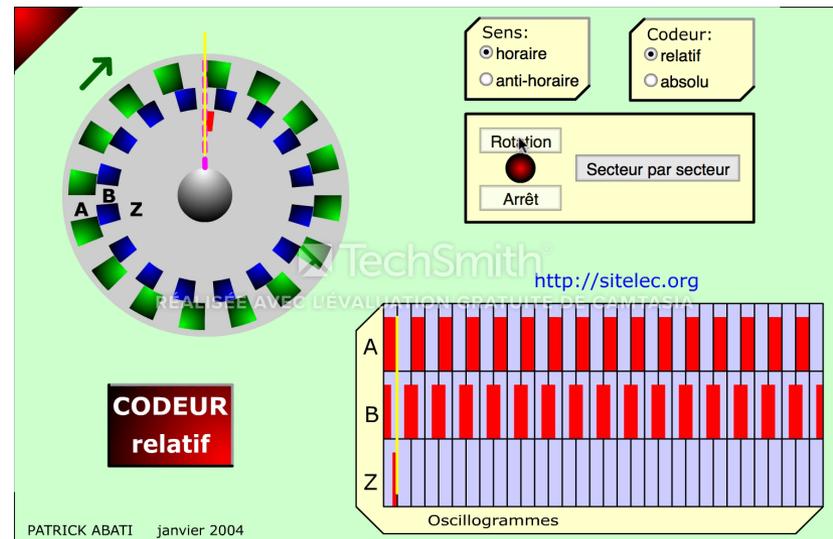
Codeurs angulaires

Il fournissent une valeur (absolue pour les codeurs absolus, relatives pour les codeurs incrémentaux) à partir d'une « lecture » sur un disque présentant une combinaison de pistes et animé en rotation.

La résolution du codeur absolu est exprimée en termes de bits correspondant au nombre de mots de données uniques au cours d'un tour. Les codeurs absolus sont disponibles en types monotour ou multitour (résolution augmentée).

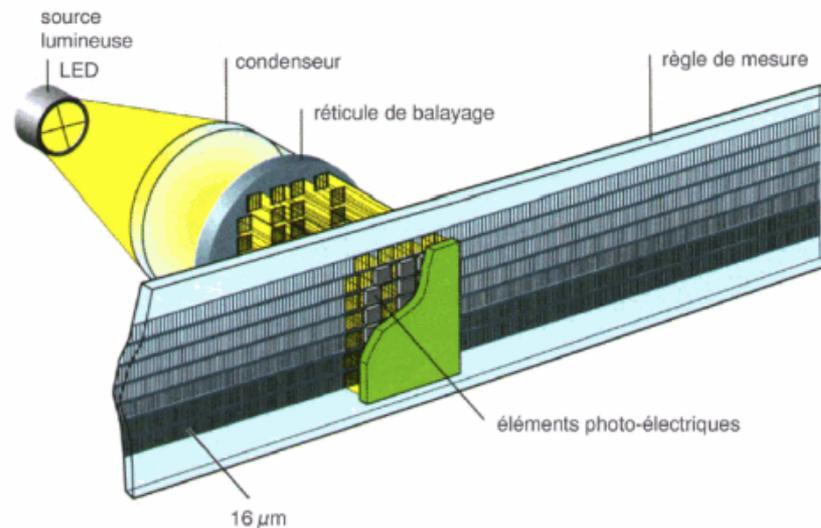
Les codeurs incrémentaux, quant à eux, fonctionnent en générant des impulsions lors de la rotation de l'arbre. La sortie correspond généralement à deux ondes carrées de 90° hors phase et des circuits supplémentaires sont nécessaires pour suivre ou compter ces impulsions.

Les codeurs angulaires peuvent être placés en bout d'arbre des moteurs pour retourner une position ou un déplacement angulaire.



Règles optiques

Le principe de mesure des règles optiques est la détection photoélectrique, sans contact et sans usure, d'une piste finement graduée sur une règle en verre ou en acier. Coût très élevé.



Fonctionnement d'une règle optique à codage absolu.

Résolution des codeurs absolus

La résolution est dépendante du nombre de bits (donc de pistes) de l'élément codé et vaut 2^n avec n = nombre de bits .

Ex. : Si le nombre de pistes est de 16, le mot restitué évolue entre 0 et 65535 (= 2^{16}).

On peut en déduire la plage maximum de variation en fonction de la résolution souhaitée.

Si la résolution souhaitée est de 1μ , la plage (la course) ne pourra pas dépasser $65535/1000$ soit 65,5mm.

Avec cette même résolution, il faut 20 pistes pour une mesure de 1 m :

$$\frac{2^{20}}{0,001} = 1048mm$$

Résolution des codeurs incrémentaux

La résolution est le pas entre deux traits de la règle ou du disque. Il est difficile de fabriquer une règle ayant un pas inférieur au 1/10 mm. L'utilisation d'un codeur rotatif sur l'arbre permet d'augmenter la résolution.

Ex. : Si le moteur est associé à un réducteur 1/10, si le codeur possède 500 pas/tour, si la vis à un pas de 5mm, la résolution est de :

$$\frac{5}{500.10} = \frac{1}{1000} \text{ mm}$$

L'inconvénient de ce type de capteur est la grande fréquence de comptage nécessaire à la commande. En considérant une vitesse de 1 m/s avec une résolution du micron, la fréquence de comptage devra être supérieure à :

$$10^3.10^3 = 10^6 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$$

Il existe des codeurs semi-absolus qui permettent de diminuer la fréquence de comptage.

Autres capteurs

Capteurs de vitesse

Les génératrices tachymétrique, basées sur le principe de la dynamo, donnent une tension continue et proportionnelle à la fréquence de rotation à laquelle elles sont soumises

L'utilisation d'un codeur incrémental permet également, par analyse de la fréquence des impulsions, d'en déduire une fréquence rotation.

Capteurs d'accélération

Les accéléromètres

Ce sont des capteurs permettant de mesurer un accélération de 1 à plusieurs g suivant un ou plusieurs axes.

Autres capteurs

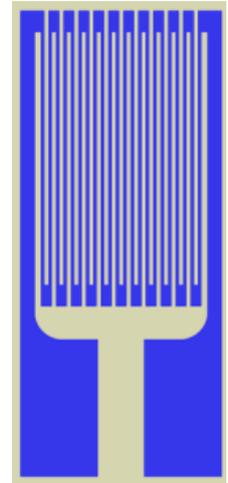
Jauges d'allongement

Mesure de la variation de résistance d'un fil métallique en fonction de son allongement. La jauge est collée sur une pièce, appelé corps d'épreuve. La déformation du corps d'épreuve peut excéder plusieurs 1/10 mm.

Capteurs piezo-électriques

Accumulation des charges électriques sur deux faces opposées proportionnellement à l'effort. La déformation est très faible.

Conviennent pour les efforts de courte durée, le signal se dégrade rapidement. Ils sont donc très utiles pour la mesure de chocs.



Code à Barres / QR Code

Des lecteurs LASER permettent d'identifier les objets dotés d'une étiquette composée d'un certain nombre de barres (codage). Ces codes peuvent être générés par programme et imprimés sur des étiquettes. Il existe plusieurs codages, EAN8 et 13 étant parmi les plus répandus dans le commerce et l'industrie.



Les Quick Response Code (QRC) est un type de code-barres en deux dimensions (ou code matriciel) constitué de modules noirs disposés dans un carré à fond blanc. L'agencement de ces points définit l'information que contient le code.



Écriture/Lecture RFID

Radio Frequency Identification

Une badge RFID (transpondeur) est constitué d'une antenne et d'une puce dotée de mémoire (quelques Ko). Une tête RFID permet d'écrire ou de lire les informations dans cette puce. Il est possible de placer une étiquette souple (peu chère) et autocollante sur un produit ou bien sur une palette transportant les produits entre les différents postes de fabrication.

