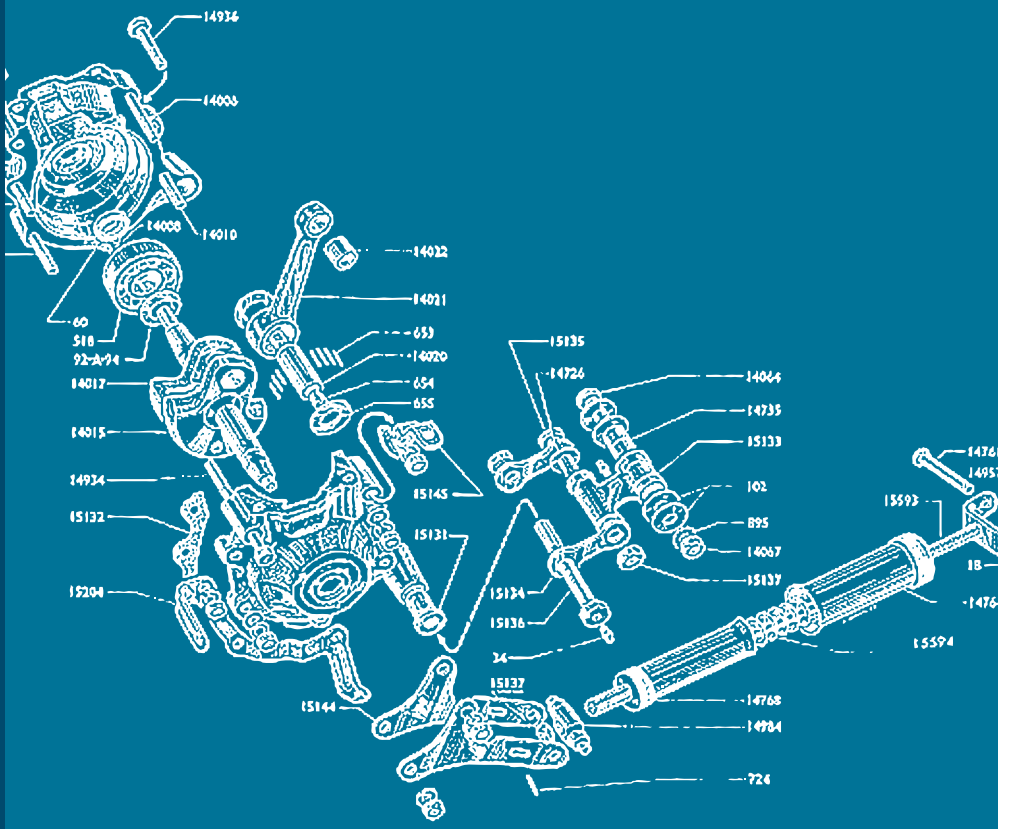
Le guide du constructeur

1- Mécanismes



Le guide
du constructeur.

Sommaire

1. Machines et mouvements.

2. Grandeurs et notions physiques.

3. Transmissions de mouvement.

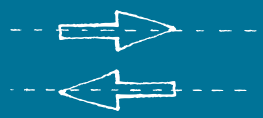
4. Transformations de mouvement.

5. Guidages.

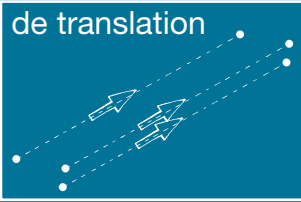
6. Liaisons.

1. Machines et mouvements.

Un mécanisme est un ensemble de pièces organisées pour obtenir un mouvement.
Un mouvement peut être :

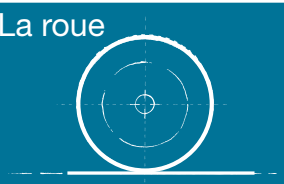
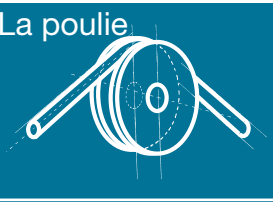
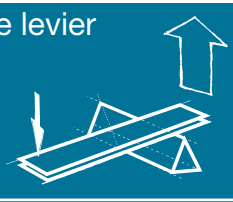
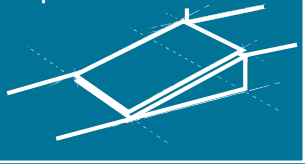
Continu	Alternatif
	

Un élément présente un mouvement :

de translation	de rotation	hélicoïdal
		

Il y a transmission de mouvement quand on retrouve à la sortie du dispositif le même mouvement qu'à l'entrée.
Il y a transformation de mouvement quand on retrouve à la sortie du dispositif un mouvement de nature différente de celui de l'entrée.

Toutes les machines (même les plus complexes) sont construites par la combinaison de 6 mécanismes de base :

La roue	Le coin	La vis
		
La poulie	**Le levier**	**Le plan incliné**
		

2. Grandeurs et notions physiques.

Les unités utilisées sont les unités S.I. (système international).

Longueur	le **mètre** (m) et ses multiples
Masse	le **kilogramme** (kg)
Temps	la **seconde** (sec)
Force	le **newton** (N). 10 N représentent presque 1kg
Pression	le **pascal** (Pa). Pression exercée par 1N sur 1m^2
	le **bar** (bar). 1 bar =1 fois la pression atmosphérique
Tension	le **volt** (V), noté U. C'est la «différence de niveaux» entre 2 bornes
Intensité	l'**ampère** (A) noté I. C'est la «quantité» d'électricité qui circule.
Puissance	le **watt** (W). Noté P. On utilisait autrefois le cheval. 1ch=736W
Travail, Energie	le **joule** (J). Travail fourni par une force de 1N sur une longueur de 1m
Vitesse	le m/s le km/h
Vitesse angulaire (vitesse de rotation)	le rad/s. Nombre de radians effectués en 1 seconde. le tr/min. Nombre de tours effectués en 1 minute. le tr/sec. Nombre de tours effectués en 1 seconde.

Le rendement représente le rapport entre la puissance fournie et la puissance récupérée. Exemple: si on perd un dixième de la puissance, le rendement vaudra 0,9.

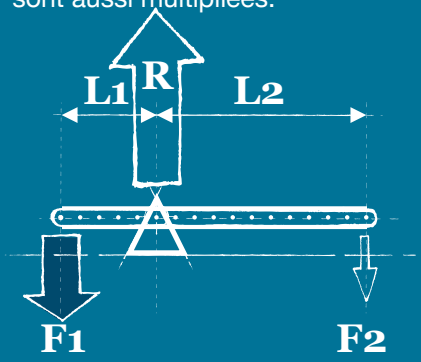
En général, le produit de la vitesse par le couple (la « force ») est constant (presque... à cause du rendement). Si un dispositif mécanique ralenti une vitesse de rotation, il augmente le couple.

3. Transmissions de mouvement.

Translation

Tige, levier

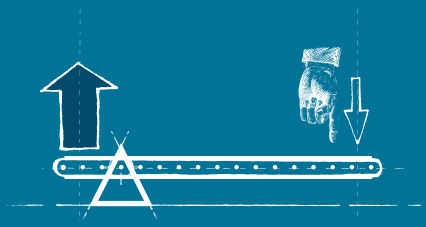
Il est utilisé pour transmettre une force, mais surtout pour la démultiplier. La vitesse et la trajectoire sont aussi multipliées.



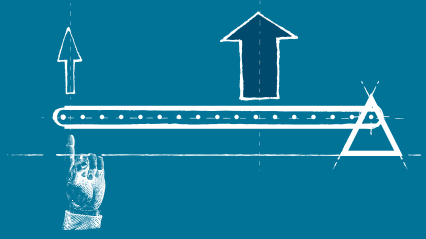
$$F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$
$$\text{ou } F_1 = (L_2/L_1) \times F_2$$
$$\text{ou } F_2 = (L_1/L_2) \times F_1$$
$$R = F_1 + F_2$$

Notes:

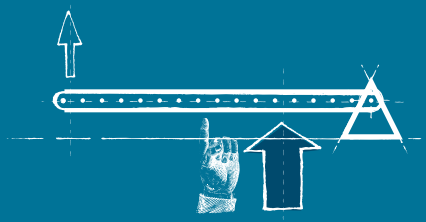
Levier de classe 1 (frein de vélo, pied de biche,...)



Levier de classe 2 (brouette, décapsuleur,...)



Levier de classe 3 (balai, pelle)

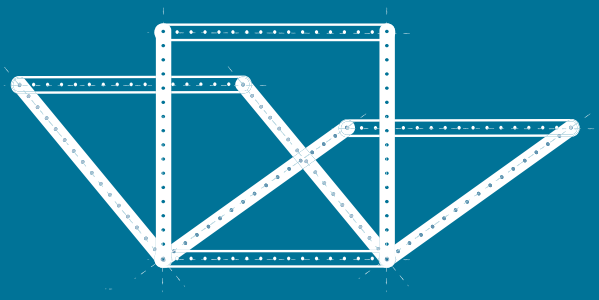


3. Transmissions de mouvement.

Translation

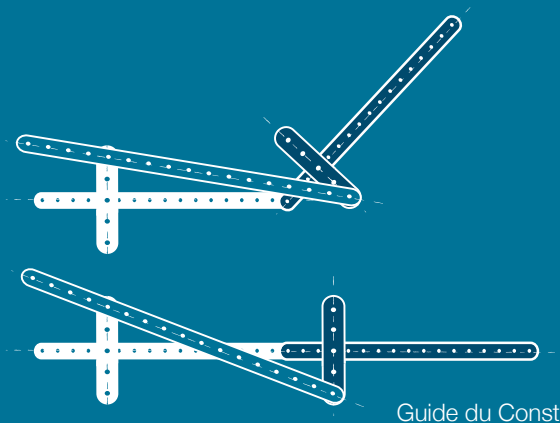
Les pantographes

Le parallélogramme déformable: les barres restent parallèles 2 à 2**.**



On modifie la longueur d'un côté:

On croise les barres:

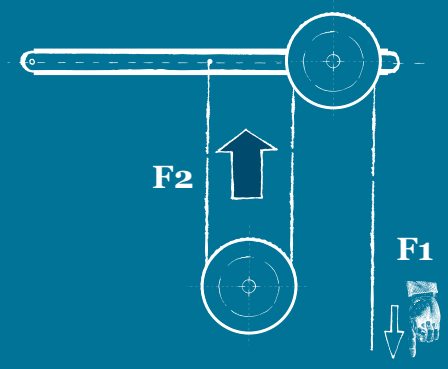


3. Transmissions de mouvement.

Translation

Poulie et cable

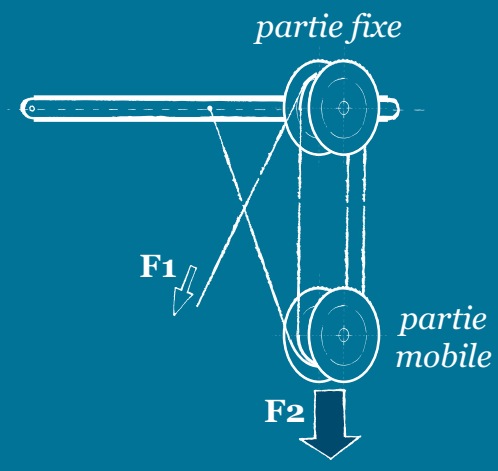
Ce système permet de changer la direction d'une force. En associant plusieurs poulies la force est démultipliée.



F2 = 2 x F1

Le palan

La poulie mobile ira deux fois moins vite que le câble que l'on tire. La poulie mobile se déplacera sur une distance deux fois plus petite que la câble que l'on tire.



avec N poulies:
F2 = N x F1

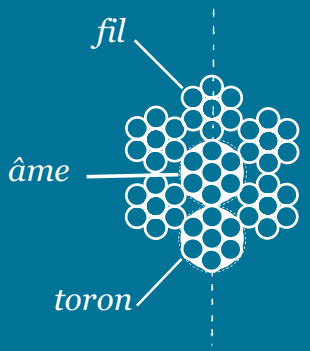
Notes:

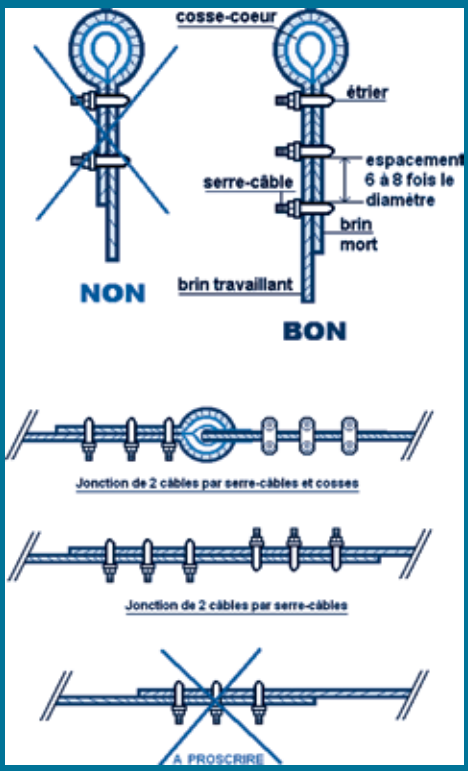
grues, treuils...

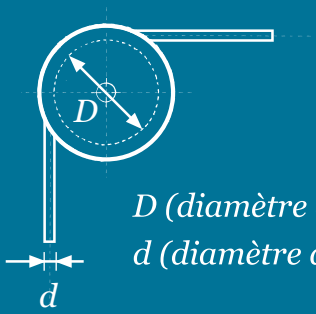
3 Transmissions de mouvement.

Translation

Poulie et cable







D (diamètre du fond de gorge)
d (diamètre du câble)

Diamètre du câble	*Nombre de serre-câbles*
3 à 12 mm	*4*
12,5 à 20 mm	*5*
22 à 25 mm	*6*
25 à 35 mm	*7*
35 à 50 mm	*8*

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Translation

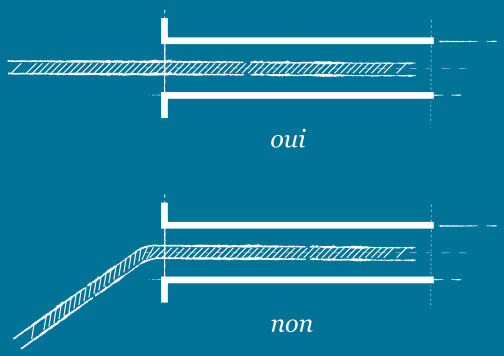
Poulie et chaîne

La chaîne permet la transmission d'efforts très importants (palans) ou sur de longues distances (convoyeurs).
Une chaîne peut être simple, double ou triple.

Gaine et câble

Le câble ne doit transmettre l'effort qu'en traction.
Il faut limiter le nombre de courbes et avoir des rayons de courbure les plus importants possibles. Le rendement et la durée de vie du câble dépendent du nombre de courbes et du rayon de celles-ci.
Gaine + câble
Le câble doit être lubrifié dans la gaine à l'huile de vaseline.

Le câble doit être parallèle à la gaine à sa sortie.



Notes:

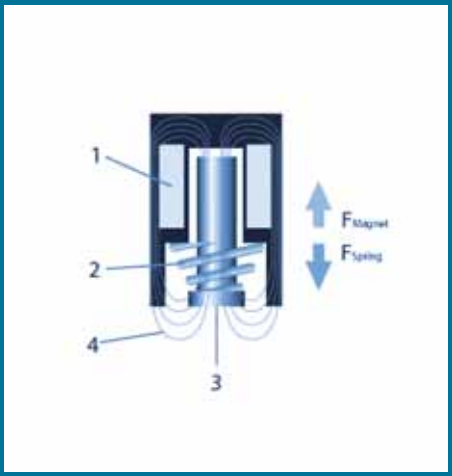
commandes de freins, ou d'embrayage...

3. Transmissions de mouvement.

Translation

Electromagnétisme

C'est un courant électrique dans une bobine qui attire un cylindre de métal.
La course est limitée à quelques millimètres, la force est proportionnelle à la distance.
1 Bobine
2 Ressort
3 Plongeur
4 Champs magnétique
FMagnet Force magnétique
FSpring Force du ressort



Fluide

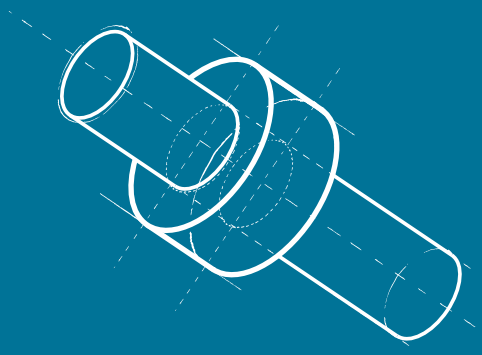
Un fluide circule d'une chambre à une autre poussé par un piston. On utilise soit l'huile (effort transmis très important, possibilité d'amplifier la force) soit l'air (qui à l'inconvénient d'être élastique).

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

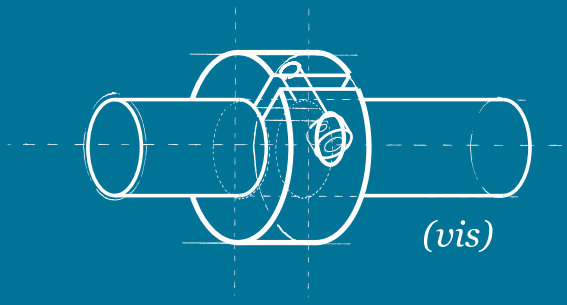
Entraînement direct

Emmanchement à force



La transmission des efforts se fait par adhérence.
On parle parfois d'ajustement serré (sur un plan, des informations comme « H7m6 », ou « H7p6 » indiquent le degré de serrage). Parfois la pièce femelle est chauffée pour être mise en place. Elle se dilate avec la chaleur et en se rétractant, elle se bloque sur l'arbre.
Pour de petits diamètres, l'arbre est parfois moleté pour augmenter l'adhérence.

Pincement



La transmission des efforts se fait par adhérence. Les efforts transmis sont moyennement importants. Dans le cas de vitesses importantes, le système peut générer des vibrations (mauvais équilibrage).

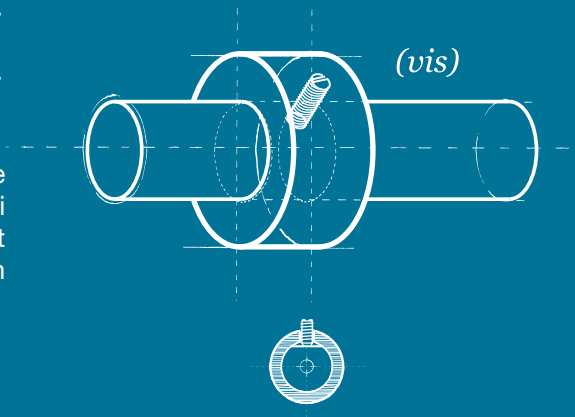
Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement direct

Vis de pression

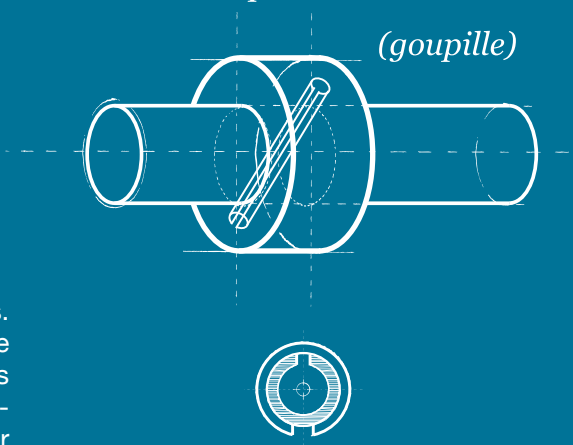
Les efforts transmis sont faibles. Le positionnement est imprécis (sauf si vis pointeau + trou conique) On peut améliorer les efforts en utilisant un méplat sur l'arbre.



Vis de pression

Goupille

Les efforts transmis sont moyens. La goupille peut-être utilisée comme limiteur de couple (elle casse en cas d'effort trop important afin de protéger le mécanisme). Pour augmenter l'effort transmis, 2 goupilles «mecanindus» peuvent être montées en «compound»(l'une dans l'autre).



Montage «compound»

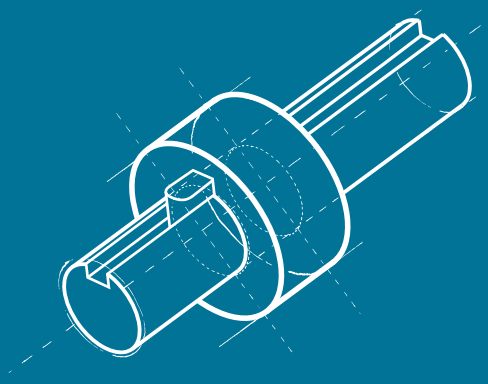
Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement direct

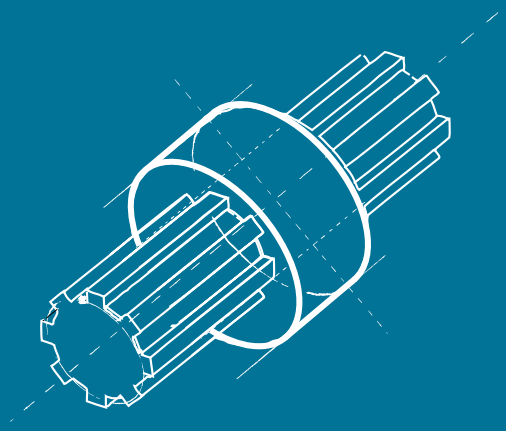
Clavette

Le couple transmis est plus important que la goupille. L'arbre est fragilisé par la rainure. La section de la clavette est déterminée par le diamètre de l'arbre. C'est sa longueur qui détermine l'effort transmis.
Les clavettes ne conviennent pas si l'ensemble est soumis à des chocs (risque de matage).



Cannelure

C'est assimilable à un ensemble de clavettes. L'arbre n'est pas fragilisé. Le couple transmissible est très important.



Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement direct

Cône

Pas d'usinage à effectuer, montage et démontage très facile. Les efforts transmis peuvent être considérables. Principe : Un cône fendu est serré dans un autre cône. Le déplacement génère une expansion du cône qui bloque l'arbre ou le moyeu par adhérence.

Joint souple

accouplements élastiques ou flexibles

Il rattrape les défauts d'alignement des deux arbres. Il en existe une multitude de variétés.

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement direct

Joint de cardan (joint d'Oldham et joint à billes)

Permet de rattraper d'importants défauts d 'alignement des arbres. Ils sont souvent utilisés en double. Attention : Si un seul est utilisé, la vitesse de sortie n'est plus égale à celle d'entrée (plus l'angle est important, plus elle varie) mais varie selon une sinusoïde.

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

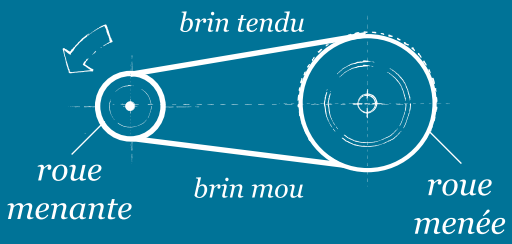
Rotation
Entraînement indirect

Roue de friction

Deux roues sont en contact avec pression (elles tournent en sens opposé). l'une sur l'autre (ou une roue sur un plan).
Souplesse, silence. Peu précis (risque de patinage).

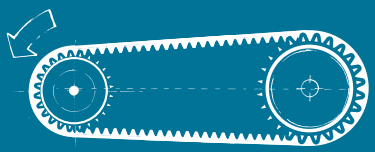
Poulie+courroie lisse

Souplesse, silence, entraxe important possible (parfois les axes ne sont pas parallèles). Peu précis (risque de patinage). Les poulies tournent dans le même sens.



Poulie+courroie crantée

Précis, entraxe moyen, absence d'entretien. Pas de glissement entre les poulies. Comme pour les courroies lisses, le rapport de diamètre des poulies détermine le rapport des vitesses.



Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement indirect

Pignon+chaîne

Avantages :

Possibilité de modifier le rapport de vitesses (et le couple). Puissance transmise importante. Possibilité de varier l'entraxe. Pas de glissement. Résistance aux chocs, aux températures importantes, ... Effort limité sur les paliers. Coût réduit. Excellent rendement (98%).

Inconvénients :

Il faut lubrifier.
Souvent bruyant. Génère des vibrations.

La chaîne doit être tendue (sur le brin mou) par :
Réglage de l'entraxe. Galet tendeur. Patin tendeur.

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement indirect

Engrenages droits

Couple important, Précision, bon rendement. Entraxe limité. Exigence d'un positionnement précis des arbres.

Un engrenage est l'ensemble formé de deux roues dentées en contact l'une avec l'autre. La plus petite roue est appelée « pignon ».Une roue dentée est caractérisée par son nombre de dents, par la taille de ses dents appelée « module » et par son épaisseur. Les deux roues tournent en sens opposé. La denture peut être droite ou hélicoïdale.

Engrenages coniques (ou concourants)

Couple important, Précision, bon rendement. Entraxe limité.

Engrenages à roue et vis tangentielle

Grande réduction possible.

Frottements importants -très mauvais rendement. Irréversible (la roue ne peut pas tourner sans action sur la vis) .

Notes:

3. Transmissions de mouvement.

Entraînement indirect

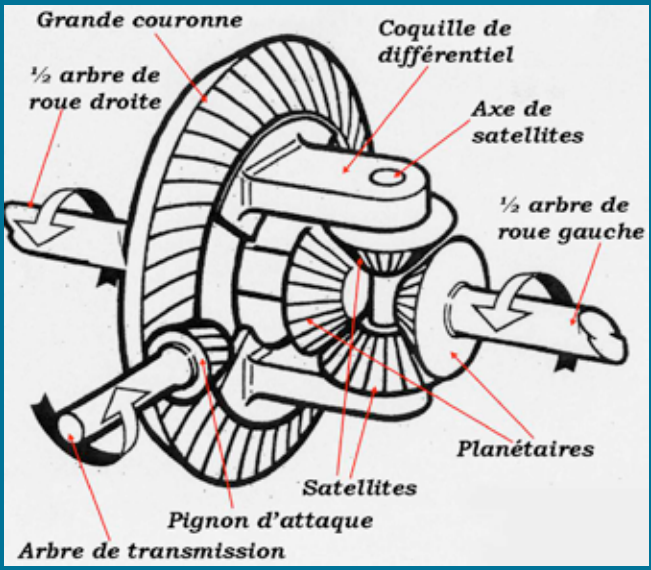
Trains d'engrenages et curiosités

Lorsque plusieurs engrenages sont associés, on parle de train d'engrenages.

Le train épicycloïdal :
Il permet d'importants rapports de réduction sous un faible volume.

train épicycloïdal

Le différentiel :
Permet l'inversion ou non des sens de rotation en fonction des blocages.



3. Transmissions de mouvement.

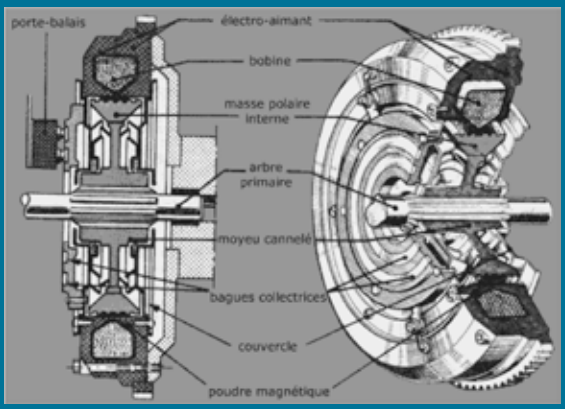
Entraînement indirect

Flexible dans gaine

Un câble tourne dans une gaine. Pour petits couples. Retard dans la transmission du mouvement.

Joint fluide (ou coupleur à poudre) & Joint électromagnétique

C' est une poudre ou un liquide qui assure l'entraînement. Entraînement progressif et sans à-coups.
Sous l'action d'un courant électrique, une poudre est magnétisée et devient un bloc compact qui assure la transmission. Pour le coupleur hydraulique, c'est de l'huile qui entraîne des ailettes.



4. Transformations de mouvement.

		TRANSLATION		ROTATION	
		Continu	Alternatif	Continu	Alternatif
TRANSLATION	Continu			Crémaillère-Roue Écrou-vis (si réversibilité) Support sur roue Câble + tambour Chaîne + pignon Turbine (pour les fluides)	
	Alternatif			Bielle - manivelle	
ROTATION	Continu	Came Pignon-crémaillère Vis-écrou Vis-crémaillère Roue sur support Tambour + câble Poulie + courroie crantée Pignon + chaîne Hélice (pour les fluides)	Excentrique Came Bielle + manivelle		Levier + coulisse Engrenages Croix de Malte
	Alternatif		Mécanisme de Roberts		

4 Transformations de mouvement.

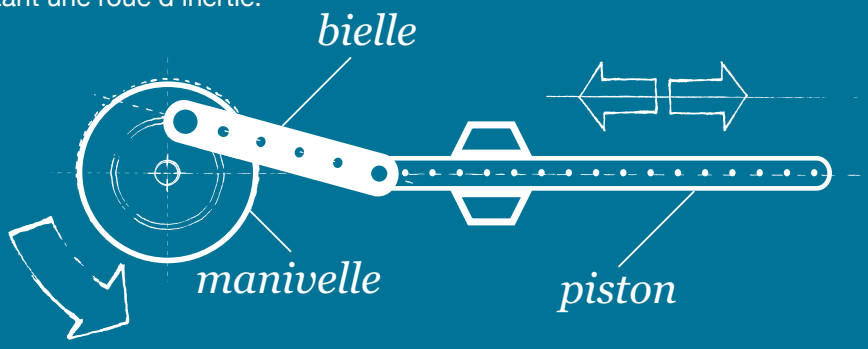
Roue – Support

Rotation continue --- Translation alternative.

Bielle – Manivelle (- Piston)

Rotation continue --- Translation alternative.

Le système présente 2 «points morts » qui peuvent être supprimés en ajoutant une roue d'inertie.

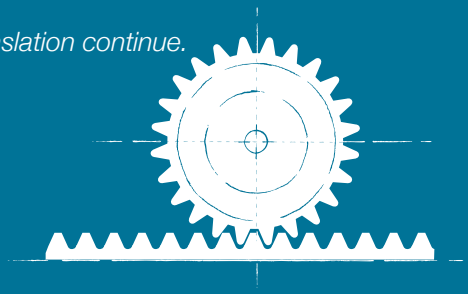


Notes:

4. Transformations de mouvement.

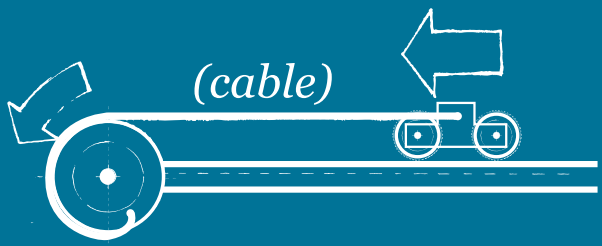
Pignon – Crémaillère

Rotation continue --- Translation continue.



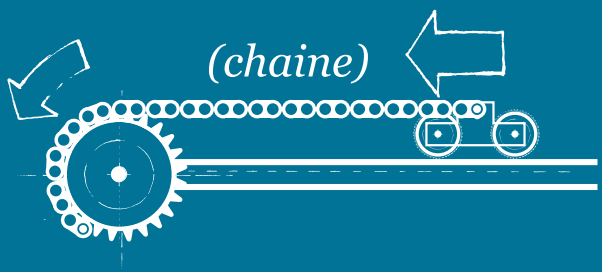
Tambour – Câble

Rotation continue --- Translation continue.



Pignon – Chaîne

Rotation continue --- Translation continue.



4. Transformations de mouvement.

Poulie – Courroie crantée

Rotation continue --- Translation continue.

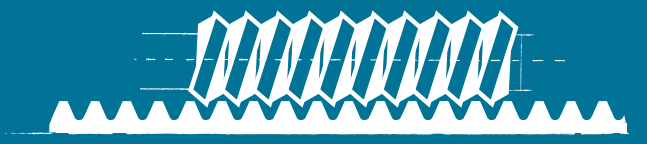
Vis – Écrou

Rotation continue --- Translation continue.

Mouvement irréversible la plupart du temps (sauf vis à billes ou pas très important).
Mauvais rendement (sauf vis à billes).

Vis – Crémaillère

Rotation continue --- Translation continue.



4. Transformations de mouvement.

Excentrique

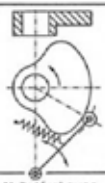
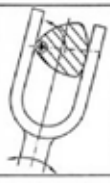
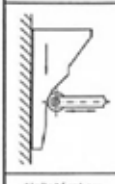
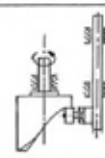
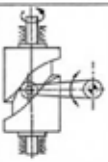
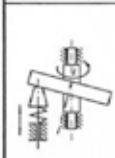
Rotation continue --- Translation alternative.

C'est un disque excentré.

Came

Rotation continue --- Translation alternative.
Rotation continue --- Rotation alternative.

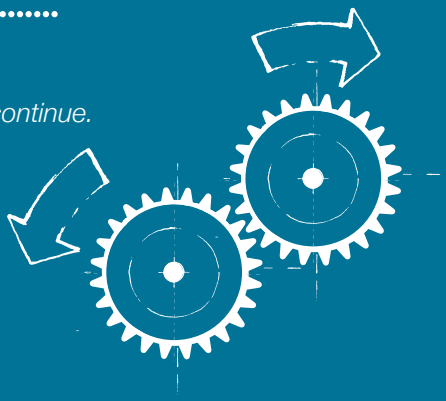
Mouvement irréversible. Le mouvement de sortie dépend du profil de la came.

CAMES POUR MÉCANISMES PLANS	Principe de base	PROFIL EXTÉRIEUR APPUI PLAN	PROFIL INTÉRIEUR APPUI PLAN	PROFIL CREUX APPUI PLAN	PROFIL SAILLANT APPUI PLAN	PROFIL DOUBLE À DEUX CAMES	PROFIL À ÉPAISSEUR CONSTANTE	PROFIL SUR OU DANS COULISSE
	Numéro	1	2	3	4	5	6	7
	Exemples simplifiés de mécanismes à came Forme de la came Élément commandé							
	Liaison sur la came	Unilatéral avec ressort de pression	Unilatéral avec ressort de pression	Bilatéral, mais jeu important	Bilatéral, mais jeu important	Bilatéral, mais jeu à éliminer	Unilatéral ou bilatéral	Unilatéral ou bilatéral
	Fonction de transfert	Choix libre des mouvements	Choix libre des mouvements	Choix libre des mouvements	Choix libre des mouvements	Choix libre des mouvements	3 mouvements périodiques	Mouvements apériodiques
CAMES POUR MÉCANISMES SPATIAUX	Principe de base	PROFIL HÉLICOÏDE CAME EN CLOCHE	PROFIL CREUX EN HÉLICOÏDE	PROFIL CREUX EN HÉLICOÏDE	PROFIL CREUX SUR CÔNE	PROFIL CREUX VIS CYLINDRIQUE	PROFIL CREUX VIS GLOBIQUE	DISQUE PLAN INCLINÉ SUR AXE
	Numéro	11	12	13	14	15	16	17
	Exemples simplifiés de mécanismes à came Forme de la came Élément commandé							
	Liaison sur la came	Unilatéral Appui par ressort	Bilatéral, mais jeu à éliminer	Bilatéral, mais jeu à éliminer	Bilatéral, mais jeu à éliminer	Bilatéral, mais jeu important	Bilatéral, mais jeu important	Unilatéral Appui par ressort
	Fonction de transfert	Choix libre des mouvements	Choix libre des mouvements	Mouvements aller - retour	Choix libre des mouvements	Mouvements périodiques 1/z	Mouvements périodiques 1/z	Mouvement oscillatoire

4. Transformations de mouvement.

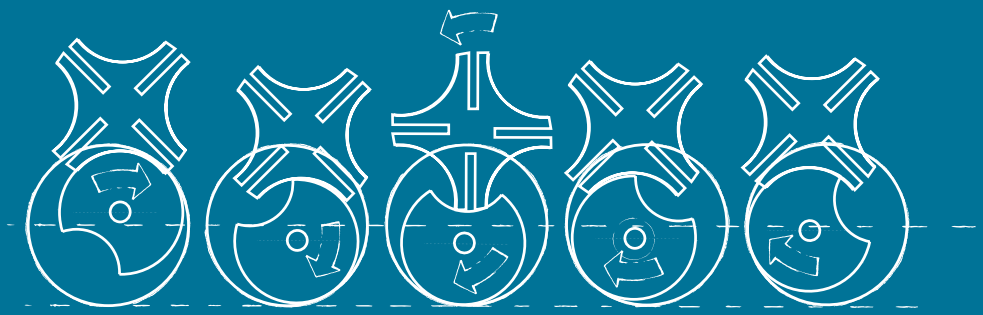
Engrenages

Rotation continue --- Rotation continue.



Croix de Malte

Rotation continue --- Rotation discontinue.



Levier – Coulisse

Rotation partielle --- Translation partielle.

4. Transformations de mouvement.

Turbine & Hélice

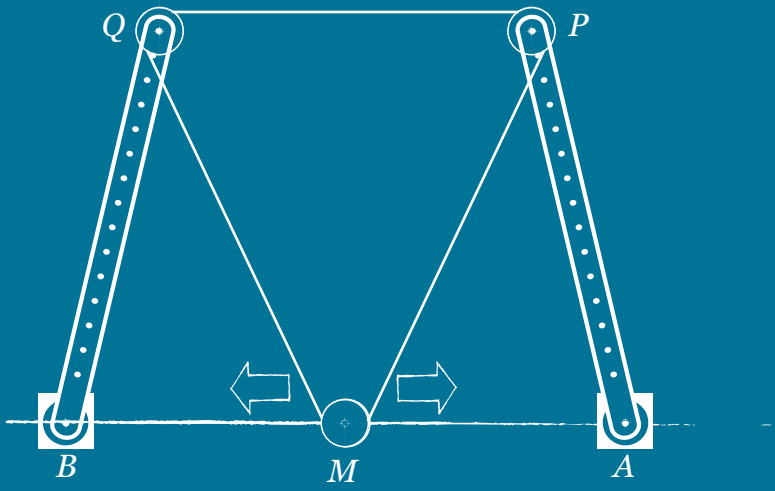
Rotation continue --- Translation continue.

C'est le principe de la vis mais dans un fluide (air ou liquide).

Mécanisme de Roberts

Rotation alternative --- Translation alternative.

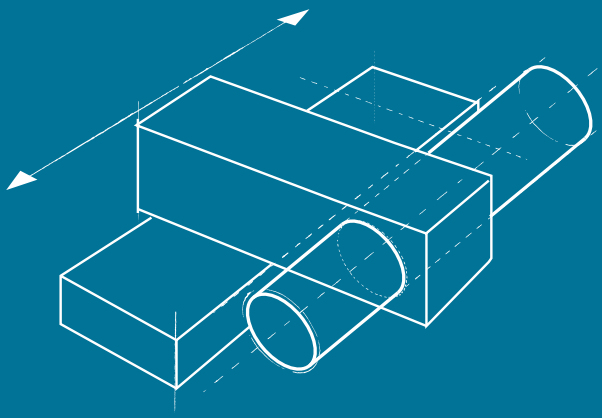
Le point M reste sur la droite AB.



Translation

Guidage par 1 colonne

L'arbre assure le guidage en translation mais ne bloque pas la rotation, il est donc parfois nécessaire de rajouter un élément (soit un plan soit une autre colonne) pour bloquer la rotation.

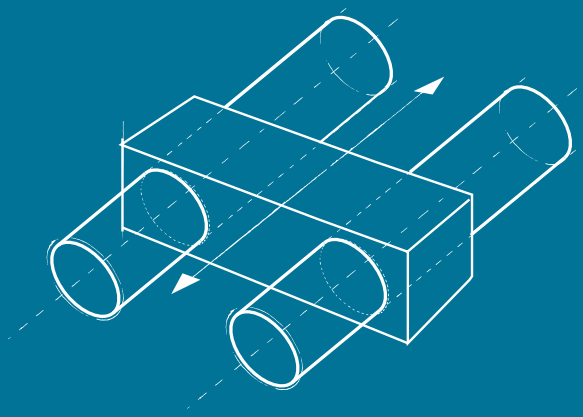


Notes:

Translation

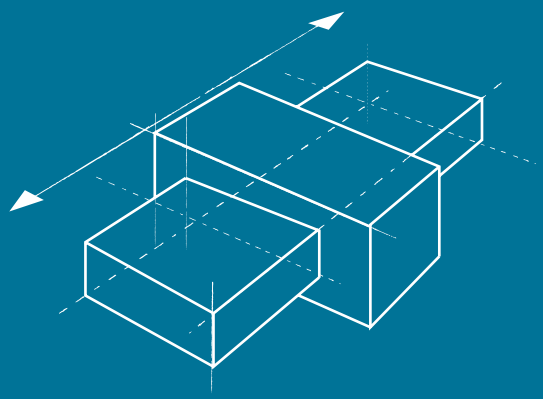
Guidage par double-colonne

La rotation est bloquee. Il faut un tres bon parallelisme des colonnes pour eviter tout blocage. Souvent les deux supports de colonne et le coulisseau sont perces ensemble.



Guidage prismatique

Ce sont des plans qui assurent le guidage.

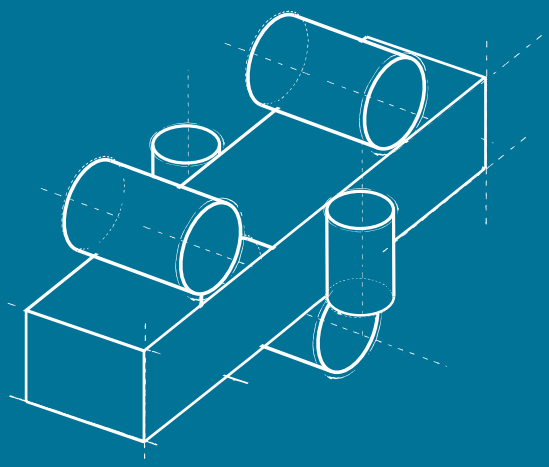


Notes:

Translation

Guidage par rails

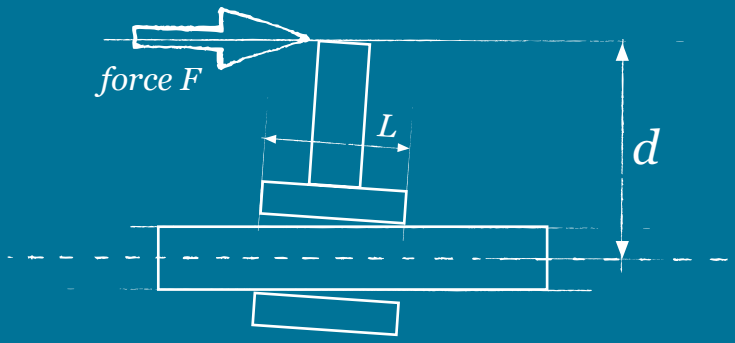
Utilisé pour de longues distances.



Notes:

Surfaces de guidage

Guidage par contact direct



Un jeu minimal est indispensable au bon fonctionnement. Il est souvent nécessaire de lubrifier (graisse ou huile) les surfaces de contact.

Attention au phénomène d'arc-boutement : Condition de non-arc-boutement **: d ≤ L/2 f**
(f est le coefficient d'adhérence).
L'arc-boutement peut être recherche pour bloquer le coulisseau (serre-joint de maçon,..)

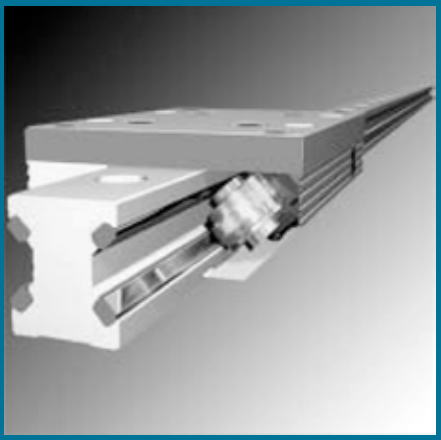
Guidage sur matériau anti-friction

Cet élément a pour but de limiter les frottements (donc les efforts) et l'usure des pièces en contact. Il se présente sous forme de douilles ou de patins. Les matériaux utilises sont le bronze autolubrifiant, l'acier recouvert de téflon, le nylon,...

Surfaces de guidage

Guidage par élément roulant

Des billes ou des galets roulent entre la glissière et le coulisseau. C'est la solution qui apporte le rendement le meilleur car le glissement est remplacé par un roulement.



Notes:

5. Guidages.

Guidage en rotation

Guidage par contact direct

A éviter absolument sauf si les portées sont longues ou l'amplitude très faible.

Guidage par matériau anti-friction

Mêmes principes que pour le guidage en translation. Ils sont utilises pour de faibles vitesses de rotation ou des mouvements oscillants.

Guidage par éléments roulants

Ce sont les guidages par roulement a billes (ou a rouleau, coniques, a aiguilles,...). Le roulement peut être déjà intégré dans un palier. Pour des vitesses lentes, utiliser de préférence des roulements a rouleaux.

6. Liaisons.

Translation

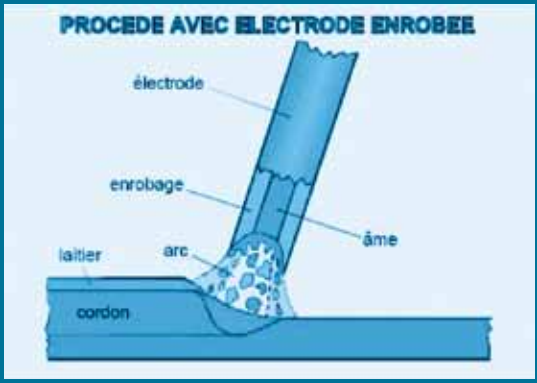
LIAISONS SIMPLES	LIAISONS SIMPLES
Liaison ponctuelle - 2 translations libres - 3 rotations libres *pied de chaise sur le sol*	**Liaison pivot** - 0 translation libre - 1 rotation libre *roue*
Liaison linéaire rectiligne - 2 translations libres - 2 rotations libres *couteau de suspension*	**Liaison glissière** - 1 translation libre - 0 rotation libre *tiroir*
Liaison ponctuelle - 1 translation libre - 3 rotations libres *tige traverant un trou avec jeu*	**Liaison hélicoïdale** - 1 translation liée à 1 rotation *vis*
Liaison rotule - 0 translation libre - 3 rotations libres *boule d'attelage*	**Liaison rotule à doigt** - 0 translation libre - 2 rotations libres *cardan, manette de jeu vidéo*
Liaison pivot glissant - 1 translation libre - 1 rotation libre *tige de babyfoot*	**Liaison encastrement** - 0 translation libre - 0 rotation libre *soudure*
Liaison appui plan - 2 translations libres - 1 rotation libre *étau posé sur table*	**Liaison nulle** - 3 translations libres - 3 rotations libres *avion en vol*

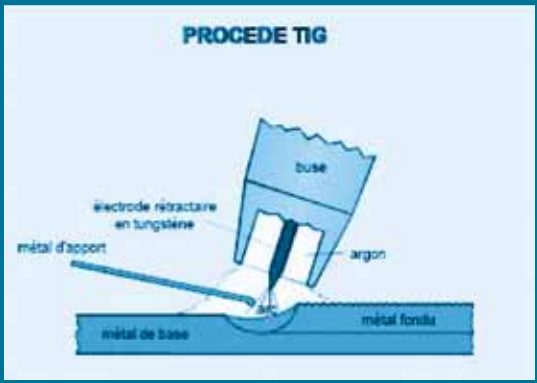
Liaisons permanentes

Le démontage nécessite la destruction partielle ou complète des éléments assemblés.

Le soudage et le brasage

Les matériaux (principalement les métaux et les matières plastiques) sont lies entre eux au niveau moléculaire. Pour réaliser cette liaison, il faut apporter de l'énergie sous forme de chaleur et éventuellement un métal d'apport. Si le métal d'apport est de même nature que les pièces a assembler, on parle de **soudage**. Dans le cas contraire, on parle de **brasage**. Pour les métaux, c'est la principale méthode d'assemblage.





Une soudure est très résistante (en gros, 10 mm supportent 1 tonne). Attention : lors de la soudure, les pièces se déforment.

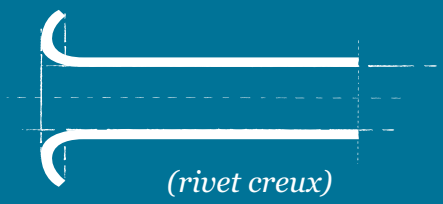
Notes:

6. Liaisons.

Liaisons permanentes

Le collage

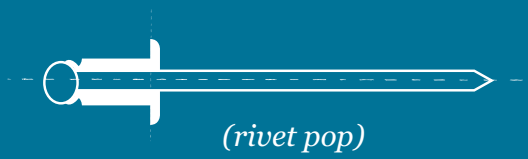
Permet l'assemblage de matériaux différents. Un collage est très résistant si on utilise la colle adaptée, la bonne préparation des supports (nettoyage ou ponçage des surface), l'immobilisation voire le serrage des pièces, le respect des conditions de température et d'hygrométrie et du temps de séchage.



(rivet creux)

Le rivetage

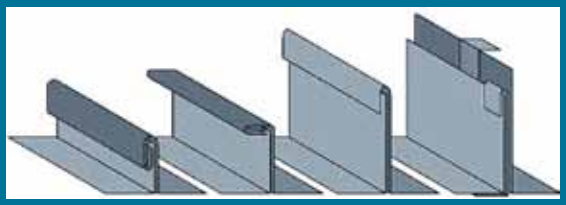
Utilisé lorsqu'une seule face est accessible ou si l'assemblage nécessite de la souplesse (aéronautique).



(rivet pop)

Le sertissage et le pliage

Utilisés principalement pour l'assemblage de tôles.

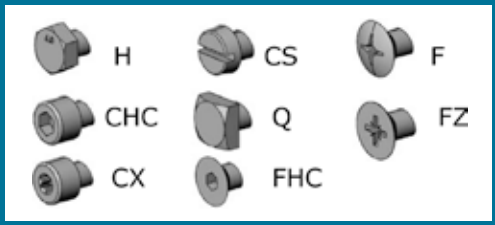


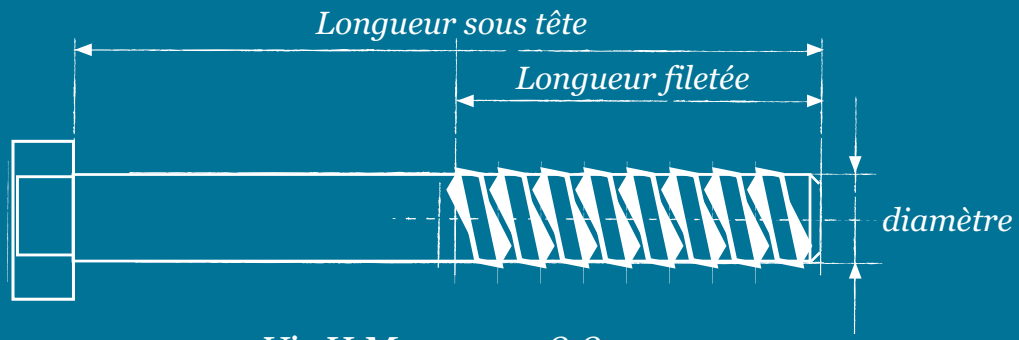
Notes:

Liaisons démontables

La vis

Le démontage est possible. Elles sont principalement réalisées par des vis et des écrous. Si la vis traverse les pièces et assure la pression par un écrou, on ne parle plus de vissage mais de boulonnage.





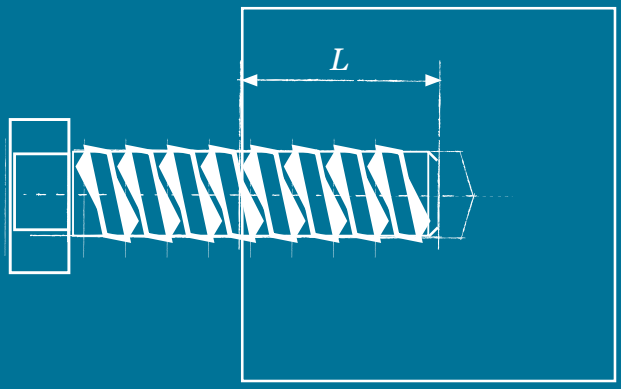
Vis H M12 - 100, 8.8

type de tête | *Type de filet* | *diamètre* | *longueur sous tête* | *classe*

marquage des têtes	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
classes de résistance	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
limite élastique MPa	480	640	720	900	1080
limite à la rupture MPa	600	800	900	1040	1220
A%	8	12	10	9	8

Liaisons démontables

La vis



Acier	$L \geq d$
Fonte, cuivre	$L \geq 1{,}5\ d$
Aluminium	$L \geq 2\ d$

Pour ne pas se dévisser, l'assemblage peut être freiné par:

Un produit type Loctite
-Loctite 243 Frein filet normal (bleue). Démontable.
-Loctite 271 Frein filet fort (rouge). Indémontable (sauf après chauffage à 300°C)

-Des contre-écrous
-Des rondelles-frein
-Des écrous-frein

www.lamachine.fr

La Compagnie La Machine bénéficie du soutien de l'Etat - Préfecture de la Région des Pays de la Loire - Direction régionale des affaires culturelles, par le Conseil Régional des Pays de la Loire.