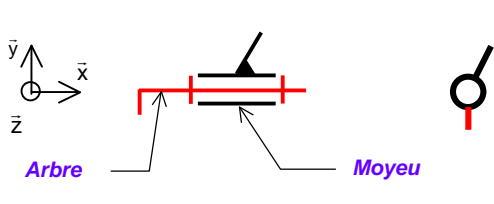
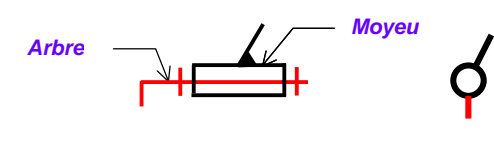
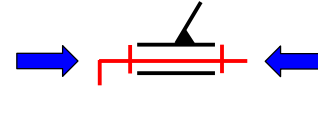
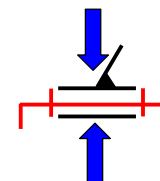
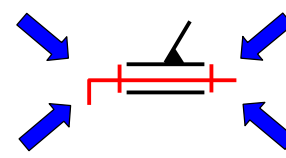


# LA LIAISON PIVOT

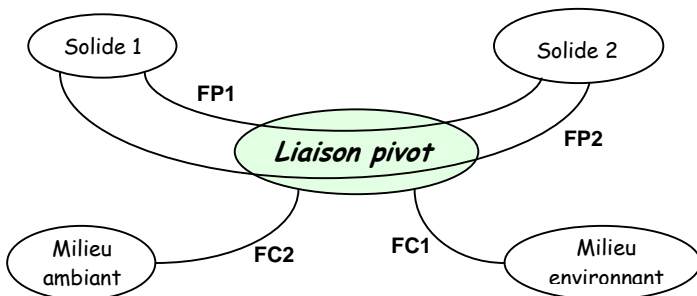
Par contact direct, paliers lisses (coussinets), ou roulements.

## 1. Analyse fonctionnelle de la liaison pivot

### 1.1. Rappels

Symbole	Degrés de liberté	Types de charges appliquées à la liaison												
 <p style="color: blue;">Arbre</p> <p style="color: blue;">Moyeu</p> <p><u>Ou</u></p>  <p style="color: blue;">Arbre</p> <p style="color: blue;">Moyeu</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T</th> <th>R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\bar{x}</math></td> <td style="color: blue;">0</td> <td style="color: blue;">1</td> </tr> <tr> <td><math>\bar{y}</math></td> <td style="color: blue;">0</td> <td style="color: blue;">0</td> </tr> <tr> <td><math>\bar{z}</math></td> <td style="color: blue;">0</td> <td style="color: blue;">0</td> </tr> </tbody> </table>		T	R	$\bar{x}$	0	1	$\bar{y}$	0	0	$\bar{z}$	0	0	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  <p style="color: blue;"><b>Charges axiales</b> (suivant l'axe de rotation)</p> </div> <hr/> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  <p style="color: blue;"><b>Charges radiales</b> (perpendiculaires à l'axe de rotation)</p> </div> <hr/> <div style="text-align: center;">  <p style="color: blue;"><b>Charges combinées</b> (axiales + radiales)</p> </div>
	T	R												
$\bar{x}$	0	1												
$\bar{y}$	0	0												
$\bar{z}$	0	0												

### 1.2. Enoncé des fonctions de service



- FP1 : Guider en rotation autour d'un axe le solide 2 par rapport au solide 1.
- FP2 : Transmettre les actions mécaniques (charges) entre les deux solides.
- FC1 : S'adapter au milieu environnant (autres pièces du mécanisme, encombrement...)
- FC2 : Résister au milieu ambiant.

### 1.3. Cahier des charges fonctionnelles de la liaison pivot

Libellé de la fonction	Critère d'appréciation	Niveau
<p><b>FP1</b> Guider en rotation autour d'un axe <u>2</u> par rapport à <u>1</u></p> <p>1. Facilité une mobilité</p> <p>2. Interdire les autres mobilités</p>	<p>Vitesse de rotation. Variation de la vitesse au cours du temps. Rendement de la liaison. Durée de vie. Coût.</p> <p><u>Mise en position</u> : Défauts de déplacements admissibles liés à la précision de positionnement : Ecart de position Ecart d'orientation</p> <p><u>Maintien en position</u> Maintenabilité</p>	<p>tr / min Nombre de démarrages/arrêts par jours A optimiser N en heures de fonctionnement ou en cycles A minimiser</p> <p><math>\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z</math> <math>(\Delta\theta_x), \Delta\theta_y, \Delta\theta_z</math> Démontable ou permanent Répétabilité</p>

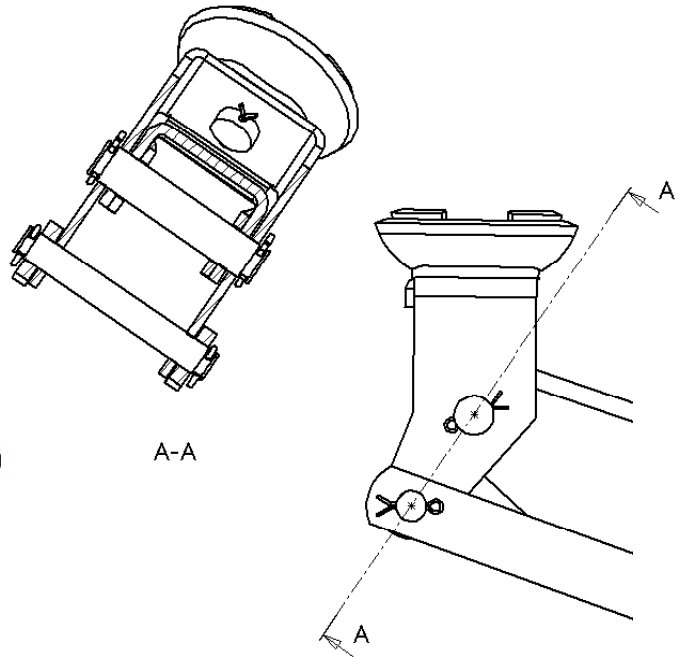
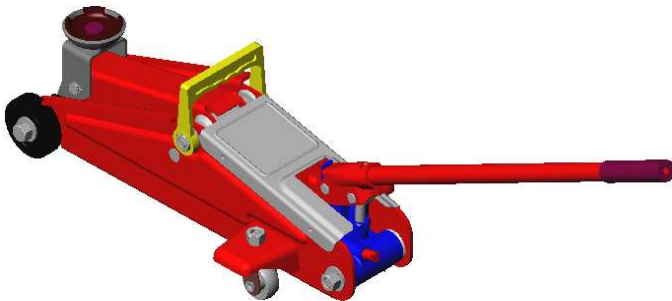
	Libellé de la fonction	Critère d'appréciation	Niveau
FP2	Transmettre les actions mécaniques entre les deux solides	Action mécanique à transmettre par la liaison d'origine statique, ou dynamique. Variation des efforts dans le temps.  Rendement de la liaison. Durée de vie. Coût.	$\{\tau_{2 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} X_{21} & 0 \\ Y_{21} & M_{A21} \\ Z_{21} & N_{A21} \end{Bmatrix}_{(A, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$ $\eta = 1$ si $L_A = 0$ , $\eta < 1$ si $L_A \neq 0$ N en heures de fonctionnement ou en cycles A minimiser
FC1	S'adapter au milieu environnant	Encombrement. Facilité d'entretien (accessibilité des organes). Coût.	A minimiser
FC2	Résister au milieu ambiant	Ambiance extérieure (corrosion physique, chimique, électrique ...). Ambiance interne. Lubrification. Espacement des révisions d'entretien. Durée de vie. Coût.	Température, dissipation de la chaleur, ... Aucune, bain d'huile, graissage, ... N <sub>max</sub> en heures de fonctionnement N en heures de fonctionnement A minimiser

## 2. Solutions constructives de la liaison pivot

### 2.1. Liaison pivot par contact direct entre pièces

Le contact direct entre pièces peut être une solution pour une liaison pivot dans le cas d'une vitesse de rotation relative très faible.

Exemple: Cric hydraulique



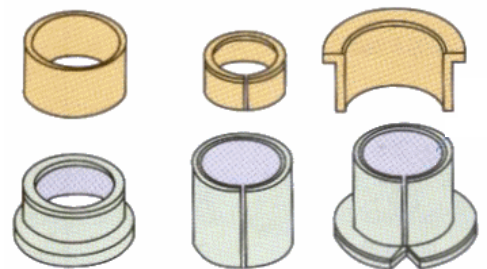
### 2.2. Liaison pivot par interposition d'un élément

#### 2.2.1. Interposition de paliers lisses (ou coussinets)

Economiques, souvent utilisés, les coussinets sont de forme tubulaire, avec ou sans collerette,...

Ils s'interposent entre un arbre et son logement pour diminuer le frottement et faciliter ainsi le mouvement de rotation.

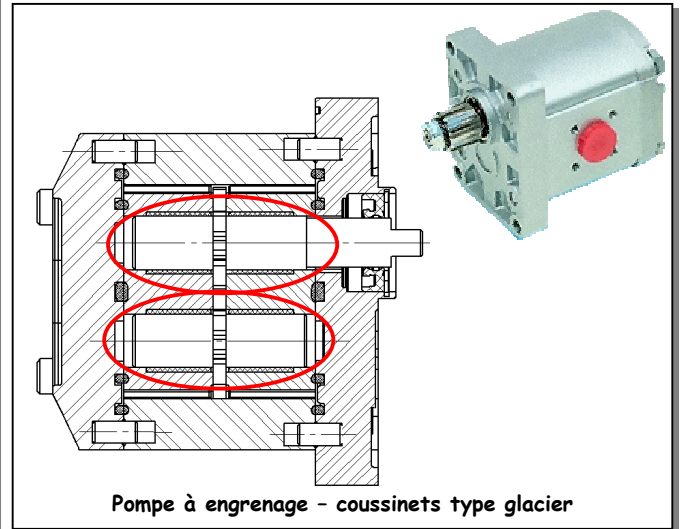
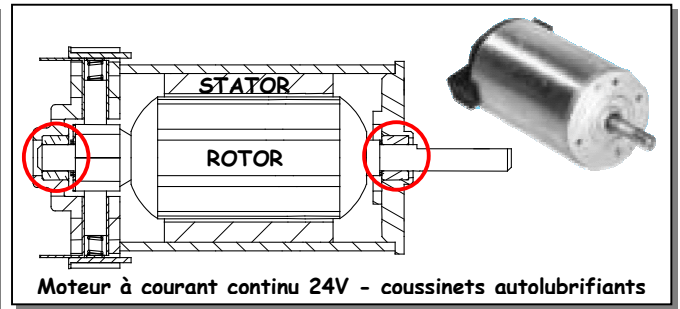
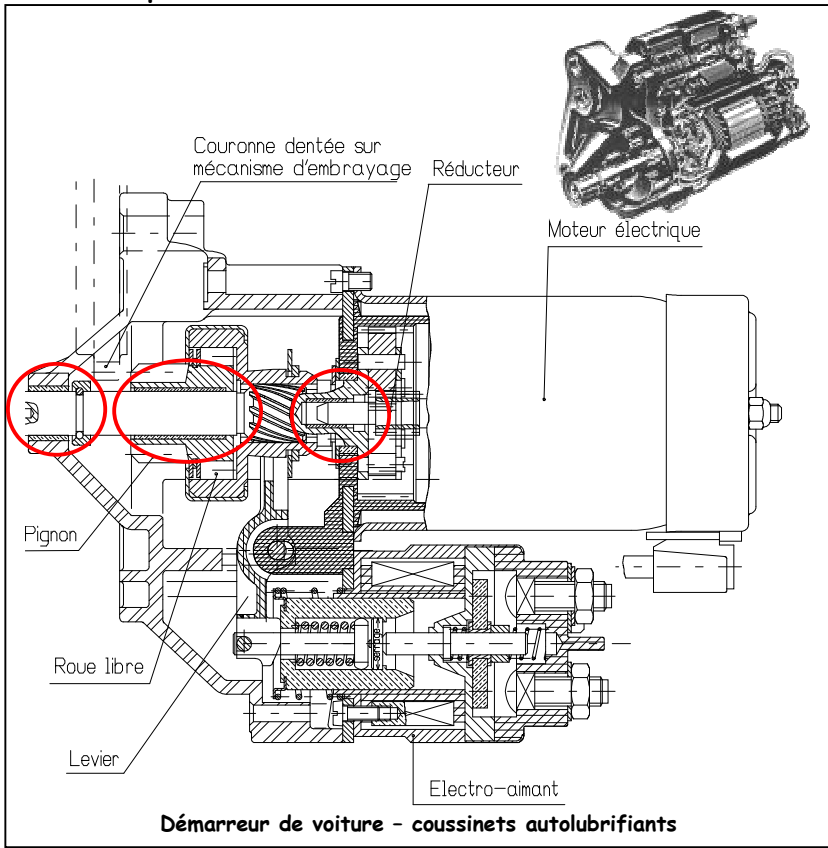
Ils sont construits à partir de matériaux présentant de bonnes qualités frottantes (bronze, étain, plomb, graphite, Téflon, PTFE, polyamide), ils peuvent être utilisés à sec ou avec lubrification.



Il existe plusieurs familles de coussinets (voir chapitre 2) :

Les coussinets autolubrifiants (imprégnés d'huile), les coussinets de type glacier (matériaux composites), les coussinets en polymères.

Exemples d'utilisation de coussinets :

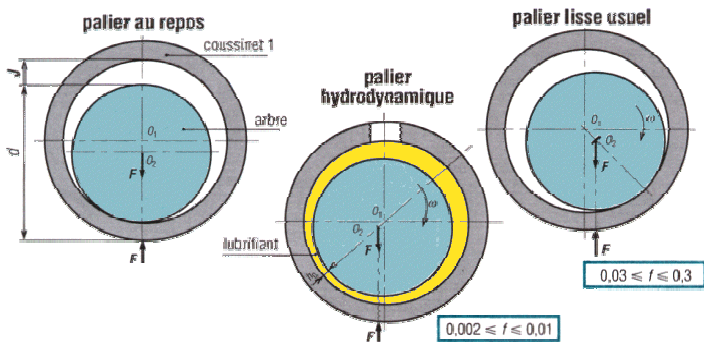


2.2.2. Interposition de paliers lisses (ou coussinets) hydrodynamiques

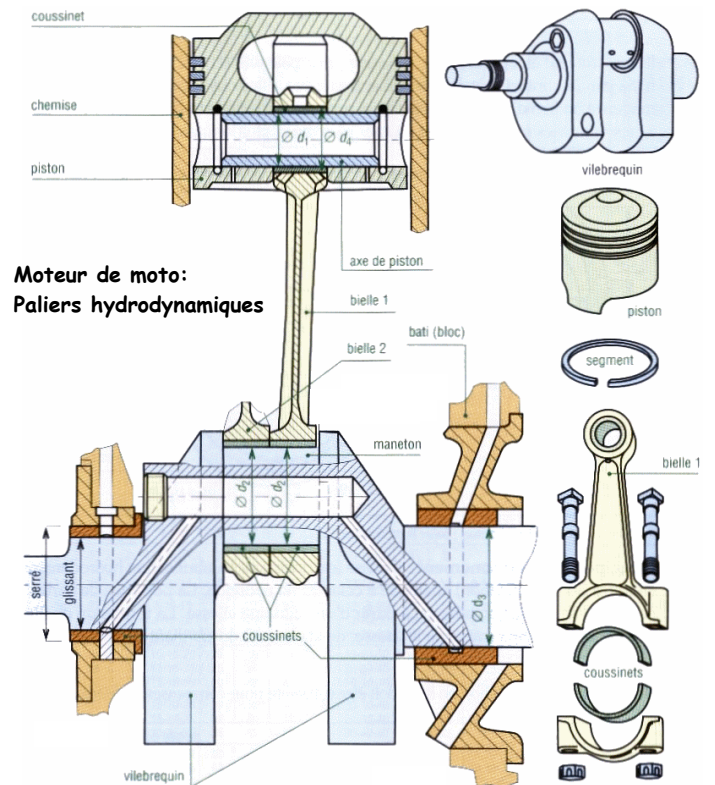
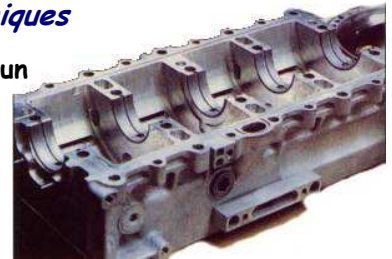
Ils ressemblent aux précédents, avec une différence fondamentale: en fonctionnement normal il n'y a **jamais contact métal sur métal** entre l'arbre et le coussinet, sauf au démarrage.

La vitesse de rotation de l'arbre, à condition qu'elle soit suffisante, crée une **portance hydrodynamique** comparable au ski nautique ou à l'aquaplaning.

En permanence un film d'huile sépare les deux surfaces respectives (régime hydrodynamique). **L'usure est alors pratiquement nulle et les frottements fortement réduits.**



Exemple: Articulation d'un vilebrequin de véhicule



**2.2.3. Interposition d'éléments roulants (roulements)**

L'idée consiste à remplacer le glissement avec frottement par du roulement.

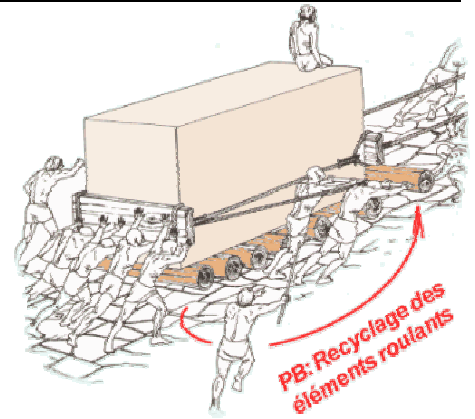
Dès l'antiquité, les hommes eurent recours à des éléments roulants dans le transport de lourdes charges essentiellement pour la construction de leurs édifices.

C'est Léonard de Vinci au XV<sup>ème</sup> siècle qui approcha le premier les formes des roulements actuels.

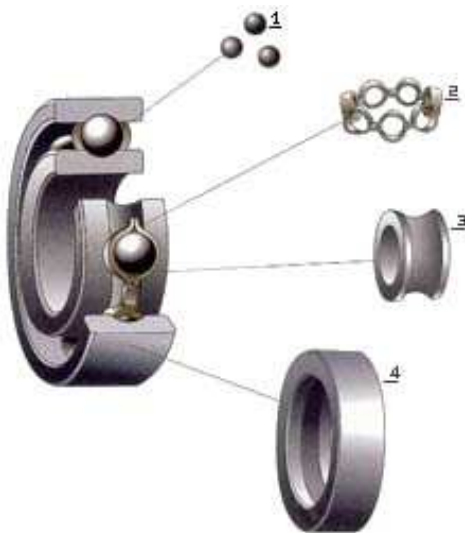
L'industrialisation, à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle entraîna son essor.

La technique du roulement est aujourd'hui à maturité, elle est soumise à des normes internationales.

Les roulements sont présents dans un grand nombre de machines, il s'en fabrique plusieurs milliards chaque année, et leur taille peut varier de 1 mm à 7m.



**a) Constitution d'un roulement**



**1 - Éléments roulants:** Billes, rouleaux, ou aiguilles qui roulent sur les chemins des deux bagues.



**2 - Cage:** Elle maintient les éléments roulants à intervalles réguliers.
















**3 - Bague intérieure:** Elle s'ajuste sur l'axe (ou l'arbre).

**4 - Bague extérieure:** Elle se positionne dans le logement (ou moyeu).

**b) Les différents types de roulements**

TYPE	BAGUE EXTÉRIEURE	BAGUE INTÉRIEURE	ÉLÉMENTS ROULANTS	CAGE		
				Matière synthétique	Tôle emboutie	Massive usinée
Roulements à billes						
Roulements à rouleaux cylindriques						
Roulements à rouleaux coniques	Cuvette	Cône				

TYPE	BAGUE EXTERIEURE	BAGUE INTERIEURE	ELEMENTS ROULANTS	CAGE		
				Matière synthétique	Tôle emboutie	Massive usinée
 Roulements à rouleaux sphériques						
 Roulements à aiguilles						

**c) Critères de choix d'un roulement**

- La nature des charges appliquées à la liaison (aux roulements) → axiales, radiales, ou combinées \*
- L'importance des charges → intensité
- La vitesse de rotation
- Le coût et la disponibilité
- La précision exigée → coaxialité, ...
- Les perturbations → chocs, vibrations, niveau sonore ...
- Le montage et démontage → mise en place, accessibilité réglages, ...
- La rigidité exigée → déformations admissibles, désalignement des paliers, ...
- L'encombrement → place disponible au sein du mécanisme
- La longévité, ou durée de vie souhaitée → en heures ou en nombre de cycles
- Les conditions ambiantes → pollution, corrosion, température, lubrification, ...

**3. Comparaison de ces différentes solutions constructives**

Avantages contact direct	Avantages des paliers lisses	Avantages des roulements
- coût - encombrement	- suppression de graisseurs et d'entretien. - peu encombrant radialement - coût faible - peu sensible aux poussières et aux corps étrangers - Fonctionnement silencieux, pas de grippage <u>propres aux paliers lisses hydrodynamiques</u> - durée de vie non limitée par le phénomène de fatigue - supportent bien les chocs et vibrations	- peu encombrant axialement - lubrification facile à réaliser - facilement interchangeables - supportent tous types de charges élevées - une avarie est signalée par un bruit et des vibrations croissantes.

\* Rappel: Différents types de charges appliquées aux roulements

