

Accouplements d'arbres

par **Guy VALEMBOIS**

*Agrégé de Mécanique, Professeur du cadre des ENSAM
Responsable de la formation des agrégés de Mécanique
à l'Université Paul Sabatier de Toulouse
Professeur à l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse
Ingénieur Conseil*

1. Nécessité d'une liaison entre deux arbres.....	B 5 800 - 2
2. Rôle d'un accouplement	— 2
3. Propriétés d'un accouplement	— 3
3.1 Homocinétisme.....	— 3
3.2 Possibilités de mouvements relatifs	— 3
3.3 Accouplement, organe de commande.....	— 3
4. Critères de choix	— 4

Suivant son choix, le lecteur se reportera utilement dans cette rubrique aux articles :

- *Accouplements élastiques [B 5 805] ;*
- *Joints de cardan [B 5 810] ;*
- *Joints homocinétiques [B 5 815] ;*
- *Liaisons rigides de deux arbres [B 5 816].*

1. Nécessité d'une liaison entre deux arbres

La transmission du mouvement de rotation d'un arbre à un autre arbre est nécessaire lorsqu'un seul arbre ne peut remplir les fonctions souhaitées du mécanisme à concevoir.

Les cas ci-après explicités imposent une ligne d'arbres discontinue. La jonction des arbres se fera alors par l'organe de transmission : accouplement élastique, coupleur hydrocinétique, embrayage, joint mécanique, etc. le mieux adapté au fonctionnement de l'ensemble.

■ **Contrôle du mouvement** : la transmission du mouvement de rotation n'est pas forcément permanente. La non-simultanéité des deux mouvements de rotation (un arbre à l'arrêt pendant que l'autre est en mouvement) impose une coupure de la ligne d'arbres par un élément permettant ou non la transmission du mouvement de rotation.

■ **Existence au préalable de deux arbres** : la conception mécanique devient de plus en plus modulaire. L'assemblage de deux éléments industriels existants nécessite l'adaptation de l'un à l'autre. Lorsque le mouvement de rotation est fonctionnel pour les deux éléments, une troisième pièce industrielle (accouplement) permet l'adaptation de l'un à l'autre.

■ **Existence d'un mouvement relatif** : il est souvent nécessaire de transmettre le mouvement de rotation à une liaison pivot, elle-même en mouvement par rapport à la partie motrice. Un organe de transmission permettra les mouvements relatifs (figure 1).

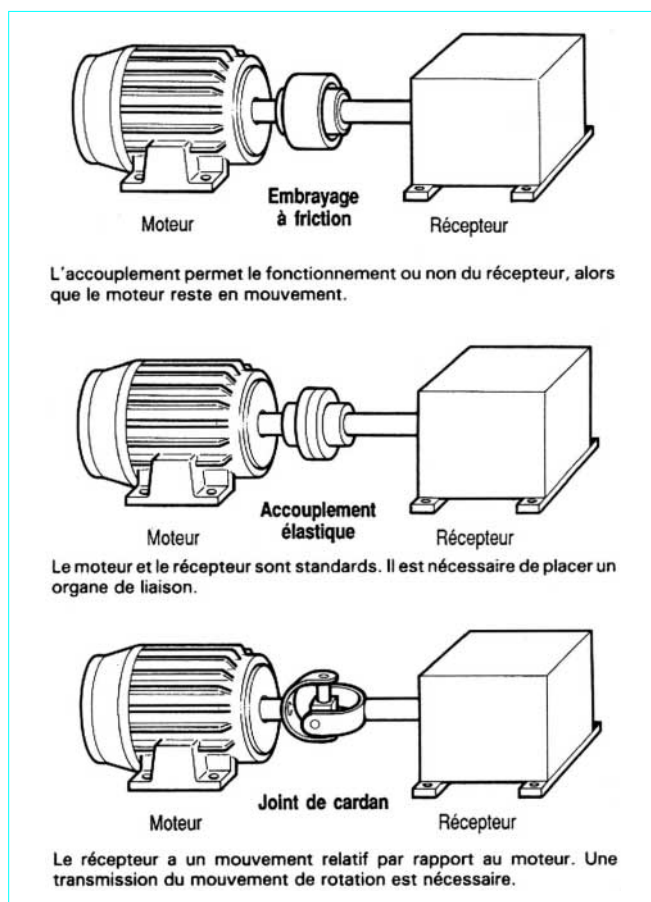


Figure 1 – Liaisons entre moteur et récepteur

● **Remarque** : comme les cas précédents, une modification de la vitesse de rotation entre moteur et récepteur nécessite deux arbres distincts. Dans cette configuration, on parle de réducteur (ou multiplicateur) de vitesse plutôt que d'accouplement. Les systèmes mécaniques sont alors à base d'engrenages ou de poulies-courroies (articles *Engrenages. Éléments pratiques de définition, de dessin et de calcul* [B 636], *Réducteurs de vitesse à engrenages* [B 5 640] et *Poulies et courroies de transmission* [B 5 680] [B 5 683] dans ce traité).

2. Rôle d'un accouplement

L'accouplement situé après l'actionneur du mouvement de rotation transmet celui-ci vers l'effecteur. Dans la chaîne cinématique du mécanisme à concevoir, il peut avoir les rôles différents suivants (figure 2) :

— **transmetteur du mouvement de rotation** : une information angulaire à l'entrée du système est transmise (déformée ou non) à la sortie de celui-ci ;

■ **Exemple** : transmission d'une position angulaire à un codeur optique permettant le pilotage d'un moteur pas à pas.

— **transmetteur du couple** : les vitesses de rotation de part et d'autre de l'accouplement peuvent être différentes. Par contre, le couple sur l'arbre d'entrée est intégralement restitué sur l'arbre de sortie ;

■ **Exemple** : une machine de forte inertie est entraînée par un moteur électrique asynchrone. Le démarrage lent du récepteur est autorisé, malgré une vitesse importante du moteur, grâce à un accouplement particulier : le coupleur hydraulique.

— **transmetteur de puissance** : la précision sur les différences de vitesse importe peu. Cet élément de transmission de puissance permet le passage de l'énergie mécanique motrice au récepteur dans les meilleures conditions. La notion de rendement est alors primordiale.

■ **Exemple** : un accouplement élastique permet la transmission de puissance entre un moteur et un récepteur en limitant les actions mécaniques induites par un tel montage.

■ **Remarque** : dans le cas où la transmission du mouvement n'est pas impérative (cas 2 et 3), le rôle de l'accouplement peut être dynamique.

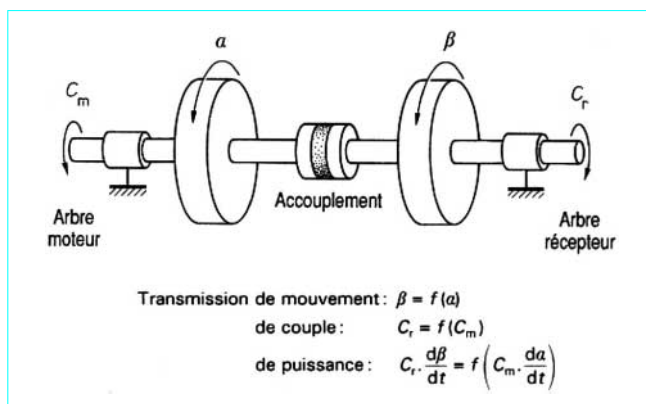


Figure 2 – Rôle d'un accouplement

En effet, celui-ci judicieusement choisi peut atténuer les effets dynamiques liés aux phases de mouvement :

— *transitoires* : limitation des actions mécaniques dues aux accélérations de démarrage, de freinage ou de changement de régime ;

— *permanents* : diminutions ou filtrations des vibrations, atténuations des résonances, maîtrise des vitesses critiques.

3. Propriétés d'un accouplement

3.1 Homocinétisme

Un organe de transmission de puissance est dit *homocinétique* lorsque celui-ci est un transmetteur de mouvement avec $\beta = \alpha$ (figure 2), α et β étant respectivement l'angle de rotation de la partie motrice et de la partie réceptrice.

Cette propriété est nécessaire lorsque :

— l'information angulaire est importante, par exemple lorsque l'accouplement est inséré dans une boucle d'asservissement ;

— les variations relatives de positions angulaires ainsi que les effets dynamiques induits sont préjudiciables au fonctionnement nominal du système dans lequel l'accouplement est inséré.

■ Remarques

● Il existe plusieurs types d'accouplement non homocinétiques :

— les *accouplements élastiques*, l'angle de rotation relative dépendant du couple transmis ;

— certains *joints mécaniques*, l'angle de rotation relative dépendant de la configuration géométrique du joint ;

— les *accouplements commandés*, l'angle de rotation relative dépendant de l'état de la commande.

● Certains joints mécaniques (par exemple, le joint de Cardan) ne sont pas homocinétiques. Néanmoins, ils transmettent la vitesse de rotation moyenne. La vitesse de sortie du joint fluctue autour de sa vitesse moyenne égale à la vitesse d'entrée.

● Certains accouplements (par exemple, le coupleur hydrodynamique) ne sont pas homocinétiques ; de plus, ils présentent un *glissement*, c'est-à-dire que la vitesse moyenne de sortie est différente de la vitesse d'entrée. C'est aussi le cas des embrayages pendant leur période de patinage.

3.2 Possibilités de mouvements relatifs

Les accouplements présentent quelquefois des possibilités de mouvements relatifs secondaires. Ceux-ci peuvent être de natures différentes (figure 3) :

- mouvement axial ;
- mouvement radial ;
- mouvement angulaire.

Une combinaison de ces mouvements est parfois possible.

Les accouplements dont les mouvements relatifs existent, mais restent de faibles amplitudes, servent d'organes de transmission pour une ligne d'arbres présentant des défauts d'alignement.

Les joints permettant les mouvements relatifs significatifs sont utilisés lorsque ces mouvements sont fonctionnels. En effet, l'accouplement de deux arbres dans ce cas de figure devient nettement plus onéreux que dans le cas précédent.

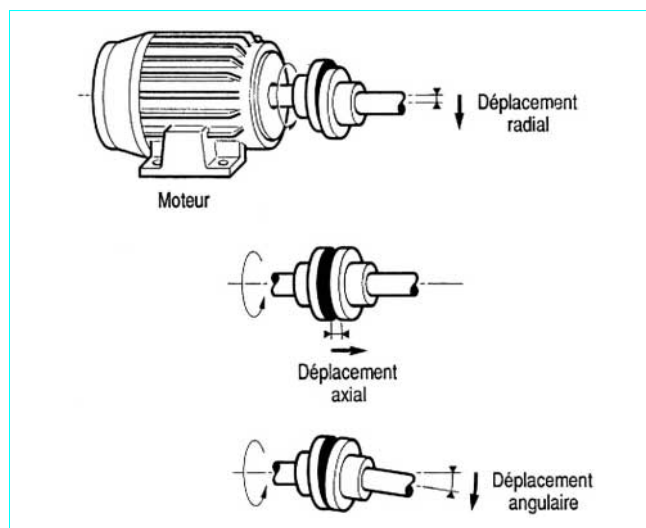


Figure 3 – Mouvements relatifs dans un accouplement

■ **Remarque** : dans tous les cas, on veillera à ce que l'assemblage de la ligne d'arbres à l'aide de l'accouplement se fasse de façon isostatique. En effet, un tel montage protège les liaisons des chargements induits par les défauts géométriques de la ligne d'arbres. Ces défauts ont pour nature :

- le chargement des arbres qui les déforme ;
- les variations dimensionnelles liées aux variations thermiques ;
- les défauts d'alignement.

Si ces derniers défauts peuvent être limités par des considérations de précision géométrique (réglages ou cotation fonctionnelle), les deux premiers points sont incontournables et justifient un montage isostatique des arbres à relier. Néanmoins, il existe des cas où il est nécessaire de lier deux arbres de façon absolument rigide (article *Liaisons rigides de deux arbres* [B 5 816] dans la rubrique Accouplements d'arbres).

3.3 Accouplement, organe de commande

L'accouplement peut servir d'organe de commande ; il peut transmettre ou non le mouvement avec progressivité en utilisant principalement :

— *le frottement ou l'adhérence*, on appelle alors cet organe « embrayage » ;

— *les effets hydrodynamiques d'un fluide mis en mouvement*, on appelle alors cet organe « coupleur » ou « convertisseur de couple ».

Lorsque la progressivité n'est pas nécessaire, une *transmission de puissance par obstacles escamotables* permet la liaison ou non des deux arbres en rotation. On appelle ce type d'organe « crabot ». On les retrouve, par exemple, dans les boîtes de vitesses de machine-outil.

Une classification de ces précédents éléments peut aussi se faire par la nature de la commande, provoquant la modification de l'état fonctionnel de l'organe de transmission de puissance.

■ Commande externe

Une information extérieure (mécanique, hydraulique, pneumatique ou électrique) permet de piloter l'état de l'accouplement.

■ **Commande automatique**

Un phénomène physique, mesuré au sein de l'accouplement, modifie l'état du système. Les réalisations sont variées :

- *commande par le couple transmissible* : limiteur de couple, accouplement de sécurité ;
- *commande par la vitesse absolue d'un arbre* : embrayage centrifuge ;
- *commande par la vitesse relative des deux arbres* : coupleur, convertisseur de couple ;
- *commande par la température de fonctionnement* : accouplement de sécurité ;
- *commande par le sens de rotation* : antidévireur.

4. Critères de choix

L'organigramme suivant permet de cerner la famille d'accouplements pouvant aider à résoudre tel ou tel problème. Le lecteur se reportera aux articles spécialisés dans ce traité pour chacun des types donnés.

Des associations de plusieurs accouplements sont possibles. L'exemple de la figure 4 illustre une telle association.

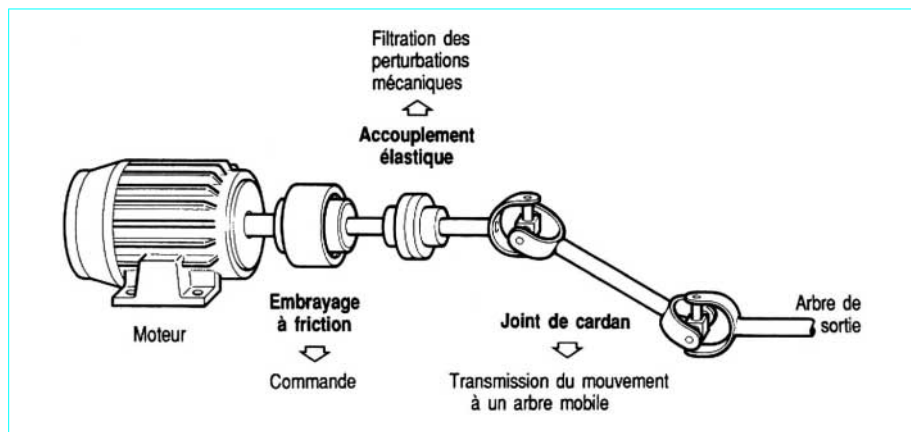
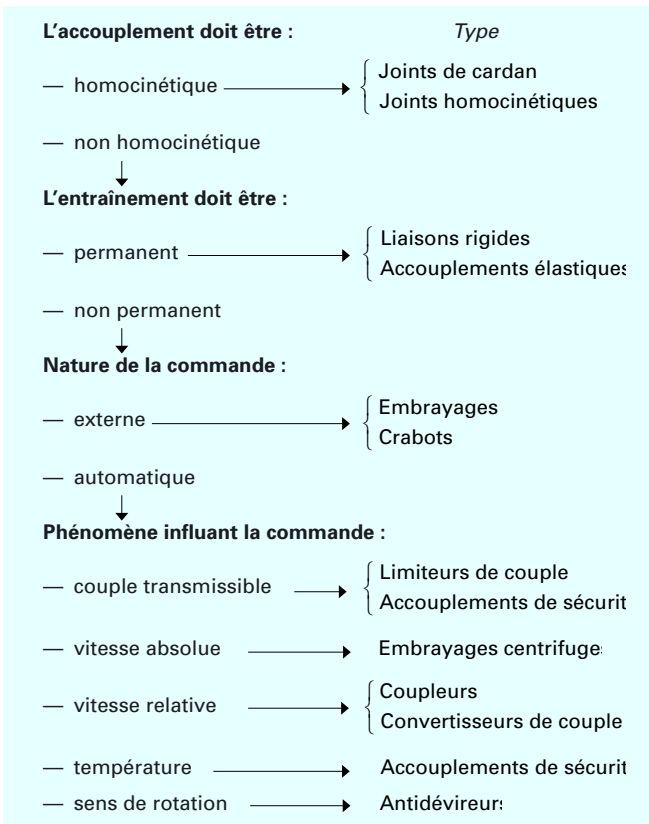


Figure 4 – Exemple d'association d'accouplements