

# Liaisons simples entre deux solides

## **Contact en un point**

On suppose que deux solides sont en contact au moins en un point. Au cours du temps, on suppose que ce contact est maintenu. Si tel n'est pas le cas, il n'y a tout simplement plus de liaison. Le plus souvent, il y a de nombreux points de contact, organisés en surfaces.

L'évolution de ces points de contacts au cours du temps constitue une liaison directe entre les deux solides.

Se posent immédiatement les questions du mouvement relatif de ces deux solides et des actions mécaniques de l'un sur l'autre. Il n'est pas toujours bien facile de répondre à ces questions, car l'évolution des points de contact peut être assez délicate à appréhender.

Tout contact entre deux solides doit s'analyser comme si seuls ces deux solides étaient en cause.

## **Surface**

Une surface est la zone de transition limitant le matériau du solide.

Les surfaces simples à matérialiser sur un solide sont le plan, le cylindre de révolution et la sphère.

## **Association de deux surfaces identiques**

La première idée d'association de surfaces qui vient à l'esprit est d'utiliser deux surfaces identiques, respectivement rattachées à chacun des solides, ces deux surfaces restant confondues au cours du temps.

Si possible, c'est tout simplement le nom de la surface qui donne son nom à la liaison. On parle ainsi de liaison plane ou de liaison sphérique. Par contre, il faut distinguer les cylindres de révolution et les autres.

La liaison **plane** est caractérisée par la direction normale au plan.

La liaison **sphérique** est caractérisée par le centre de la sphère.

La liaison **pivot glissant** est caractérisée par l'axe du cylindre de révolution.

La liaison **glissière** est caractérisée par la direction de la directrice du cylindre quelconque.

L'association de deux surfaces hélicoïdales identiques constitue la liaison **hélicoïdale**, caractérisée par l'axe du cylindre de révolution sur lequel est construite la surface et par le pas de l'hélice sur ce cylindre, exprimé évidemment en mètre par radian. Ce pas est positif pour une hélice à droite.

## **Association de deux surfaces différentes**

Cette première association peut être complétée en utilisant des surfaces différentes. Il faut alors donner les éléments nécessaires pour bien préciser les surfaces en contact, chacune par rapport au solide auquel elle appartient.

Le contact entre une sphère et un plan se fait en un seul point. Mais ce point n'étant pas toujours le même, cette liaison n'est pas un simple contact en point. Le centre de la sphère est constamment dans un même plan, parallèle au plan réel de contact. Pour caractériser une telle liaison, il faut préciser le centre de la sphère et le plan par la direction de la normale. La dénomination est toute simple : **sphère-plan**.

L'association d'une sphère et d'un cylindre de révolution de même rayon, fait que le centre de la sphère reste sur l'axe du cylindre. Il faut, là aussi, préciser ce centre et cet axe dans chacun des solides mis en liaison. La dénomination est aussi simple : **sphère-cylindre**.

Le contact entre un cylindre de révolution et un plan étant, de façon pratique, une affaire plus compliquée qu'elle n'y paraît, n'est pas retenu ici. De façon réaliste, il peut être remplacé par deux liaisons sphère-plan.

## **Association de deux couples de surfaces identiques**

En pratique, toujours avec une volonté de simplicité totale, on peut combiner un plan et un cylindre de révolution d'axe perpendiculaire. C'est la base des usinages, aussi bien sur tour que sur perceuse, mais aussi sur centre d'usinage.

Le nom conventionnel de **pivot** est attribué à cette liaison caractérisée par l'axe du cylindre.

### **Plus compliqué !**

Et oui, il reste la liaison **sphérique à doigt** qui est beaucoup plus difficile à décrire convenablement.

C'est tout d'abord l'association de deux sphères de même centre, respectivement liées à chacun des solides. On utilise simultanément une liaison sphère-plan entre ces deux solides, les centres des deux sphères attachées à l'un des solides restant constamment dans le plan attaché à l'autre solide, passant par le centre de la sphère commune.

Sur l'un des solides, il faut mettre en place le centre de la sphère principale et la direction du centre de la seconde sphère. Sur le second solide, il faut mettre en place le centre de la sphère principale et la direction perpendiculaire au plan.

### **Généralisation**

Au-delà de la notion de contact en des points, on constate en décrivant ces liaisons, que l'on utilise des notions plus abstraites d'éléments géométriques confondus.

On peut ainsi avoir une liaison plane sans avoir de véritable contact plan sur plan, mais en faisant qu'à tout instant un plan lié à l'un des solides soit confondu avec un plan lié à l'autre solide.

Cette notion permet aussi d'éliminer du modèle global des éléments intermédiaires, comme patin, billes...

L'idée de liaison en parallèle entre deux solides n'a pas vraiment de sens.

### **Les engrenages**

On pourrait bien sûr analyser les points de contacts entre les dentures. Cette approche demande des capacités d'analyse géométrique indéniable, pour prendre en compte des surfaces en développante, hélicoïdales...

On peut le plus souvent se contenter, du moins pour les engrenages en développante les plus universellement répandus, de considérer des points de contact virtuel sur les surfaces primitives des engrenages.

### **Torseurs**

Il n'existe qu'un seul torseur cinématique caractérisant le mouvement du solide  $j$  par rapport au solide  $i$ . Ce torseur doit être compatible avec tous les contacts.

Il existe en chaque point de contact une action mécanique élémentaire du solide  $i$  sur le solide  $j$ . C'est l'intégrale sur tous ces points de contact qui fournit le torseur global des actions mécaniques. En considérant les différentes surfaces, on peut éviter de fastidieux calculs d'intégrales, en globalisant surface par surface pour fournir des actions mécaniques partielles.

N'oublions pas que l'action mécanique de  $i$  sur  $j$  ( $i/j$ ) provoque le mouvement  $j$  par rapport à  $i$  ( $j/i$ ). Le produit de ces deux torseurs est la puissance mise en jeu.

### **Bilatéralité**

Toutes les liaisons sont considérées comme bilatérales, même si, comme dans la sphère plan, ceci n'apparaît pas comme très évident.

Par contre dans une approche par point de contact, l'action mécanique ne peut être dirigée que de la matière de l'un des solides vers la matière de l'autre solide.

## Représentation plane

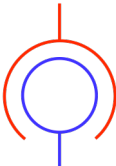
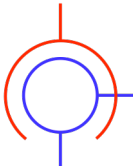
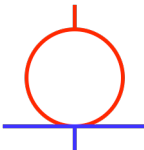
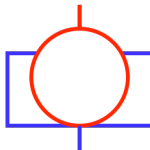

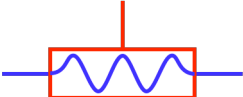
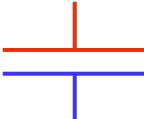
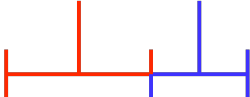
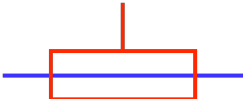

Pour une représentation plane la plus simple possible, on utilise :

- Sphère : cercle
- Plan : segment de droite ou carré
- Cylindre : rectangle
- Surface hélicoïdale : courbe sinusoïdale.

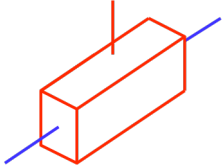
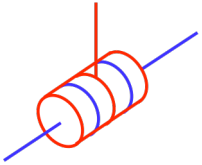
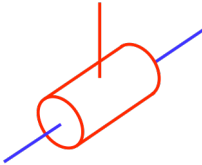
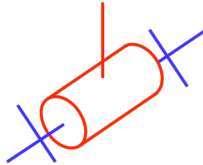
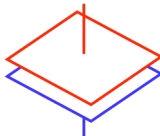
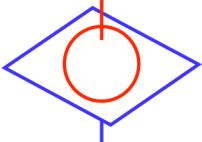
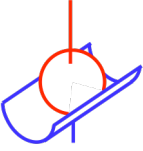
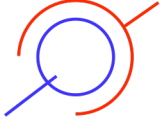
Toujours par souci de simplification, il n'y a pas besoin de souder avec de gros pâtés !

Par contre, il peut être très parlant d'utiliser de la couleur en associant une couleur à chaque solide.

Pour que tout le monde se comprenne, cet alphabet doit être scrupuleusement respecté.

Sphérique	Sphérique à doigt	Sphère-plan	Sphère-cylindre
			
Glissière	Hélicoïdale	Plane	Engrenage
			
	Pivot Glissant	Pivot	
			

## Représentation isométrique

Glissière	Hélicoïdale	Pivot Glissant	Pivot
			
Plane	Sphère-plan	Sphère-cylindre	Sphérique
			

## À éviter

Il ne faut pas parler de liaison ponctuelle, notion très dépassée. Il faut utiliser, soit le contact ponctuel, soit la liaison sphère-plan.

Il ne faut pas parler de liaison linéaire-annulaire, dont on se demande où est la ligne, au demeurant pas nécessairement droite et de quel anneau il s'agit.

Il ne faut pas parler de liaison rotule, car dans le genou, cet os n'a pas du tout une fonction simple. Le composant industriel « rotule » réalise lui, une liaison sphérique. Mais ce n'est pas la seule façon de faire.

Il ne faut pas représenter la liaison hélicoïdale avec un rectangle barré, qui présuppose ainsi un sens pour l'hélice.

Il ne faut pas créer des liaisons exotiques.

Il ne faut pas donner tous les points où un torseur possède telle ou telle caractéristique. Un seul point doit être choisi de façon pertinente. Puis les propriétés du torseur s'appliquent !

### **À faire**

Une représentation convaincante et explicite est souvent bien délicate à établir.

Il faut bien distinguer les liaisons à centre, à direction ou à axe.

Les points caractéristiques et les directions pertinentes doivent être identifiés et construits avec soin. Ils doivent permettre d'établir les repères et de préciser les points remarquables des torseurs.