

# Hyperstatisme

Le but de l'assemblage des pièces est de réaliser une ou plusieurs fonctions. Une des fonctions peut consister à être une structure immobile (bâtiment, pont...), ou bien à réaliser un travail (par exemple déplacer une charge). Dans tous les cas, chaque pièce est en contact avec plusieurs autres, ce qui va d'une part limiter les mouvements de chaque pièce, et d'autre part permettre la transmission d'efforts.

En [mécanique des solides](#), l'**hyperstatisme** est la situation d'un assemblage pour lequel le fonctionnement se fait avec plus de contraintes que ce qui est strictement nécessaire pour le maintenir, ce qui signifie qu'au moins un degré de mobilité d'une pièce est supprimé plusieurs fois.

À l'inverse, on parle d'**isostatisme** lorsque le fonctionnement se fait sans contrainte excessive ou pour être plus rigoureux si le [principe fondamental de la dynamique](#) suffit à déterminer toutes les inconnues de liaisons du mécanisme. Ainsi, la mobilité d'une pièce d'un assemblage est nécessairement limitée ; certains [degrés de mobilité](#) sont supprimés, mais chaque degré de mobilité n'est supprimé qu'une seule fois.

On parle également d'**hypostatisme** lorsque l'assemblage possède trop de mobilités. D'un point de vue mécanique, au moins une pièce conserve au moins une possibilité de mouvement (au moins un degré de mobilité) qui est nuisible au fonctionnement. Si c'est un mécanisme, il va présenter des instabilités, des mouvements parasites ; si c'est une charpente, elle ne tiendra pas.

## Mobilité d'une pièce

Dans un assemblage — mécanisme ou structure —, les pièces sont liées entre elles. Une pièce sans aucune liaison peut se déplacer librement dans l'espace ; on décompose le mouvement en translations selon les trois axes de référence du [repère](#),  $x$ ,  $y$ , et  $z$ , et en rotations selon les trois mêmes axes. Une pièce libre peut bouger selon ces 6 mouvements, on dit qu'elle a 6 degrés de mobilité.

Dans le mécanisme ou la structure, la pièce est en contact avec d'autres pièces. Ces contacts vont l'empêcher de bouger, ils vont réduire la mobilité de la pièce. Les contacts entre les pièces sont modélisés par la notion de [liaison](#).

Si aucune pièce ne peut bouger, on dit que le système est statique, et l'on distingue deux cas :

- l'isostatisme : les contacts sont juste suffisants pour maintenir l'immobilité ;
- l'hyperstatisme : il y a plus de contacts que nécessaire.

Prenons l'exemple de la stabilité d'une table. On considère le système formé par la table et le sol :

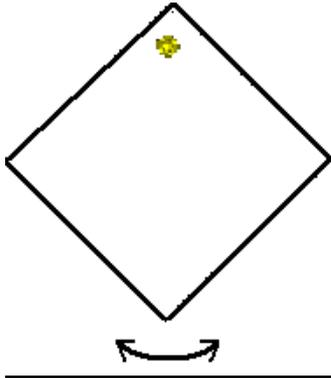
- si la table n'a que deux pieds, elle ne peut pas être stable, elle va pivoter et tomber, le système est instable ;
- si la table a trois pieds non alignés (disposés en triangle), elle est stable ; une table à trois pieds n'est jamais bancal ;
- si la table a quatre pieds, elle est stable si tout est parfait (sol plan, plateau de la table plan et pieds de la même longueur) ; le quatrième pied est une contrainte supplémentaire.

Dans la réalité, rien n'est strictement parfait, la table à quatre pieds risque d'être bancal . Si l'on visse les quatre pieds au sol, le plateau de la table va se déformer pour s'adapter aux défauts, alors qu'avec une table à trois pieds, le plateau ne va pas se déformer.

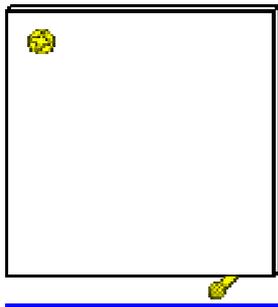
Prenons maintenant l'exemple d'une plaque fixée à un mur. La plaque est en appui plan sur le mur, ce qui

laisse trois degrés de mobilité : les deux translations dans le plan du mur et la rotation dans ce même plan (autour d'un axe perpendiculaire au mur). Si l'on se contente de mettre une seule vis, on ajoute une liaison pivot (on néglige l'adhérence) ; on bloque les translations, mais il reste la rotation, on conserve un degré de mobilité. Pour empêcher la plaque de tourner, on peut planter un clou dans le mur, sous la plaque, qui va constituer un appui ponctuel ; on est alors isostatique.

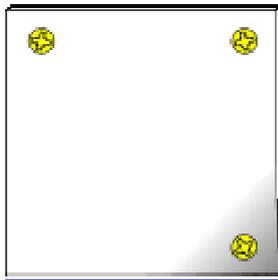
Si l'on utilise plusieurs vis, on est dans le cas d'un hyperstatisme. En particulier, si le mur n'est pas strictement plan, la plaque va se déformer. Par contre, la fixation sera plus solide : le risque de dégradation accidentelle ou volontaire est réduit.



- fixation hypostatique (vis seule)



- fixation isostatique (vis + clou)

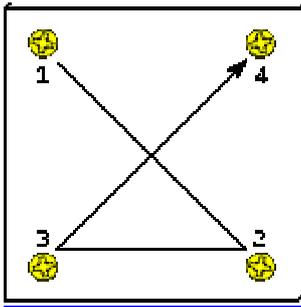


- fixation hyperstatique (plusieurs vis)

---

On peut gérer cet hyperstatisme pour éviter la déformation de la plaque et s'assurer qu'elle soit bien parallèle au mur :

1. On commence par mettre en place toutes les vis, sans les serrer complètement ; on doit encore pouvoir éloigner ou rapprocher la plaque du mur ;
2. On serre les vis modérément et en croix : on commence par serrer un peu une vis, ce qui rapproche la plaque du mur, puis on serre la vis opposée, on procède de même pour les autres vis ; la plaque est maintenue contre le mur mais les vis ne sont pas serrées à fond ;
3. Une fois la plaque bien accolée au mur, on serre fermement les vis en croix.



Serrage en croix : ordre du serrage des vis

Cette procédure s'applique aussi au serrage d'une roue de voiture par exemple.

Pour résumer :

- chaque contact supprime un ou plusieurs degrés de mobilité ;
- supprimer un degré de mobilité en translation revient à fixer la position en  $x$  ou en  $y$  ou en  $z$  de la pièce ;
- supprimer un degré de mobilité en rotation revient à fixer l'orientation de la pièce selon un axe donné,  $x$  ou  $y$  ou  $z$  ;
- si l'on supprime deux fois un degré, on contraint deux fois la position ou l'orientation, et dans le cas

réel, les deux contraintes ne sont pas strictement identiques, on a donc soit :

- une instabilité, la pièce peut prendre deux positions différentes (table bancale), un seul des contacts est réalisé ;
- une déformation, pour que les deux contacts soient réalisés.

La notion de mobilité d'une pièce est différente de celle de degré de liberté d'une liaison. En effet, le degré de liberté décrit ce qui se passe localement sur une liaison, tandis que la mobilité concerne la pièce. Par exemple, si une plaque est fixée au mur avec deux vis, chaque vis laisse un degré de liberté (liaison pivot), mais pourtant la plaque n'a plus aucune mobilité.

# Gestion de l'hyperstatisme

Dans certains cas, on ne peut pas éviter l'hyperstatisme ; dans d'autre cas, on se place volontairement dans un cas hyperstatique, afin que le dispositif résiste mieux aux charges mécaniques. Il faut donc gérer cet hyperstatisme.

On peut avoir un système qui s'adapte de manière dynamique. Par exemple, le premier rôle du système de [suspension d'une voiture](#) est de s'assurer que les quatre roues sont en permanence en contact avec le sol.

Mais dans la plupart des cas, le système n'a pas besoin de s'adapter en permanence, il suffit donc de prévoir une marge de manœuvre à l'installation, et éventuellement à la maintenance, donc un système réglable. On

utilise fréquemment :

- un système qui permet d'ajuster la longueur d'une pièce ou l'écartement entre deux pièces : [vis-écrou](#), système à [crémaillère](#) et [cliquet](#), [liaison glissière](#) bloquée par frottement ([vis de pression](#)) ou par obstacle ([goupille](#), bille à ressort et trous) ;
- un système permettant d'ajuster l'orientation ou la position :
  - fixation par [boulon](#), le perçage d'une des pièces étant plus grand, ce qui permet de la déplacer ; on peut devoir utiliser une [rondelle](#) si la tête de vis ou l'écrou n'est pas assez grand,
  - fixation par boulon, le perçage d'une des pièce étant un [trou oblong](#) (lumière) ;
  - [clouage](#), ou bien perçage des deux pièces au moment de l'installation puis fixation par boulon ou goupille ; contrairement aux solutions précédentes, cette solution n'est pas ajustable.

Sinon, il faut usiner les pièces avec une grande précision afin d'avoir des dimension très précises qui ne créent pas de contrainte excessive. Mais reste le problème des variations de dimension avec la dilatation...