

<h1>Cours</h1>	CT 1	TSI 1 Semestre 1
	Schématisation cinématique	1h
	Cycle 1 : Communication Technique	4 semaines

Analyser

Modéliser

Résoudre

Expérimenter

Réaliser

Concevoir

Communiquer

MODELISER

Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.

Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique volumique.

Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.

COMMUNIQUER

Produire des documents techniques adaptés à l'objectif de la communication.

Un système mécanique est composé de plusieurs sous-ensembles reliés entre eux par une ou plusieurs liaisons. On utilisera un schéma cinématique pour faciliter la lecture d'un plan d'ensemble ou pour illustrer le fonctionnement attendu lors des phases de conception.



Ce cours a pour but de mettre en place la schématisation utile aux études cinématiques (études des mouvements : cinéma).

On utilisera dans la suite du cours l'exemple du moteur 2 temps d'un avion à hélice Pro de Thunder-tiger.

Figure 1 : moteur de modélisme dépassant du fuselage.

1 Ensemble cinématique = Classe d'équivalence

Les ensembles cinématiques sont des **groupements de pièces n'ayant pas de mouvement entre elles** au cours de la phase de fonctionnement étudiée.

Méthode d'identification des ensembles cinématiques:

- observation des mouvements du système réel ou de sa maquette numérique,
- en identifiant les liaisons encastrement grâce notamment à la reconnaissance des composants de maintien en position (vis, filetage, soudure, rivet,...)

Sont exclus des ensembles cinématiques les composants dont des parties sont mobiles entre elles (ressort se déformant, roulements = bague intérieure + bague extérieure + billes).

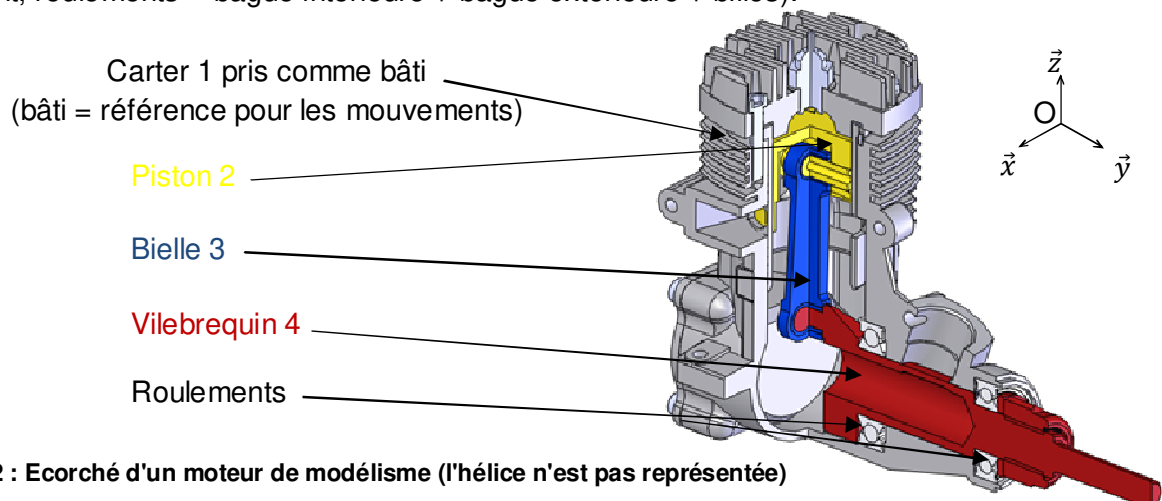


Figure 2 : Ecorché d'un moteur de modélisme (l'hélice n'est pas représentée)

2 Liaisons parfaites

2.1 Degré de liberté ou mobilité

On appelle degré de liberté ou mobilité d'une liaison, les différents mouvements indépendants qu'autorisent les contacts entre les 2 ensembles cinématiques en contact.

Les liaisons normalisées peuvent être classées en fonction du nombre de mobilités qu'elles laissent subsister parmi les 6 degrés de liberté existants :

- **3 rotations** (R_x , R_y et R_z) et
- **3 translations** (T_x , T_y et T_z).

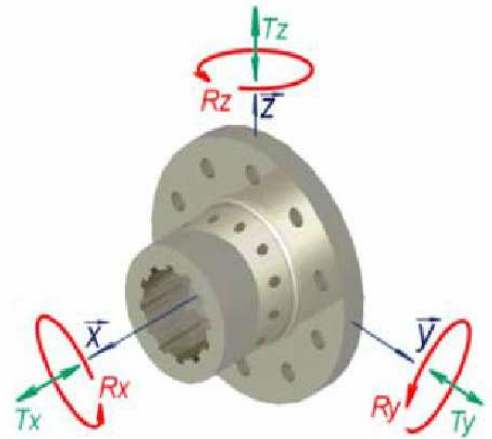


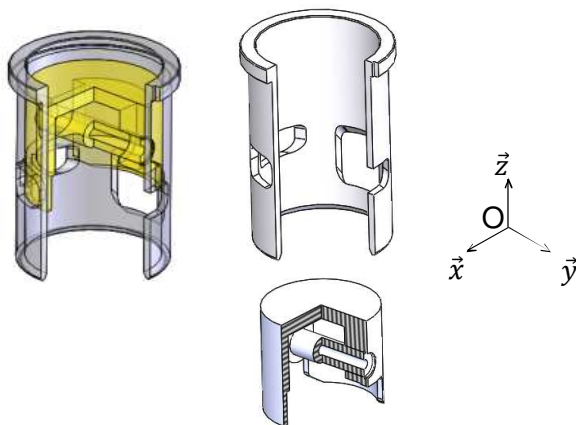
Figure 3 : Présentation des 6 degrés de liberté ou mobilités d'une pièce dans l'espace

2.2 Identification des liaisons

La nature de la liaison ne dépend que de la géométrie du contact entre les 2 ensembles.

Même si certaines mobilités n'ont pas lieu à l'intérieur du mécanisme (bloquées par des contacts avec d'autres ensembles cinématiques), elles seront comptées comme possibles si les contacts locaux ne les empêchent pas.

Exemple : mobilités du piston par rapport à son cylindre → translation + rotation, même si le seul mouvement effectif du piston dans le bloc moteur est la translation.



Mobilités :

- Rotation :
- Translation :

La liste des liaisons et des exemples de surfaces associées sont définies dans l'annexe "liaisons normalisées".

Les repères locaux des liaisons sont caractérisés par :

- **un centre uniquement** : liaison à 3 rotations et 0 translation : sphérique,
- **un axe** : liaison à 1 rotation caractéristique: pivot, pivot-glissant, hélicoïdale, linéaire rectiligne, sphère cylindre (rotation autour de la direction de translation).
- **une normale** : c'est la perpendiculaire au plan tangent du contact : sphère-plan, appui-plan, sphérique à doigt.
- **une direction** : liaison ayant 1 translation et 0 rotation : glissière.

Les liaisons **simples** sont obtenues par un seul contact entre 2 surfaces élémentaires (cylindre, plan, sphère). Exemple : liaison pivot-glissant obtenue par un cylindre de contact.

Les liaisons **composées** sont obtenues par associations de plusieurs contacts entre surfaces élémentaires (exemple : pivot obtenue par les contacts entre cylindres + plans).

3 Hypothèses des liaisons parfaites

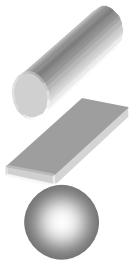
La modélisation cinématique utilise des hypothèses qui simplifient les problèmes en donnant des résultats proches de la réalité.

3.1 Géométrie parfaite

La géométrie est parfaite si :

- **une forme correspond à son modèle mathématique.**
Dans la réalité, les formes présentent des irrégularités microscopiques (surfaces rugueuses) et des irrégularités de formes (ondulation, déformations).
- **les dimensions sont exactement celles définies** (cotes nominales).

Les surfaces élémentaires souvent rencontrées dans les liaisons et réalisées avec les moyens les plus courants de fabrication sont les suivantes :



Le cylindre obtenu en usinage par perçage, alésage ou tournage.

Le plan obtenu en usinage par fraisage ou tournage.

La sphère obtenue en usinage par tournage ou fraisage de forme.

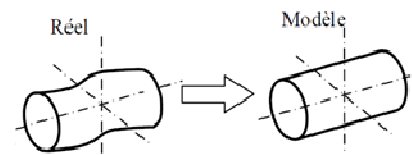


Figure 4 : Forme et son modèle.

3.2 Solide indéformable

Cette hypothèse confirme l'hypothèse précédente et impose que 2 points A et B d'un même solide conserve la même distance au cours d'un mouvement : $AB = \text{constante}$.

3.3 Liaison sans jeu.

Les liaisons modélisées sont sans jeu.

Le jeu est l'écart entre les dimensions de la pièce contenue et de la pièce contenante.

L'existence des jeux provient de l'impossibilité de fabriquer des pièces à leur cote nominale.

En général, **on suppose négligeables les jeux réels** liés aux tolérances de fabrication.

Néanmoins, il arrive que l'on prenne en compte les jeux lorsqu'ils sont fonctionnels :

- **guidage cylindrique** : la modélisation associée à une surface cylindrique prend en compte les jeux radiaux usuels.

En pratique, on compare la longueur du guidage L à sa dimension transversale D :

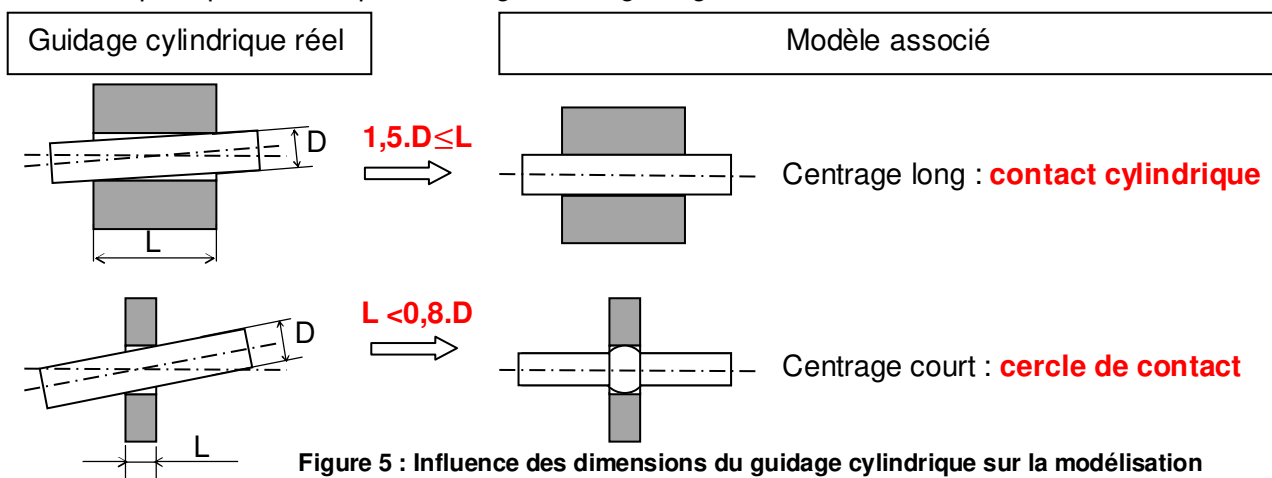


Figure 5 : Influence des dimensions du guidage cylindrique sur la modélisation

(si $0,8.D < L < 1,5.D$ seule une étude du rotulage peut permettre de trancher, en première approche on pourra choisir $L = D$ comme valeur frontière).

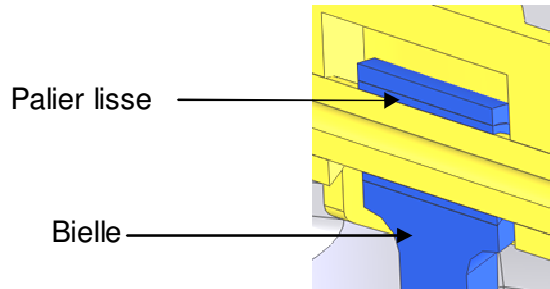
3.4 Liaison sans frottement

Les liaisons modélisées sont sans frottement.

Les frottements sont susceptibles de bloquer des mouvements entre les pièces :

- **Frottement pris en compte : liaison encastrement** ; les frottements ne sont pris en compte, dans la modélisation, que lors de l'établissement des ensembles cinématiques (un frottement important peut conduire dans certains cas à bloquer tout mouvement entre les pièces liées).

Exemple: palier lisse de bielle en liaison encastrement avec la bielle (le serrage radial lors du montage bloque tout mouvement entre le palier lisse et la bielle).



- **Frottement non pris en compte : liaisons non complètes** ; si les liaisons conservent des mobilités alors seule la géométrie est prise en compte pour établir les mouvements relatifs (la modélisation ne prend alors pas en compte les frottements éventuels dans la liaison).

4 Graphe des liaisons

Le **graphe des liaisons** est constitué :

- de cercles représentant **les ensembles cinématiques**,
- d'arcs représentant **les liaisons entre ensembles cinématiques**.

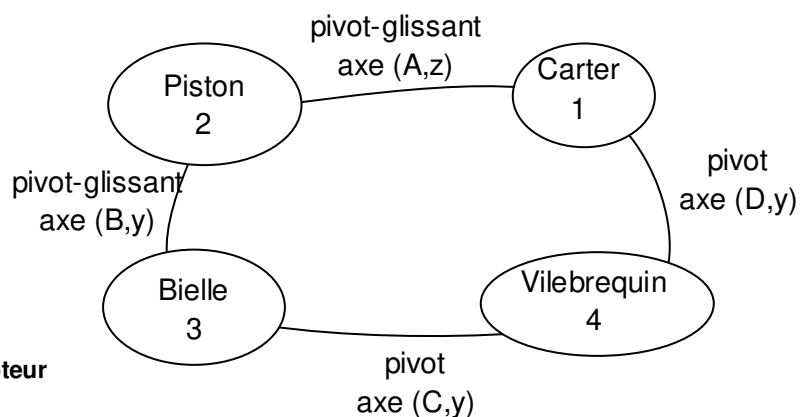


Figure 6 : Graphe des liaisons du moteur

Le **graphe de structure** est similaire au graphe des liaisons mais représente distinctement chaque zone de contact par sa liaison normalisée.

Il est utilisé pour résoudre des problèmes faisant intervenir des actions mécaniques.

Le **graphe des liaisons** ne fait apparaître qu'une liaison entre 2 ensembles cinématiques.

Il est utilisé pour résoudre des problèmes de cinématique et notamment préparer le tracé du schéma cinématique.

5 Schéma cinématique

Un schéma cinématique (minimal) est constitué :

- des symboles cinématiques représentant **les liaisons**,
- d'arcs, reliant les symboles cinématiques, représentant **les ensembles cinématiques**.

Remarque : C'est l'inverse avec le graphe de liaison.

Le terme "minimal" souvent omis signifie qu'entre 2 ensembles cinématiques n'est représentée qu'une seule liaison. Pour une étude cinématique, seul le schéma cinématique minimal est utile.

Méthode de tracé du schéma cinématique

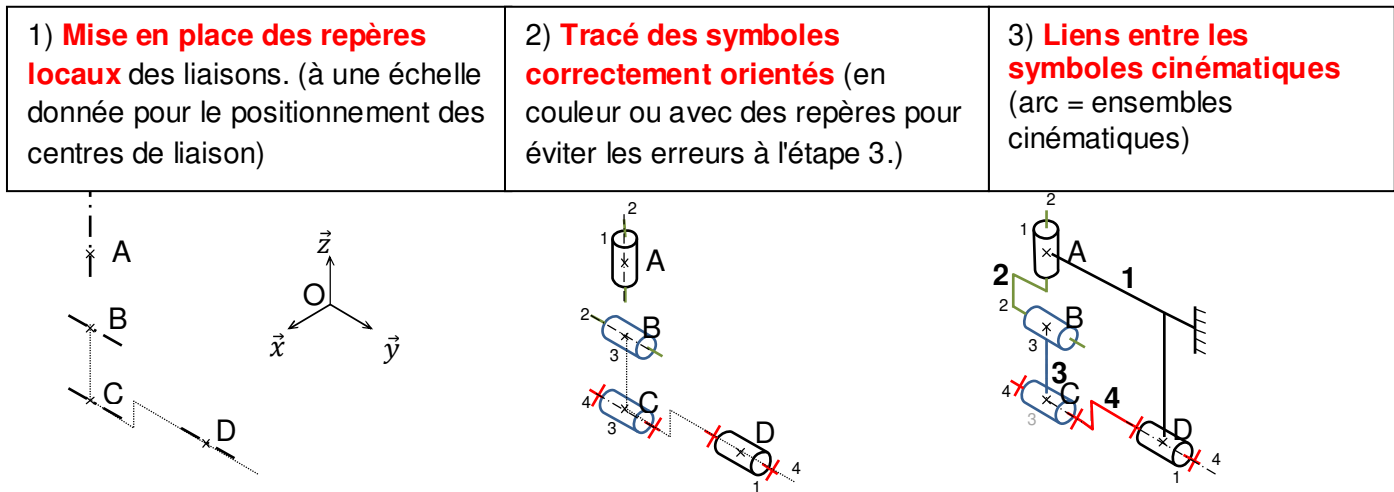


Figure 7 : Procédure de tracé d'un schéma cinématique (schéma cinématique spatial)

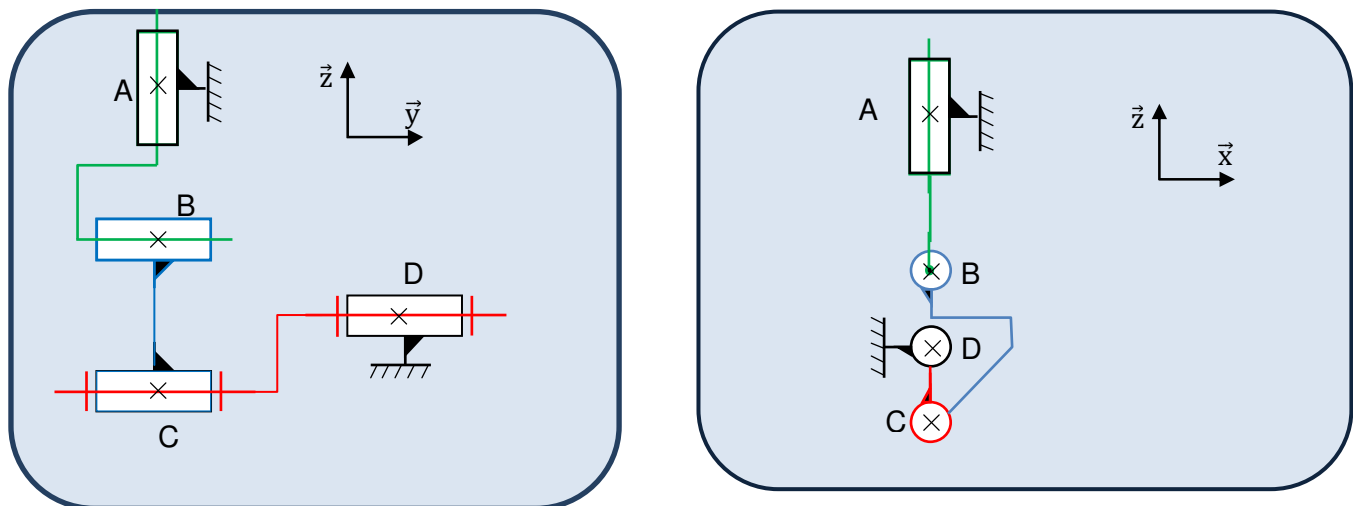
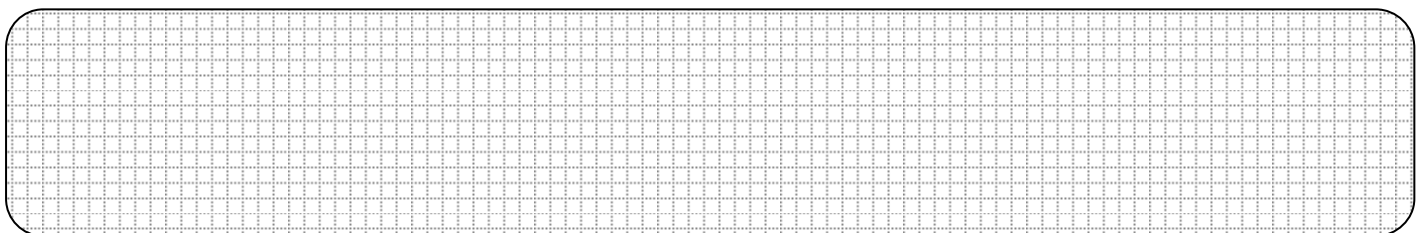


Figure 8 : Schémas cinématiques plans (projections du schéma de la Figure 7)



Références :

- <http://stephane.genouel.free.fr> (représentation géométrique annexe7)
- <http://philippe.fichou.pagesperso-orange.fr> (site fermé)
- Construction mécanique de M.Aublin chez Hachette