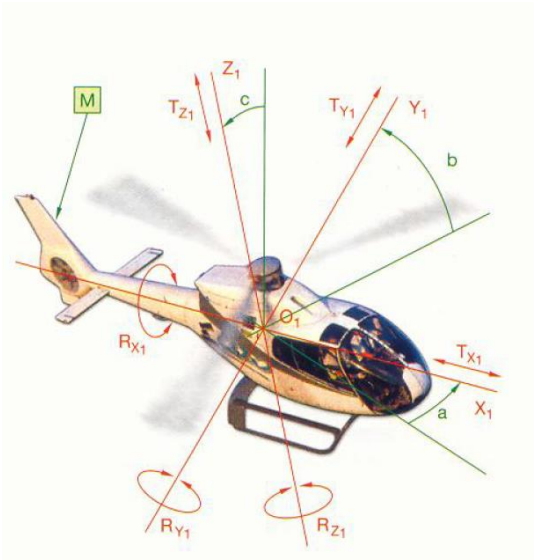
II.1. Définition de l'isostatisme

On parle d'une pièce mise en position ISO(Statique)STATISME(Position) lorsque tous les degrés de liberté sont supprimés.

Le mouvement d'un solide dans l'espace peut se décrire suivant la combinaison de 3 translations et de 3 rotations par rapport à une base orthogonale. Ces 6 mouvements représentent les 6 degrés de liberté du solide. Pour immobiliser un solide dans l'espace, il suffit de supprimer ces 6 degrés de liberté ; càd les 3 translations et les 3 rotations.



T_{X1}	Avance
T_{Y1}	Dérive
T_{Z1}	Ascension
R_{X1}	Roulis
R_{Y1}	Tangage
R_{Z1}	Lacet

Figure II.1: Isostatisme d'un hélicoptère.
(D'après Eurocopter, photo Jérôme DEULIN).

On peut alors décrire ces mobilités sous la forme du torseur suivant :

$$\begin{Bmatrix} T_{x1} & R_{x1} \\ T_{y1} & R_{y1} \\ T_{z1} & R_{z1} \end{Bmatrix}$$

Ou sous la forme linéaire : $(T_{x1}, T_{y1}, T_{z1}; R_{x1}, R_{y1}, R_{z1})$.

En fabrication, l'isostatisme, c'est l'étude de la suppression des degrés de liberté d'un solide. Il est en effet préférable que la pièce soit bien mise en place pendant les opérations d'usinage. Il ne faut pas confondre la mise en position (MIP) qui correspond à l'isostatisme et le maintien en position (MAP) de la pièce par un serrage.

Pour supprimer les degrés de liberté, il suffit d'utiliser une ou plusieurs liaisons qui s'opposent au mouvement.

Le montage d'usinage doit remplir plusieurs rôles :

- Positionner toutes les pièces d'une série de la même façon.

- Maintenir la pièce pendant l'usinage (l'empêcher de se déplacer, de fléchir ou de vibrer).

II.1.1. Règles d'isostatisme

- Les symboles sont toujours placés du côté libre de la matière, normalement à la surface.

- Chaque symbole précise la suppression d'un degré de liberté

- Chaque pièce possède 6 degrés de liberté. L'immobilisation en position d'une pièce nécessitera au maximum 6 symboles de base.

- Chaque surface concernée par la MIP doit être à l'origine d'une cote de fabrication.

II.2. Prise de la pièce

Un solide dans l'espace peut se déplacer suivant 6 directions. L'objectif du montage est donc de bloquer (positionner) ces 6 mouvements : 3 rotations et 3 translations. Représentation avec des normales de repérage (correspondant à des liaisons ponctuelles). Pour positionner totalement un solide, il faut :

- 6 repérages élémentaires.
- que chaque repérage élimine un mouvement.

- Si le nombre de repérage est inférieur à 6, le repérage est **partiel**.
- Si le nombre de repérage est supérieur à 6, le repérage est **hyperstatique**.

Liaison	Ponctuelle	Plane	Linéaire rectiligne	Pivot glissant	Pivot	Rotule
Type de surface	Point	Plan	Ligne	Cylindre	Cône	Sphère
Nbre de normales	1	3	2	4	5	3

Tableau II.1: Equivalences isostatiques.

II.2.1. Règles pour choisir la mise en position

La mise en position doit faciliter la réalisation des côtes du dessin de définition. Elle doit donc :

- S'appuyer au maximum sur des surfaces usinées.
- Faire coïncider la mise en position de la pièce avec la cotation du dessin de définition : cela évite les transferts de cote.
- Choisir des surfaces suffisamment grandes pour pouvoir positionner correctement la pièce

- Limiter les déformations et vibrations de la pièce : être proche de la zone usinée.

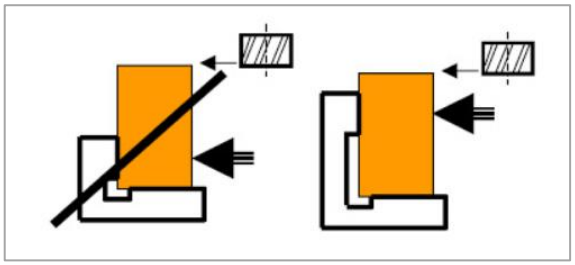
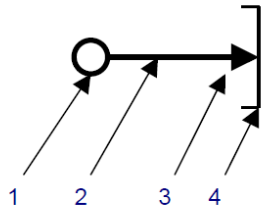


Figure II.2 : Exemple de prise de pièce (mise en position) pour limiter les vibrations.

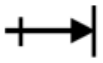
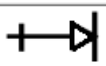
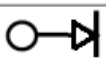
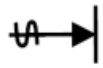
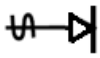
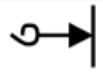
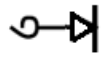
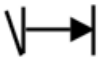
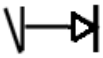
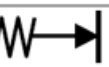
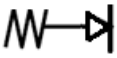
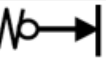
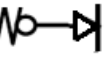
II.3. Symbolisations technologiques et géométriques

II.3.1. Symbolisation technologique



1	Type de technologie
2	Nature de la surface repérée
3	Fonction de l'élément technologique
4	Nature de la surface de contact

II.3.2. Type de technologie

Appui fixe		Pièce d'appui, touche…		Touche de pré-localisation, détrompeur…
Centrage fixe		Centreur, broche…		Pré-centreur…
Système à serrage		Mise en position et serrage symétrique…		Bride, vérin…
Système à serrage concentrique		Mandrin pinces expansibles…		Entraîneur
Système de réglage irréversible		Appui réglage de mise en position…		Appui réglable de soutien
Système de réglage réversible		Vis d'appui réglable…		Antivibreur
Centrage réversible		Pied conique…		Pied conique, broche conique

II.3.3. Nature de la surface repérée

Surface usinée (1 trait)		**Surface brute (2 traits)**	

II.3.4. Fonction de l'élément technologique

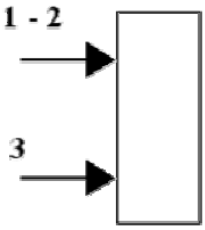
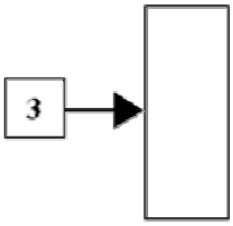
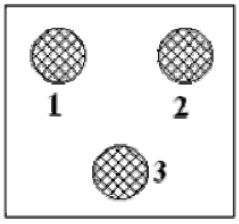
Mise en position		Maintien en position	

II.3.5. Nature de la surface de contact

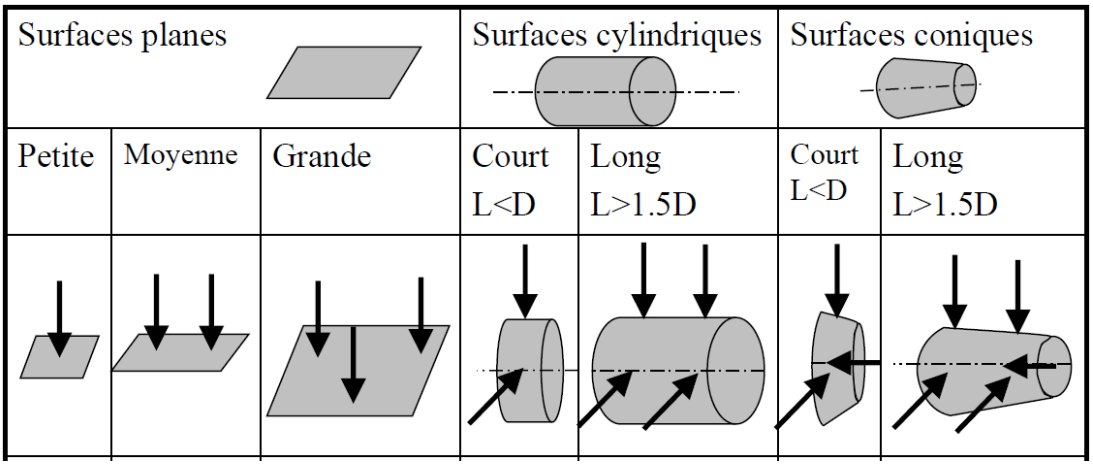
Contact ponctuel	Contact surfacique	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
				
Contact dégagé	**Cuvette**	**Vé**	**Palonnier**	
				

II.3.6. Notion de normale

Symbole de base	
	

Exemples de représentation		
Symbolisations frontales équivalentes		Symbolisation projetée
Représentation normale	Représentation simplifiée	
		

II.3.7. Représentation Normalisée



Lorsqu'on réalise une mise en position isostatique, on utilise différentes liaisons élémentaires.

II.3.8. Liaisons élémentaires

II.3.8.1. Liaison appui ponctuel

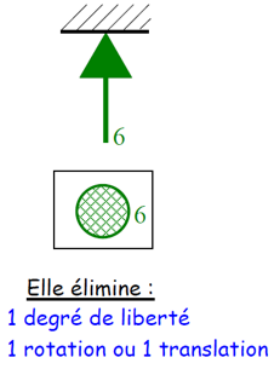


Figure II.3: Symbolisation géométrique de la liaison d'appui ponctuel.

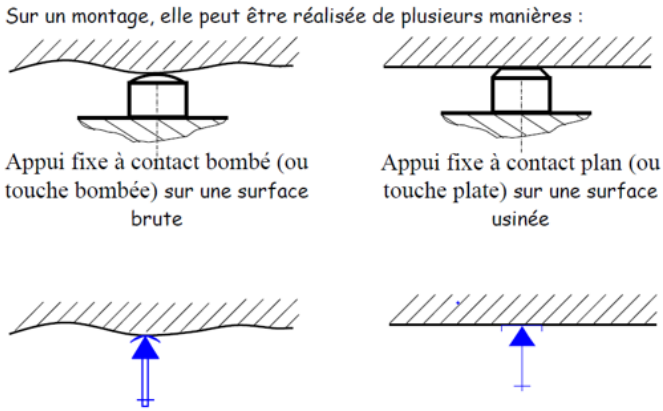


Figure II.4: Symbolisation technologique de la liaison d'appui ponctuel.

.

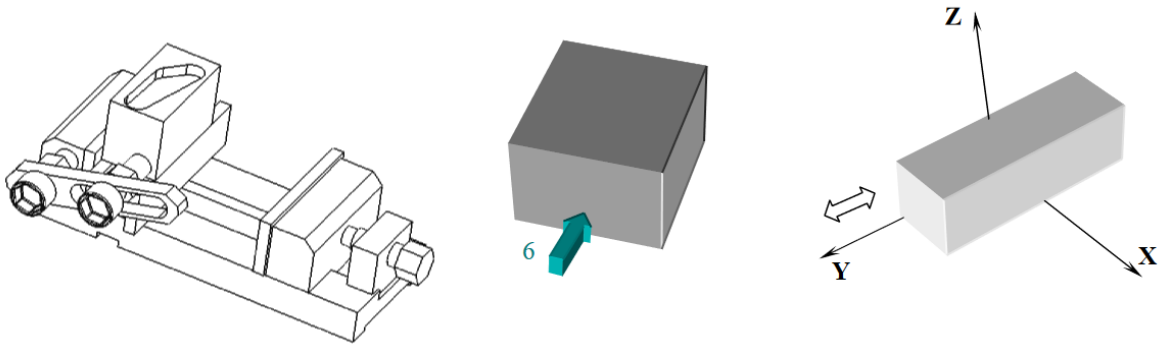
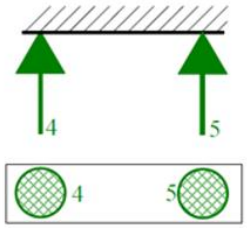


Figure II.5: Exemple de la liaison d'appui ponctuel**.**

II.3.8.2. Liaison appui linéaire



Elle élimine :
2 degrés de liberté :
1 translation et 1 rotation

Figure II.6: Symbolisation géométrique de la liaison d'appui linéaire.

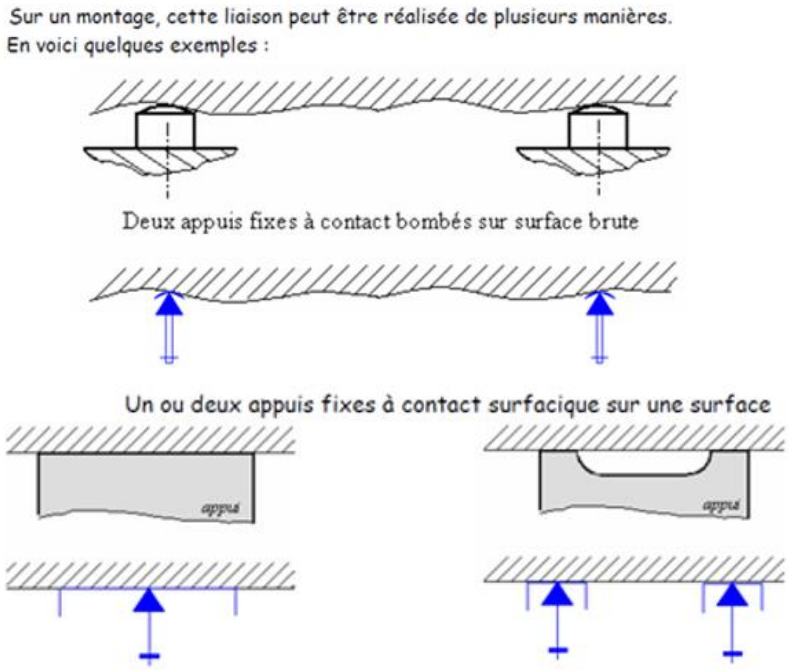


Figure II.7: Symbolisation technologique de la liaison d'appui linéaire.

II.3.8.3. Liaison appui plan

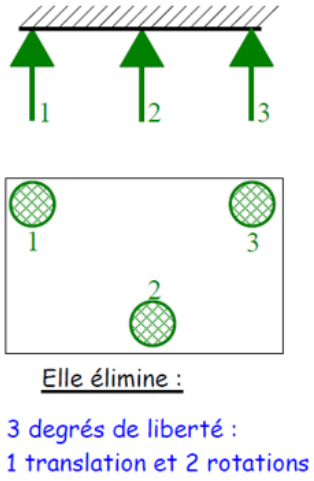


Figure II. 8: Symbolisation géométrique d'appui plan.

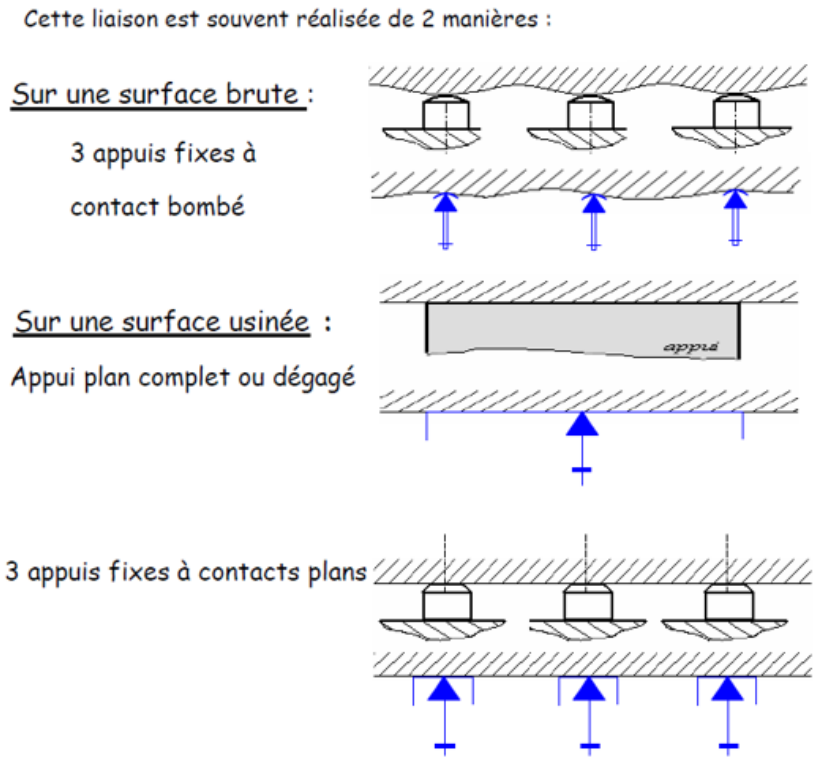


Figure II.9: Symbolisation technologique d'appui plan.

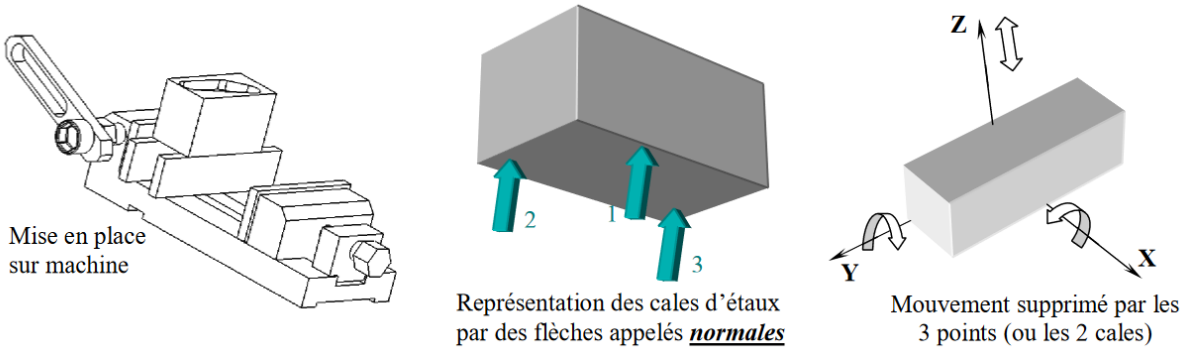


Figure II.10: Exemple de la liaison d'appui plan.

II.3.8.4. Liaison centrage court et centrage long

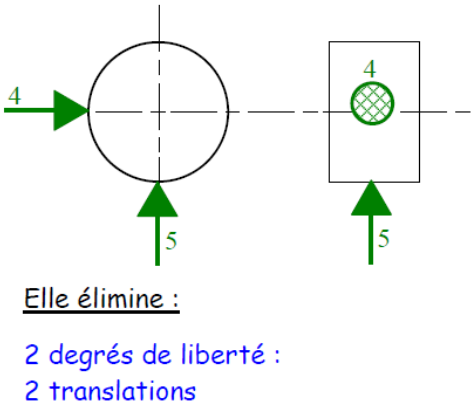


Figure II.11: Symbolisation géométrique du centrage court.

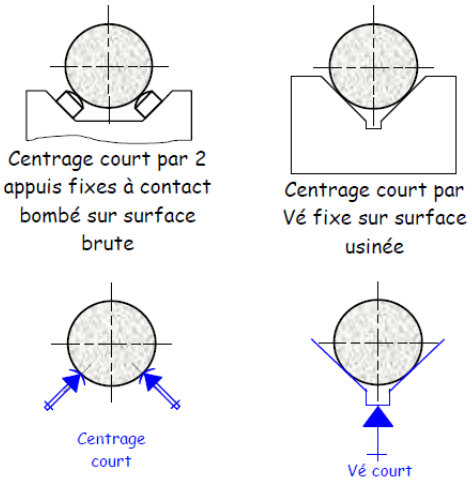


Figure II.12: Symbolisation technologique du centrage court.

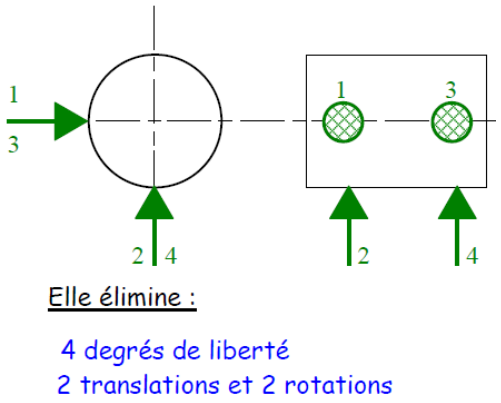


Figure II.13: Symbolisation technologique du centrage long.

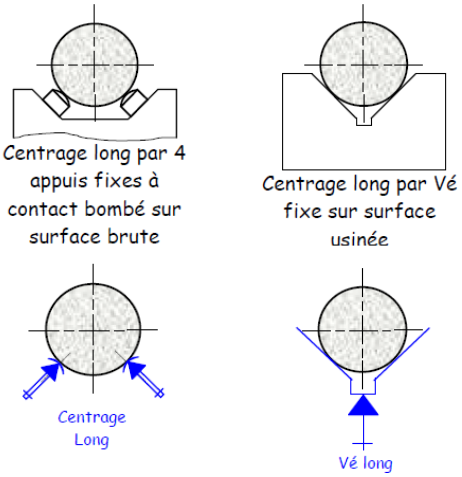


Figure II.14: Symbolisation technologique du centrage long.

II.4. Choix des surfaces de mise en position

II.4.1. Principe fondamental

Une mise en position est **isostatique** si :

- Le n° des degrés de liaisons (normales) est égal au nombre de degrés de libertés supprimés,
- Chacune des normales contribue à éliminer un degré de liberté.

II.4.2. Règles de choix

Cette problématique sera traitée principalement en fonction de la cotation.

II.4.2.1. Règle 1

La surface choisie doit être suffisamment importante pour recevoir le nombre de normales choisi.

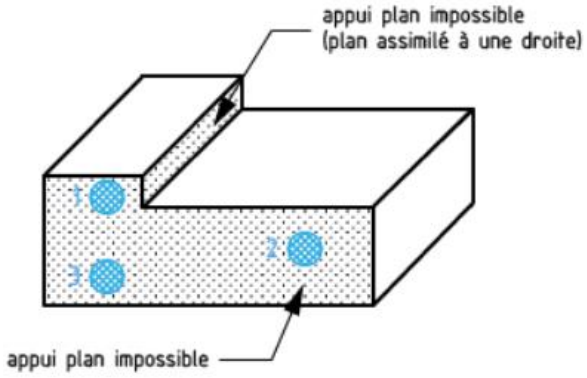


Figure II.15: Choix de la liaison selon la taille de la surface.

II.4.2.1. Règle 2

Une cote relie la surface usinée à la surface de mise en position.

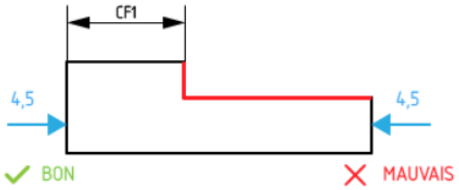


Figure II.16: La cote fabriquée CF1 relie la surface usinée et celle de mise en position.

Exemple :

Nécessité d'une MIP correcte pour respecter les spécifications du dessin de définition. Soit à usiner une série de pièces à la cote BE (CF1= 50 ± 0.5). Les pièces brutes ont été obtenues avec des dispersions sur les longueurs. On distingue les 3 situations présentées ci-après.

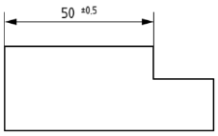


Figure II.17: Exemple de spécification sur la cote fabriquée CF1.

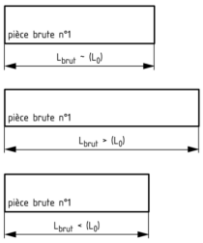


Figure II.18: Les 3 situations d'obtention des pièces brutes en fonction de la dispersion sur la longueur.

1ère solution :

La mise en position est située à droite de la pièce et la position de l'outil est fixe par rapport à la machine (en travail de série, on effectue le réglage une seule fois pour toutes les pièces). Les longueurs initiales des pièces brutes étant différentes, la cote de (50 ± 0.5) ne sera pas toujours respectée.

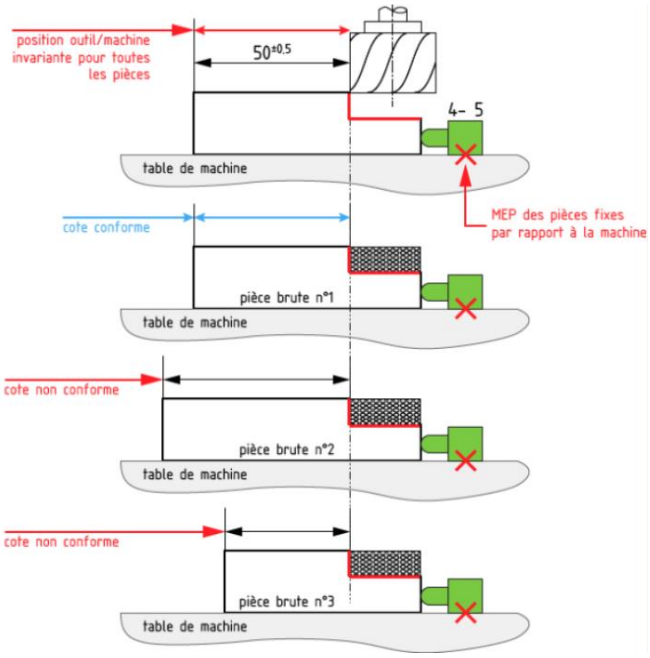


Figure II.19: Mise en position à droite de la pièce.

2ème solution

La mise en position est située à gauche de la pièce c'est-à-dire entre les deux surfaces reliées par la cote du dessin.

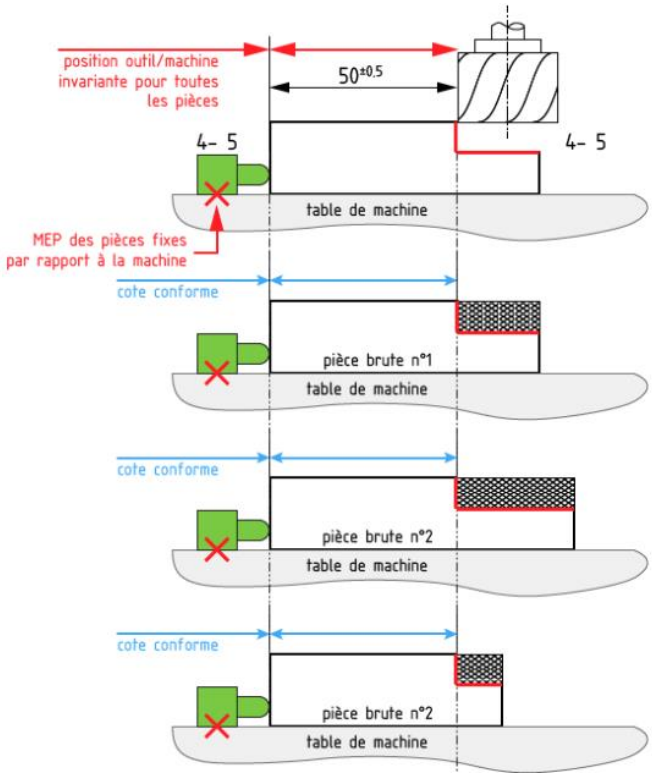


Figure II.20: Mise en positon à gauche de la pièce.

Avec une MIP judicieuse l'ensemble des pièces de la série sera correctement usiné. Quelques soient les longueurs initiales des pièces brutes, la cote de (50 ± 0.5) sera toujours respectée.

II.4.2.1. Règle 3

Le nombre de normales sur chaque surface est fonction de la précision de la cote. Plus la cote est précise, plus le nombre de normales est important.

a) Règles de disposition des normales

- Les normales de repérages doivent être les plus espacées possible afin d'assurer une meilleure stabilité de la pièce durant l'usinage. La MIP doit assurer une bonne stabilité à la pièce.



Figure II.21: Espacement des normales d'usinage.

o L'emplacement d'une normale de repérage est déterminé afin que le degré de liberté qu'elle supprime ne soit pas déjà interdit par une autre normale. Supprimer une seule fois le même degré de liberté.

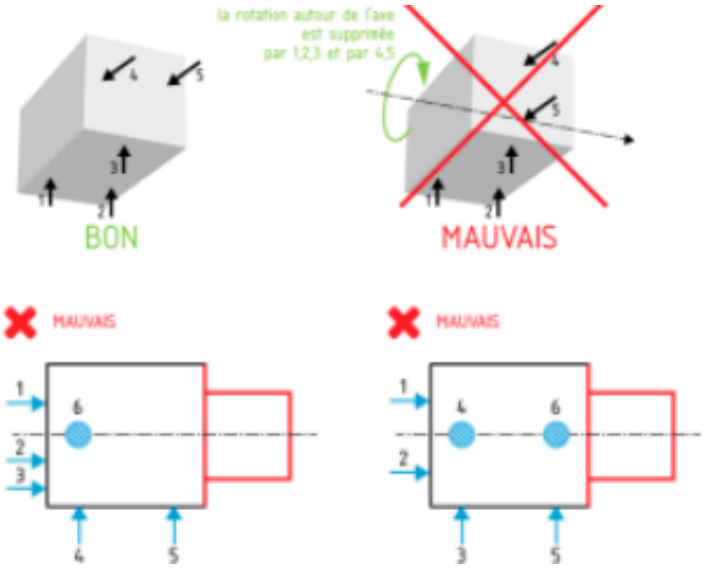


Figure II.22: Emplacement des normales de repérage.

o Ne jamais placer plus de trois normales parallèles ; dans ce cas, les points de contact ne doivent pas être en ligne droite.



Figure II.23: Recommandation du non parallélisme des trois normales de repérage.

o Ne jamais placer plus de six normales pour obtenir une mise en position isostatique, on aura une mise en position hyperstatique.

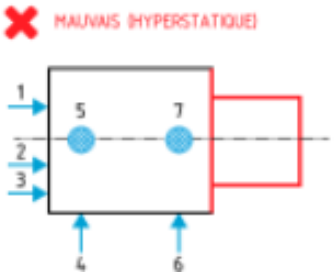


Figure II.24: MIP hyperstatique (A éviter).

- Seule exception autorisée : l'hypostatisme, pour l'usinage des pièces cylindriques montées en l'air.

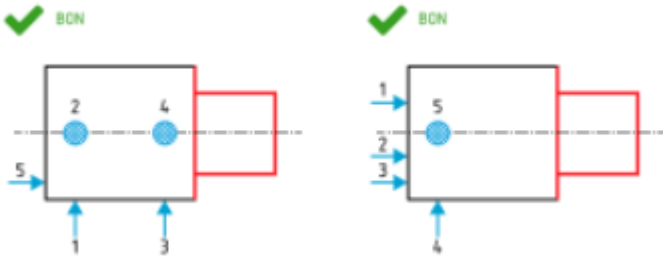


Figure II.25: Exception d'une MIP hypostatique acceptée.

II.5. Exemples d'application

Des exemples d'application concernant les cas les plus usuels d'isostatisme en tournage et fraisage sont à traiter au TP d'isostatisme.