

Liste des figures

Figure 1 - Mouvements possible d'un solide dans l'espace	7
Figure 2 - Exemple de choix de mise en position d'une pièce	8
Figure 3 - Elimination d'un degré de liberté	9
Figure 4 - Symbolisation d'une normale de repérage (NF E 04-013)	9
Figure 5 - Position du symbole.....	9
Figure 6 - Les normales de repérage	10
Figure 7 - Exemple d'utilisation.....	11
Figure 8 - Mise en position par un système de référence	11
Figure 9 - Mise en position hyperstatique	11
Figure 10 - Mise en position isostatique (a)	12
Figure 11 - Mise en position isostatique (b).....	12
Figure 12 - L'emplacement d'une normale de repérage.....	12
Figure 13 - Trois normales parallèles	13
Figure 14 - Trois normales coplanaires	13
Figure 15 - Trois normales non coplanaires concourantes	13
Figure 16 - Six normales relatives à trois plans.....	13
Figure 17 – Choix des surfaces de mise en position du dessin de définition	14
Figure 18 – Choix des surfaces de mise en position avec la position des normales de repérage	14
Figure 19 - Application N°1	15
Figure 20 - Application N°2.....	15
Figure 21 - Application N°3.....	15
Figure 22 - Application N°4.....	15
Figure 23 - Application N°5.....	16
Figure 24 - Application N°6.....	16
Figure 25 - Application N°7.....	16
Figure 26 - Application N°8.....	16
Figure 27 - Prise d'une pièce prismatique	19
Figure 28 - Prise d'une pièce type axe (pièce de révolution axiale).....	19
Figure 29 - Prise d'un cône long	20
Figure 30 - Prise d'une pièce type rondelle	20
Figure 31 - Choix des surfaces de référence SR d'après le dessin de définition	21
Figure 32 - Le repérage isostatique d'une pièce (prismatique) respecte la cote fonctionnelle	21
Figure 33 - Dessin de définition	22
Figure 34 - La mise en position (MIP) avec normales de repérage.....	22
Figure 35 - Touches ponctuelles radiales/Butée.....	29
Figure 36 - Réalisation d'un appui linéaire	30
Figure 37 - Appuis linéaires réglables.....	30
Figure 38 - Appuis linéaires eclipsables.....	31
Figure 39 - Cas possibles d'un appui plan.....	31
Figure 40 - Appui plan à surface striée.....	32
Figure 41 - Centreur long	32
Figure 42 - Centreur court	33
Figure 43 - Centreur conique long.....	33
Figure 44- Section d'un centreur dégagé.....	34
Figure 45 - Centreur court pour arbre.....	34
Figure 46 - Centreur long pour arbre.....	34
Figure 47 - Vé de centrage	35

Figure 48 - Matérialisation d'un vé par 2 broches.....	35
Figure 49 - Modélisation de l'écart de position sur un vé	35
Figure 50 - Montage des éléments de positionnement sur le corps de montage	36
Figure 51 - Détrompeur	39
Figure 52 - Engagement de pré-centrage.....	39
Figure 53 - Facilité de montage et de démontage.....	40
Figure 54 - Extraction par poussoir	40
Figure 55 - Extraction par tiges	41
Figure 56 - Pinces éjecteurs.....	41
Figure 57 - Extracteur articulé.....	41
Figure 58 - Quelques règles à respecter pour le maintien en position de la pièce	42
Figure 59- Exemple de maintien par un système fileté	44
Figure 60 - Systèmes magnétique.....	45
Figure 61 - Bridage par excentrique	45
Figure 62 - Bridage par came	45
Figure 63 - Sauterelle pneumatique.....	46
Figure 64 - Bride à commande hydraulique	47
Figure 65 - Pinces anti vibreur	47
Figure 66 - Exemples d'accessoires de montage.....	48
Figure 67 - Formes standard des brides.....	48
Figure 68 - Conditions d'utilisation d'une bride	50
Figure 69 - Types des cales	50
Figure 70 - Rondelles fendues	51
Figure 71 - Eléments filetés.....	51
Figure 72 - Référentiel de base de l'étau pour la liaison avec les pièces : Base + mors fixe (MF).....	53
Figure 73 - Exemples de montage avec étau	54
Figure 74 - Fraisage en position inclinée.....	54
Figure 75 - Fraisage en position verticale	54
Figure 76 - Alignement en hauteur.....	55
Figure 77 - Mandrin à 3 mors doux.....	58
Figure 78 - Mandrin a 3 mors durs réglables indépendants.....	58
Figure 79- Mandrin à 4 mors à serrage indépendants.....	58
Figure 80 - Montage entre pointe	59
Figure 81 - Montage mixte.....	60
Figure 82 - Lunette fixe.....	60
Figure 83 - Exemple de mandrin expansible	61
Figure 84 - Montage sur pince.....	61
Figure 85 - Montage sur plateau.....	62
Figure 86 - Montage sur Equerre.....	62
Figure 87 - Exemple d'un Montage d'usinage spécifique de fraisage	63
Figure 88 - Exemple d'un Montage modulaire de perçage	64
Figure 89 - Exemple de groupement de pièces sur le même montage	64
Figure 90 - Autre exemple de groupement de pièces sur le même montage	65
Figure 91 - Exemple d'application de système à trou	65
Figure 92 - Exemple d'application d'un système à rainures	66

Liste des tableaux

Tableau 1 - Symbolisation géométrique d'isostatsme	8
Tableau 2 - Nombre maximal de degrés de liberté éliminés	10
Tableau 3 - Le système de référence	15
Tableau 4 - Symbolisation technologique d'isostatisme	17
Tableau 5 - Quelques exemples de symboles composés et leurs significations	18
Tableau 6 - Exemples des contraintes d'usinage	23
Tableau 7 - Types des Appuis fixes.....	25
Tableau 8 - Exemples des Appuis réglables.....	26
Tableau 9 - Appuis sur palonniers.....	27
Tableau 10 - Autres exemples de palonniers.....	28
Tableau 11 - Réalisation d'une MIP sur des surfaces planes et cylindriques.....	37
Tableau 12 - Réalisation d'une MIP sur des surfaces cylindriques.....	38
Tableau 13- Liaison démontable	43
Tableau 14 - Quelques exemples d'applications de bride	49
Tableau 15 - Quelques exemples d'applications de bride (Suite)	50
Tableau 16 - Différents montage avec Mandrin à 3 mors durs	56
Tableau 17 - Différents montage avec Mandrin à 3 mors durs (suite)	57
Tableau 18 -les degrés de liberté éliminés par les éléments technologiques.....	61
Tableau 19 - Eléments modulaires	63
Tableau 20 - les critères de choix de montage d'usinage	67
Tableau 21 - Type de montage d'usinage.....	67
Tableau 22 - Critères de sélection d'un montage d'usinage.....	67

Sommaire

1/ MISE EN POSITION ISOSTATIQUE	7
1.1/ Définition d'isostatisme	7
1.2/ Principe d'isostatisme	7
1.3/ Règles de mise en position	8
1.4/ Symbolisation géométrique	8
1.4.1/ Degré de liberté	9
1.4.2/ Normale de repérage	9
1.4.3/ Principe d'utilisation	9
1.4.4/ Mise en position isostatique	10
1.5/ Symbolisation technologique (NF E 04-013)	17
1.6/ Modèles de base d'isostatisme	18
1.6.1/ Prise des pièces prismatiques	18
1.6.2/ Prise des pièces de révolution	19
1.7/ Choix des surfaces de référence	21
1.7.1/ Cote fonctionnelle	21
1.7.2/ Cote fonctionnelle et spécification géométrique	22
1.7.3/ Contraintes d'usinage	22
1.8/ Les technologies de mise en position	24
1.8.1/ Choix des éléments de positionnement des pièces à usiner	24
1.8.2/ Eléments de positionnement des pièces à usiner	25
1.8.3/ Fixation des éléments de positionnement sur le corps de montage	36
1.8.4/ Eléments de pré positionnement des pièces à usiner	38
1.8.5/ Montage et démontage des pièces à usiner	40
2/ MAINTIEN EN POSITION DES PIECES (MAP)	42
2.1/ Règles d'élaboration de maintien en position	42
2.2/ Nature de maintien en position	43
2.2.1/ Liaison démontable	43
2.2.2/ Liaison permanente	44
2.3/ Dispositifs de maintien en position	44
2.3.1/ Commande manuelle	44
2.3.2/ Commande pneumatique	46
2.3.3/ Commande hydraulique	46
2.4/ Accessoires de montage et de serrage	48
2.4.1/ Accessoires de montage	48
2.4.2/ Accessoires de serrage	48
3/ MONTAGE D'USINAGE/ PORTE PIECE	52
3.1/ Fonctions d'un montage d'usinage	52
3.2/ Typologie des montages d'usinages	53
3.2.1/ Montages standards	53
3.2.2/ Montages dédiés/spécifiques	63
3.2.3/ Montages modulaires	63
3.3/ Etude et conception d'un montage d'usinage	66
3.3.1/ Démarche d'étude et de conception de montage d'usinage	66
3.3.2/ Eléments de conception	66

4/	ETUDE ET CONCEPTION DES MONTAGES D'USINAGE	67
4.1/	Enjeu industriel	67
4.2/	Exemple 1 : Chape	68
4.2.1/	Contexte d'étude.....	68
4.2.2/	Documents fournis	68
4.2.3/	Travail demandé	68
4.3/	Exemple 2 : Axe.....	79
4.3.1/	Contexte d'étude.....	79
4.3.2/	Documents fournis	79
4.3.3/	Travail demandé	79
4.4/	Exemple 3 : Chape à cardan	100
4.4.1/	Contexte d'étude.....	100
4.4.2/	Documents fournis	100
4.4.3/	Travail demandé	100
4.5/	Exemple 4 : Système de perçage.....	111
4.5.1/	Contexte d'étude.....	111
4.5.2/	Documents fournis	111
4.5.3/	Travail demandé	111
4.6/	Exemple 5 : Montage d'usinage d'une pièce à fraiser	120
4.6.1/	Contexte d'étude.....	120
4.6.2/	Documents fournis	120
4.6.3/	Travail demandé	121
5/	Bibliography	127

Avant-propos

En phase d'usinage, l'ensemble formé par la pièce à usiner, la machine-outil utilisée, le porte-pièce ou le montage d'usinage utilisé, l'outil et le porte-outil produit une chaîne fermée. La pièce étant le maillon clé de cette chaîne présente un rôle important vu que c'est sur celle-ci que le technicien en fabrication mécanique va agir afin de positionner correctement les surfaces à usiner de la pièce par rapport aux surfaces qui contribuent à sa mise en position dans son support et à assurer son maintien.

La mise en position, le maintien en position d'une pièce soumise aux efforts de coupe sur les surfaces de référence d'une machine-outil, l'étude de conception d'un montage d'usinage et sa fabrication ; toutes ces tâches nécessitent la maîtrise du technicien des règles et des principes de base de maintien et de la mise en position dans l'espace de travail de la pièce.

Ce livre est réalisé en faveur de tous ceux qui ont à connaître et ou à utiliser les moyens et les procédures de travail en usinage mécanique qu'ils soient en cours de formation, enseignants ou professionnels.

Nous souhaitons que cet ouvrage soit un outil de travail utile et efficace pour nos lecteurs et qu'ils trouvent dedans les éléments fondamentaux aux compréhensions, conceptions et aux fabrications de leurs propres montages d'usinage.

1/ MISE EN POSITION ISOSTATIQUE

Durant l'usinage en série, les pièces sont montées et démontées plusieurs fois nécessitant ainsi une grande précision à chaque re-positionnement de la pièce. Pour un travail rigoureux, le technicien des méthodes doit recourir à l'isostatisme pour définir la mise en position optimale des pièces respectant les tolérances géométriques et dimensionnelles imposées par le concepteur dans les dessins de définition des pièces.

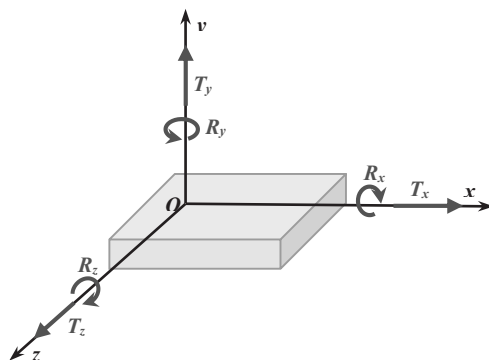
1.1/ Définition d'isostatisme

C'est l'ensemble des composants qui permet de déterminer une mise en position unique d'un solide donné (une localisation unique permettant de le situer dans l'espace) et de supprimer tous ses mouvements possibles pour assurer son immobilisation totale.

En fabrication, l'isostatisme est l'étude de suppression des degrés de liberté d'un solide en vue de son immobilisation. Son principe est d'utiliser une ou plusieurs liaisons qui s'opposent au mouvement. La pièce doit être positionnée par rapport à la machine dans une situation telle que l'on puisse réaliser plusieurs pièces identiques.

1.2/ Principe d'isostatisme

Dans l'espace un solide possède "6" mouvements possibles donc "6" degrés de libertés. Si l'on associe un repère orthonormé direct (O, x, y, z) les six degrés de liberté du solide sont (voir **Figure 1**) :



T_x, T_y, T_z : Translations suivant x, y et z

R_x, R_y, R_z : Rotations suivant x, y et z

(1 mouvement = 1 degré de liberté)

Figure 1 - Mouvements possible d'un solide dans l'espace

Les conditions nécessaires et suffisantes pour localiser ce solide dans son espace de travail à l'aide d'un minimum de points d'appui est de supprimer ses translations T_x, T_y, T_z et ses rotations R_x, R_y, R_z . Pour ce faire, on installe :

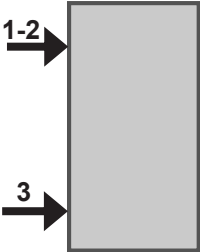
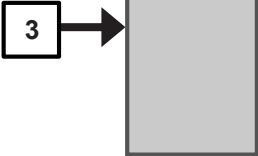
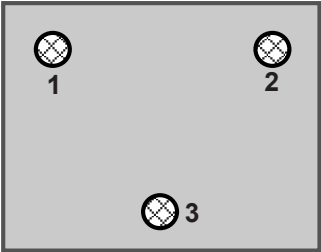
- 3 appuis fixes 1,2,3 normales au plan (O, x, y) éliminant 3ddl¹ : T_z, R_x, R_y
- 2 appuis fixes 4,5 normales au plan (O, x, z) éliminant 2ddl : T_y, R_z
- 1 appui fixe normale au plan (O, y, z) éliminant 1ddl : T_x

L'immobilisation d'une pièce nécessitera alors l'omission en total de 6 degrés de liberté. Une telle localisation est dite **isostatique**.

- Dans la gamme d'usinage, Chaque appui est représenté par un vecteur normal (perpendiculaire) à la surface considérée du référentiel appelé normale de repérage et placé toujours du côté libre de la matière.

¹ ddl : degré de liberté

- Chaque normale de repérage précise la suppression d'un degré de liberté,
- Les normales de repérage sont représentées dans les vues où leurs positions sont les plus explicites et sont repérés d'un indice chiffré de 1 à 6.
- La position et le nombre des normales de repérage se déduisent de la cotation de fabrication.
- La partie 1 de la Norme NF E 04-013 présente les symboles de base utilisés dans la définition d'une mise en position géométrique d'une pièce (voir **Tableau 1**).

Tableau 1 - Symbolisation géométrique d'isostatsme		
Symbolisation frontales équivalentes		Symbolisation projetée
Représentation normale	Représentation simplifiée	
		

1.3/ Règles de mise en position

La mise en position doit faciliter la réalisation des côtes du dessin de définition, elle doit alors :

- S'appuyer au maximum sur des surfaces usinées,
- Choisir des surfaces suffisamment grandes pour pouvoir positionner correctement la pièce,
- Se concorder avec la cotation de dessin de définition pour mieux éviter le transfert des côtes,
- S'approcher aux limites de la partie usinée afin d'éviter tout phénomène de vibration ou de déformation de la pièce. (Voir **Figure 2**)

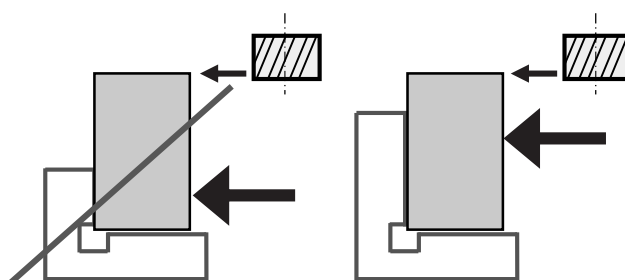


Figure 2 - Exemple de choix de mise en position d'une pièce

1.4/ Symbolisation géométrique

Cette symbolisation est utilisée pour l'établissement des projets d'études de fabrication. Elle définit la mise en position géométrique d'une pièce à partir des degrés de liberté éliminés.

1.4.1/Degré de liberté

A un degré de liberté correspond la possibilité d'un mouvement relatif de rotation ou de translation entre deux solides M et P. Un solide qui n'a aucune liaison possède 6 degrés de liberté : 3 en rotation et 3 en translation. Théoriquement, un degré de liberté est éliminé par un contact ponctuel (voir **Figure 3**).

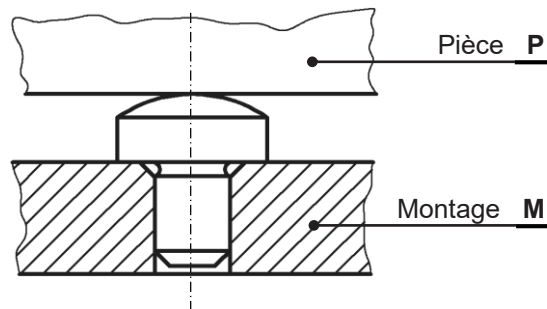
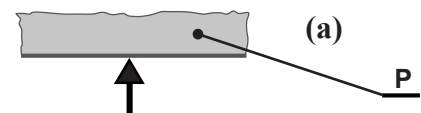


Figure 3 - Elimination d'un degré de liberté

1.4.2/Normale de repérage

On schématise chaque contact ponctuel théorique par un vecteur normal à la surface considérée. Ce vecteur est appelé normale de repérage, il est donné par la **Figure 4(a)**. Si nécessaire, on peut effectuer une représentation projetée (**Figure 4(b)**). Le symbole est toujours placé du côté libre de matière à l'emplacement choisi (**Figure 5(a)**). Quand on manque de place et s'il n'y a pas d'ambiguïté, le symbole peut être placé sur une ligne d'attache (**Figure 5(b)**).

Représentation normalisée d'une normale de repérage



Représentation projetée d'une normale de repérage

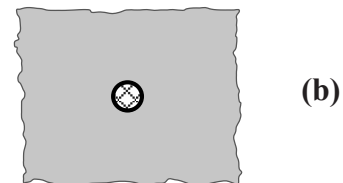


Figure 4 - Symbolisation d'une normale de repérage (NF E 04-013)

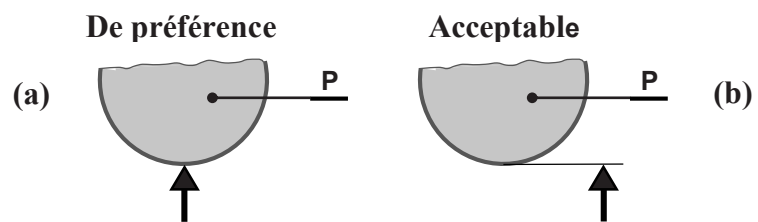


Figure 5 - Position du symbole

1.4.3/Principe d'utilisation

On affecte à chaque surface autant de normale de repérage qu'elle doit éliminer de degrés de liberté (voir **Figure 6**).

- Dessiner les symboles dans les vues où leurs positions sont les plus explicites.
- Repérer, dans chaque vue, les symboles par un chiffre de 1 à 6.
- Il est recommandé de limiter leur nombre en fonction des cotes de fabrication à réaliser dans la phase
- Coter éventuellement leur position

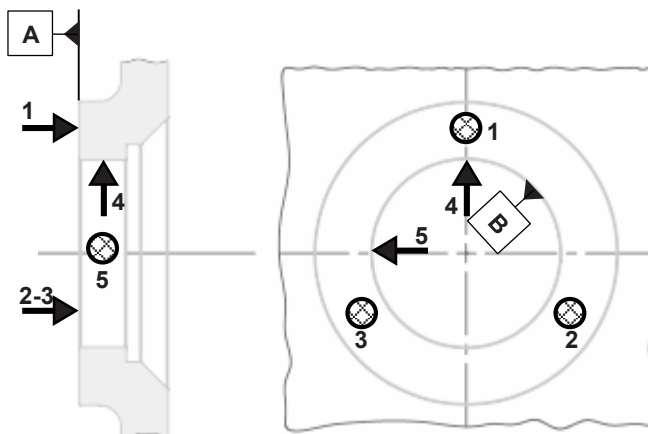


Figure 6 - Les normales de repérage

1.4.4/Mise en position isostatique

a) Mise en position par une référence

Si une mise en position est assurée par une seule surface de référence, le nombre des normales affectées à cette référence ne peut être supérieur aux degrés de liberté que la surface peut éliminer (voir **Tableau 2** et **Figure 7**).

Tableau 2 - Nombre maximal de degrés de liberté éliminés	
Plan	Sphère
3	3
Cylindre	Cône
4	5