



OFPPT

Conception et Dessin d'Outillage de Productions

Chapitre 1 : Les porte-pièces

I. Fonctions des portes pièces

La fonction principale d'un porte-pièce est d'assurer le positionnement et le maintien correct d'une pièce au cours d'une phase de fabrication.

Un porte-pièce doit répondre aux fonctions techniques suivantes :

- **Recevoir la pièce**, en respectant la mise en position définie dans le contrat de phase prévisionnel.
- **Maintenir la pièce**, en agissant la permanence du positionnement isostatique quels que soient les efforts de coupe et les déformations éventuelles de la pièce.
- **S'adapter à la machine-outil choisie et aux outils utilisés**. Cette adaptation doit se traduire d'une part, par une mise en œuvre aisée du porte-pièce sur la machine et, d'autre part, par des dispositions constructives évitant toute collision entre le porte-pièce et les outils lors de leurs déplacements.
- **Garantir la précision du positionnement dans le temps**, par un dimensionnement suffisant des éléments, un choix judicieux des matériaux, une fabrication de qualité, des facilités de réglage et d'interchangeabilité des éléments exposés.
- **Maitriser les risques** pour les opérateurs polyvalents et respecter les règles de base de l'ergonomie.

II. Typologie des porte-pièces

On trouve généralement trois types de porte-pièces qui sont couramment utilisés en production :

I.1. Les portes-pièces standards

Ils conviennent pour le travail unitaire et pour un travail sériel en lot unique.

Ces composants sont disponibles dans le commerce. Ils sont généralement polyvalents et permettent la mise en position et le maintien de pièces de géométrie simple.

- **Mandrin** : ils font partie de l'équipement de base de tous les tours.
- **Etaux** : très utilisés en fraisage et perçage.
- **Plateau magnétique** : souvent utilisé en rectification plane.
- **Table à dépression** : utilisée souvent dans les centres d'usinage pour l'immobilisation des pièces de grande taille.
- **Mandrin expansible** : ils permettent de prendre une pièce dans un alésage en dégageant complètement sa surface extérieure.
- **Mandrin à pince** : ces mandrins utilisent une pince qui se referme sur la pièce à serrer par l'intermédiaire d'une portée conique.





I.2. Les portes-pièces spécifiques

Ils sont construits pour une pièce, une machine et une phase donnée. Suivant leur mode de fabrication, on distingue généralement deux types :

- **Les portes-pièces modulaires**, constitués d'éléments standardisés permettant un éventuel démontage en vue d'une réutilisation des éléments.

Ces montages peuvent être stockés montés ou démontés, la décision étant prise après une analyse technico-économique.



- **Les portes-pièces fabriqués**, conçues selon les règles classiques de la construction mécanique, assemblés de manière définitive et usinés de façon traditionnelle. Ils ne peuvent pas être démontés, ont un coût d'étude et de fabrication élevé et ne se justifient économiquement que si le montage est très simple ou la série est très importante.



I.3. Tableaux comparatifs des différents portes-pièces

| Caractéristiques | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|----|---|---|----|----|----------------|
| Type de porte-pièces | Type de production | Flexibilité | | | | | | |
| | | Facilité de mise en oeuvre | | | | | | |
| | | Aptitude à s'adapter à un changement morphologique de la pièce | | | | | | |
| | | Possibilité d'utilisation pour un autre type de pièce | | | | | | |
| | | Rapidité de relance d'une production | | | | | | |
| | | Réduction délai fabrication | | | | | | |
| | | Coût d'investissement | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Standard | Unitaire Petites séries uniques | + | ++ | - | + | + | + | Faible |
| Dédié modulaire | Unitaire Petites et moyennes séries | ++ | ++ | + | + | - | ++ | Important |
| Dédié spécifique | Moyennes et grandes séries | 0 | + | 0 | 0 | ++ | - | Faible à moyen |

| Caractéristiques | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------|----|-----|-----|----|----|
| Type de porte-pièces | Type de conception | Temps d'étude | | | | | | |
| | | Temps de réalisation | | | | | | |
| | | Précision | | | | | | |
| | | Rigidité | | | | | | |
| | | Absorption des vibrations | | | | | | |
| | | Longévité | | | | | | |
| | | Facilité de stockage | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Standard | Ensemble du commerce | Aucun | Aucun | - | + | - | ++ | + |
| Dédié modulaire | Éléments modulaires | Faible | Faible | ++ | -/+ | -/+ | + | ++ |
| Dédié spécifique | Assemblé Mécano-soudé | Important | Important | + | ++ | ++ | + | - |

III. Principes de conception d'un porte-pièce spécifiques

Un porte-pièce spécifique s'étudie et se conçoit à partir de trois données :

- **Le dessin de définition de la pièce**, précisant au technicien les formes et dimensions de la pièce à usiner ;
- **Le contrat de phase prévisionnel de la pièce**, indiquant le positionnement isostatique à respecter ainsi que les cotes de fabrication, les modalités de maintien, les outils choisis, les conditions de production (série, nombre de pièces usinées par montage)
- **La machine-outil choisie**, ce qui permet de connaître les caractéristiques de la table de machine, des palettes, les caractéristiques des déplacements (course), etc.

Après une analyse fine des caractéristiques techniques et économiques, le technicien doit alors concevoir un dispositif répondant aux exigences fonctionnelles illustrées dans la figure suivante (Figure 1). On distingue des fonctions principales, dites aussi de base et des fonctions annexes.

✓ **Fonction principale de positionnement de la pièce**

La solution doit permettre de respecter les indications du contrat de phase et d'orienter correctement la pièce par rapport à la machine.

✓ **Fonction principale de maintien en position**

Elle permet le blocage en position de la pièce sur ses appuis, en interdisant tout déplacement sous l'action des efforts de coupe.

Le concepteur devra donc apprécier les directions et les sens des efforts de coupe s'exerçant sur la pièce pour choisir un dispositif de maintien adéquat.

✓ **Fonction principale de liaison avec la machine**

Le contrat de phase imposant d'orienter la pièce par rapport à la machine, la pièce étant fixée sur le porte-pièce. Il convient d'orienter ce dernier par rapport à la machine. Pour éviter de se livrer à une opération d'orientation longue à chaque installation du porte-pièce, on prévoit de le positionner de manière stable et répétitive par rapport à la machine (utilisation de lardons fixés sur le porte-pièce s'ajustant dans une rainure de la table, centrage conique, etc.). Il reste à fixer le montage sur la machine par l'intermédiaire d'éléments filetés.

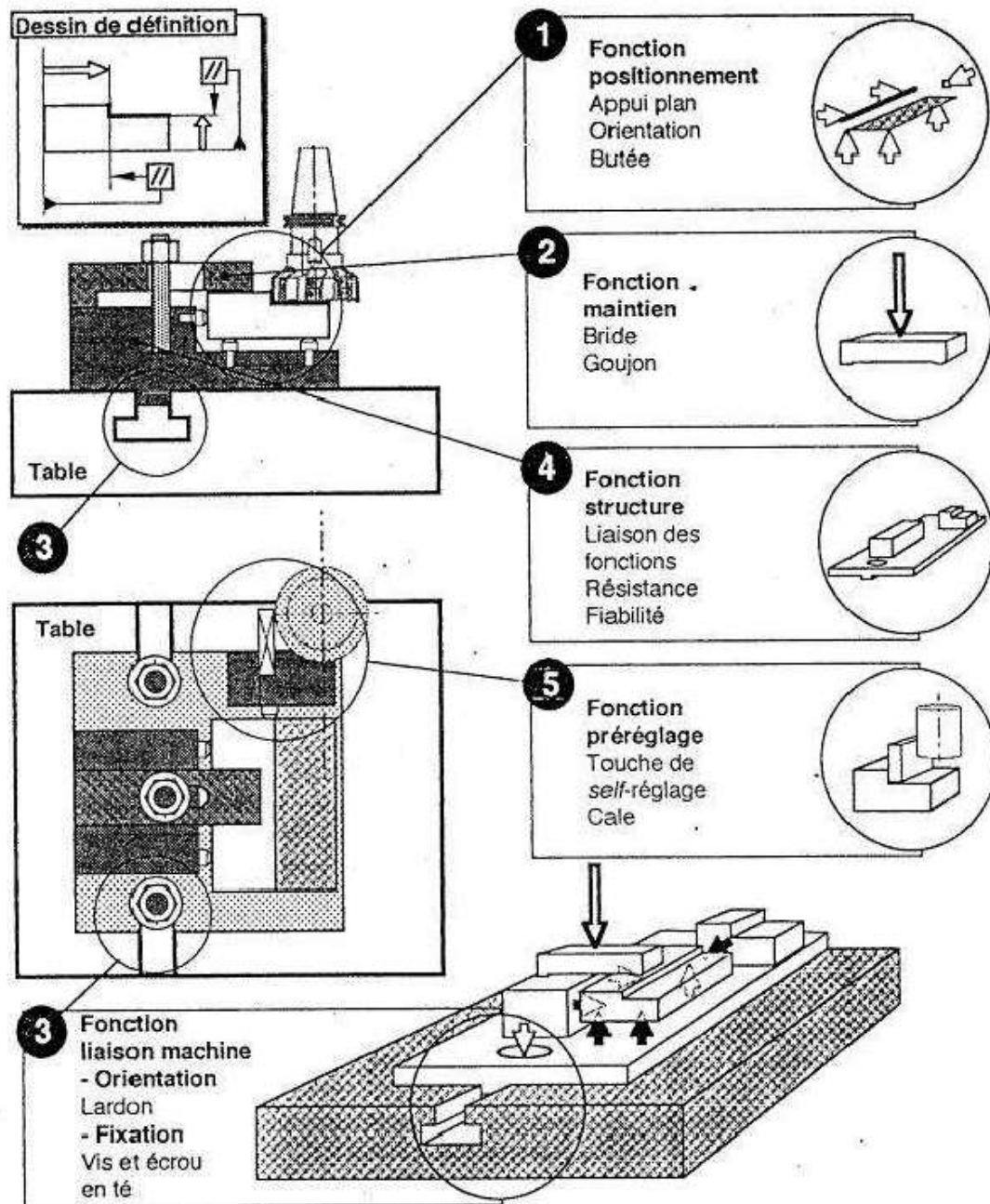


Figure 1 : Fonctions de base d'un porte-pièce spécifique

✓ **Fonction principale de structure (ou bâti)**

Le bâti d'un porte-pièce permet de positionner les uns par rapport aux autres les différents éléments réalisent les fonctions précédentes, il doit :

- permettre le posage facile de la pièce ;
- être rigide : les déformations doivent rester faibles sous l'action des efforts de coupe et de serrage ;
- permettre le passage sans interférence de tous les outils mis en œuvre dans la phase d'usinage ;
- lors des très grandes séries, posséder des surfaces d'appuis résistants à l'usure ;
- résister aux manipulations dues au transport, au stockage.

✓ **Fonctions annexes**

Elles viennent en complément des fonctions principales et doivent permettre de répondre aux contraintes suivantes :

- Limiter les risques et garantir le respect des règles d'ergonomie en vigueur (fiabilité des systèmes de serrage, conception de dispositif de manutention ;
- Faciliter l'évacuation des copeaux et le nettoyage des surfaces d'appui avant chargement ;
- Eviter une mauvaise mise en position de la pièce par la mise en position de dispositifs de détrempe ;
- Diminuer le temps de réglage par la mise en place de dispositifs de pré-réglage dans le cas de porte-pièces fraisage traditionnels. Une touche de self-réglage, associée à une cale d'épaisseur connue, permet de placer le montage dans la bonne configuration d'usinage en venant faire tangenter la fraise sur la cale posée sur la touche de self-réglage.

IV. Principes de qualification d'un porte-pièce

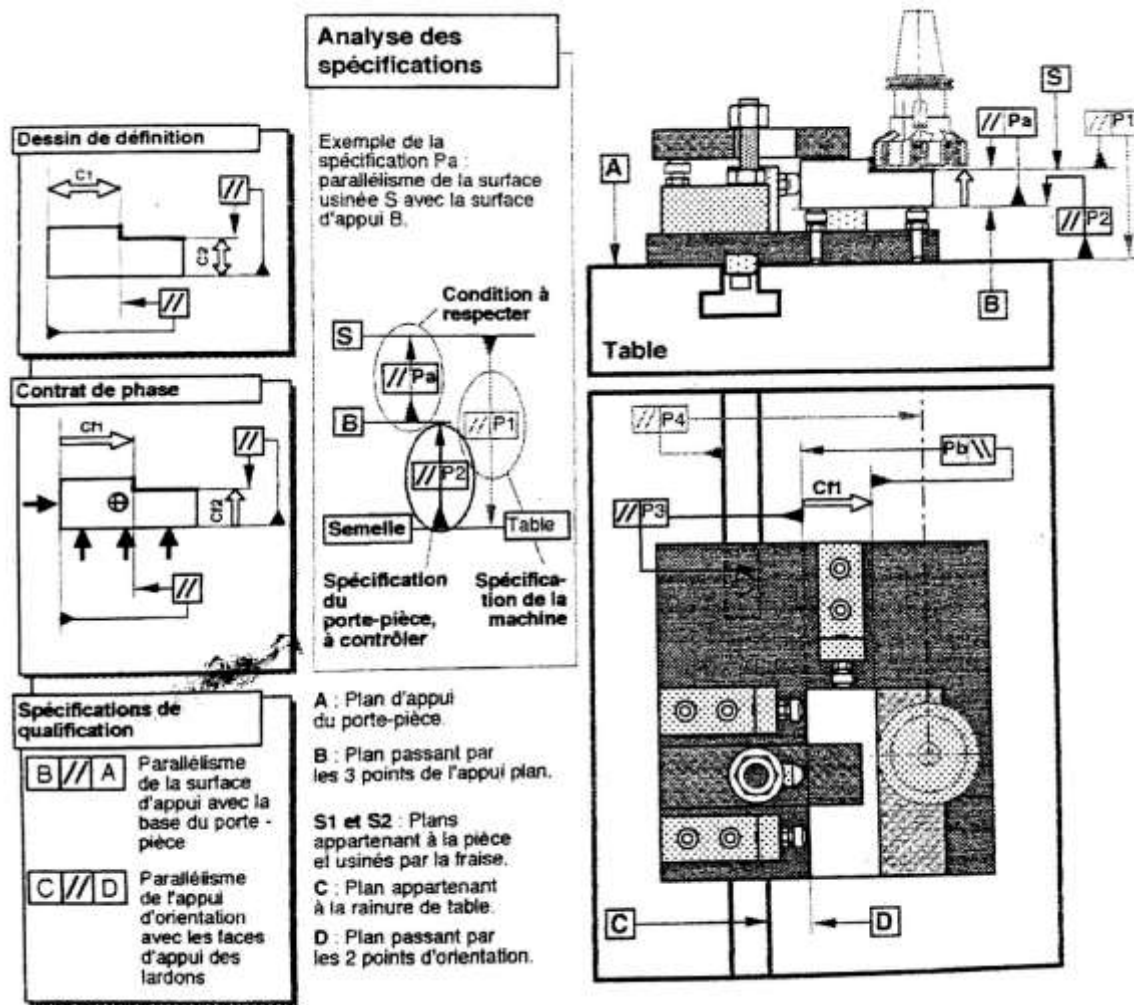
Un porte-pièce étant conçu et réalisé (de façon modulaire ou non), toute la qualité de la production dépendra de la qualité de cet outillage. On ne peut donc pas prendre le risque de l'utiliser sans vérifier au préalable son aptitude à l'emploi.

Cette qualification repose sur trois vérifications de base :

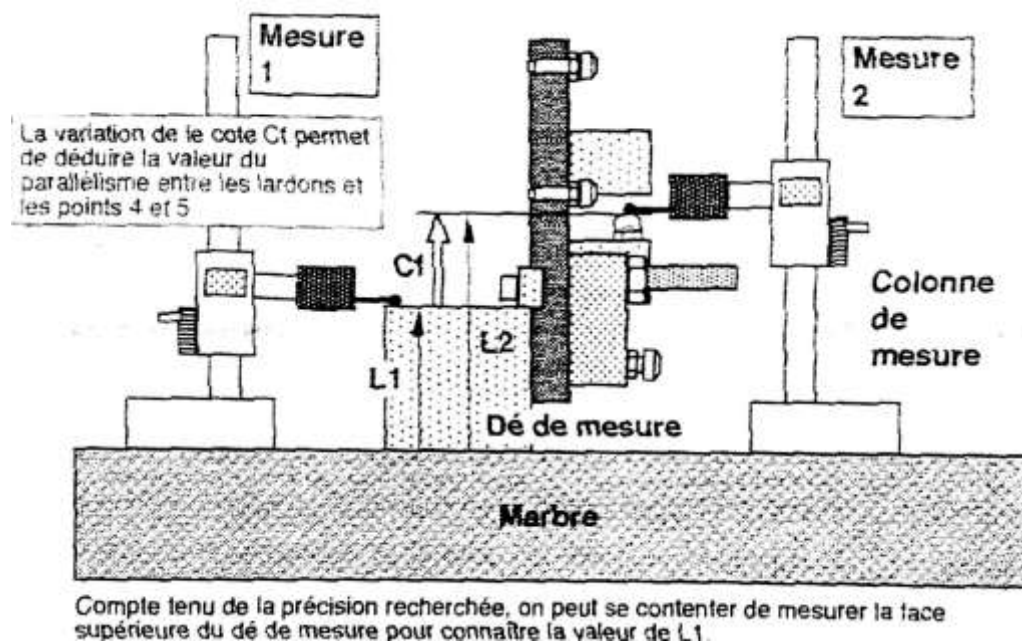
- ✓ Le contrôle géométrique du porte - pièce en dehors du site de production.
- ✓ Le comportement observable du montage en utilisation réelle, permettant de corriger des défauts de comportement (déformations, vibrations, efficacité de serrage...).
- ✓ La vérification de la qualité de la pièce usinée (dimensions, état de surface, etc...).

La vérification des spécifications dimensionnelles et géométriques se fait en contrôlant la conformité de la cotation fonctionnelle du porte-pièce, appelée dans ce cas cotation d'aptitude à l'emploi.

Dans le cas simple d'un fraisage, les deux spécifications de position et de parallélisme composant la cotation d'aptitude à l'emploi de ce porte-pièce, s'il ne sont pas respectées, les spécifications du dessin de définition ne seront jamais atteintes.



Le contrôle d'un porte-pièce se fait généralement dans des salles spécialisées de métrologie, équipées de marbres et de colonnes de mesure ou de machines à mesure tridimensionnelle MMT




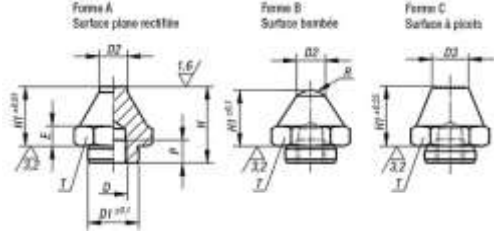

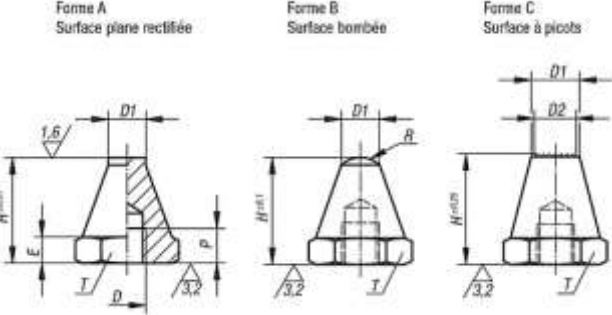

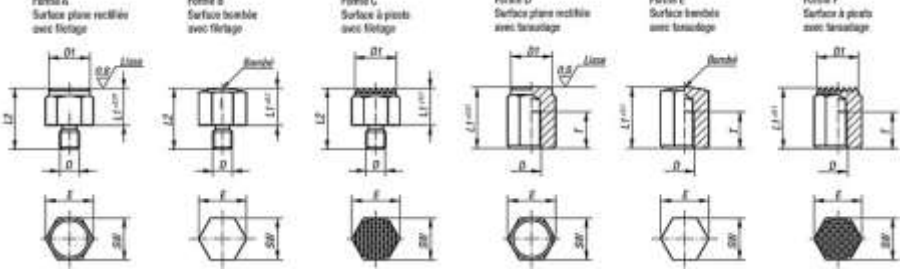
V. Eléments standardisés pour la construction des portes-pièces

Cette partie présente une sélection d'éléments standardisés de construction des portes-pièce.

I.4. Fonctions de positionnement de base

I.4.1.Appui ponctuel

Un appui ponctuel peut être matérialisé par l'utilisation de :

| | | |
|------------------------|---|--|
| Têtes d'appui à embase |  |  |
| Têtes d'appui |  |  |
| Pieds filetés |  |  |

Remarque : Si la surface de mise en position est usinée, utilisez un appui à touche plate.



Butée excentrique



Butée réglable



Butée à vis réglable

I.4.2. Appui linéaire

Un appui linéaire peut être matérialisé par :

- ✓ **Association de deux appuis ponctuels :**



- ✓ **Utilisation d'une barre traitée et rectifiée :**



Remarque : si la surface de mise en position est brute, n'utilisez que les appuis à contact non surfacique.

I.4.3. Appui plan

Un appui plan peut être matérialisé par :

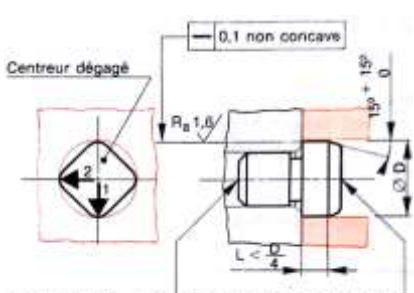
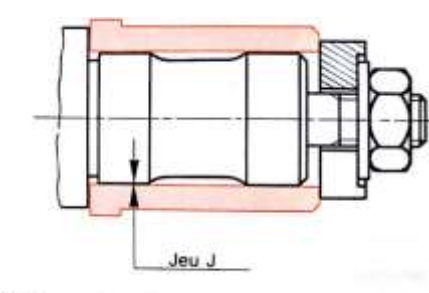
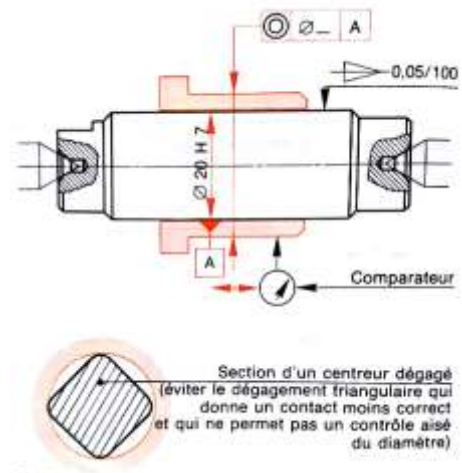
- ✓ **Association de trois appuis ponctuels;**
- ✓ **Utilisation de deux barres traitées et rectifiées ;**
- ✓ **Utilisation d'une plaque d'appui traitée et rectifiée.**




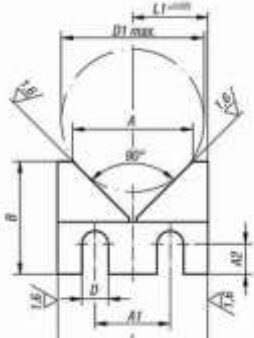

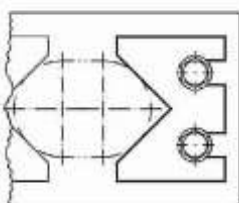

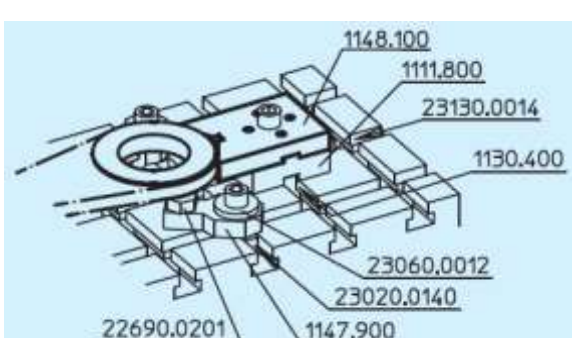
Remarque : si la surface de mise en position est brute, n'utilisez que les appuis à contact non surfacique.

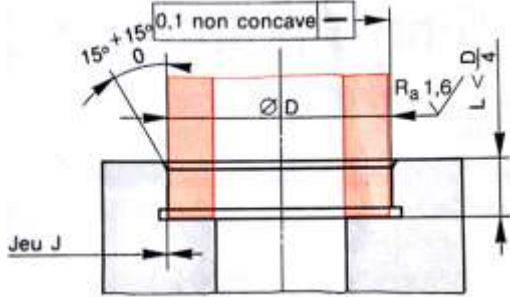
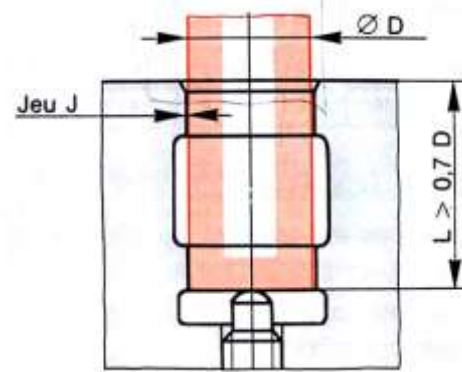
I.4.4. Centreurs fixes :

I.4.4.1. Centreurs pour alésage

| Centreur court | Centreur long cylindrique | Centreur long conique |
|---|---|---|
|  <p>Centreur dégagé</p> <p>0,1 non concave</p> <p>$R_A 1,6$</p> <p>$1,5 \cdot D$</p> <p>D</p> <p>$L < \frac{D}{4}$</p> <p>Traité pour $HRc \geq 50$</p> <p>Centres d'usinage admissibles</p> |  <p>Jeu J</p> <p>Surfaces de portée traitées pour $HRc \geq 50$</p> |  <p>$\varnothing - A$</p> <p>0,05/100</p> <p>$\varnothing 20 H 7$</p> <p>A</p> <p>Comparateur</p> <p>Section d'un centreur dégagé (éviter le dégagement triangulaire qui donne un contact moins correct et qui ne permet pas un contrôle aisé du diamètre)</p> <p>Traité pour $HRc \geq 50$</p> |

I.4.4.2. Centreurs pour arbres

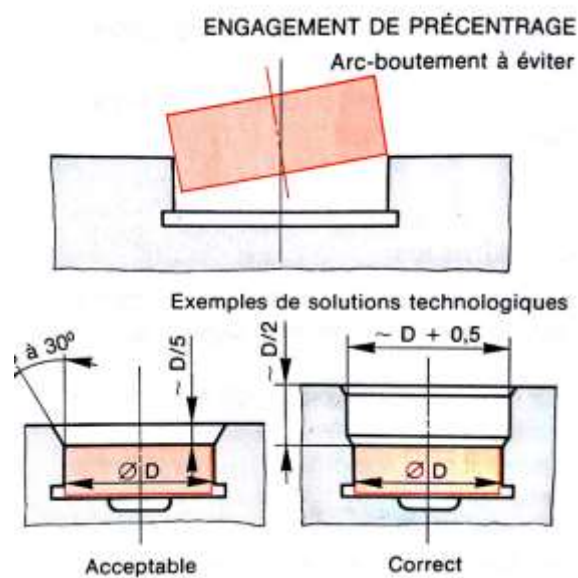
| | |
|--------------------------|--|
| Vé de centrage (Norelem) |     |
| Vé (HALDER) |   |

| | |
|----------------|---|
| Centreur court |  <p>Attention : Prévoir l'engagement de la pièce</p> |
| Centreur long |  <p>Attention : Prévoir l'engagement de la pièce</p> |

I.4.4.3. Engagements

Le but d'un engagement est d'éviter l'arc-boutement d'une pièce lorsqu'on la présente dans un logement relativement précis.


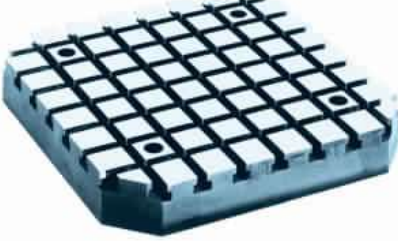










Les croquis ci-dessous donnent les propositions d'engagement classiques de précentrage.



I.4.5. Fonctions de maintien de base

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Bride Coulissante | Bride Pivotante | Bride articulée |
|  |  |  |
| Mini bride double | Bride col de cygne réglable | Bride ouverte à tourillon |
|  |  |  |
| Brides équipées droites, avec vis | Bride équipée coudée, avec vis | Crochet de bridage |
|  |  |  |
| Ensemble de bridage à came simple | Crampon plaqueur | Sauterelle à levier vertical |

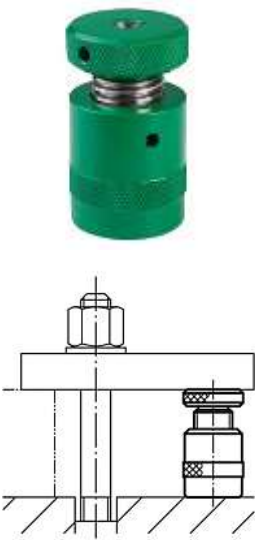
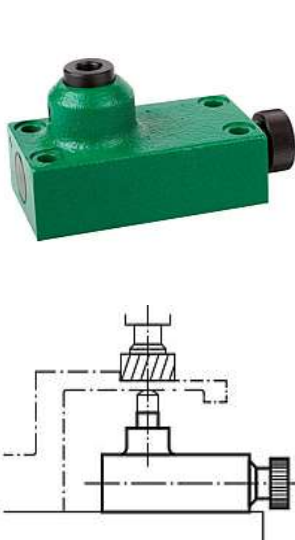

I.4.6. Fonctions de structure et de liaison

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Plateau de base | Plaque de base | Equerre de bridage en té |
|  |  |  |
| Cube de bridage | Equerre de bridage unilatérale | Console carré de positionnement |
|  |  |  |
| Tasseau de positionnement | Cylindre de positionnement | Equerre de positionnement |
|  |  |  |
| Profil oblique à 60° | Tasseau (support universel) | Support coulissant |

Remarque : les structures de base (plaque, cube, équerres) existent en différentes variantes (rainurées, trouées ou simple).

I.4.7. Fonctions diverses (Eléments complémentaires)




I.4.7.1. Appuis complémentaires

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Vérin à surface d'appui plate | Support anti-vibrant | Poussoir à ressort |


I.4.7.2. Eléments de centrage

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Lardon étagé cylindrique | Centreur dégagé (Locating) | Vé de centrage coulissant |






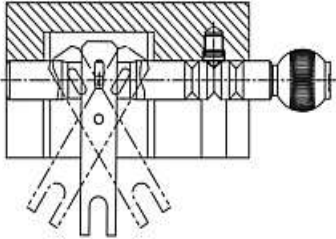
I.4.7.3. Eléments de serrage

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| Ecrou croisillon à serrage rapide | Rondelle amovible | Poignée indexable de sécurité à vis |

I.4.7.4. Eléments de perçage

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Douille de perçage cylindrique | Canon de perçage amovible | Plaque de perçage |

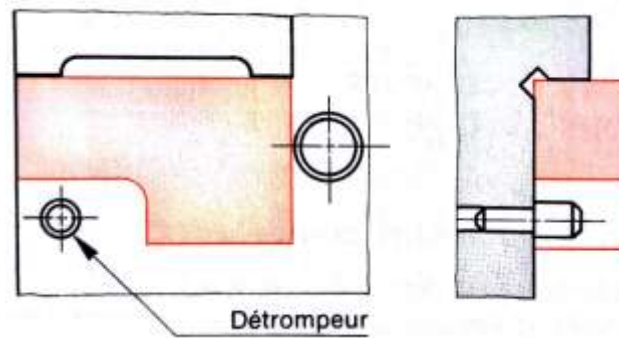
I.4.7.5. Autres éléments

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Vis d'arrêt pour douilles de perçage amovibles | Bouchon de protection | Rallonge |
|  |  | <p>Exemple d'utilisation:</p>  |
| Anneau de levage | Anneau de levage articulé à 360° | Poussoir à ressort (indexation) |

I.4.7.6. Détrompeurs

Afin de faciliter la mise en position, sans ambiguïté, de la pièce sur le montage d'usinage, il est recommandé de prévoir des éléments détrompeurs.

Un détrompeur a pour objet d'assurer une seule position possible de la pièce sur ses appuis. Pour l'exemple donné ci-dessous, la position unique de la pièce sur ses appuis est assurée par un obstacle placé dans une forme dissymétrique de la pièce.



Chapitre 2 : Etude et Dessin de montages d'usinage

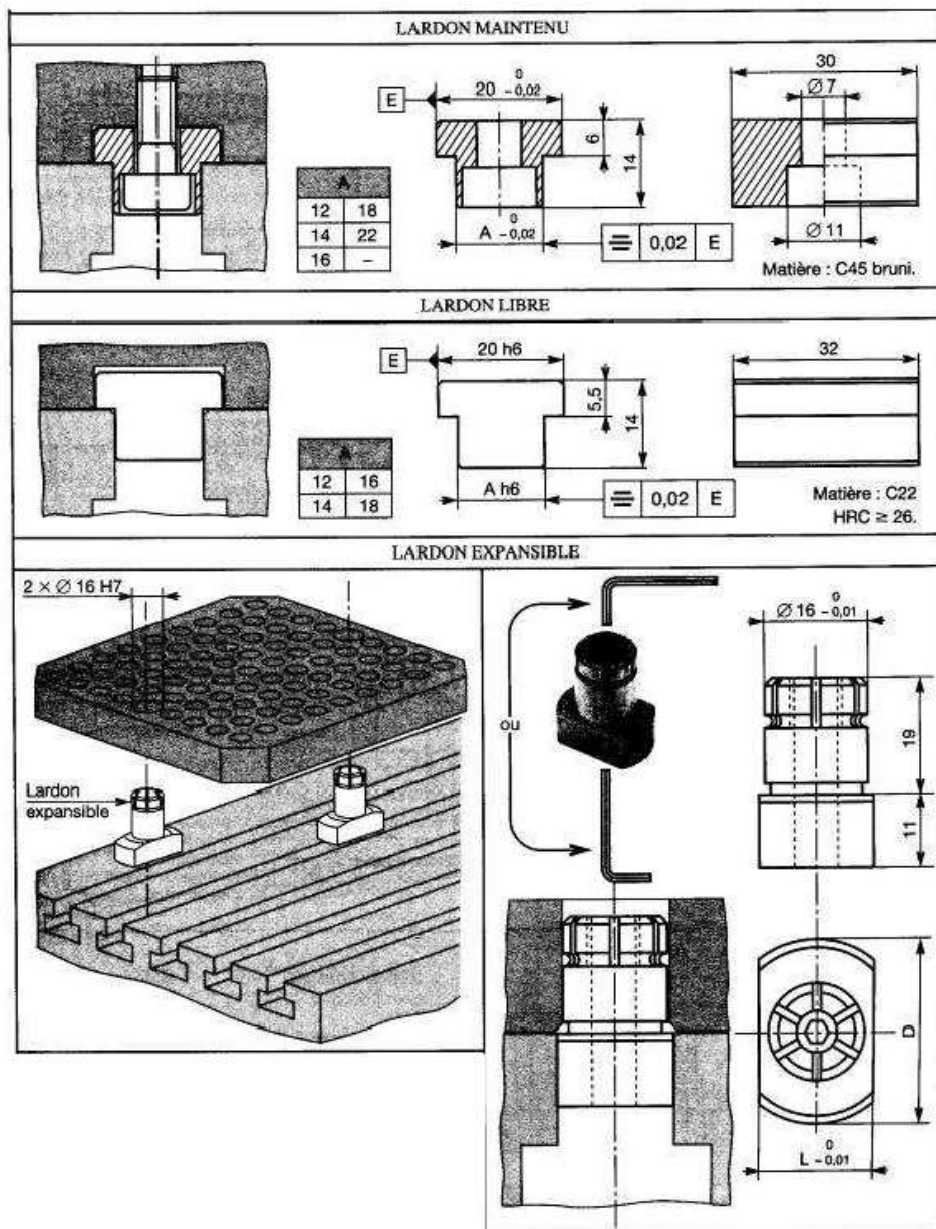
I. Montage de Fraisage

Un montage de fraisage assure la localisation et la fixation de la pièce sur la table de la machine.

I.1. Liaison du montage sur la machine



Le montage doit toujours être localisé et fixé sur la table de la fraiseuse.

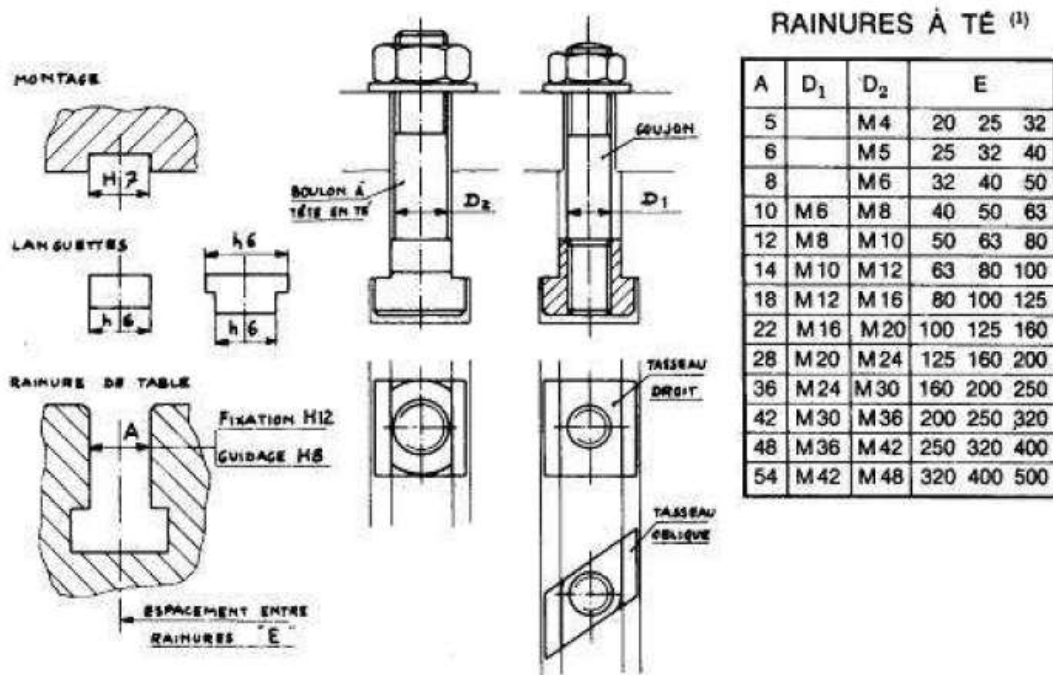
- La localisation se fait à l'aide de 2 languettes (ou « lardons ») aussi éloignées que possible l'une de l'autre et situées dans la même rainure té de la table. Elles sont généralement vissées sous la semelle du montage.



- La fixation se fait par 2 boulons spéciaux à tête en té ou par 2 tasseaux vissés sur des goujons.

Il existe 2 sortes de tasseaux (écrous) :

| Les tasseaux droits | Les tasseaux obliques |
|---|---|
|  |  |



Les dispositifs de fixation appartiennent à l'outillage de la machine et ne sont donc pas à représenter sur le montage

Les rainures à Té, les diamètres des boulons et goujons sont normalisés.

I.2. Dispositifs de réglage de fraise

Les dispositifs de réglage sont placés en retrait de la trajectoire des outils, ils permettent le réglage par l'intermédiaire des cales.

Les outils doivent toujours être représentés sur le dessin d'ensemble.

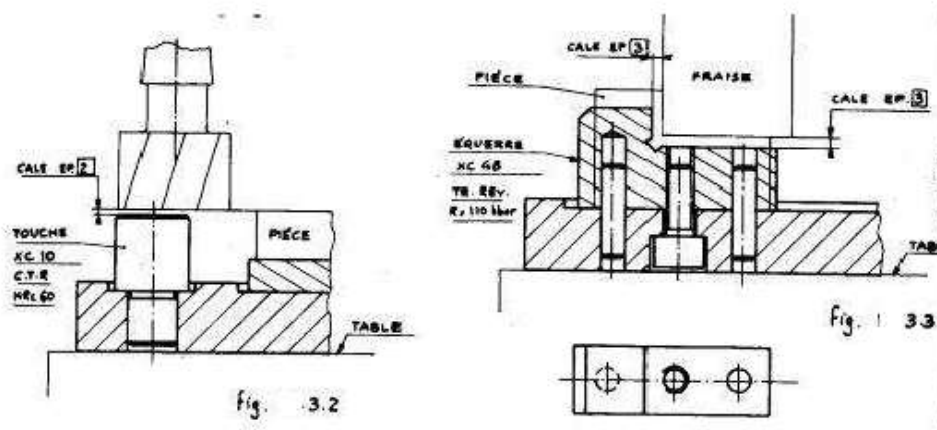


Fig. 3.2 la fraise est réglée dans un seul plan à l'aide d'une touche cylindrique et d'une cale.

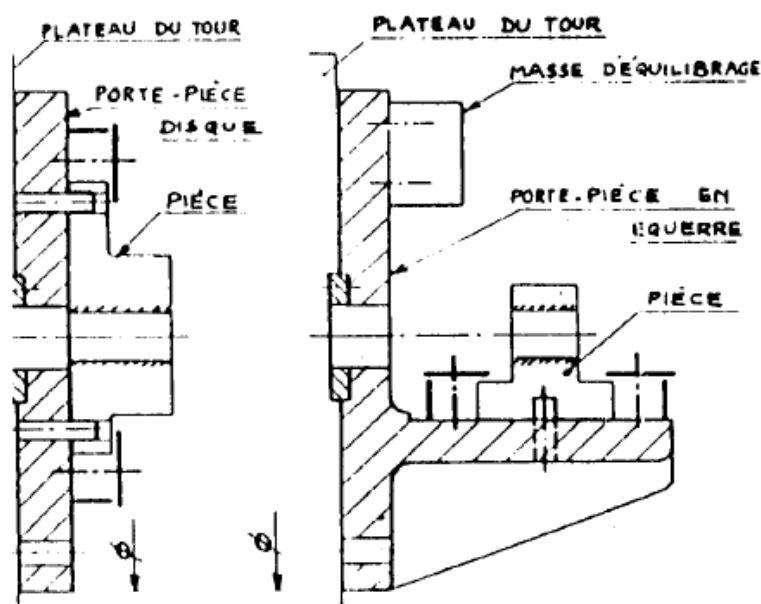
Fig. 3.3 la fraise est réglée dans 2 plans par une équerre et 2 cales.

II. Montage de tournage

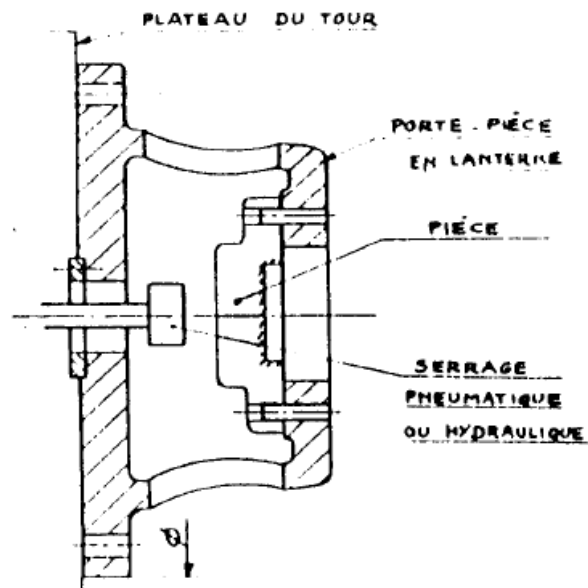
Le montage de tournage assure la localisation et la fixation de la pièce avec le tour et permet la réalisation de surfaces planes ou de révolution.

- Dans le cas où la pièce à usiner est localisée et fixée par une surface cylindrique concentrique à la surface à usiner ou perpendiculaire au plan à usiner, il est souvent possible d'utiliser un mandrin. (Mandrins expansibles)
- Dans les cas contraires le montage se présente sous formes diverses :

II.1. Montage sur plateau ou plateau + équerre



II.2. Montage en lanterne

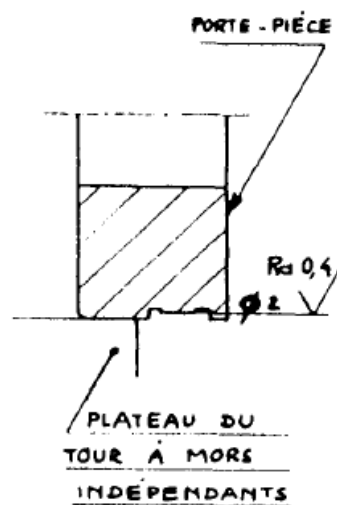


Attention : Lorsque l'ensemble présente un balourd, il est nécessaire d'équilibrer le montage soit à l'aide d'un contre poids soit par des trous d'allégement.

II.3. Liaison du montage sur la machine

Le montage peut être localisé et fixé soit:

II.3.1. Par l'intermédiaire d'un plateau à mors indépendants (Mandrin)



Le centrage se fait sur le diamètre extérieur du porte-pièce. Après mise en place, on vérifie la concentricité au comparateur.

III. Montage de perçage

Le montage de perçage assure la localisation et la fixation de la pièce à usiner ainsi que le guidage des outils (forets, alésoirs...). Sa conception et sa complexité varient avec le travail envisagé.

Ce sont généralement, des plaques ou gabarits de perçage pour pièces longues et plates. Leur construction est simple et ne comporte pas toujours de dispositifs d'ablocage.



III.1. Guidage des outils

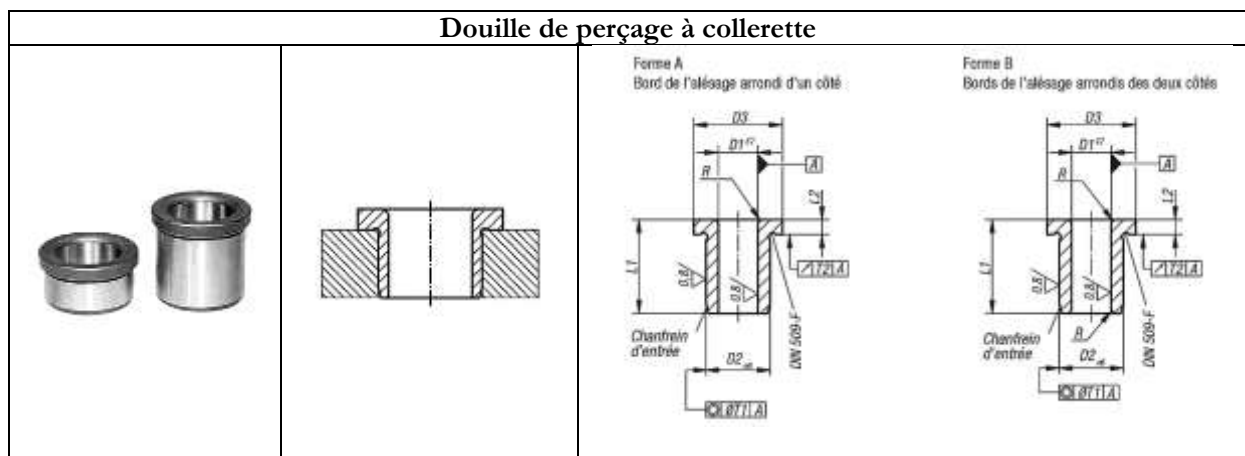
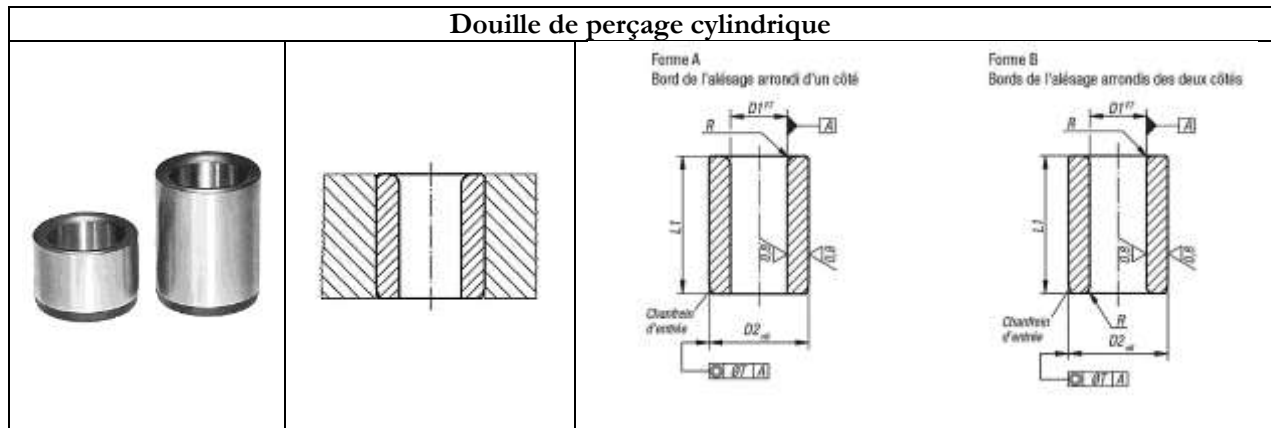
Les outils sont généralement guidés par des canons. Ces derniers sont choisis de préférence dans des séries normalisées, ce qui permet un approvisionnement plus facile.

Les canons sont liés au montage de façon permanente ou sont démontables. Ils assurent une fabrication de qualité dimensionnelle constante, d'où nécessité d'un usinage de haute précision du montage.

Les entraxes des trous à percer seront obtenus sur machine à pointer. Les tolérances de position (perpendicularité, parallélisme, concentricité) seront à préciser sur le dessin du montage.

III.1.1. Canons de perçage fixes

Ces canons de perçage sont à employer s'il n'y a pas lieu de les démonter ou lorsque leur remplacement est exceptionnel.

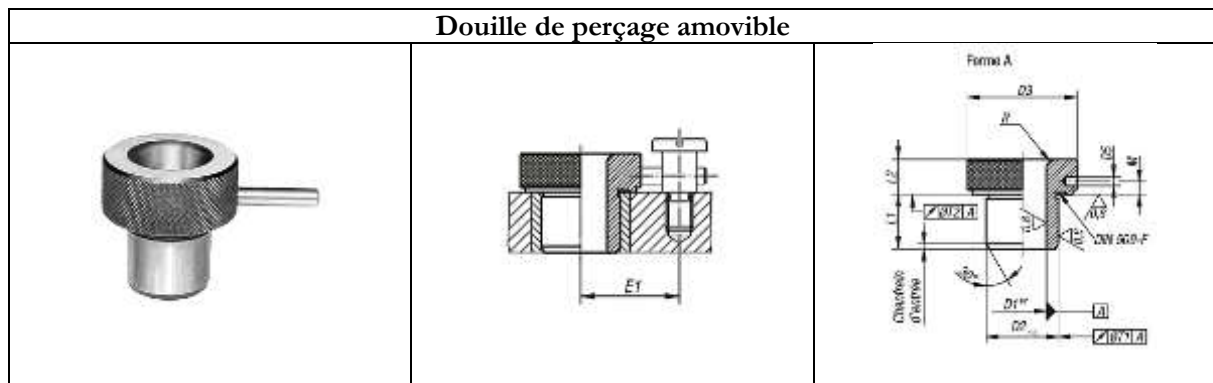


III.1.2. Canons de perçage amovible

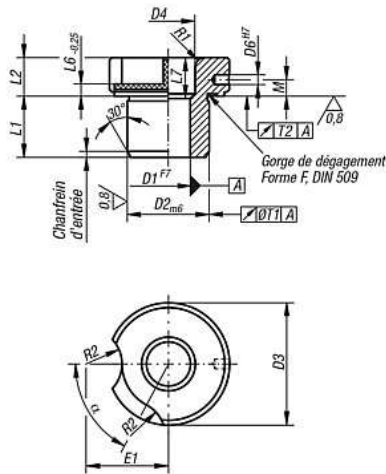
Les canons amovibles sont à utiliser lorsqu'il y a nécessité d'un démontage fréquent, par exemple:

- ✓ dans les travaux de grande série, où leur usure rapide demande un remplacement facile;
- ✓ pour le perçage de trous coaxiaux (opération de perçage, suivie d'un lamage, par exemple) ;
- ✓ pour le taraudage (on perce, puis on enlève le canon pour tarauder).

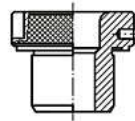
Le canon amovible se monte dans un canon fixe afin d'éviter l'usure de l'alésage qui le reçoit.



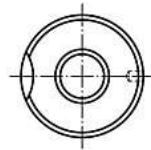
Forme K
Douille de changement rapide
pour outils coupant à droite



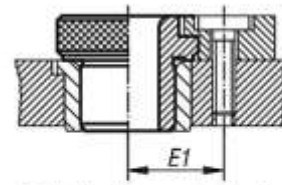
Forme L
Douille interchangeable



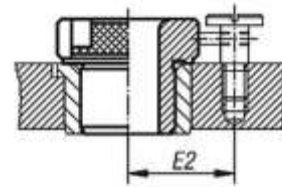
Cotes identiques
à la forme K



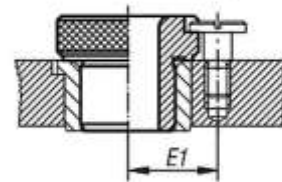
Exemple d'utilisation:



Douille de changement rapide, forme K,
avec douille de perçage à collerette,
DIN 172 ou douille de perçage, DIN 179



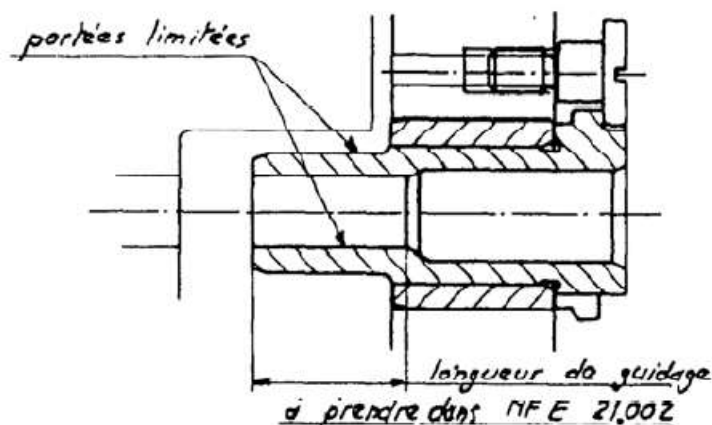
Douille de changement rapide, forme K,
avec douille de perçage à collerette,
DIN 172 ou douille de perçage, DIN 179



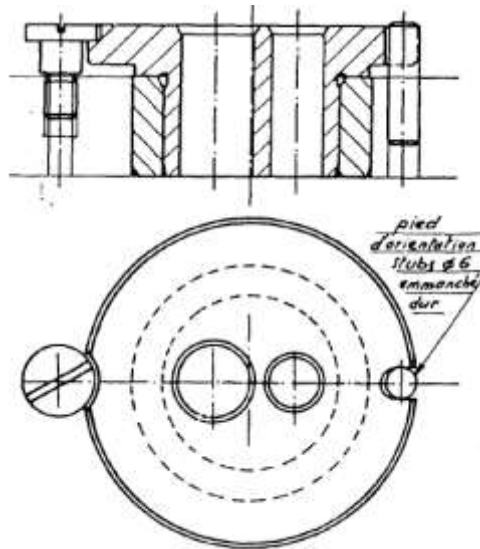
Douille interchangeable, forme L,
avec douille de perçage à collerette,
DIN 172 ou douille de perçage, DIN 179

III.1.3.Canons de perçage particuliers

- L'accès à la pièce impose ici l'emploi d'un canon très long, il est nécessaire de limiter les portées.



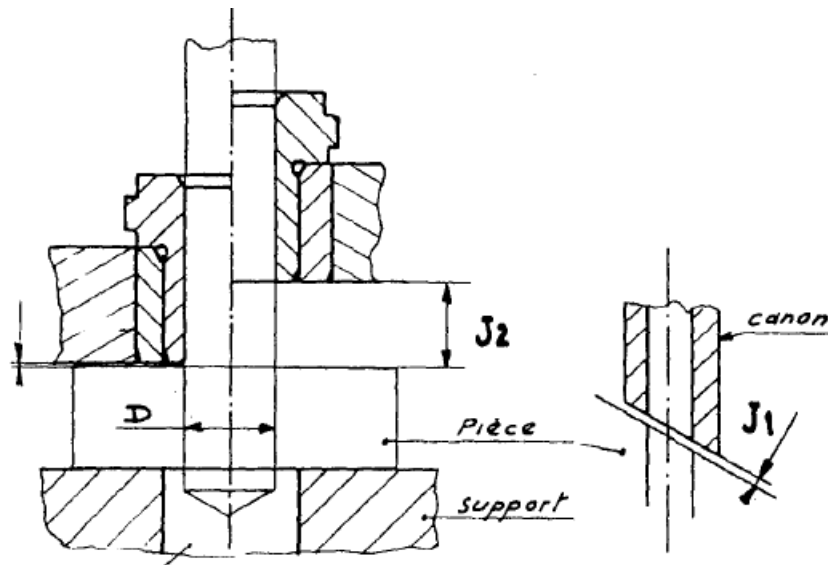
- Le perçage de 2 trous très rapprochés nécessite l'emploi d'un canon double. Dans cet exemple, le canon amovible est monté « bloqué » dans un canon fixe, un pied pour repérage angulaire précis est nécessaire.



III.1.4. Intervalle entre canon et pièce à percer

On admet, soit :

- un jeu très faible : $0,1 < J_1 < 0,2$ mm, dans ce cas les copeaux s'évacuent par le canon
- ou $0,5 D < J_2 < 1 D$ dans ce second cas, l'évacuation des copeaux se fait sous le canon.



Lors d'un perçage de part en part de la pièce le foret doit pouvoir déboucher librement.

Lorsque le trou n'est exécuté que sur une certaine profondeur (perçage, lamage, chambrage, etc.), les porte-outils sont équipés d'un dispositif de butée réglable longitudinalement.