

Présentation de l'épreuve de **Conception des outillages**
en section de **T.S. Productique**.

Jusqu'à la session de 1996, l'épreuve de l'examen était constituée de 4 parties :

1°) « Imaginer des solutions techniques » (20 points/100, 1h30) :

Analyse de fonctionnement. Schématisation de systèmes de prise de pièce, de bridage...etc.
Modification de solutions existantes sous forme de schéma ou croquis. Calculs de jeux dans un assemblage.

2°) « Définir une solution technologique » (40 points/100, 4h00) :

Conception et dessin d'un porte-pièce ou d'un montage de contrôle respectant un cahier des charges établi. Définition complète et normalisée des formes, cotation d'aptitude à l'emploi. Nomenclature, choix des matériaux et de leurs traitements thermiques.

3°) « Valider une solution technologique » (30 points/100, 2h00) :

Calculs en mécanique : cinématique, statique (graphique ou analytique), résistance des matériaux à la rupture (sollicitations simples ou composées), ou au matage (pression de contact, formules de Hertz)...etc.

4°) « Choisir une solution d'outillage » (10 points/100, 0h30) :

Analyse comparative de solutions proposées (pour chaque fonction ou liaison élémentaire d'un montage). Critères d'évaluation pondérés, justification des choix effectués.

Depuis la session de 1997, l'épreuve de l'examen est constituée de 2 parties :

1°) « Analyser une solution d'outillage » et « Valider et/ou dimensionner tout ou partie d'une solution d'outillage » (50 points/100, 3h30) :

Il s'agit d'un regroupement des parties 1 et 3 précédentes (analyse de fonctionnement et calculs de mécanique):

2°) « Concevoir une solution d'outillage » (50 points/100, 4h30) :

Cette partie n'est pas modifiée mais compte désormais pour 50 % de l'épreuve.

Il n'existe plus d'équivalent de la quatrième partie.

Déroulement des cours au lycée DURZY :

La Mécanique est enseignée en classe entière, 3 heures par semaine par un professeur de Construction Mécanique. Au programme : modélisation, statique, cinématique, théorie des mécanismes, résistance des matériaux, efforts de coupe, actions mécaniques dans les systèmes vis-écrous...etc.

L'analyse et la conception des outillages sont traitées en classe entière ou en groupes, en salle de dessin, avec deux professeurs (un de C.M. et un professeur de Productique), 5 heures par semaine en 1^{ère} année, 4 heures par semaine en 2^{ème} année. La classe est séparée en 2 ou 3 groupes pour les activités de CAO.

INTRODUCTION

Ce polycopié, destiné aux élèves de section de T.S. Productique, est avant tout une aide à la conception et à la définition d'un montage d'usinage. Il alterne les pages de texte et les illustrations pour former un document facilement exploitable.

Attention ! Il ne s'agit pas là d'un livre de cours ou d'une liste exhaustive des techniques à maîtriser pour l'étude des outillages et il ne peut donc suffire à la formation dans cette discipline.

SOMMAIRE

Chapitre I : Analyse des données de définition et d'industrialisation d'une pièce.

Chapitre II : Etude des solutions constructives élémentaires.

Chapitre III : Etude des porte-pièces spécifiques.

Chapitre IV : Etude des porte-pièces polyvalents.

Chapitre V : Calculs de validation des dimensions.

INTRODUCTION

Ce polycopié, destiné aux élèves de section de T.S. Productique, est avant tout une aide à la conception et à la définition d'un montage d'usinage. Il alterne les pages de texte et les illustrations pour former un document facilement exploitable.

Attention ! Il ne s'agit pas là d'un livre de cours ou d'une liste exhaustive des techniques à maîtriser pour l'étude des outillages et il ne peut donc suffire à la formation dans cette discipline.

SOMMAIRE

Chapitre I : Analyse des données de définition et d'industrialisation d'une pièce.

Chapitre II : Etude des solutions constructives élémentaires.

Chapitre III : Etude des porte-pièces spécifiques.

Chapitre IV : Etude des porte-pièces polyvalents.

Chapitre V : Calculs de validation des dimensions.

Analyse des données de définition et d'industrialisation d'une pièce.

1*) Spécifications de définition de la pièce (indiquées par le dessin de définition).

Dimensions et tolérances (fig. I-1-a) : 50 mm est la cote nominale.
écart inférieur = 0, écart supérieur = 0,025 mm (ou 25 μm)
ou H7 en utilisant les tolérances normalisées ISO.

Dimensions de référence (fig. I-1-b) : Ces cotes théoriques doivent être encadrées.

Etats de surface :

On inscrit le symbole normalisé ($\sqrt{\quad}$) et le critère retenu suivi de la valeur maximale adoptée. Au besoin, on ajoute le procédé d'élaboration (al = alésage, éé = électroérosion) et la fonction de la surface (RM = résistance au matage, ES = étanchéité statique).

fig. I-1-c : Ra est l'écart moyen arithmétique ou critère statistique de rugosité (c'est le critère le plus utilisé). Ra est la moyenne arithmétique, sur une longueur de base, de toutes les distances y, entre ligne moyenne et profil. Ra caractérise le « y moyen » du profil. Ici, Ra = 1,6 μm , le profil a été réalisé en tournage et la pièce doit subir des frottements de roulement.

Spécifications géométriques :

La forme à coter est repérée par une flèche dont l'origine est reliée à un cadre rectangulaire. Dans la 1ère case du cadre on indique le symbole du défaut, dans la 2ème la valeur de la tolérance et dans la 3ème le ou les éléments de référence séparés par un trait d'union. Si un ordre de priorité doit être respecté (ex : A = appui plan et B = centrage court), les lettres sont inscrites dans des cases séparées.

● Tolérances de forme : (ne nécessitent pas de référence)

fig. I-1-d : **planéité**. La surface de la pièce doit s'insérer entre deux plans parallèles distants de 0,2 mm, parallèles ou non au autres parties de l'objet.

fig. I-1-e : **circularité**. Le contour de chaque section perpendiculaire à l'axe doit rester entre deux cercles concentriques distants de 0,1 mm, centrés ou non sur l'axe du cylindre.

autres : **rectitude, cylindricité, profil d'une ligne ou d'une surface**.

● Tolérances d'orientation : (référence obligatoire)

fig. I-1-f : **parallélisme**. La surface indiquée doit rester entre deux plans distants de 0,1 mm et parallèles au plan de référence A.

fig. I-1-g : **perpendicularité**. La surface indiquée doit rester entre deux plans distants de 0,2 mm et perpendiculaires au plan de référence.

autre : **inclinaison** (voir fig. I-1-b).

● Tolérances de position : (référence obligatoire)

fig. I-1-h : **coaxialité**. L'axe du cylindre central doit être contenu dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,1$ mm dont l'axe est celui des deux autres cylindres.

autres : **symétrie, localisation** (voir fig. I-1-b).

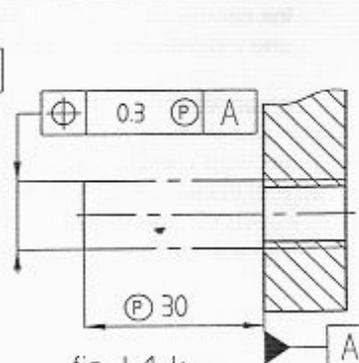
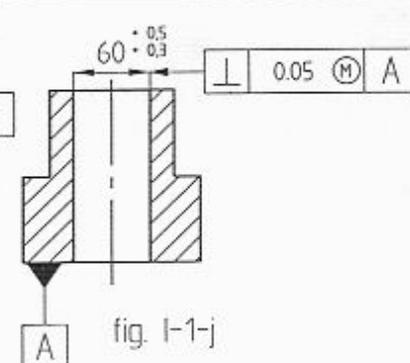
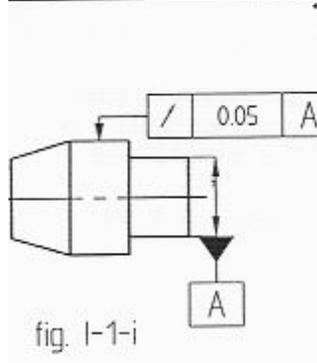
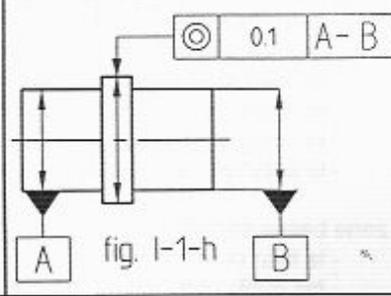
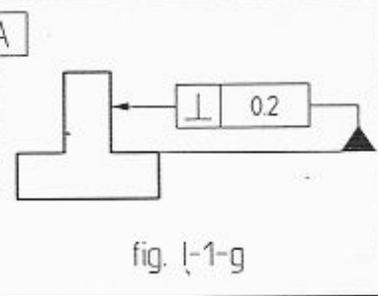
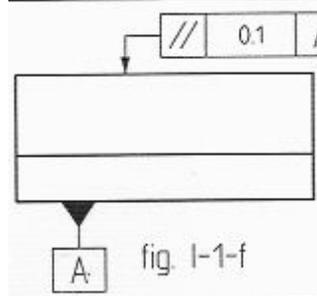
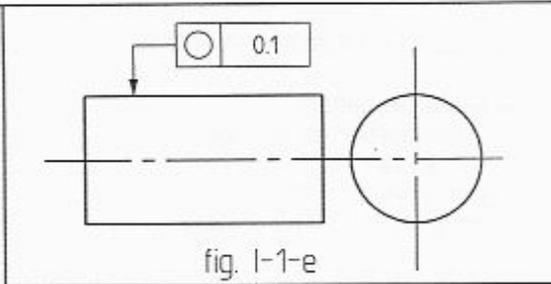
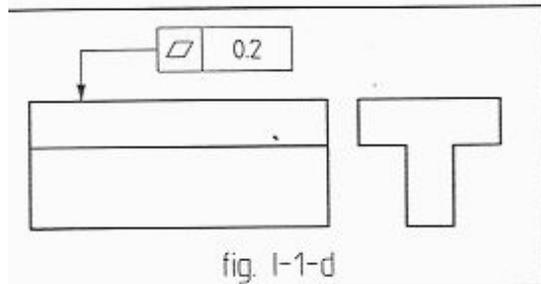
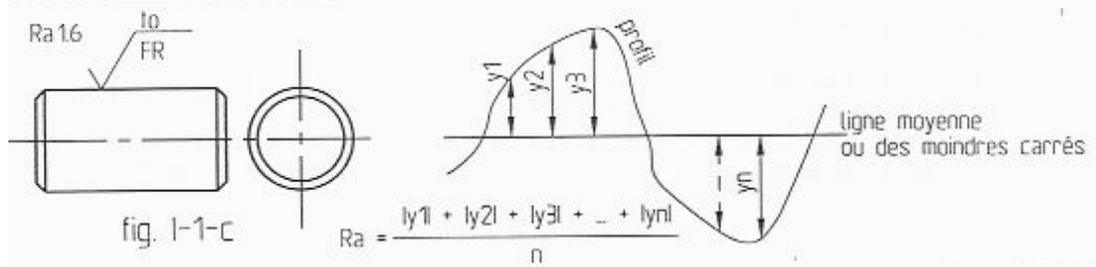
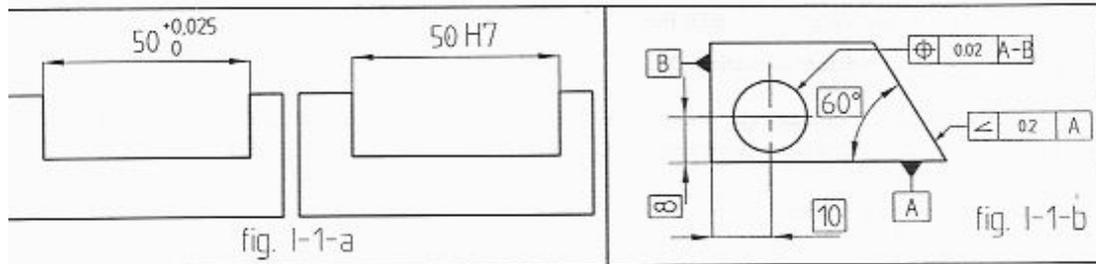
● Tolérances de battement : (référence obligatoire)

fig. I-1-i : **battement simple radial**. Le battement périphérique pour chaque plan de mesure ne doit pas excéder 0,05 mm pendant une rotation complète de la pièce autour de A.

autres : **battement axial, oblique, total**.

● Tolérances au maximum de matière : fig. I-1-j (voir cours).

● Tolérances projetées : fig. I-1-k (voir cours).



Spécifications de définition de la pièce

2°) Spécifications d'industrialisation (contrat de phase).

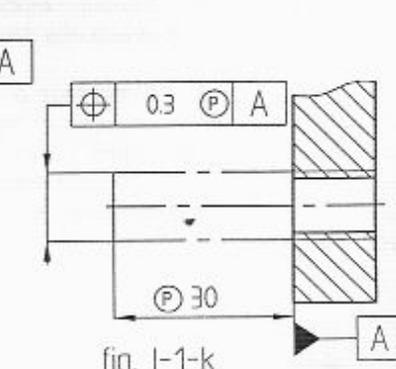
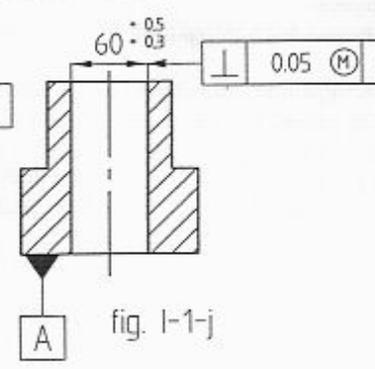
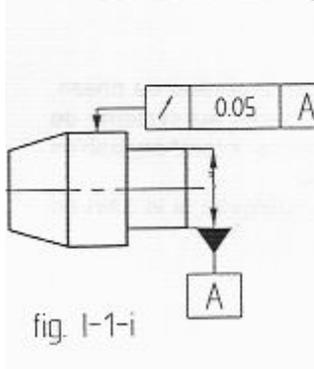
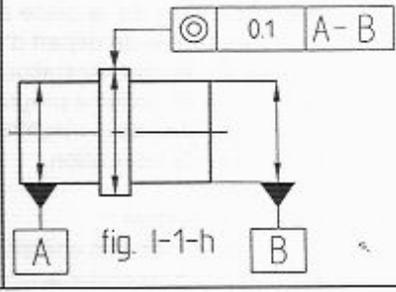
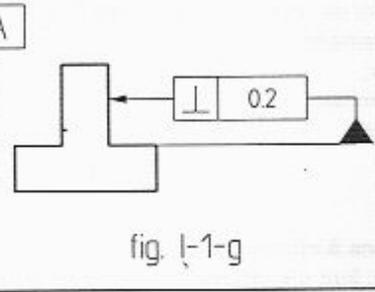
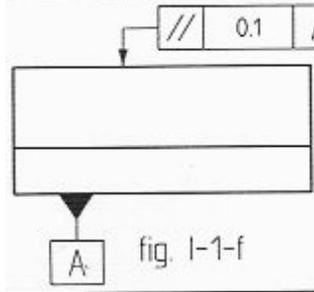
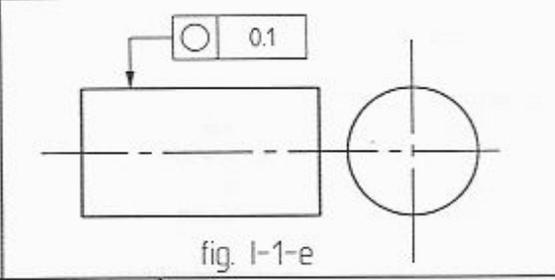
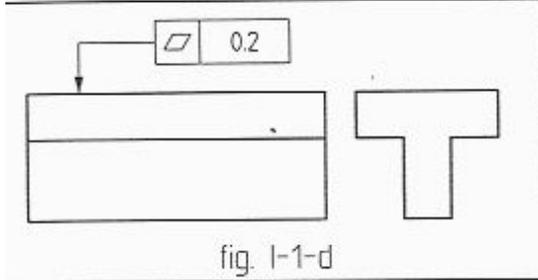
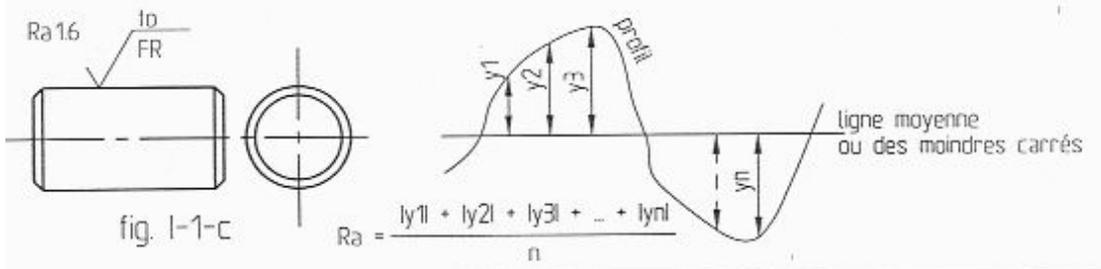
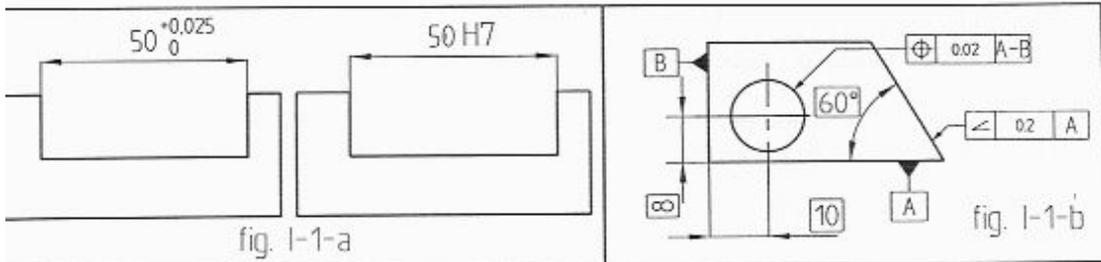
Un contrat de phase est un document élaboré à partir de l'avant-projet de fabrication, décrivant de manière précise les éléments suivants :

- données relatives à la pièce : cotes de fabrication, matériau, brut ...
- données relatives au procédé : conditions de coupe (vitesse de coupe, d'avance, efforts).
- données relatives au poste de travail : type de machine, outils, alimentation, stockage, contrôle éventuel, qualification de l'opérateur...
- données relatives au système de production : cadence, série, changement d'outillage, gestion ...

Le document « CONTRAT DE PHASE » peut être décomposé en 3 zones :

- zone haute permettant :
 - l'identification de la pièce;
 - du programme de fabrication;
 - des types d'opérations;
 - du type de machine utilisée.
- zone médiane de description graphique comprenant :
 - des silhouettes de la pièce afin de repérer les surfaces à usiner et les surfaces brutes de départ d'usinage;
 - la mise en position isostatique;
 - la situation de l'origine programme;
 - la direction des axes machines;
 - la cotation de fabrication.
- zone basse comportant :
 - la liste ordonnée des opérations à effectuer;
 - les outils correspondants avec leur désignation normalisée;
 - les conditions de coupe employées;
 - une indication éventuelle des temps technologiques et de coupe.

La conception du montage d'usinage doit impérativement respecter le contrat de phase, en particulier la mise en position de la pièce. De plus, les données relatives au système de production vont conditionner le choix des solutions technologiques : pièces interchangeables ou non, bâti usiné, soudé, porte-pièce polyvalent, modulaire ou spécifique. La fabrication en grande série permet d'envisager une conception plus coûteuse si le gain en productivité est significatif.

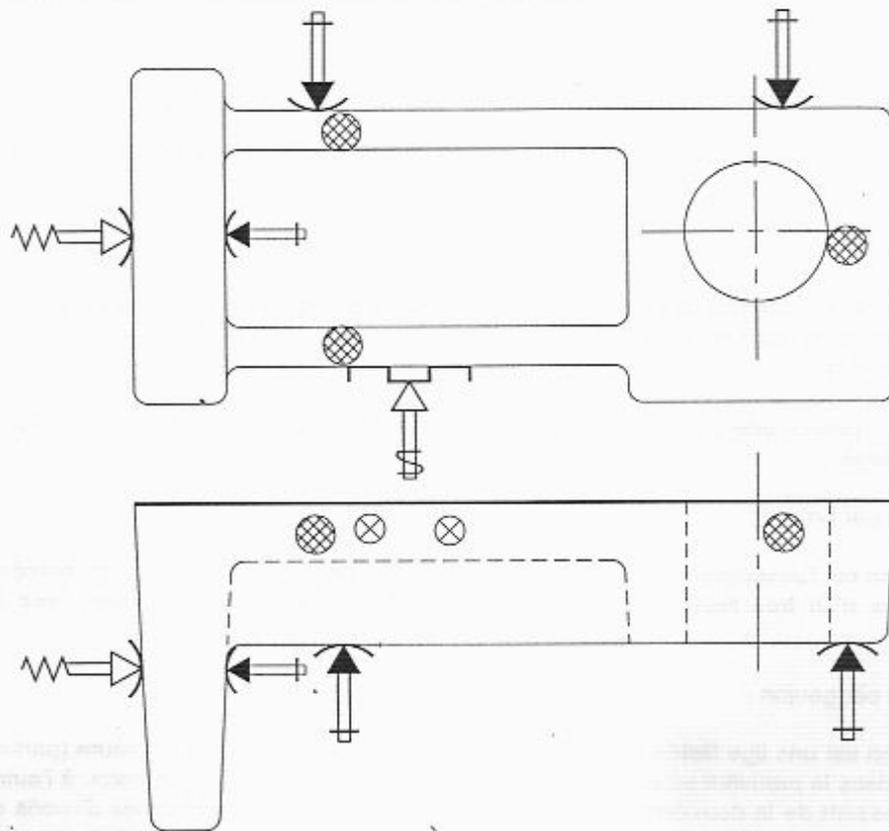


Spécifications de définition de la pièce

CONTRAT DE PHASE PHASE N° 10	Ensemble : Tour a bois	BUREAU DES METHODES	2 4
	Element : support mobile		
Matière : A USGT Y24			
NOM :	Programme : 20/mois/2ans		

Désignation : FRAISAGE

Machine-Outil : FRAISEUSE FEXAC



DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/min	f/iz mm/tr-dent	Vf mm/min	t min	ti min
a) Surfacier	FRAISE A SURFACER $\phi 125$ z=10	150	382	0.06	229		

1°) Maintien en position par éléments filetés.

La visserie généralement utilisée est du type « métrique ISO » (exemple de désignation : VIS CHC M10-60). Les montages d'usinage devant supporter des efforts importants, il faut veiller à un dimensionnement correct des vis (voir Ch.V : Calculs ...). Les diamètres de vis inférieurs à M8 sont rares.

Règles de représentation :

- pour une vis en vue extérieure, le $\varnothing d$ (le plus grand) est en trait fort et le plus petit en trait fin; ces deux traits sont séparés d'environ $d/10$.
- pour un taraudage vu en coupe, c'est le plus petit \varnothing qui est tracé en trait fort, les hachures traversant le trait fin.

● Assemblage par vis :

Les pièces à assembler comportent des usinages différents; l'une est percée d'un trou lisse un peu plus grand que le $\varnothing d$ de la vis (exagérer cette différence sur les dessins) et l'autre est taraudée au $\varnothing d$.

●¹ Ne dessinez jamais une vis « plantée dans un trou lisse » ou « noyée dans la matière » sans un taraudage !

● Assemblage par boulon :

Le boulon est l'association d'une vis et d'un écrou. Les pièces à assembler sont percées toutes les deux d'un trou lisse. Attention ! Veillez à l'accessibilité des deux côtés pour le serrage.

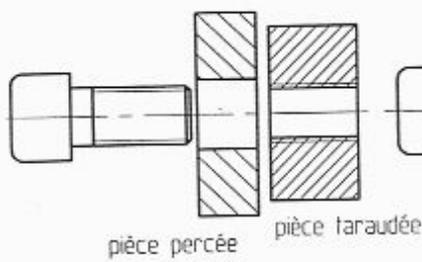
● Assemblage par goujon :

Le goujon est une tige filetée à ses deux extrémités. L'une est vissée à demeure (parfois même collée) dans la première pièce (de préférence la plus tendre); on visse un écrou à l'autre extrémité dépassant de la deuxième pièce. Le montage résout certains problèmes d'accès et supprime le risque de détérioration d'un taraudage dans une pièce de matériau tendre (exemple : alliage d'aluminium).

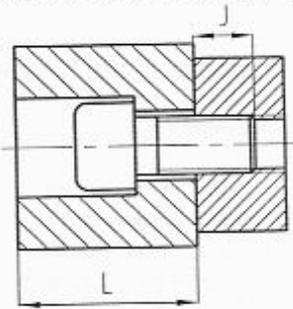
Remarquez le freinage de l'écrou par rondelle élastique de type « GROWER ». Pour sa représentation, inclinez les deux traits forts en opposition au desserrage !

●² Les éléments filetés standards n'assurent jamais une mise en position précise. Leur fonction est limitée au maintien.

Assemblage par vis

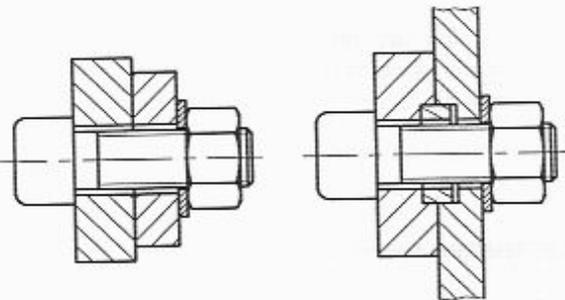
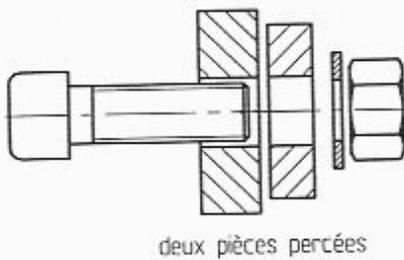


métaux durs : $0,5 d < J < d$
 métaux tendres : $d < J < 1,5 d$



si L est important, effectuer un taraudage profond et utiliser une vis courte pour une meilleure résistance.

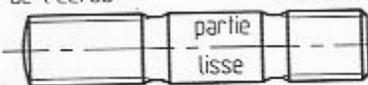
Assemblage par boulon



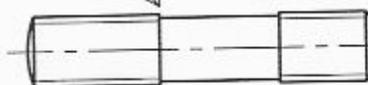
en cas d'efforts axiaux très importants, pour éviter le cisaillement de la vis, on place une douille serrée dans les deux pièces

Assemblage par goujon

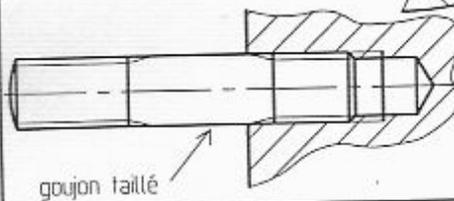
zone de vissage de l'écrou zone vissée à fond de filet



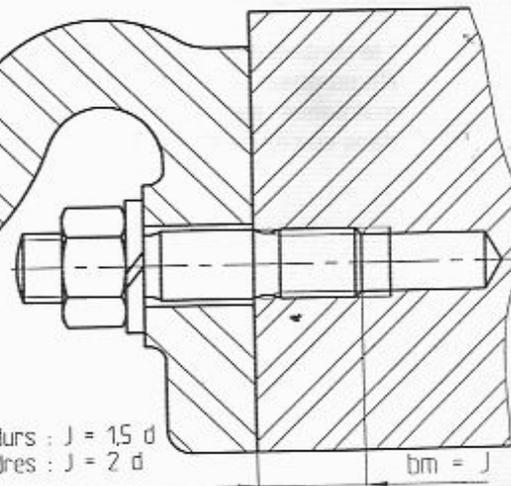
goujon roulé



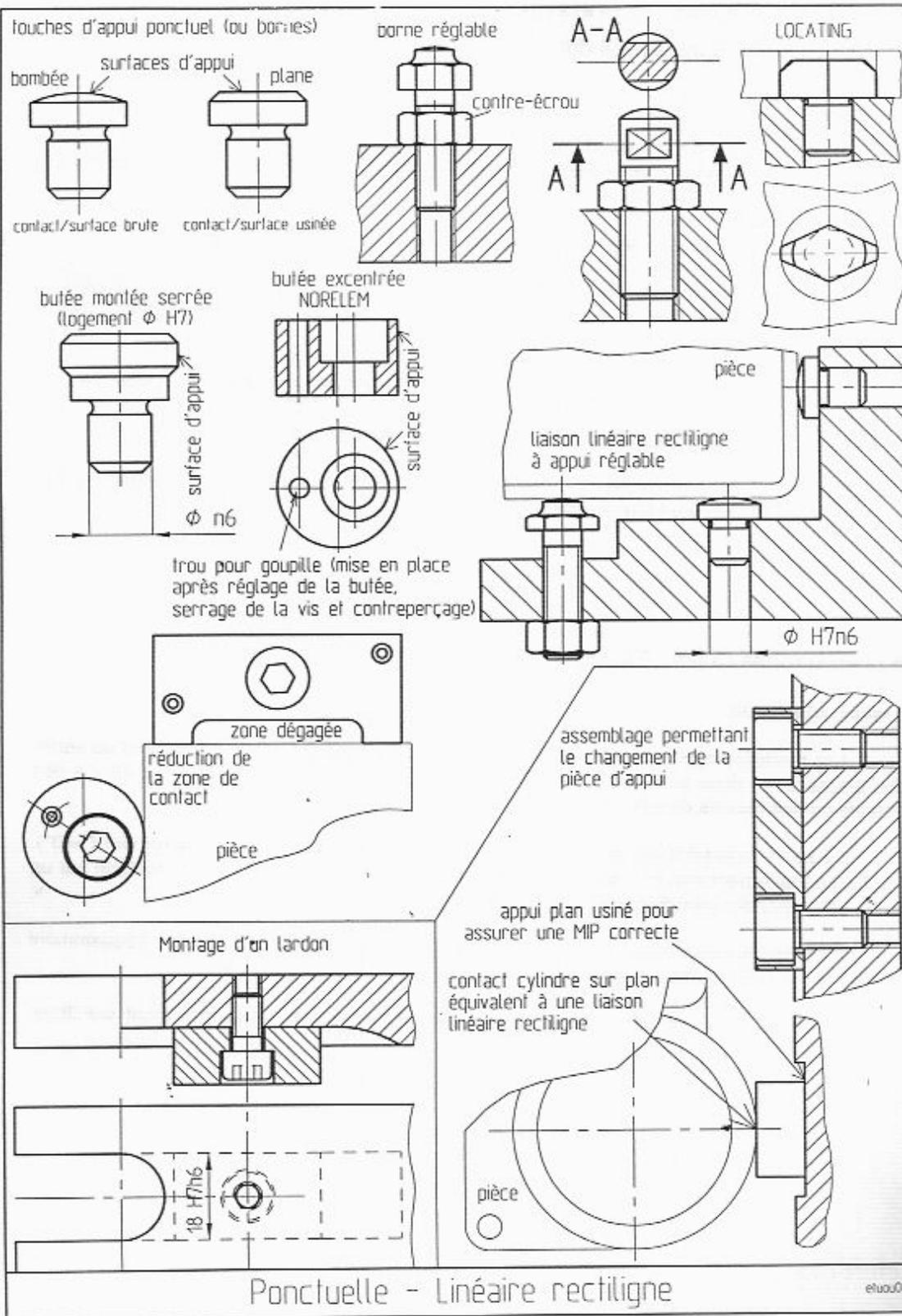
(autre représentation)



métaux durs : $J = 1,5 d$
 métaux tendres : $J = 2 d$



Assemblages par éléments filetés



1°) **Conception des liaisons.** (*en italique, les termes courants en productique*)

▀ Liaison ponctuelle (5 ddl : 2 trans., 3 rot.) :

.butée, touche, locating...

Pour permettre la maintenance des montages d'usinage, les divers points d'appui sont constitués d'éléments démontables. Les butées ou les bornes sont montées serrées ou vissées en association avec un contre-écrou). Cette dernière solution permet le réglage en longueur de l'élément rapporté puis le freinage de la vis pour éviter son desserrage. On associe deux ou trois bornes pour former un vè, un alignement, un appui plan...etc. (voir exemples pages suivantes).

Remarque : la gorge de dégagement usinée sous la tête d'appui de la touche permet un parfait emboîtement. La surface d'appui est ainsi mise en place avec précision.

Dans certains cas, on utilise une butée dégagée ou « locating ». Ce type de butée est associé à un centreur court et un appui plan pour éliminer la rotation de la pièce (voir « liaison réaire annulaire »).

▀ Liaison linéaire rectiligne (4 ddl : 2 trans., 2 rot.) :

.orientation, alignement...

Exemples de réalisation :

* deux ponctuelles : bloc d'appui dont la zone centrale est dégagée, deux lardons s'engageant dans une rainure.

* une « règlette » : contact sur un parallélépipède long et étroit

* le contact d'un cylindre sur un plan assure également ce type de liaison.

Remarquez la liaison complète de la plaque d'appui rapportée, simplement maintenue par vis, les pieds (ou goupilles) de positionnement étant inutiles dans ce cas de figure (plans parallèles).

● Liaison linéaire annulaire (4 ddl : 1 trans., 3 rot.) :

...centrage court, vés court...

Le centrage sur un $\emptyset d$ est dit « court » lorsque la longueur L de centrage est inférieure au quart de ce diamètre. Cette valeur est bien entendu à moduler en fonction du jeu de l'emboîtement.

Les figures montrent :

- deux types de vés (avec ou sans touches rapportées, emboîté entre plans ou piété),
- deux types de centreurs (serré ou démontable); cette deuxième solution est plus coûteuse mais peut s'utiliser pour les grandes séries entraînant une usure du montage.

Le dispositif à deux centreurs, centreur court et locating, associé à un appui plan, permet la M.I.P. isostatique d'une pièce : 3 degrés éliminés par l'appui plan, 2 par le centreur et 1 par le locating. Le calcul des cotes de cet assemblage est étudié au chapitre V.

Remarque : des guidages en rotation sur palier lisse étroit (ou avec jeu large) ou sur roulement type BC peuvent former une liaison linéaire annulaire.

● Liaison rotule (3 ddl : 0 trans., 3 rot.) :

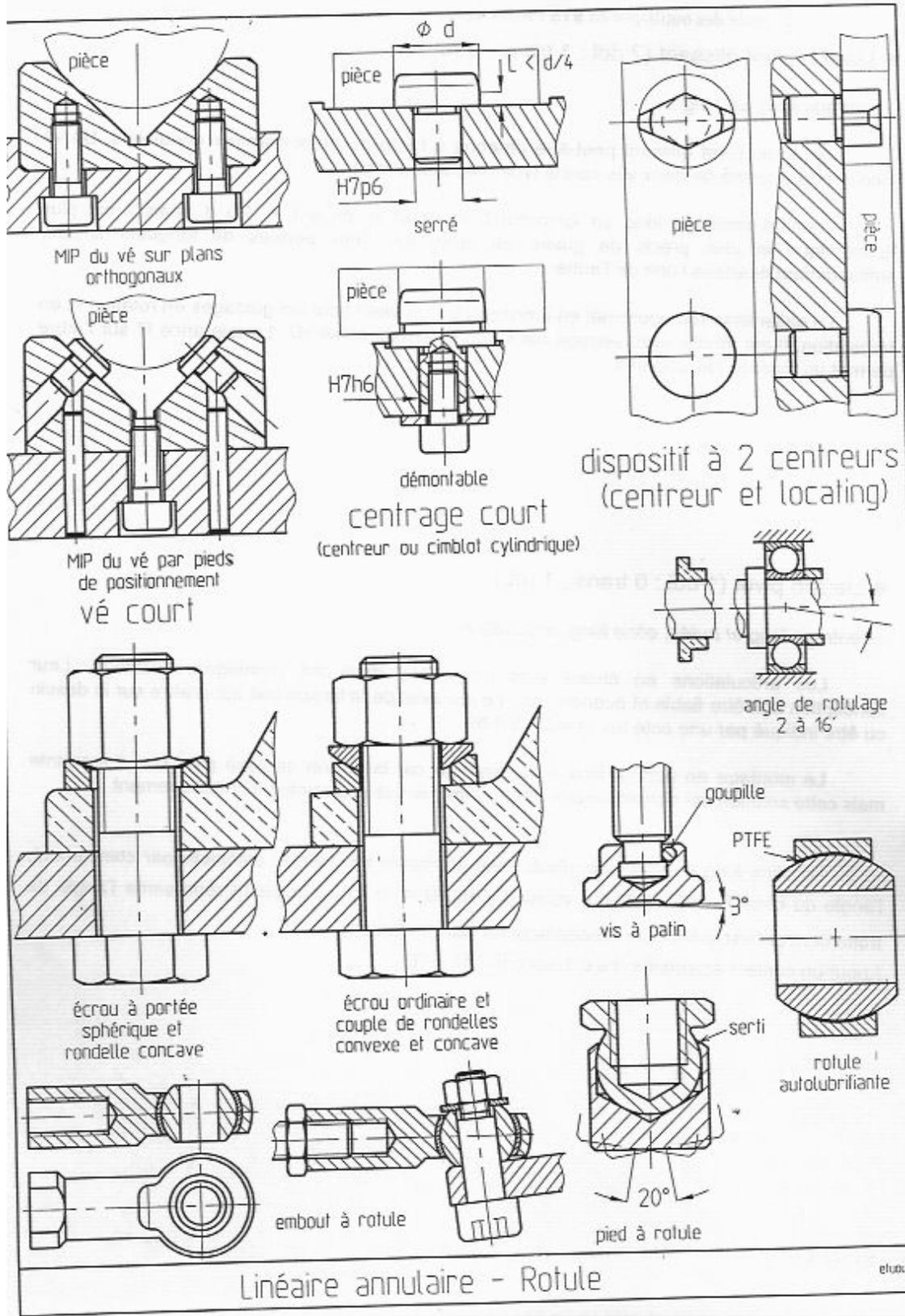
...rotule, cône court...

Les rondelles convexes et concaves, les écrous à portée sphérique permettent de serrer des pièces entre deux plans non parallèles, lorsque les formes sont coniques ou s'il y a des défauts ou des risques de déformation.

Le patin, maintenu par goupille à l'extrémité d'une vis, peut osciller légèrement ($\approx 3^\circ$). Pour un débattement plus important, il faut utiliser un pied à rotule (application : bridage sur un plan non perpendiculaire à l'axe de la vis de serrage).

La rotule autolubrifiante et l'embout à rotule sont des éléments standards fréquemment utilisés pour les extrémités de biellette de transmission, de tige de vérin...etc.

Remarque : un emmanchement conique de faible longueur peut également constituer une liaison rotule.



Linéaire annulaire - Rotule

- Liaison pivot glissant (2 ddl : 1 trans., 1 rot.) :

...centrage long, vé long...

La liaison pivot glissant peut-être obtenue à l'aide de deux linéaires annulaires. Un vé long est donc formé de deux vés courts (voir précédemment).

Pour un centrage long de longueur L et de $\varnothing d$, on a $L > 1,5 d$. Mais il est plus économique et plus précis de guider un arbre sur deux portées de longueur limitée, suffisamment écartées l'une de l'autre.

Le palier lisse (ou coussinet en bronze fritté) convient pour les guidages en rotation et en translation. Il est monté avec serrage dans son logement alésé H7. La tolérance f7 sur l'arbre permet un léger jeu fonctionnel.

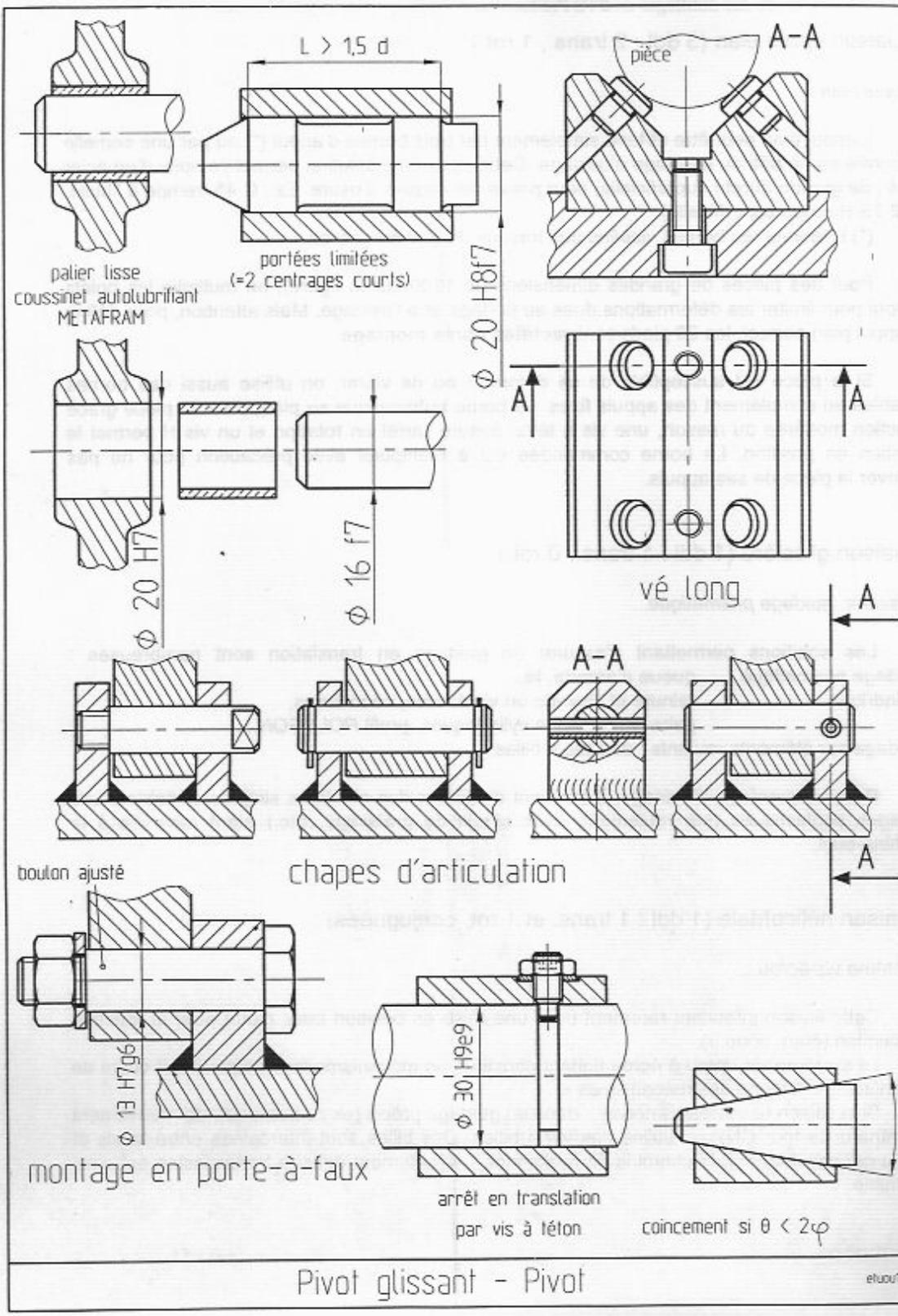
- Liaison pivot (1 ddl : 0 trans., 1 rot.) :

...centrage long et butée, cône long, articulation...

Les articulations en chape sont fréquentes dans les montages d'usinage. Leur conception doit être fiable et économique. Le jeu axial de la liaison doit apparaître sur le dessin ou être indiqué par une cote (ex : $j = 0,2$ à $0,5$).

Le montage en porte-à-faux est moins sûr car la flexion de l'axe peut être importante mais cette solution est parfois rendue nécessaire par des contraintes d'encombrement.

Le cône long constitue un pivot. Pour permettre une liaison complète par coincement, l'angle du cône θ doit avoir une valeur faible : $\theta < 2 \varphi$. L'angle φ représente l'angle de frottement et f est le facteur de frottement tel que $\tan \varphi = f$
(pour un contact acier/acier, $f \approx 0,1$ donc $\theta \approx 11,4^\circ$).



► Liaison appui plan (3 ddl : 2 trans., 1 rot.) :

...appui plan...

L'appui plan peut être obtenu simplement par trois bornes d'appui (*) ou par une semelle apportée sur le bâti du montage d'usinage. Cette deuxième solution permet l'emploi d'un acier traité, de grande dureté superficielle, pour pallier les risques d'usure. Ex : C 45 trempé à l'huile, 42 TS (trempé superficielle).

(*) Réserver les bornes vissées aux travaux de grandes séries.

Pour des pièces de grandes dimensions (\varnothing 1200 sur la figure), on multiplie les points d'appui pour limiter les déformations dues au bridage et à l'usinage. Mais attention, pour définir un appui plan correct, les 20 pieds sont **rectifiés après montage**.

Si la pièce est susceptible de se déformer ou de vibrer, on utilise aussi des bornes réglables en complément des appuis fixes. La borne automatique se plaque sur la pièce grâce à l'action modérée du ressort, une vis à téton assure l'arrêt en rotation et un vis H permet le maintien en position. La borne commandée est à manipuler avec précaution pour ne pas soulever la pièce de ses appuis.

► Liaison glissière (1 ddl : 1 trans., 0 rot.) :

...glissière, guidage prismatique...

Les solutions permettant d'assurer un guidage en translation sont nombreuses :

guidage prismatique : queue d'aronde, té...
 cylindrique : rainure et clavette ou vis à téton, cannelures,
 paire de colonnes cylindriques, profil POLYGON...
 guidage sur éléments roulants : douilles à billes.

Pour un montage d'usinage, il convient d'adopter des solutions simples et fiables. Les guidages sophistiqués (sur roulement, avec circuit de graissage...etc.) étant réservés à la machine-outil.

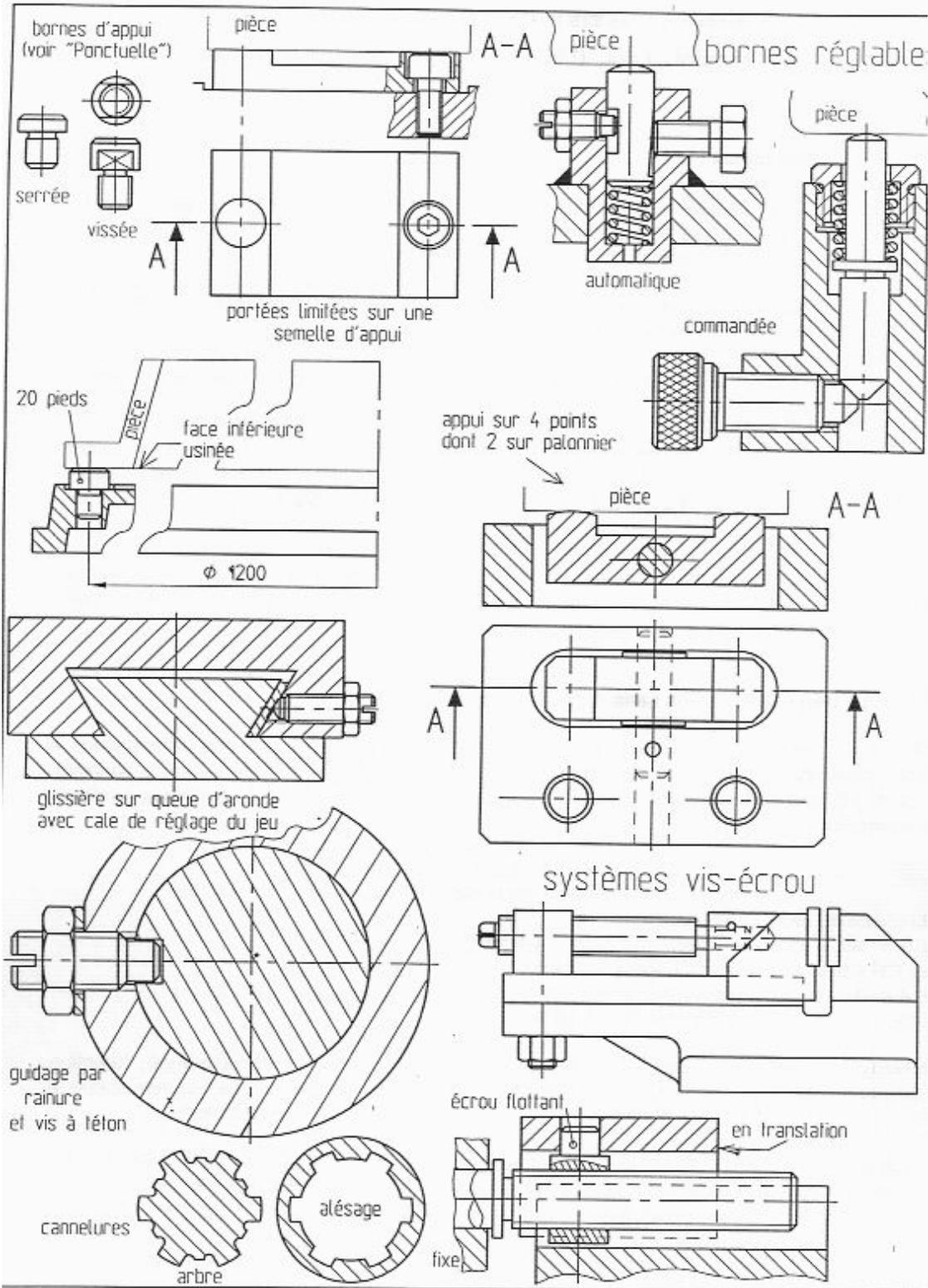
Liaison hélicoïdale (1 ddl : 1 trans. et 1 rot. conjuguées) :

système vis-écrou...

Cette liaison intervient rarement pour une mise en position mais plutôt pour la fonction de maintien (étai, bride...).

Le système vis-écrou à écrou flottant constitue un mécanisme isostatique (voir cours de mécanique : « Théorie des mécanismes »).

Si la liaison hélicoïdale intervient dans un guidage précis (ex : commande de mouvement de traînard de tour CN), on utilise des vis à billes. Des billes sont intercalées entre la vis et l'écrou qui constituent des chemins de roulement. Le frottement dans la transmission est ainsi très faible.



Appui plan - Glissière - Hélicoïdale

● Liaison encastrement (0 ddl : 0 trans., 0 rot.) :

...liaison complète...

Liaisons démontables :

L'appui plan associé à deux pieds de positionnement est très souvent employé. Il permet le démontage et la remise en place avec une parfaite reproductibilité. Sur la figure, les pieds sont serrés dans la pièce inférieure et glissants dans l'autre pièce. Le perçage est débouchant.

Le montage avec appui plan et centrage court ne nécessite qu'un seul pied. H7g6 est un ajustement avec jeu modéré pour un centrage précis.

La goupille **NORELEM** taraudée s'emboîte avec serrage. Le taraudage permet le vissage d'un extracteur.

Les vis épaulées ajustées présentent un des rares cas de positionnement par vis. Ce type de vis n'est pas disponible en standard et doit donc être fabriqué spécialement. Une vis standard ne permet pas une mise en position précise, même si elle comporte une partie lisse non filetée (ce Ø n'étant absolument pas calibré).

La mise en position sur trois appuis plans orthogonaux est efficace même si elle peut paraître hyperstatique. En fait, la faible étendue de certains de ces plans conduit à considérer cette M.I.P. comme une M.I.P. classique : appui plan, orientation et butée.

Liaisons non démontables sans détérioration :

Soudage : les procédés de soudage conventionnels entraînent de grandes déformations et une modification locale de la structure des matériaux soudés. Il est donc exclu de concevoir une M.I.P. correcte sans usiner les surfaces d'appui **après soudage**. Les métaux employés doivent être compatibles avec ce procédé.

Exemples : - aciers à faible teneur en carbone type S ou E,
- aciers inox si %C < 0,05 %,
- aciers C et faiblement alliés si %C faible : C 22.

Méthode du carbone équivalent CE :

$$CE = \%C + \%Mn / 6 + \%Ni / 15 + \%Mo / 4 + \%Cr / 5 + \%Cu / 13$$

si CE < 0,4 : parfaitement soudable.

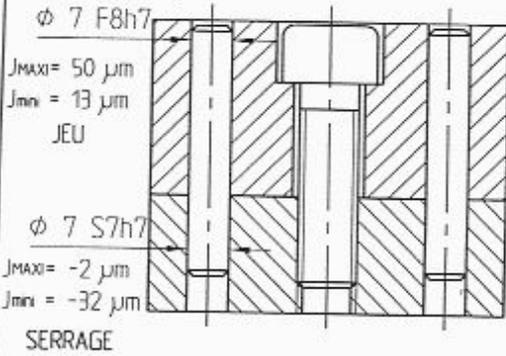
0,4 < CE < 0,7 : moyennement soudable (préchauffage de 100 à 400 °C).

CE > 0,7 : difficilement soudable

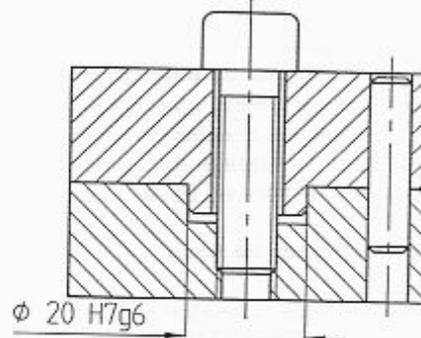
Serrage : il suffit d'indiquer un ajustement ou la valeur du serrage recommandé. Attention, l'obtention de cotes de faible intervalle de tolérance est coûteux. Les emmanchements fortement serrés (fretage) provoquent des contraintes importantes dans les pièces.

Collage : ce procédé à l'avantage de préserver la structure des matériaux assemblés. Indiquer sur le dessin la référence de la colle employée et l'épaisseur du joint de colle. Prévoir un jeu dans l'assemblage pour ce joint.

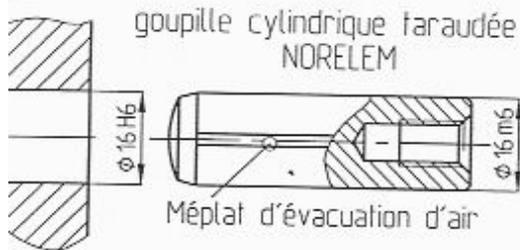
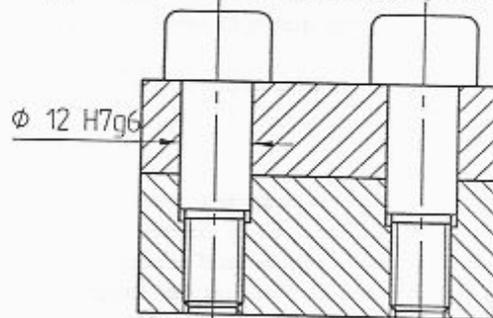
Appui plan et deux pieds de positionnement



Appui plan, centrage court et un seul pied

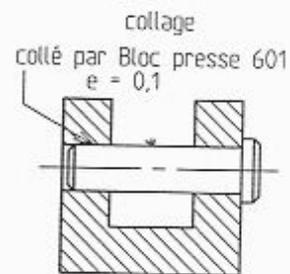
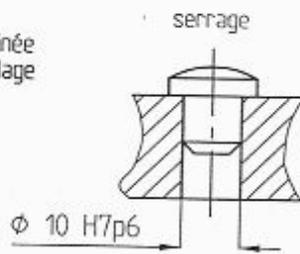
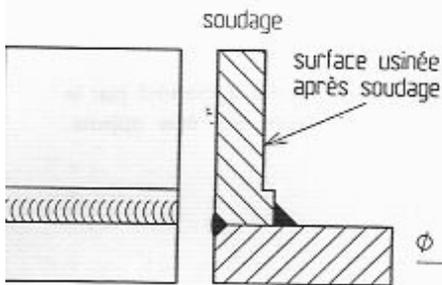
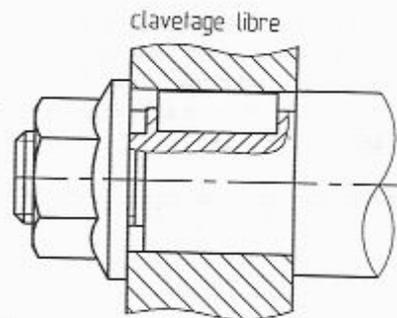
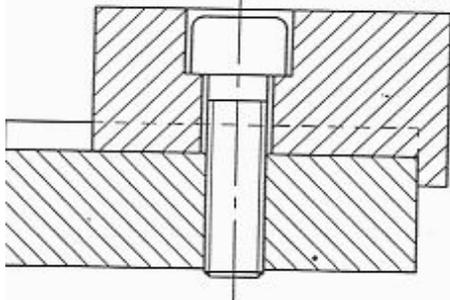


appui plan et vis épaulées ajustées



Attention ! Une vis standard ne permet pas une mise en position précise.

Trois appuis sur plans orthogonaux



Encastrement

3°) Les systèmes de bridage.

Quelques règles :

Le mécanisme de maintien en position doit s'opposer aux efforts de coupe. Il faut donc avoir évalué ces efforts (voir Ch.V : Calculs...) pour, ensuite, choisir le système de bridage adapté et définir les couples de serrage.

L'action de bridage doit toujours être dirigée vers les appuis de la pièce pour éviter tout risque de décollement ou de modification de mise en position.

Visserie, éléments de base :

Vis à œil, écrous à portée sphérique, rondelles concaves ou convexes sont couramment utilisés (voir par exemple la fiche « Rotule »).

La rondelle fendue amovible : elle permet le dégagement d'une pièce sans enlèvement de l'écrou. Veiller à ce que le \varnothing extérieur de l'écrou soit inférieur au \varnothing de l'alésage de la pièce.

La rondelle fendue pivotante : elle présente l'avantage de rester en place sur le montage.

Brides simples :

Les brides coulissantes, articulées ou pivotantes existent en standard chez de nombreux fabricants d'outillage. Elles conviennent à une majorité de montages d'usinage, lorsque les problèmes d'accessibilité ou d'encombrement ne se posent pas. Le serrage s'effectue souvent par clé, parfois à la main ou par l'intermédiaire d'un vérin. Le blocage par excentrique (ou came) permet une manoeuvre rapide à condition d'avoir effectué le réglage préalable en hauteur (voir page 16).

remarques :

N'hésitez pas à dessiner la bride dans ses deux positions extrêmes :

- en vue traditionnelle, en coupe ou non, dans la position de travail (serrage),
- en traits mixtes fins à deux tirets, contour seul, dans la position dégagée.

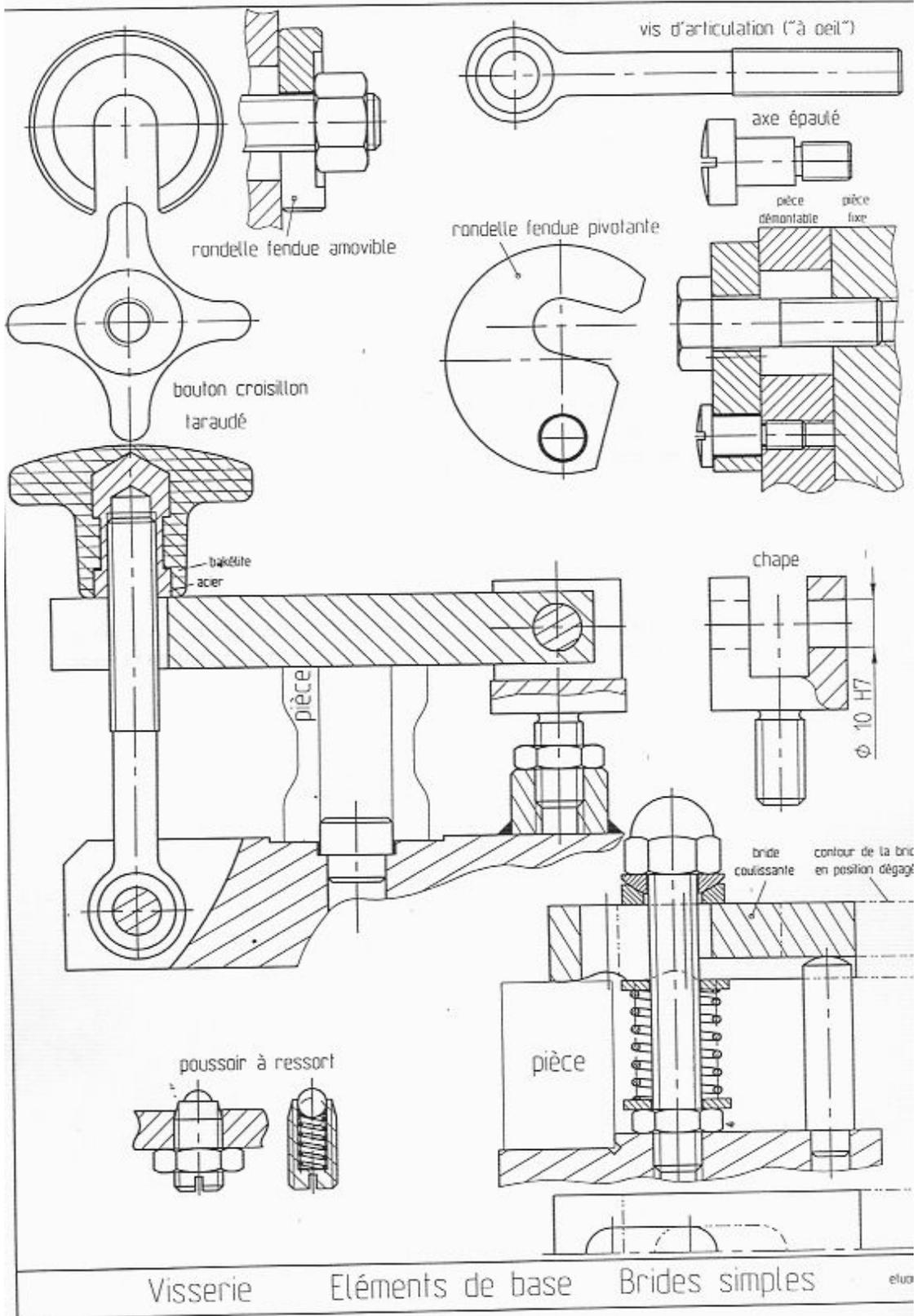
Ceci permet de montrer le bon fonctionnement du mécanisme, sans interférences (collisions avec des pièces voisines).

N'oubliez pas de placer un ressort sous la bride pour la maintenir en place après démontage de la pièce.

Poussoir à ressort :

Cet accessoire ne permet pas le bridage de la pièce car l'effort presseur engendré par le ressort est faible, mais il aide l'opérateur à placer la pièce correctement sur ses appuis. Il s'agit de la fonction de **pré-positionnement**.

Le poussoir est ici vissé et maintenu par un contre-écrou Hm.



Crochet de bridage :

Ce dispositif est très compact. La bride peut se dégager de la pièce en pivotant autour de son axe. Le serrage est obtenu par vissage d'une vis CHC dans un logement soudé mais d'autres solutions sont envisageables. Pour un bon fonctionnement, le crochet bride doit être guidé dans un alésage ($\varnothing 25$ H9 sur le dessin).

Crampon plaqueur :

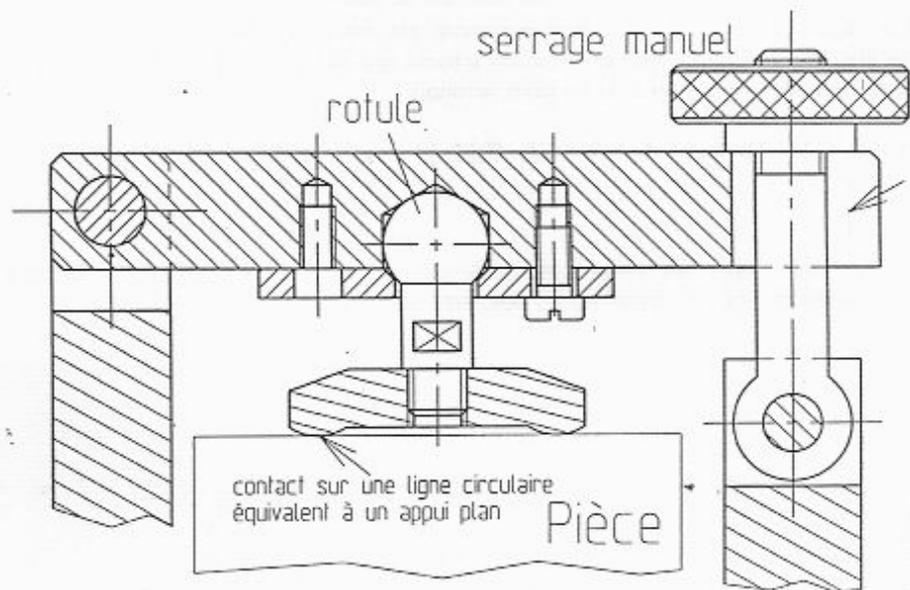
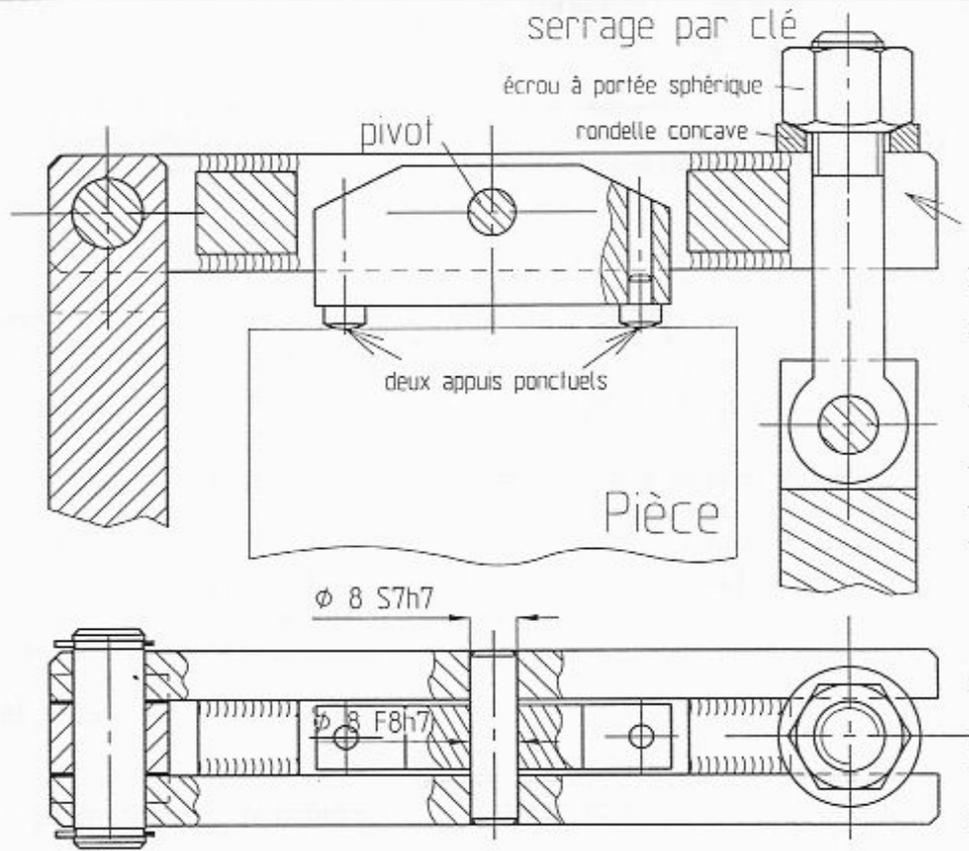
Il permet le maintien de la pièce plaquée sur ses appuis, par deux actions combinées, horizontale et verticale. De plus, grâce à son faible encombrement, il libère complètement la face supérieure de la pièce, autorisant ainsi son surfaçage total. On utilise en général plusieurs éléments judicieusement répartis autour de la pièce.

Bridage oblique :

La fonction est ici la même que celle du crampon plaqueur mais l'effort de bridage peut être plus élevé grâce à des éléments de plus forte section. Les vis, écrous, rondelles et ressorts sont standards.

A remarquer sur le dessin en bas à gauche :

- la liaison encastrement avec axe $\varnothing 8$ f7 strié (ou moleté),
- la mâchoire rapportée démontable en cas d'usure,
- le guidage en translation par association cylindre-plan.



Palonniers de maintien

Palonnier de maintien :

Le mécanisme de maintien à palonnier permet de répartir l'effort de serrage en deux points ou sur une surface étendue, tout en restant isostatique. L'élément d'appui, le palonnier, est articulé par rapport au levier de la bride et peut donc pivoter pour s'adapter à la pièce à maintenir.

Les dessins ci-contre représentent deux mécanismes assez voisins.

On remarquera dans le premier, la conception mécano-soudée du levier, les touches d'appui rapportées et le maintien des axes d'articulation par anneaux élastiques ou par serrage.

d'après le cours de *théorie des mécanismes* : $h = m_u + m_l + \sum n_s - 6.(n-1)$

pièces :	bâti + pièce, levier bride, palonnier, vis à oeil + écrou.	$n = 4$
liaisons :	bâti + pièce, levier bride	: pivot ($n_s = 5$)
	palonnier, levier bride	: pivot ($n_s = 5$)
	bâti + pièce, vis à oeil + écrou	: pivot ($n_s = 5$)
	levier bride, vis à oeil + écrou	: ponctuelle ($n_s = 1$)
	bâti + pièce, palonnier	: 2 ponctuelles ($n_s = 2 \times 1$)

$$\text{Soit : } \sum n_s = 3 \times 5 + 3 \times 1 = 18$$

les mobilités sont nulles $m_u = 0$ $m_l = 0$

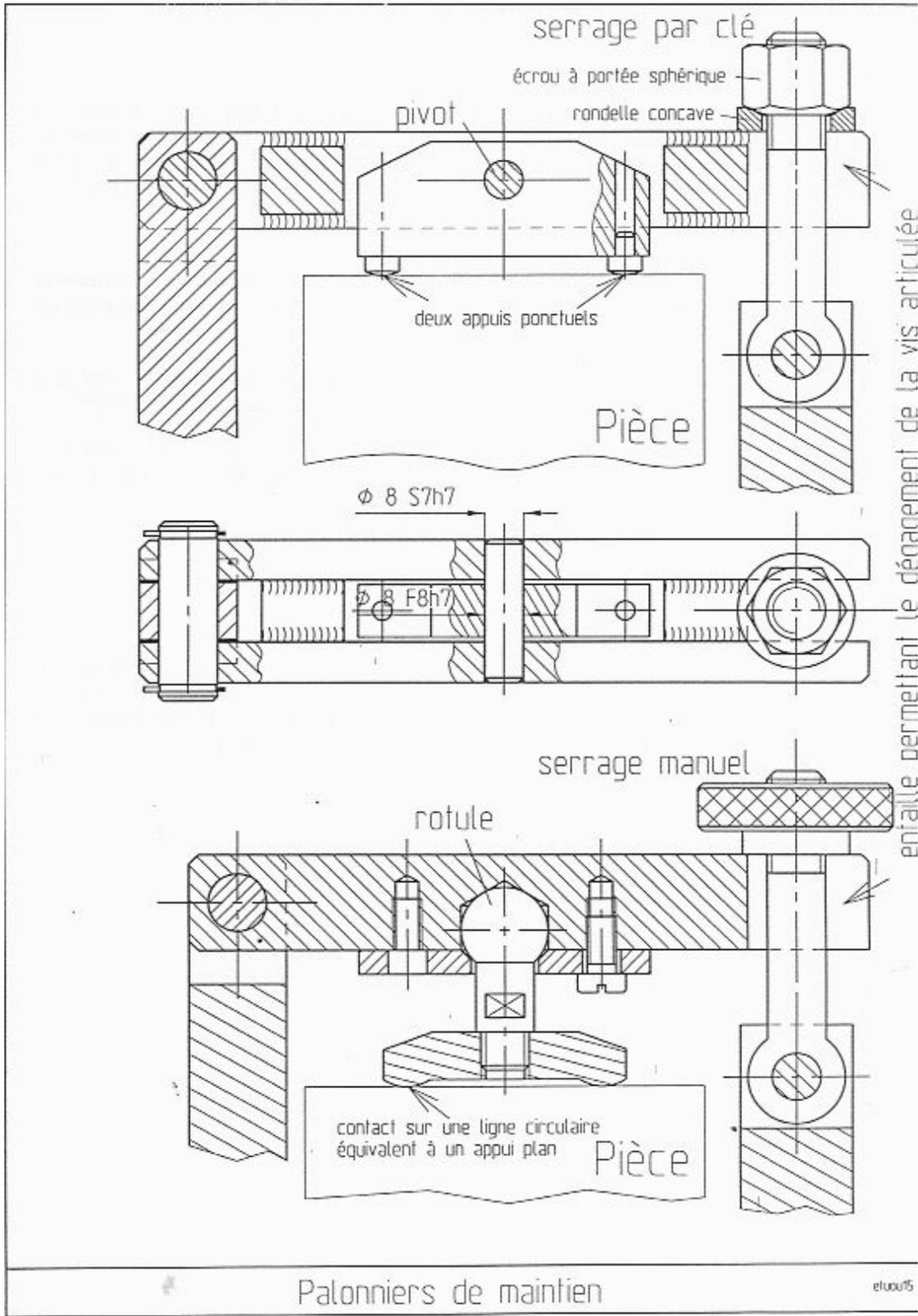
$$\text{d'où } h = 0 + 0 + 18 - 6.(4-1) = 0$$

le mécanisme est isostatique.

Dans le deuxième exemple, l'appui plan sur la pièce ($n_s = 3$) impose un degré supplémentaire par rapport au pivot. Mais la liaison choisie est une rotule ($n_s = 3$). Il y a donc « surabondance de liberté » et on obtient une mobilité interne qui est une rotation du palonnier autour de l'axe perpendiculaire au plan d'appui (axe vertical).

$$h = 0 + 1 + (5 + 3 + 5 + 1 + 3) - 6.(4-1) = 0 \quad \text{le mécanisme est isostatique.}$$

Remarque : dans les deux cas, le levier est entaillé à une extrémité pour permettre le basculement de la vis à oeil après desserrage de l'écrou.



Systèmes de bridage à serrage rapide :

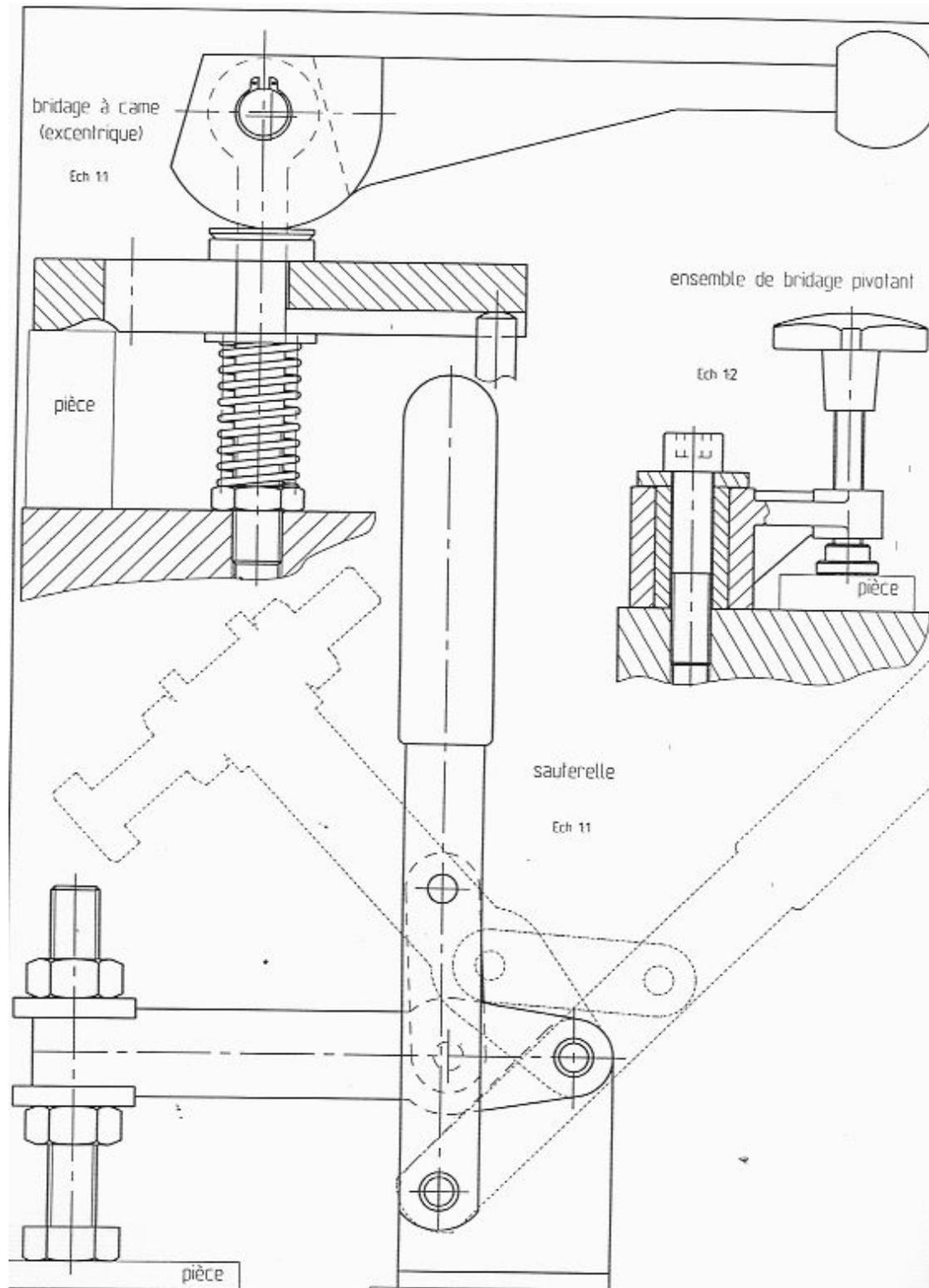
Bridage à came : le levier à excentrique permet le serrage ou le desserrage en quelques dizaines de degrés de rotation. Un réglage préalable en hauteur est nécessaire pour permettre le blocage d'une série de pièces de cotes très voisines avec répétitivité satisfaisante de l'effort presseur. Un inconvénient : le mécanisme augmente sensiblement l'encombrement d'une bride classique à serrage par écrou.

Bridage pivotant : quelques tours de l'écrou croisillon à vis, suivis du pivotement de l'ensemble suffisent pour dégager la pièce. L'opération est rapide mais la faiblesse de l'effort presseur entraîne souvent l'utilisation de deux ou trois ensembles pour brider une même pièce.

Sauterelle : « Les sauterelles dont la surmultiplication de l'effort est basée sur le système à genouillère garantissent le verrouillage en position serrage par le dépassement de l'alignement des trois axes d'articulation. L'utilisation des sauterelles donne un résultat optimal sur les dispositifs de perçage, de soudage, de moulage, de rectification, de contrôle, mais aussi dans l'industrie du bois où chaque serrage doit être réglable afin de ne pas engendrer de déformations excessives... » (NORELEM).

Autres systèmes de bridage :

En consultant les ouvrages spécialisés tels que le « Guide du technicien en productique » de A. CHEVALIER et J. BOHAN ou le « Précis de Construction Mécanique » tome 2, (méthodes, fabrication et normalisation) vous trouverez des systèmes de bridage plus complexes, à actions combinées, à commande pneumatique ou hydraulique,...etc.



Systemes de maintien à serrage rapide

La conception d'un porte-pièce spécifique ou « montage d'usinage » intervient lorsque les dispositifs standards (étau, mandrin...etc.) ne peuvent répondre à un besoin particulier d'usinage dans le respect des spécifications de définition de la pièce.

Le contrat de phase indiquant la mise en position et le maintien de la pièce fait clairement apparaître ce besoin. Les données de production (cadence, série...) permettent d'orienter la conception suivant des critères d'économie et de fiabilité.

1°)

Méthode de travail :

Pour concevoir un montage, il faut disposer des informations suivantes :

- le **dessin de définition** de la pièce,
- la **gamme de fabrication** permettant de situer la phase considérée,
- le **contrat de phase**, (voir exemple chapitre I, 2°)
- un **dossier technique de la machine** précisant par exemple la taille et la position des aînures de la table, la capacité du mandrin, la hauteur entre la broche et la palette-support, les courses...etc.,
- un **dossier technique des outils** indiquant leur encombrement.

Comme pour toute étude de conception, il est rare que l'auteur parvienne à la solution idéale dès les premiers coups de crayon sur un grand calque vierge. Il est donc nécessaire de commencer une étude d'outillage par une série de **schémas et croquis à main levée**, exécutés rapidement, et permettant de mettre en évidence les principaux problèmes de cinématique et d'encombrement que pose le montage.

Celui-ci doit répondre à un certain nombre de critères et vous oblige à vous poser des questions incontournables...

critère de **fonctionnement** :

- La mise en position de la pièce est-elle assurée en respectant le contrat de phase ?
- Le maintien en position est-il correct lui aussi ?
- Peut-on monter et démonter la pièce ?
- Les mouvements nécessaires sont-ils vraiment possibles ?
- L'outil peut-il usiner la pièce sans endommager le montage ?

critère **économique** :

- Pas d'usinages inutilement sophistiqués ? (alésage précis non débouchant, cote au μm , cannelures, trous carrés...etc.)
- Positionnement et bridage par éléments standards ou faciles à réaliser.
- Nombre de pièces limité, assemblage simple (ce n'est ni un puzzle ni une maquette !).

Méthode de travail : (suite)

Lorsque le projet est suffisamment décrit et que son fonctionnement semble satisfaisant par rapport aux critères énoncés, vous pouvez commencer la description sur calque en respectant les règles usuelles du dessin technique et en affinant vos choix de conception, guidé par des critères d'économie, de **sécurité**, d'**ergonomie**, de **précision** et de **fiabilité**.

Critère économique :

Évitez les usinages sophistiqués : cote au μm , courbes « artistiques » sans intérêt, surfaces usinées sans fonction...etc.

Assemblez par soudage pour limiter les épaisseurs de brut et les usinages.

Utilisez des matériaux courants : S 235, E 335, C 22, C 35....

Critère de sécurité :

Évitez les angles vifs : chanfreiner.

Utilisez de la visserie de diamètre suffisant (M8 minimum en bridage).

Critère d'ergonomie :

Facilitez les tâches de l'opérateur : mise en position et bridage de la pièce, entretien.

Évitez la multiplication de « pièces éparpillables » (écrous, rondelles...).

Utilisez des repères, des détrompeurs, des organes de pré-positionnement.

Limitez la masse du montage ou prévoyez l'accrochage du palan.

Critère de précision :

Soignez la rigidité de votre montage : évitez les porte-à-faux importants, renforcez les bâtis par des nervures, limitez les « empilages » de pièces.

Vérifiez la cohérence des ajustements choisis avec les cotes à obtenir.

Critère de fiabilité :

Surveillez la qualité des assemblages et des guidages.

Permettez le remplacement des pièces d'usure, évitez les « nids à copeaux ».

Choisissez les matériaux adaptés; exemple : centreur en C 10 cémenté, trempé.

Préférez le serrage par écrou sur goujon à celui par vis dans un taraudage.

Enfin, dans un contexte de travail scolaire :

Calculez votre mise en page, tracez en rouge les contours de la pièce sur plusieurs vues, tracez à l'esquisse votre montage en commençant par le bâti et ses liaisons avec la machine.

Effectuez des coupes partielles ou totales et des vues annexes de détail. Évitez les tracés d'arêtes cachées.

Indiquez les plans de coupe, placez les repères des pièces et dressez la nomenclature.

Effectuez la cotation d'aptitude à l'emploi en indiquant les cotes d'encombrement, les ajustements et les spécifications géométriques imposés par les cotes du dessin de définition de la pièce.

Tracez si possible les silhouettes des outils en positions extrêmes.

2°) Exemple de porte-pièce spécifique :
un montage de perçage.

(référence : MONTAGES D'USINAGE Eléments d'étude par R. Pazot, éditions DESFORGES)

Ce montage permet l'exécution de six trous $\varnothing 5$ placés à 60° sur le pourtour d'une pièce cylindrique.

On doit lancer la fabrication par séries de 500 pièces par mois pendant 5 ans.

La faiblesse des cadences a orienté le concepteur vers une solution simple et robuste permettant le remplacement des canons de perçage après usure (pour 11 mois de production par an, cela représente tout de même 27 500 pièces à réaliser).

La principale difficulté de cette étude est la cinématique à adopter pour permettre le déplacement précis de la pièce sur le montage et le perçage successif des 6 trous.

On a donc fabriqué une sorte de « mini diviseur » : le doigt indexeur 12, poussé par le ressort 11 et manoeuvrable à la main grâce à la poignée 9, s'engage dans des alésages coniques disposés tous les 60° sur la couronne 15.

La pièce est mise en position par centrage court et appui plan sur le centreur 3. Il n'y a pas d'arrêt en rotation. Le centreur peut pivoter autour de son axe, guidé par un coussinet autolubrifiant 4. On remarquera le maintien en position par écrou 20, goujon 2 et rondelle fendue amovible 19.

Le bâti support 1 est en acier assemblé par soudage (procédé économique).

La couronne 15 et le bâti sont deux pièces distinctes et séparables. Ceci permet :

- la fabrication délicate de la couronne dans un acier de grande qualité * en consommant le minimum de matière,
- le remplacement en cas d'usure.

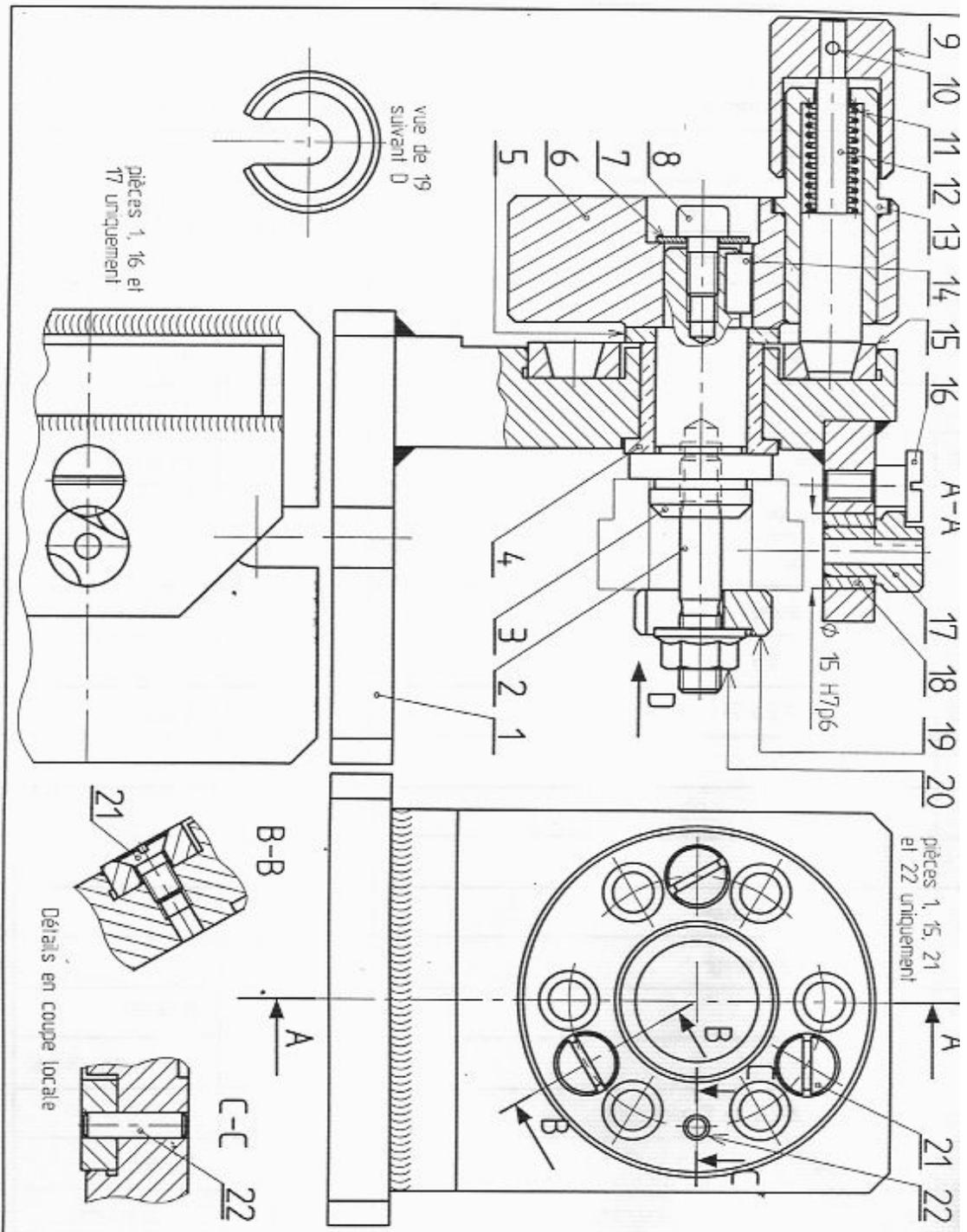
* 35 Cr Mo 4 : acier faiblement allié 0,35% de carbone 1% de chrome et moins de 1% de molybdène.
R min = 1080 MPa et Re min = 930 MPa. (ancienne désignation : 35 CD 4)

remarques :

La définition du projet est incomplète car il manque :

- la cotation d'aptitude à l'emploi,
- la liaison montage/machine,
- les outils (facultatif dans ce cas très simple).

Les pages 21 à 27 et les dessins associés montrent sept montages types classés suivant la mise en position et la forme générale de la pièce. Ce ne sont pas des montages industriels mais ils regroupent les situations les plus courantes de prise de pièce et de nombreuses solutions techniques de mise en position, bridage, assemblage...etc.



Ech: 1:1	MONTAGE DE PERCAGE Ensemble complet	NOM: S.M.
		CLASSE:
A4H	LYCEE DURZY 45702 VILLEMANDEUR	17/12/97 Doc 1/2

22	1	Pied de positionnement \varnothing 5	C 100	Stubs
21	3	Vis FS M6-12	C 35	
20	1	Ecrou à embase, H M8	C 35	Norelen
19	1	Rondelle fendue amovible \varnothing 8	C 35	Norelen
18	1	Douille	C 65	
17	1	Canon de perçage \varnothing 5	40 Cr Al Mo 6	Nitruré HRC 63
16	1	Vis arrêtair M6-10	S 275	
15	1	Couronne diviseur	35 Cr Mo 4	Tr. Rev. R=120 hbar
14	1	Clavette parallèle, forme A, de 12 x 5 x 5	C 45	
13	1	Fourreau	C 35	
12	1	Doigt indexeur	C 10	Cém. Tr. Rev. HRC 60
11	1	Ressort D=9 \varnothing fil d = 1	C 80	
10	1	Goupille \varnothing 2 x 24	C 100	Stubs
9	1	Poignée	C 22	
8	1	Vis CHC M6-12	C 35	
7	1	Rondelle	C 60	
6	1	Volant de manoeuvre	C 35	
5	1	Rondelle de réglage	Cu Sn 8 P	
4	1	Coussinet	BP 25	METAFRAM
3	1	Centreur	C 35	Cém. Tr. Rev. HRC 60
2	1	Goujon M8-35, km 12, classe 8.8	C 35	
1	1	Support	C 22 S	Stabilisé
Rp	Nb	Designation	Matiere	Observation

Ech: 1:1 	MONTAGE DE PERCAGE Nomenclature etuuu20		NOM: S.M.	
			CLASSE:	
A4V	LYCEE DURZY 45702 VILLEMANDEUR		10/09/98	Doc 2/2

3°)

Les principaux montages

classés en fonction de la mise en position et suivant la forme de la pièce.

Montage type 1 (appui plan prépondérant)

mise en position par appui plan, orientation linéaire rectiligne et butée ponctuelle

L'usinage est un fraisage combiné de deux plans perpendiculaires sur une pièce de fonderie. Le plan d'appui principal et le côté servant à l'alignement ont été usinés.

Description de la M.I.P. pièce/montage :

L'appui plan s'effectue sur une plaque d'usure rapportée, fixée par deux vis CHC. La zone centrale de la plaque a été fraisée pour réduire la surface de portée. L'alignement est réalisé par deux touches plates serrées dans un bloc parallélépipédique. Celui-ci est mis en position par deux pieds et maintenu par une vis. La butée, une touche bombée, est réglable. Elle est vissée dans un bloc soudé et bloquée par un contre-écrou. Deux méplats permettent d'utiliser une clé plate pour faciliter la manoeuvre.

Description du M.A.P. pièce/montage :

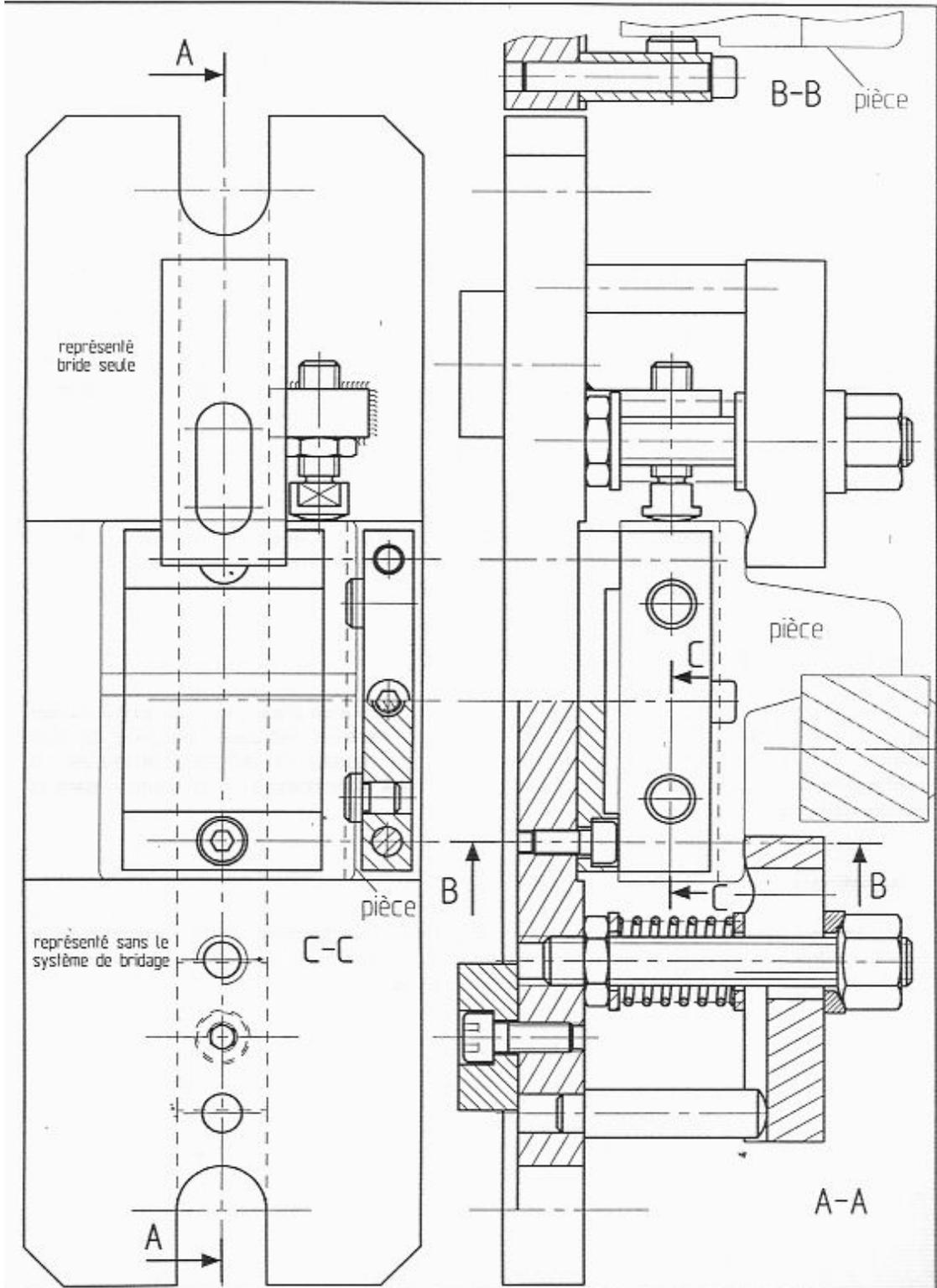
La pièce est maintenue par deux brides coulissantes identiques. On a utilisé des écrous à portée sphérique associés à des rondelles concaves et des tiges filetées bloquées par contre-écrous. Les appuis de brides sont montés serrés.

Description de la M.I.P. montage/machine :

Il s'agit d'un appui plan entre semelle et table et d'un alignement par deux lardons maintenus par vis et emboîtés dans une rainure.

Description du M.A.P. montage/machine :

Deux ouvertures « semi-oblongues » permettent le passage de boulons de fixation pour rainure en té.



appui plan, orientation linéaire rectiligne et butée ponctuelle

Montage type 2 (appui plan prépondérant)

mise en position par appui plan, centreur court et butée d'orientation angulaire

avec centrage sur l'extérieur

L'usinage est un alésage de précision réalisé dans une pièce de fonderie aux formes symétriques par rapport à un plan. Le plan d'appui principal a été usiné.

Description de la M I.P. pièce/montage :

La pièce est en appui plan direct sur la semelle du montage (la semelle a été réusinée après le soudage du bloc de butée). Un vé court réalise le centrage extérieur. Il est mis en position par appui plan et deux pieds de position. Il est maintenu par deux vis CHC. La butée d'orientation angulaire est réglable. Elle est constituée d'une vis de pression à téton bloquée par un contre-écrou.

Description du M A.P. pièce/montage :

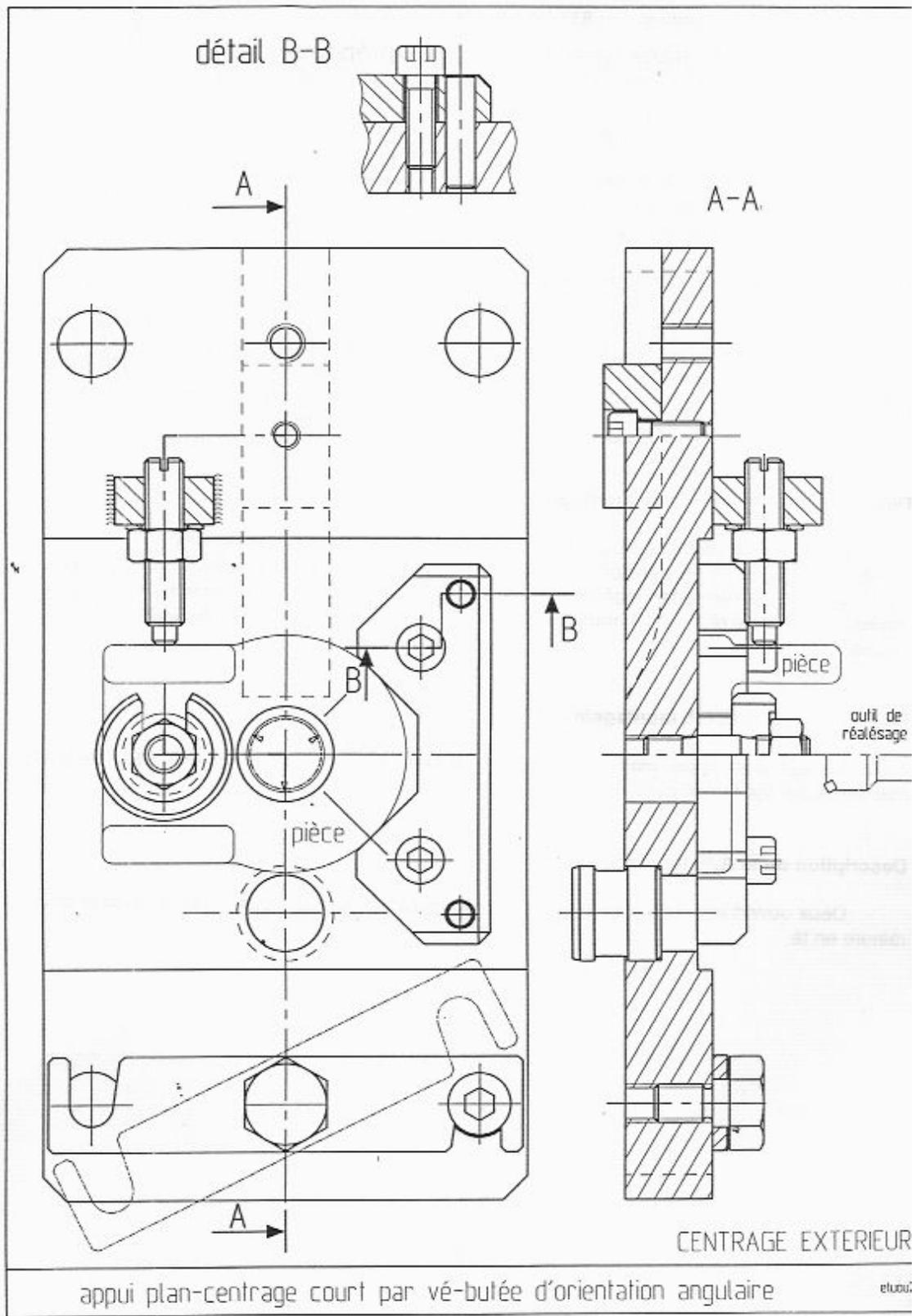
La pièce est maintenue par le serrage d'un écrou H sur un goujon traversant un alésage brut de la pièce (\varnothing alésage $>$ \varnothing écrou). Une rondelle fendue amovible permet le démontage rapide de la pièce sans dévisser complètement l'écrou.

Description de la M I.P. montage/machine :

Le montage est mis en position sur une palette grâce à un appui plan, un centreur court et un lardon d'orientation. La surface fonctionnelle du centreur est assez éloignée du plan d'appui pour correspondre aux formes de la palette. Sa hauteur est réduite pour réaliser un centrage court. Le lardon déborde faiblement pour faciliter le montage et le démontage dans la rainure de la palette.

Description du M A.P. montage/machine :

Le montage est fixé par 4 vis CHC vissées dans les taraudages correspondants de la palette (attention au respect des entraxes ...). Deux plaques entaillées pivotantes jouent ici le rôle de rondelles fendues avec l'avantage de rester en place sur le montage.



Montage type 3 (appui plan prépondérant) mise en position par appui plan, centreur court et locating

avec centrage sur l'intérieur

La pièce est un boîtier sur lequel on réalise un contournage intérieur permettant le centrage d'un couvercle. Deux alésages $\varnothing 24$ H7 et $\varnothing 10$ H9, usinés dans une phase précédente, sont les paliers de deux arbres à roues dentées.

Description de la M I.P. pièce/montage :

La pièce est en appui plan direct sur la semelle du montage (la semelle a été réusinée après le soudage des tubes de guidage des crochets). Un centreur cylindrique, ou cimblot, de $\varnothing 24$ g6, assure le centrage intérieur. Un petit centreur cylindrique de $\varnothing 10$ f8, le « locating », réalise l'arrêt en rotation. Ces deux centreurs sont mis en position par appui plan et centrage court dans la semelle. Il sont maintenus par serrage sur des \varnothing H7p6.

Description du M A.P. pièce/montage :

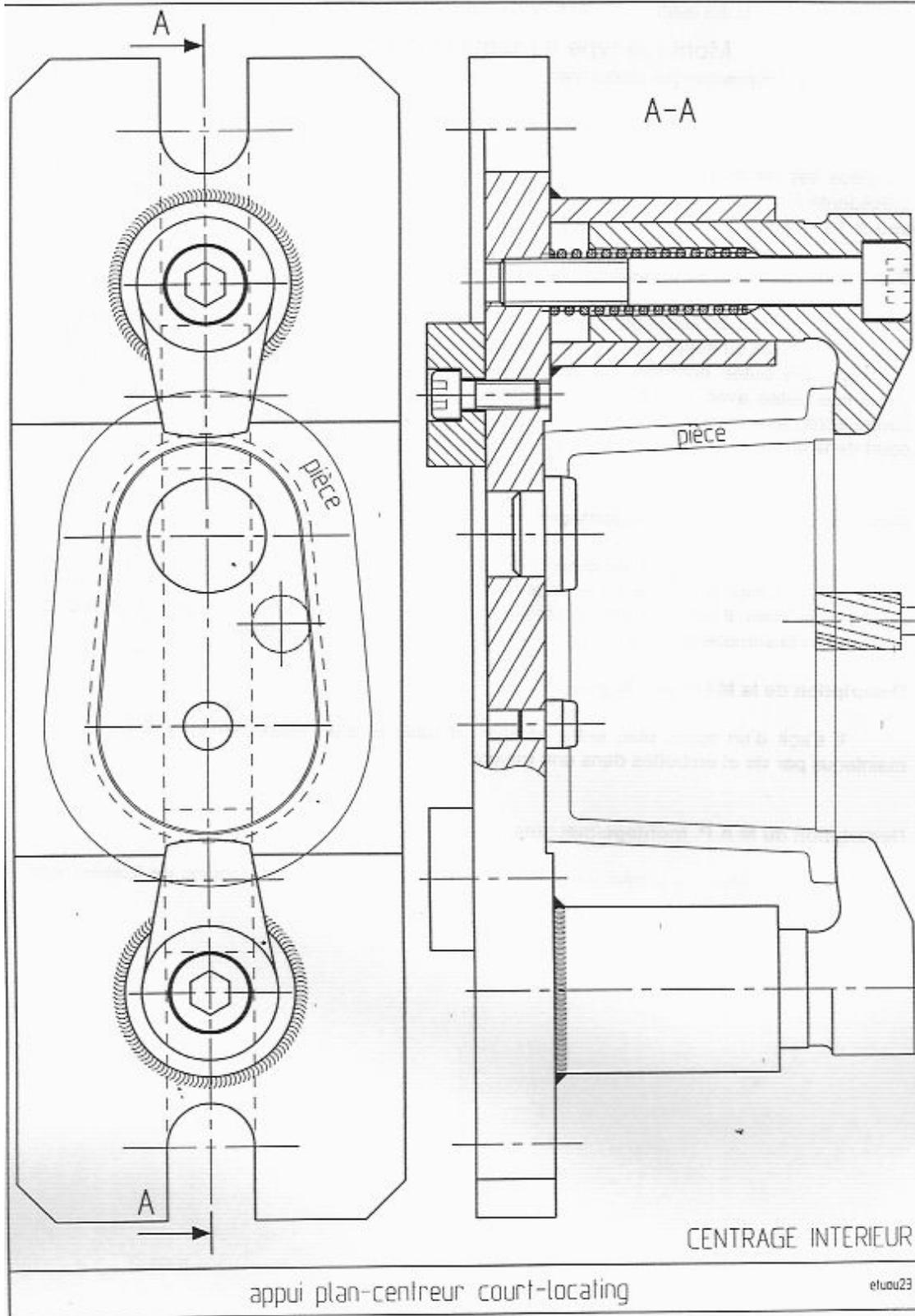
La pièce est maintenue par deux crochets de bridage serrés par vis CHC. Ceux-ci sont guidés en rotation et en translation par deux tubes soudés sur la semelle. Pour dégager la pièce, il suffit de desserrer légèrement les vis et de faire pivoter les crochets. Ce type de maintien permet de réduire la hauteur du montage au dessus de la pièce et de faciliter l'accès à l'usinage.

Description de la M I.P. montage/machine :

Il s'agit d'un appui plan entre semelle et table et d'un alignement par deux lardons maintenus par vis et emboîtés dans une rainure.

Description du M A.P. montage/machine :

Deux ouvertures « semi-oblongues » permettent le passage de boulons de fixation pour rainure en té.



Montage type 4 (appui plan prépondérant) mise en position par appui plan, centreur court et butée d'orientation angulaire

avec centrage sur l'intérieur

La pièce est un levier constitué d'une partie cylindrique de $\varnothing 44$, alésé dans une phase précédente à $\varnothing 24$. Une patte, décalée de 10 mm par rapport à l'axe du cylindre et percée d'un trou $\varnothing 10$, doit être fraisée sur deux faces au moyen d'un train de deux fraises trois tailles.

Description de la M.I.P. pièce/montage :

La pièce est en appui plan direct sur la semelle du montage (la semelle a été réusinée après le soudage du support de butée). Un centreur cylindrique de $\varnothing 24$ g6 assure le centrage intérieur. Une butée bombée réglable réalise l'arrêt en rotation. Cette butée est constituée d'une tige filetée avec 2 méplats permettant l'engagement d'une clé plate lors du réglage. Un contre-écrou assure le blocage final. Le centreur est mis en position par appui plan et centrage court dans la semelle. Il est maintenu par serrage sur un $\varnothing H7p6$.

Description du M.A.P. pièce/montage :

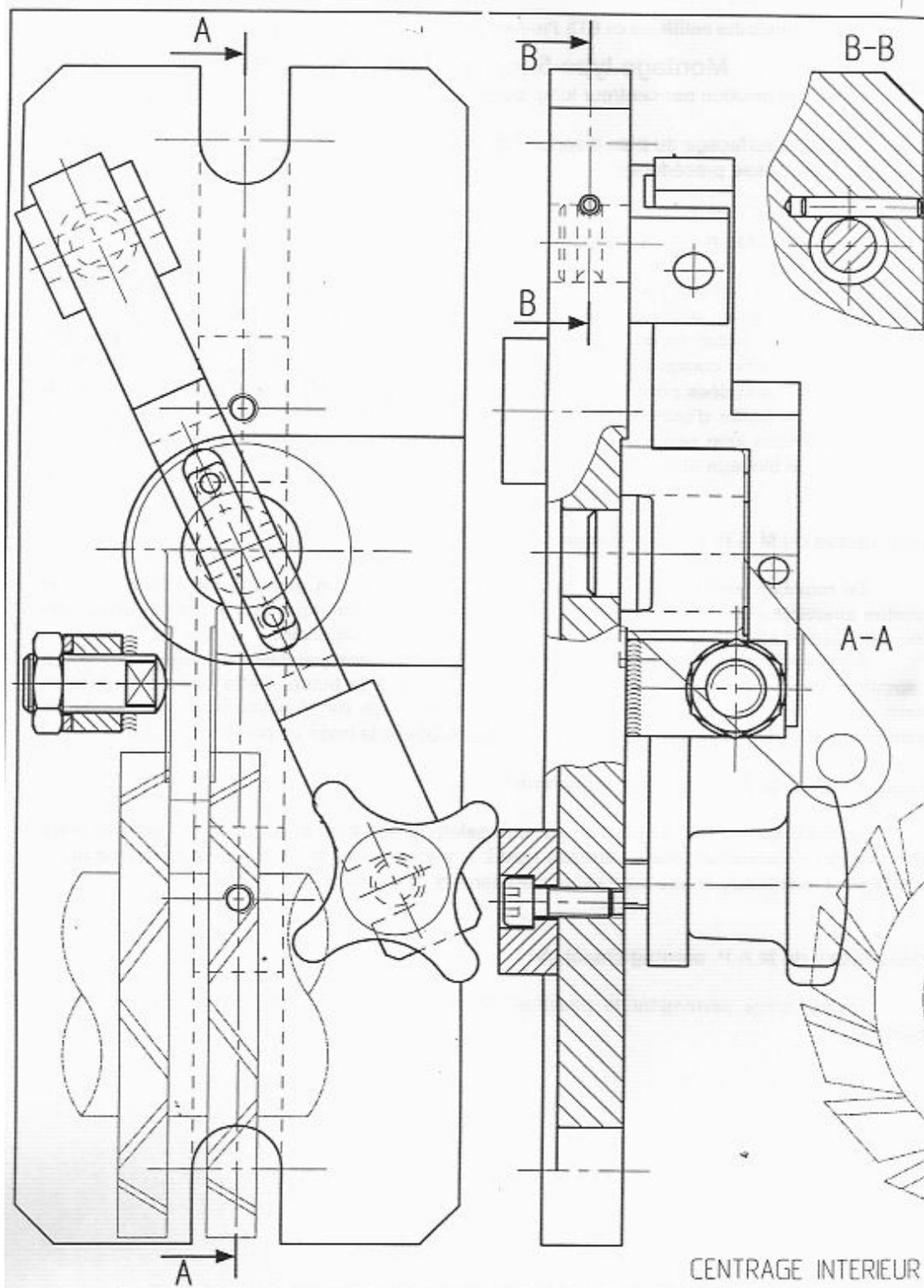
La pièce est maintenue en deux points par le palonnier d'une bride. Celle-ci est articulée sur deux axes pour permettre un dégagement facile et rapide. Un écrou à croisillon permet le serrage à la main. Il est vissé sur un goujon lié à la semelle. La chape d'articulation de la bride pivote dans la semelle grâce à un axe maintenu par une goupille tangente.

Description de la M.I.P. montage/machine :

Il s'agit d'un appui plan entre semelle et table et d'un alignement par deux lardons maintenus par vis et emboîtés dans une rainure.

Description du M.A.P. montage/machine :

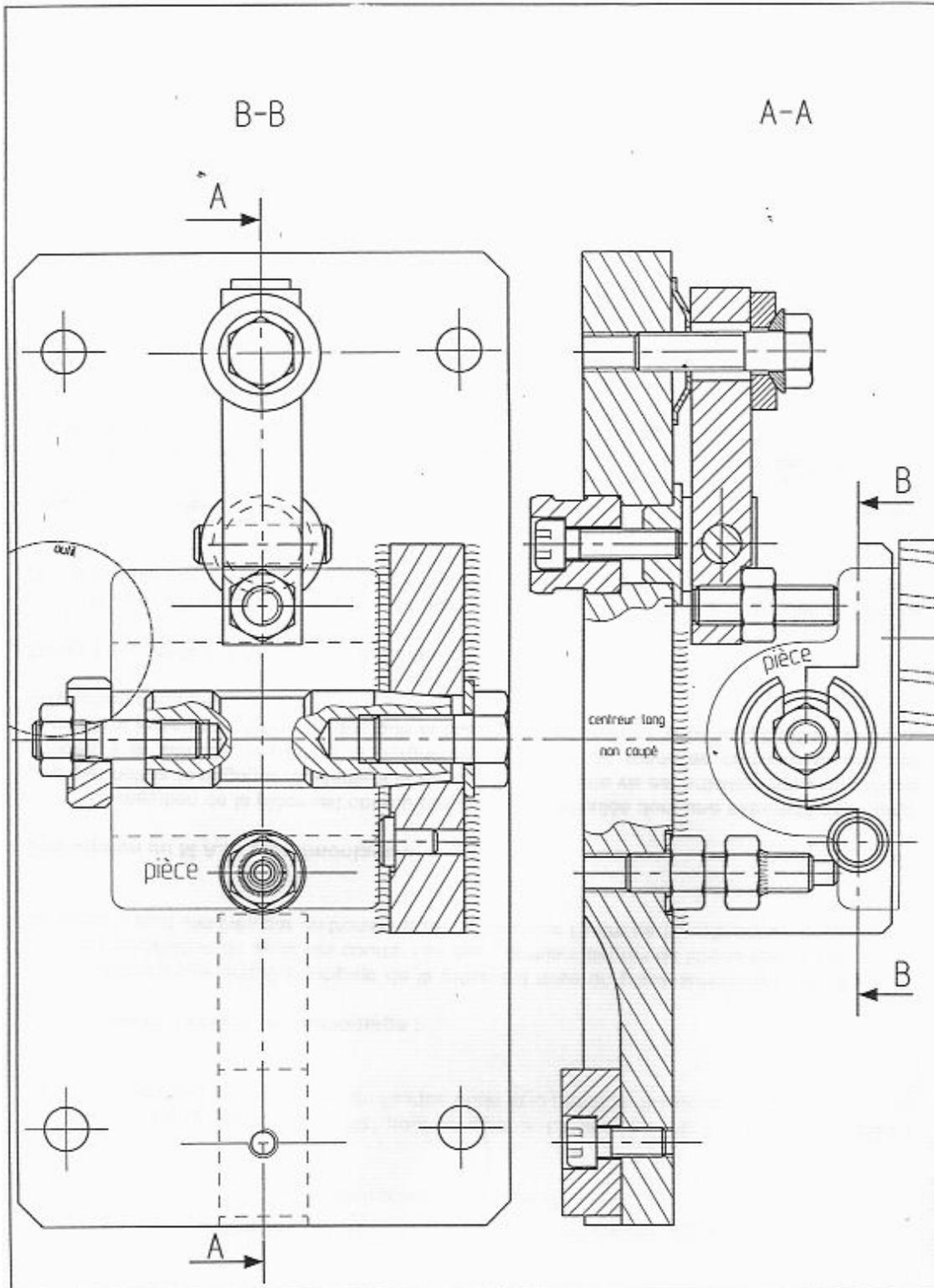
Deux ouvertures « semi-oblongues » permettent le passage de boulons de fixation pour rainure en té.



CENTRAGE INTERIEUR

appui plan-centreur court-butée d'orientation angulaire

elou24



centreur long, butée axiale et butée d'orientation annulaire

Montage type 6 (cylindre prépondérant) mise en position par trois vés courts

La pièce est un raccord en té à 90° pour tuyauterie. Le brut est moulé en fonte. La phase d'usinage considérée est l'alésage du flasque bride et le perçage des trous de fixation.

Description de la M I.P. pièce/montage :

La partie cylindrique principale de la pièce est mise en place suivant un centrage long grâce à l'association de deux vés courts. Les deux derniers degrés de liberté (une rotation, une translation) sont éliminés par un troisième vé en appui sur l'autre partie cylindrique de la pièce.

Description du M A.P. pièce/montage :

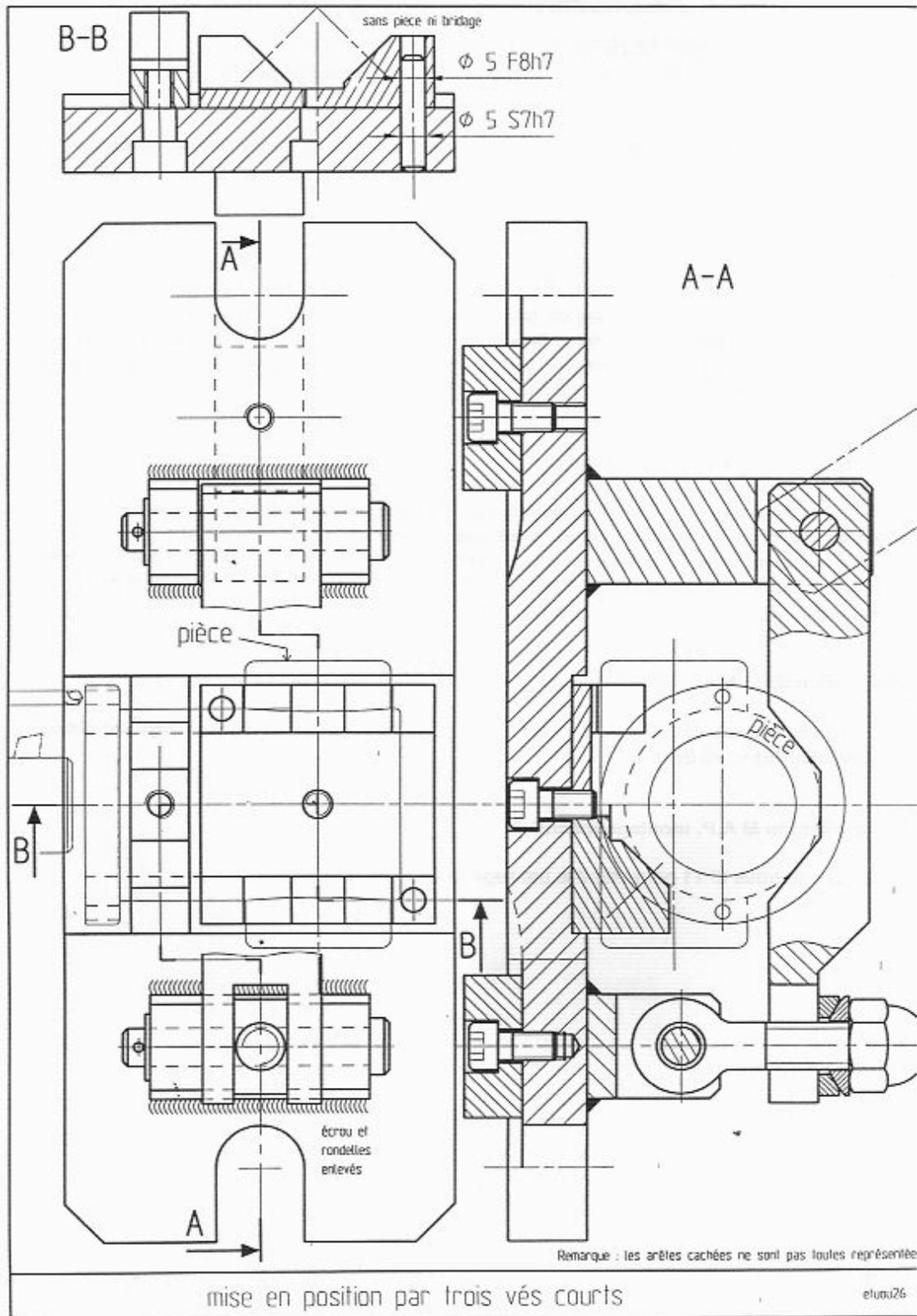
Le maintien de la pièce est obtenu par une bride articulée dont une extrémité est fendue pour permettre de dégager rapidement la vis de serrage. Cette vis est articulée dans une chape soudée à la semelle. Un écrou H borgne et un couple de rondelles convexe et concave permettent le serrage. On remarque que la chape d'articulation de la bride fait office de butée en position dégagée.

Description de la M I.P. montage/machine :

Il s'agit d'un appui plan entre semelle et table et d'un alignement par deux lardons maintenus par vis et emboîtés dans une rainure.

Description du M A.P. montage/machine :

Deux ouvertures « semi-oblongues » permettent le passage de boulons de fixation pour rainure en té.



Montage type 7 (cylindre prépondérant) mise en position par deux vés courts et deux ponctuelles

La pièce est un raccord d'angle à 90° pour tuyaux de diamètres différents. Le brut est moulé en fonte. La phase d'usinage considérée est l'alésage et le perçage des trous de fixation du flasque bride supérieur.

Description de la M I.P. pièce/montage :

Les deux parties cylindriques de la pièce sont mises en place grâce à deux vés courts disposés à 90°. Il subsiste alors deux degrés de liberté : une rotation autour de l'axe y et une rotation suivant un axe contenu dans le plan xz. Ces deux degrés de liberté sont éliminés par deux touches plates en appui sur le plan de bride inférieure.

Description du M A.P. pièce/montage :

Le maintien de la pièce est obtenu par une bride articulée dont les extrémités sont entaillées en forme de chape. La bride s'articule sur une vis à oeil vissée dans la semelle, la liaison étant obtenue grâce à un axe maintenu par des anneaux élastiques. A l'autre extrémité, une conception identique permet de relier une autre vis à oeil. Celle-ci s'engage dans une encoche du bâti et un écrou H à embase permet le serrage.

Description de la M I.P. montage/machine :

La semelle est en appui plan sur la palette de la machine. Le double centrage est obtenu par deux douilles $\varnothing 20$ g6 (voir « détail coupe C-C »).

Description du M A.P. montage/machine :

Quatre trous $\varnothing 11$ permettent le passage de vis CHC M10-40.

