



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE 16 : DOSSIER DE FABRICATION
(PARTIE 2)**

Secteur : FABRICATION MECANIQUE

**Spécialité : TECHNICIEN EN
FABRICATION MECANIQUE**

Niveau : TECHNICIEN

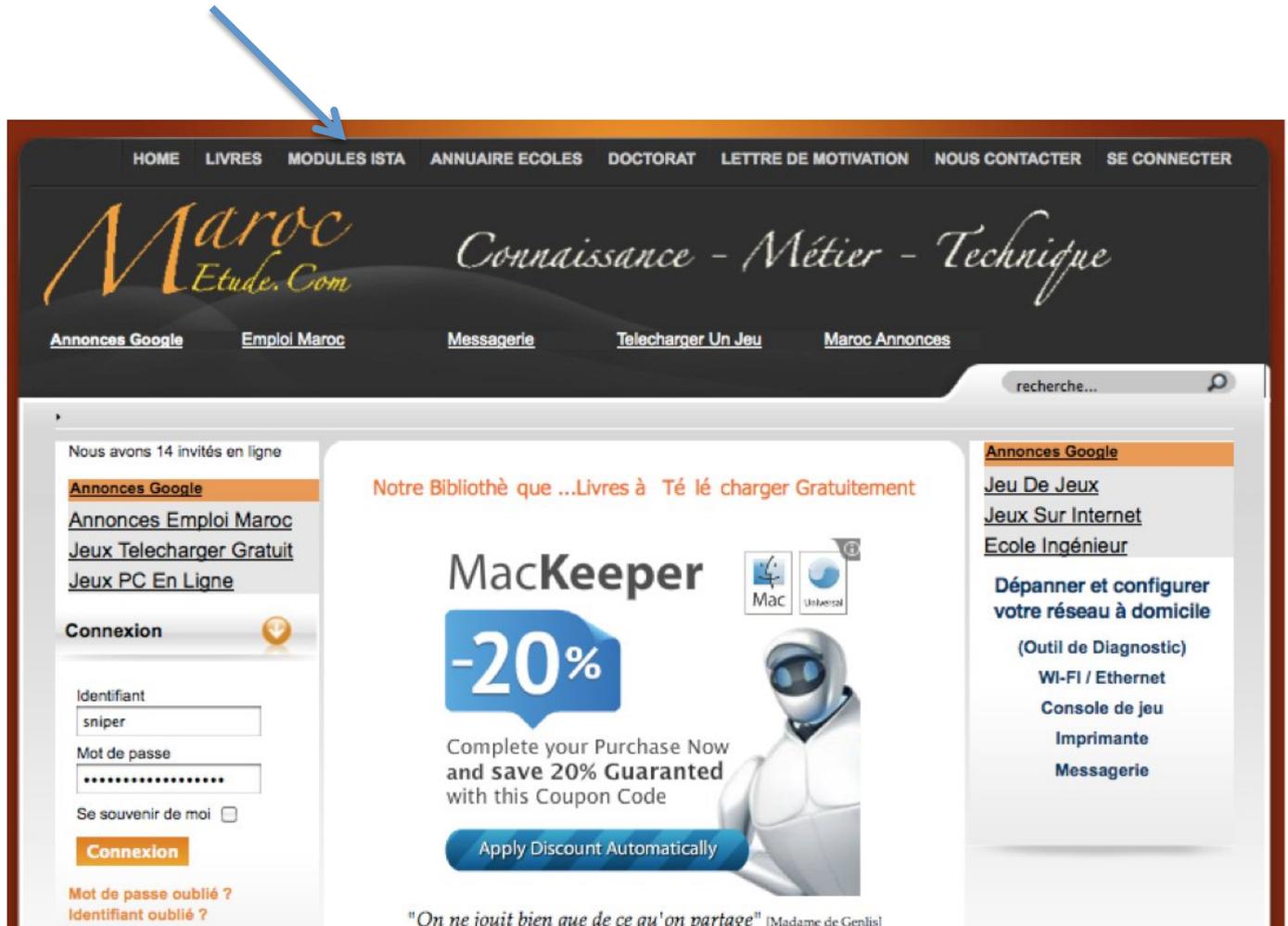
Document élaboré par :

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's navigation bar with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The main header features the logo 'Maroc Etude.Com' and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique'. Below the header are links for 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is located on the right. The main content area includes a sidebar with 'Connexion' and a login form, a central banner for 'MacKeeper -20%' with a coupon code, and a right sidebar with 'Annonces Google' and various links like 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', and 'Ecole Ingénieur'. A quote at the bottom reads: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

CHAPITRE 12 :

MÉTHODOLOGIE D'ÉTABLISSEMENT DES PROCESSUS D'USINAGE

INFLUENCE DES CONTRAINTES D'USINAGE SUR LE GRAPHE ORDONNÉ (Exemple d'application)

Le graphe ordonné initial est établi en tenant compte de la cotation du dessin de définition et, lorsqu'elles existent, des associations obligatoires.

Il faut ensuite :

- faire apparaître les antériorités dues aux contraintes d'usinage,
- respecter l'ordre d'intervention imposé par les opérations élémentaires concernant chaque surface.

N.B. La notion de niveau est toujours définie par les liaisons dimensionnelles entre surfaces, mais en superposant à la cotation de définition, une première approche de la cotation de fabrication.

Le nouveau graphe ordonné résultant, peut être établi directement à partir du graphe initial, mais par souci de clarté, la procédure qui y conduit sera ici détaillée (par étapes successives).

12.1. INFLUENCE DE L'ORDRE D'INTERVENTION DES OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES

Cette étape consiste à faire apparaître, dans les niveaux existants, les niveaux créés par les antériorités dues aux opérations élémentaires.

Pour alléger le graphe, et parce que certaines d'entre elles deviennent des inconnues, les liaisons dimensionnelles ne sont pas représentées.

Ce travail peut être effectué suivant deux possibilités :

- soit distinguer seulement ébauche et finition pour les surfaces élémentaires (*voir codage simplifié*),
- soit distinguer successivement toutes les ébauches et la finition (*voir codage détaillé*).

La seconde solution est complète mais lourde. Comme dans la plupart des cas les contraintes d'usinage n'interviennent qu'entre ébauche et finition, la première solution est retenue, avec cependant l'utilisation du codage détaillé pour les surfaces constituant une association et non finies au même niveau.

12.2. CHANGEMENTS DE NIVEAUX IMPOSÉS PAR LES CONTRAINTES D'USINAGE

Cette seconde étape consiste à transcrire sur le graphe ordonné établi précédemment les changements de niveau imposés aux surfaces concernées par les contraintes d'usinage particulières. Sur le graphe ordonné ce travail peut être conduit matériellement en utilisant un fléchage particulier qui indique les divers niveaux auxquels doivent se trouver les surfaces pour respecter les contraintes d'usinage (voir fig. 1).

L'extrémité des flèches se trouve sur une ligne rappelant la (ou les) surface(s) de niveau le plus élevé imposant la succession.

Conventionnellement les changements de niveaux sont toujours représentés dans le sens des niveaux croissants (vers la droite).

Les surfaces concernées par les contraintes d'usinage mais n'ayant pas à changer de niveau ne sont pas particularisées.

La figure 1 montre les résultats de ces deux premières étapes appliquées au galet moteur.

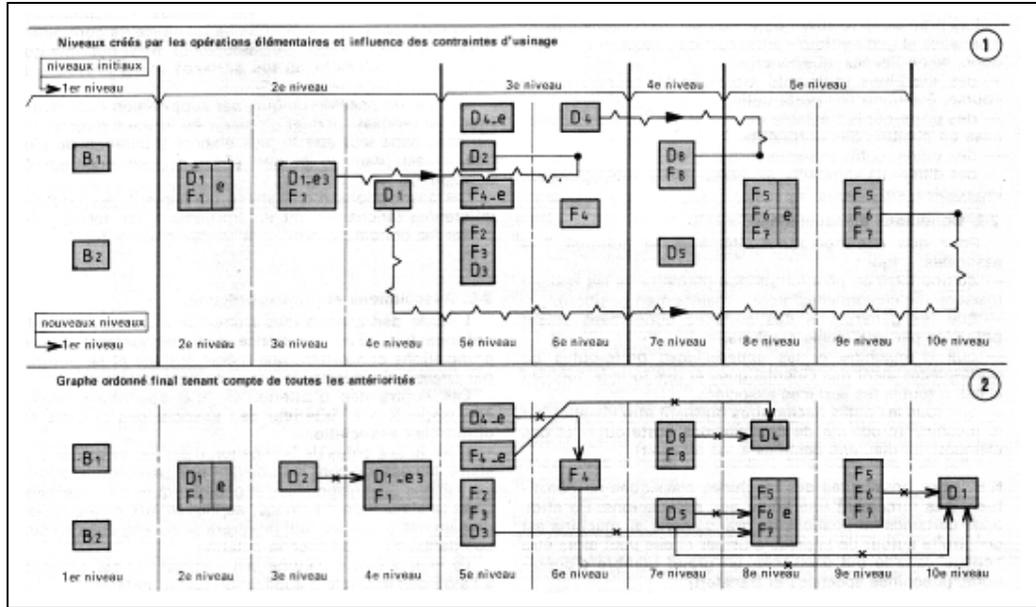
12.3. ÉTABLISSEMENT DU GRAPHE ORDONNÉ FINAL

Il fait apparaître le nouvel ordonnancement des surfaces par niveaux et mentionner toutes les antériorités dues aux contraintes d'usinage.

Elles sont notées : **X**.

La cotation, qui dépend du processus retenu, ne figure pas sur ce graphe.

La figure 2 montre le graphe ordonné final, pour le galet moteur.



CHAPITRE 13 : APPROCHE DE LA TECHNOLOGIE DE GROUPE (CAS PARTICULIER DES MACHINES COMMANDE NUMERIQUE)

1 . Principes de Recherche des gammes de fabrication

1.1. Définitions

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce brute, vers un état final, représentatif du contrat de départ qu'est le dessin de définition. La valeur ajoutée représente l'ensemble des opérations (usinages, traitement, etc.) à effectuer.

- **La gamme de fabrication** est un document d'archive dans lequel sont consignées, de manière chronologique et globale, les différentes phases de la transformation d'un produit.

- **Une phase** représente l'ensemble des opérations effectuées à un même poste de travail.

- **Une opération** met en oeuvre un seul des moyens dont est doté ce poste de travail.

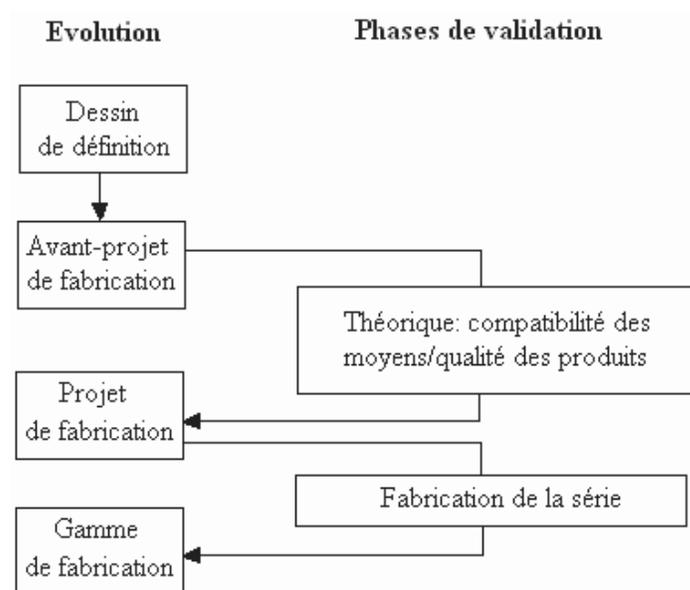


Figure 1 : Chronologie de la démarche d'industrialisation.

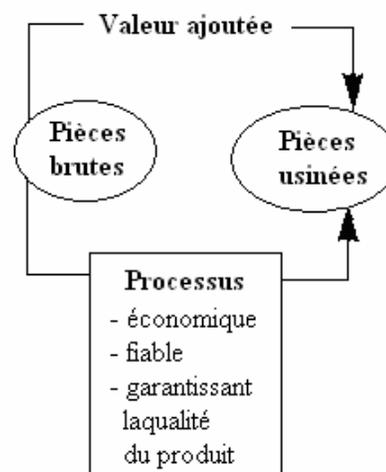


Figure 2 : Evolution Des produits.

La chronologie de la démarche de conception des gammes de fabrication permettant d'aboutir au document d'archive est présentée figure 1. La variété des modes d'obtention des bruts et la diversité des regroupements et enchaînements d'opérations sont tels que le processus de fabrication envisageable pour un même produit est loin d'être unique. Il est donc nécessaire d'avoir un déroulement progressif avec des phases de validation intermédiaires qui porteront :

- entre un avant-projet et un projet, sur la compatibilité des moyens choisis avec la qualité désirée du produit;
- entre un projet et la gamme de fabrication finalisée, sur les résultats de la production réelle.

Les choix conduisant à l'élaboration d'un avant-projet sont basés sur des critères techniques et économiques. Ces deux approches sont parfois contradictoires et le choix définitif est le résultat d'un compromis, qui intègre l'exigence de qualité demandée. Le problème, résumé figure 2, simple à poser mais difficile à résoudre, consiste donc à trouver rapidement le processus le plus économique, techniquement fiable, donnant le niveau de qualité souhaité.

1.2. Importance de la technologie de groupe

Un travail important a été réalisé au cours de la dernière décennie pour réduire les temps de production.

Aujourd'hui la fréquence des changements de produits impose, dans les services de préparation du travail, une forte réduction des temps d'études. Cette amélioration s'appuie sur la maîtrise des procédés de fabrication dans l'entreprise. Il faut, pour une nouvelle pièce à réaliser, rechercher des similitudes avec celles dont on maîtrise déjà à la réalisation.

Plus les similitudes seront grandes, meilleures seront la prévision et la rapidité de mise en oeuvre de la fabrication.

Cette manière d'aborder les processus de fabrication relève de la technologie de groupe. La figure 5.3 montre l'intérêt de la démarche pour diminuer les coûts relatifs à la préparation, à la mise au point et à la non qualité.

Dans les services de préparation des fabrications, la technologie de groupe permet de répondre rapidement aux demandes nouvelles des marchés, aux modifications à apporter aux fabrications stabilisées, aux nouveaux produits résultant des innovations réalisées par les bureaux d'études. Les documents (gamme de fabrication, contrats de phases, cartes de contrôle, etc.) constituent alors une réelle banque de données consultable par l'ensemble du personnel travaillant à la préparation du travail. Afin de retrouver au plus vite les données exploitables, il est nécessaire de mettre en place une classification des pièces.

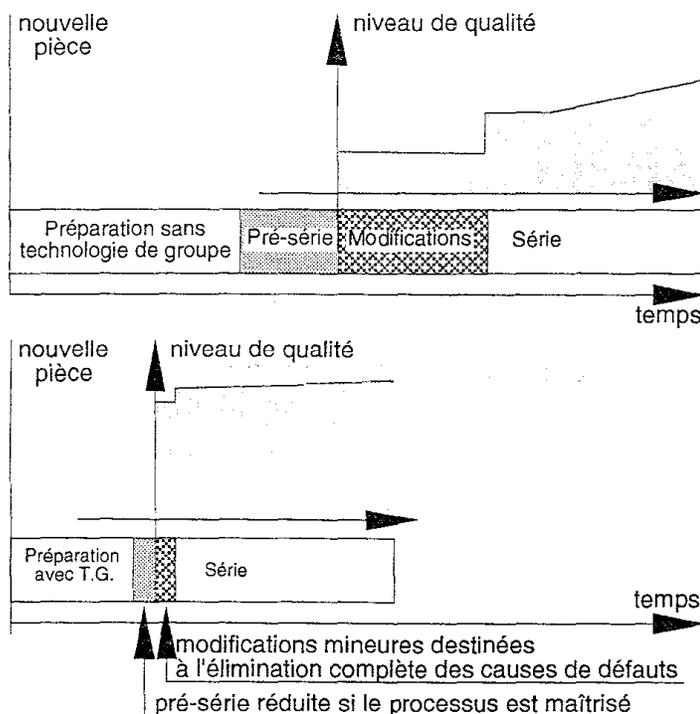


Figure 3 : Apport de la technologie de groupe.

1.3. Classification des pièces mécaniques

La classification est basée sur une analyse monodimensionnelle des pièces. Il est possible de distinguer trois grandes catégories (voir figure 4).

- **Pièces de morphologie identique et de dimensions variables**

On parle dans ce cas de famille de pièces paramétrées, la notion importante est ici le facteur d'échelle (exemple : des brides coulissantes de différentes dimensions).

- **Pièces de morphologie voisine et de dimensions variables**

La géométrie des pièces est quasiment identique (exemple : bride coulissante bride pivotante) nécessitant de faibles adaptations dans le processus de fabrication (figure 5.5).

Ces deux types de pièces permettent des regroupements dans lesquels il est intéressant de rechercher une analogie basée sur une similitude de processus. Les enchaînements d'usinages seront alors induits par l'organisation de l'atelier de production, lui-même résultant des études de fabrication de pièces antérieures. Cette organisation des flux physiques représente, dans ce cas, le savoir-faire de l'entreprise.

- **Pièces de morphologie et de dimensions variables**

A contrario, si une entreprise fabrique des pièces variées, seule une étude géométrique des surfaces à usiner peut aboutir à des analogies de fabrication avec des pièces antérieures. Comme il n'existe pas alors de similitudes basées sur les flux physiques, il devient nécessaire de transcrire les processus d'élaboration sur des documents écrits pour constituer la mémoire de l'entreprise.

Nous allons, par la suite, nous intéresser à cette dernière catégorie de pièces. Ce cas, qui est le plus difficile et le plus complet, correspond à la situation de nombreuses entreprises de sous-traitance mécanique.

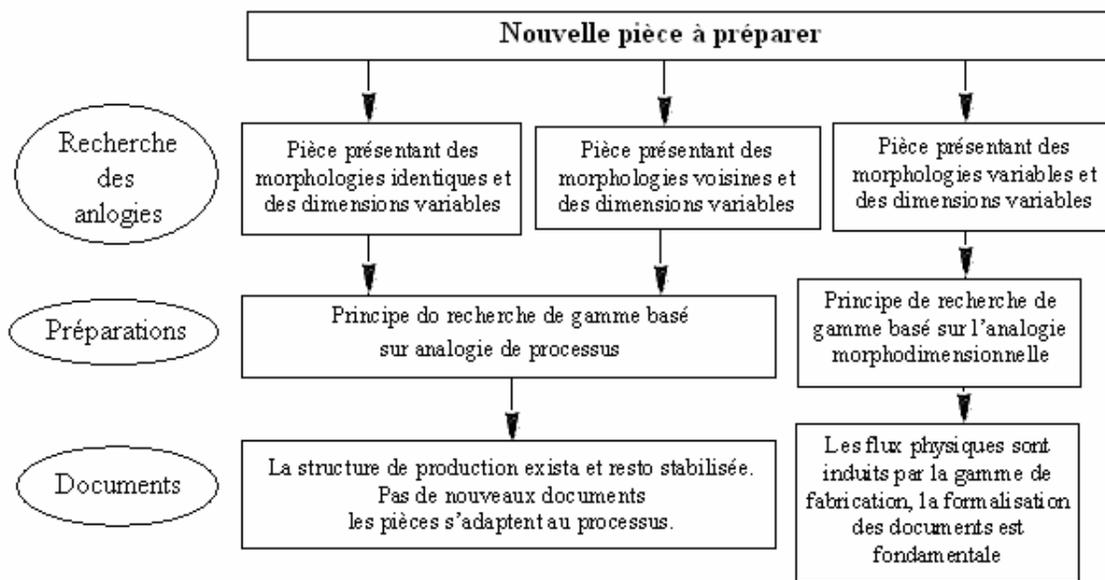


Figure 4: Classification des pièces mécaniques.

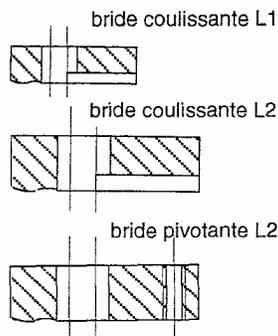


Figure 5: Pièces présentant des similitudes de processus.

2. Démarches d'élaboration des gammes de fabrication

Les analyses morphologiques montrent que l'on peut séparer les pièces mécaniques en deux grands groupes qui sont:

- le groupe des pièces cylindriques;
- le groupe des pièces prismatiques.

La figure 6 présente, selon le groupe d'appartenance des pièces et le savoir-faire de l'entreprise, les principales démarches d'élaboration des gammes de fabrication. Elle fait apparaître :

- une similitude globale de la démarche, quelle que soit la nature des pièces, qui conduit après réalisation et validation à un archivage représentant un nouveau savoir-faire pour l'entreprise;
- une différence concernant le mode d'accès à la mémoire (le codage n'intéresse que les pièces cylindriques);
- l'existence de structures types pour les gammes de pièces cylindriques avec en conséquence une étape particulière notée 5 pour ce type de pièces.

• Analyse morphologique globale

A partir du dessin de définition ou de la pièce réelle on détermine si le produit à fabriquer relève du groupe des pièces cylindriques ou de celui des prismatiques. Cela

consiste à identifier les pièces cylindriques à partir de l'une des propriétés géométriques suivantes :

- la géométrie générale comporte un axe de révolution;
- la géométrie des surfaces usinées comporte un axe de révolution;
- la majorité des surfaces comporte un axe de révolution;
- l'ensemble des surfaces possède plusieurs axes de révolution parallèles.

Ces propriétés permettent d'identifier la plupart des pièces mécaniques relevant du Groupe cylindrique.

Toutes les autres pièces ne possédant pas au moins une de ces particularités seront Considérées comme prismatiques.

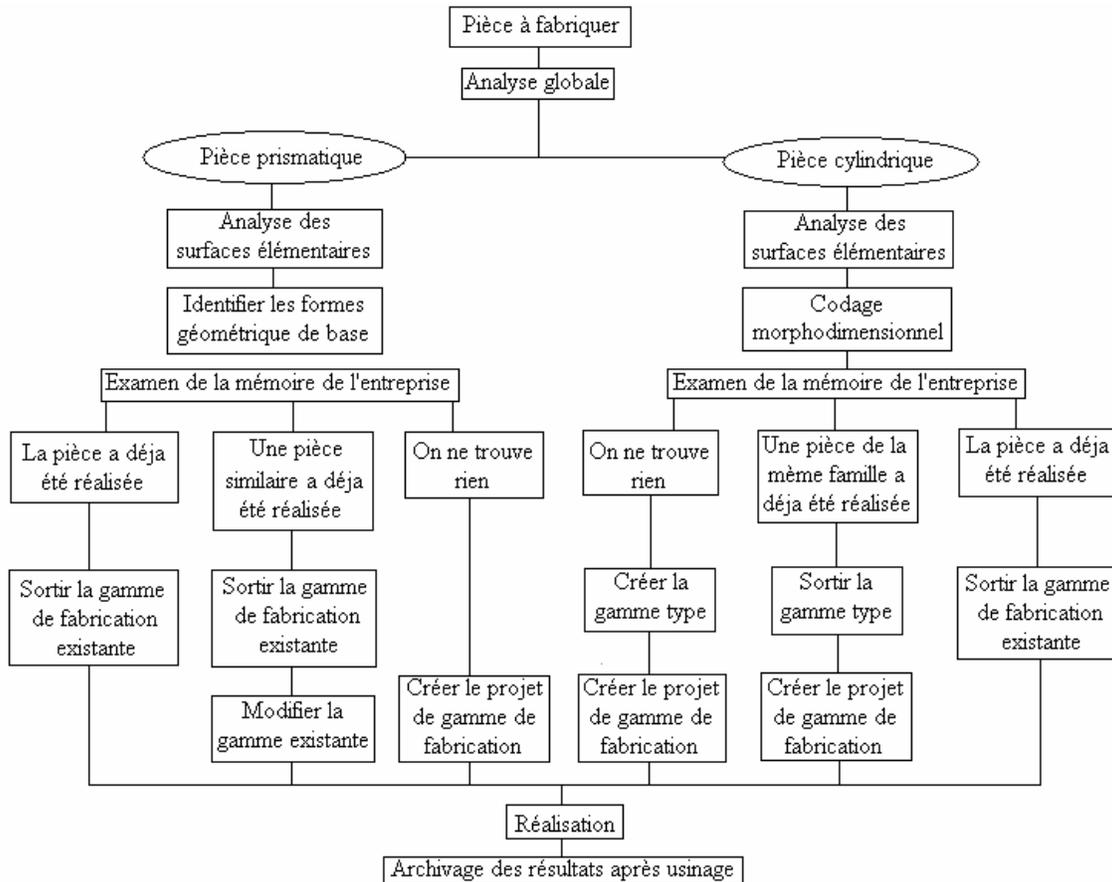


Figure 6 : Démarches d'élaboration des gammes de fabrication

• **Analyse des surfaces élémentaires**

Une surface élémentaire est une surface géométrique simple (plane, cylindrique) que l'on ne peut plus géométriquement décomposer.

A partir de l'analyse des spécifications dimensionnelles et de rugosité relatives à chacune des surfaces à usiner Constituant la pièce, des tableaux comme celui de la figure 7 permettent de faire une première prévision relative au nombre d'opérations à effectuer en fonction des niveaux de qualité souhaités (état de surface, précision dimensionnelle, etc.). Ceci constitue un premier élément à prendre en compte dans la détermination du nombre d'outils à employer.

Critères	1 opération	2 opérations	3 opérations	4 opérations
IT > 0,4				
0,05 < IT > 0,4				
0,05 < IT > 0,15				
IT < 0,05				
Qualité > 12				
Qualité 9-11				
Qualité 7-8				
Qualité < 7				
Ra < 0,8	Rectification à prévoir			

Figure 5.7 : Choix du nombre d'opérations.

- **Codification monodimensionnelle pour les pièces cylindriques ou identification de formes pour les pièces prismatiques**

La codification n'est pas un but en soi, elle représente simplement un moyen rapide de consultation de la mémoire de l'entreprise par comparaison de codes chiffrés. A ce jour, seules les pièces cylindriques peuvent être facilement codées. Les pièces prismatiques présentant une grande diversité de formes, elles sont décomposées en un ensemble de formes géométriques de base qui sont répertoriées. Ces deux approches fort différentes expliquent les deux démarches qui seront développées dans les paragraphes 3.1 et 4.1.

- **Examen de la mémoire de l'entreprise**

L'ensemble des réalisations antérieures, avec les réussites et les échecs, constitue le savoir-faire de l'entreprise. Celui-ci est consigné dans la base de données élaborée avec l'ensemble des documents de production mais tient aussi à l'expérience des hommes. Afin de rechercher l'ensemble des similitudes entre une pièce à fabriquer et d'autres antérieurement réalisées dans l'entreprise, il faut disposer d'une base de données de production complète, fiable et très régulièrement mise à jour.

- **Création du projet de gamme de fabrication**

On étudiera la chronologie des activités visant à élaborer un projet de fabrication de manière spécifique pour chaque groupe de pièces dans les paragraphes 5.3 et 5.4.

- **Archivage des résultats**

Cette action est fondamentale, elle est la source de la transmission du savoir-faire de l'entreprise et de son évolution. Les documents écrits ont des présentations variables en fonction des entreprises, mais les contenus sont toujours les mêmes : phases, opérations, outils employés, conditions de coupe, temps d'exécutions, etc.

3. Elaboration des gammes de fabrication des pièces Prismatiques

Afin de faire apparaître l'ensemble des réflexions qui conduisent à l'écriture de la Gamme, on se place dans le cas où aucune pièce du type proposé n'a été précédemment réalisée dans l'entreprise.

3.1. Construction du projet de gamme de fabrication

La figure 8 résume le cheminement de réflexion conduisant au projet de gamme.

A partir du dessin de définition de la pièce, on dresse un inventaire des surfaces élémentaires auxquelles on attribue en général un numéro d'identification. Un tableau,

Comme celui de la figure 5, permet d'analyser chacune de ces surfaces et de connaître le nombre d'opérations (ébauche, demi finition, finition) nécessaires.

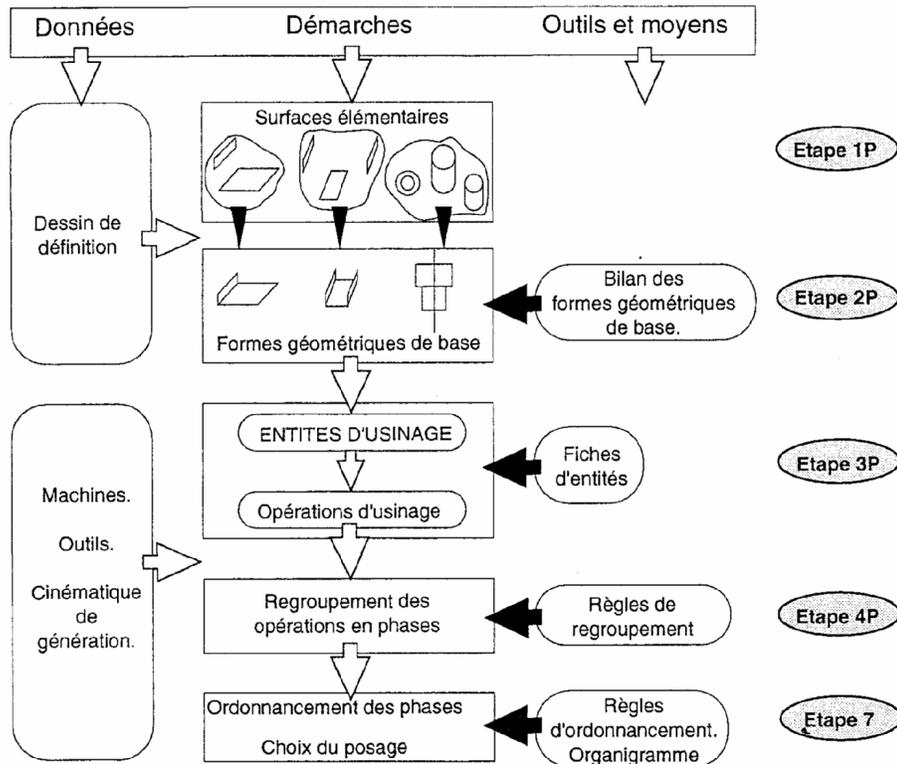


Figure 8 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce prismatique.

• **Etape 2P : identification des formes géométriques de base**

En fabrication, il est souvent possible d'associer plusieurs surfaces élémentaires afin de les usiner simultanément (avec le même outil). Cette étape consistera à identifier l'ensemble de ces compositions de surfaces en se référant à une base de données de formes géométriques usinables et répertoriées.

Le tableau figure 9 présente de manière non exhaustive une telle base de données.

L'association des différentes formes géométriques permet de composer la majorité des pièces mécaniques courantes. A l'intérieur de cette base, une forme particulière, appelée « profil », permet de traiter le cas de géométries complexes comme on peut en trouver sur des pièces provenant de l'industrie aéronautique entièrement usinées après forgeage.

<p>PLAN</p>	<p>DEUX PLANS PERPENDICULAIRES</p>
<p>DEUX PLANS PARALLELES</p>	<p>TROIS PLANS SECANTS DEUX A DEUX</p>
<p>PROFIL Formes possibles inter. ou exter.</p>	<p>TROU débouchant non débouchant lamé</p>
<p>CHANFREIN</p>	<p>FILETAGE tarudage débouchant tarudage non débouchant</p>

Figure 9 : Base de données des formes géométrique de base

- **Etape 3P : choix des entités d'usinage**

L'étape précédente fait appel uniquement à l'aspect géométrique des formes à usiner Et permet de les identifier. Il s'agit maintenant de prévoir leur usinage, c'est-à-dire de Faire un choix d'outils en fonction de la machine prévue.

Définition : une entité d'usinage est l'association d'une forme géométrique de base (exemple : le trou lamé) avec un ensemble composé d'une machine-outil, d'un outil et de sa cinématique de génération. L'ensemble « outil/cinématique de génération » va permettre de définir le type d'opération (fraisage, perçage, etc.) comme l'illustre la figure 10. Chaque entité forme donc un tout indissociable. Il est intéressant de remarquer que certains logiciels de fabrication assistée par ordinateur adoptent cette démarche (association d'une forme géométrique, d'un outil et d'un cycle d'usinage).

La banque de données technologiques consiste en un inventaire des solutions possibles d'usinage en termes de choix d'outil et de cinématique de génération pour chacune des formes géométriques de base répertoriées et pour chaque machine-outil. Dans le cadre de cet ouvrage nous étudierons plus particulièrement le tour CNC et le centre d'usinage. L'inventaire correspondant à ces deux machines est fourni sous forme de fiches à la fin du chapitre. Cette banque de données ne doit pas être confondue avec la mémoire de l'entreprise; elle va permettre de rechercher l'adéquation entre la forme géométrique à générer et l'outil à employer pour la machine prévue. La figure 11 donne un exemple de fiche d'entité et des indications concernant son contenu.

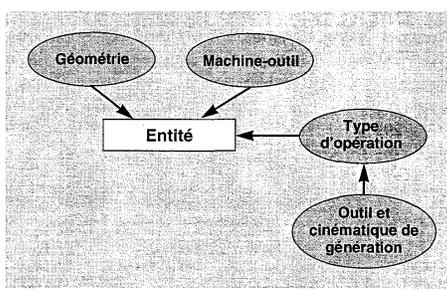


Figure 10 : Les entités d'usinage

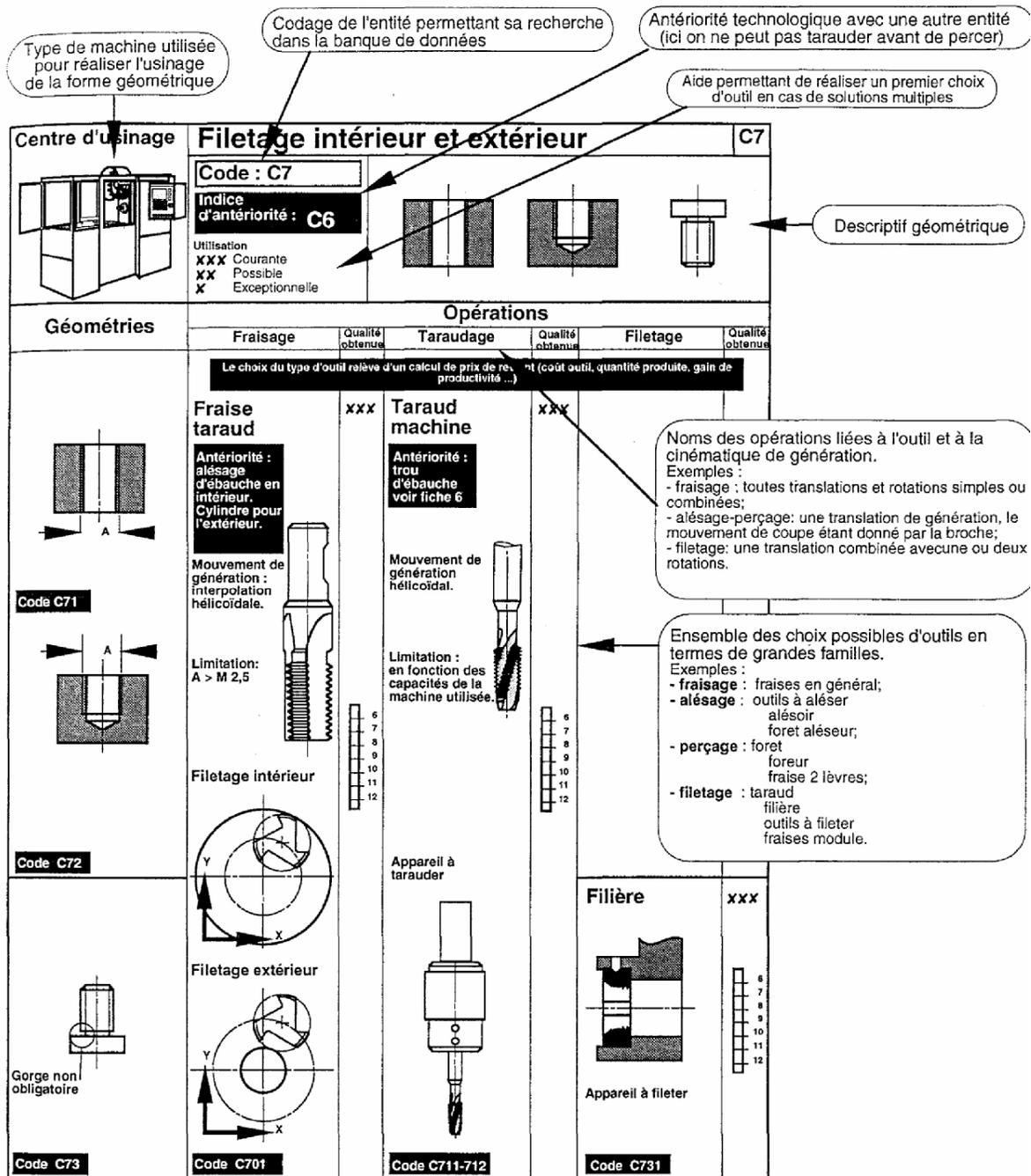


Figure 11 Les entités d'usinage.

• **Illustration sur un exemple des précédentes étapes**

Soit le dessin de définition d'une semelle de micro perceuse (pièce prismatique; figure 12) représentant le contrat de départ. La première partie de l'analyse conduit, comme nous l'avons vu, au repérage des surfaces (figure 13). Les surfaces usinées sont repérées par un chiffre, les surfaces brutes principales par la lettre B suivie d'un chiffre.

Un tableau tel que celui de la figure 7 permet, après l'analyse des spécifications propres à chacune des surfaces élémentaires, la détermination du nombre d'opérations nécessaires à l'obtention de la qualité souhaitée.

Par convention :

- une opération : finition;
- deux opérations : ébauche puis finition;
- trois opérations : ébauche, demi finition puis finition.

La figure 14 présente une fiche d'analyse des surfaces élémentaires. L'analyse des surfaces étant faite, on recherche sur le dessin de définition les formes géométriques analogues à celles répertoriées dans la base de

donnée (figure 9). A chacune d'elles correspond une fiche d'entité, fonction de la machine choisie, qui va permettre de déterminer les opérations d'usinage à effectuer en vue de la réalisation de cette forme géométrique. Après analyse complète, nous disposerons de l'ensemble des opérations d'usinage qu'il convient d'effectuer pour arriver au produit final.

La figure 15 présente, à ce stade, l'avant-projet de fabrication

- la première colonne indique les associations de surfaces élémentaires, par l'intermédiaire de leur numérotation;
- la deuxième colonne est la traduction en langage technologique de ces associations, c'est également le titre des entités répertoriées dans la base de données;
- la troisième colonne est le résultat de la consultation des fiches entités, elle représente un choix de type d'outil. Les antériorités technologiques indiquées dans ces fiches permettent de prendre en compte les opérations supplémentaires à effectuer. Ceci concerne, pour cet exemple, le perçage à réaliser avant le taraudage.

A ce stade, nous connaissons donc :

- l'ensemble des opérations nécessaires à la transformation du produit;
- le type d'outil à employer pour réaliser chacune d'elles.

A partir de ce répertoire d'opérations, il convient d'organiser la fabrication, c'est-à-dire

- de regrouper ces opérations en phases;
- d'ordonner ces phases et de choisir les surfaces de posage permettant également le maintien en position de la pièce compte tenu des usinages à effectuer.

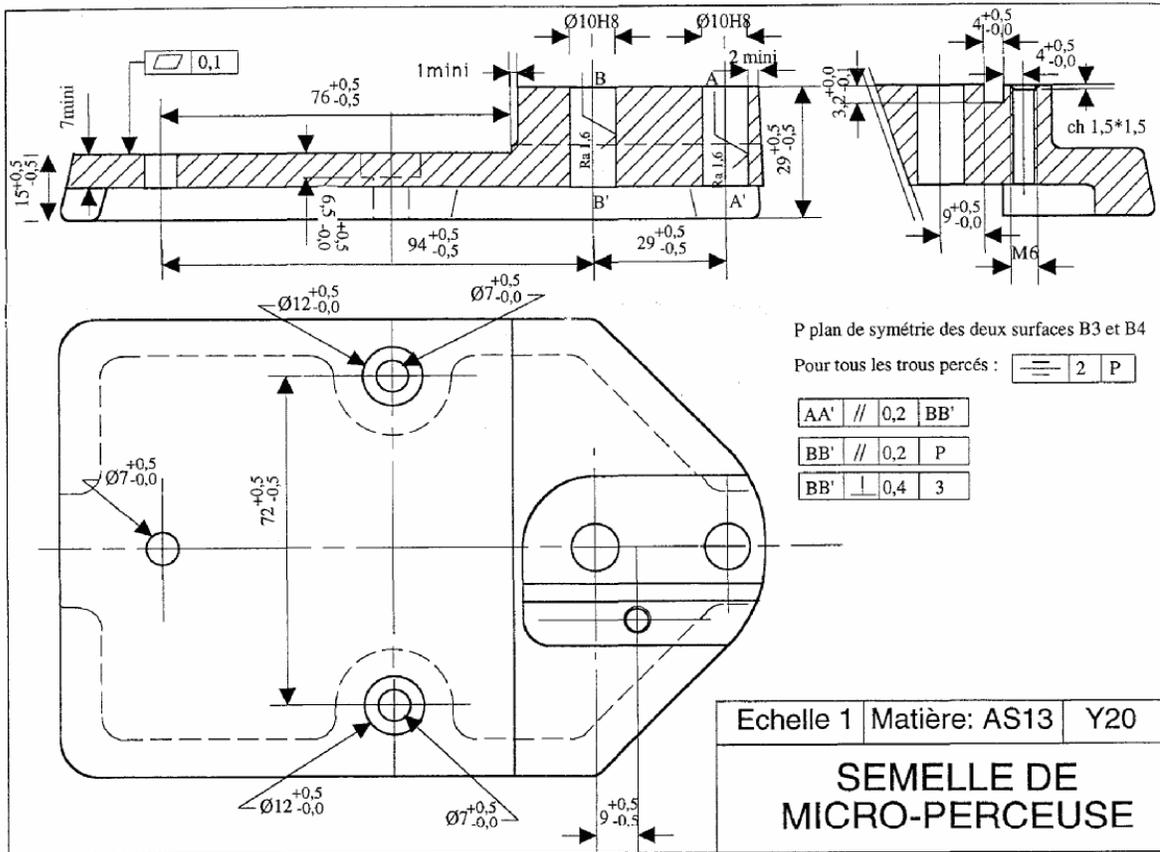


Figure 12 : Dessin de définition.

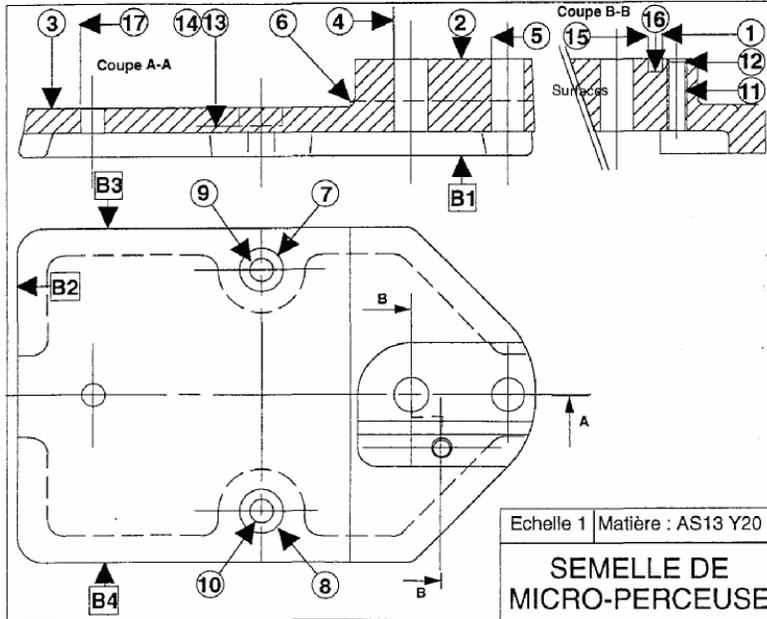


Figure 13 : Repérage des surfaces.

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL

Fiche d'analyse des surfaces élémentaires

	Qualité intrinsèque		Opérations élémentaires			
	Ra	Forme	Qualité	Eb.	1/2 Fin.	Finition
1						
2						
3		0,1				
4	1,6		8			
5	1,6		8			
6						
7			it 0,5			
8			it 0,5			
9			it 0,5			
10			it 0,5			
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17			it 0,5			

PIECE Semelle de micro-perceuse

Figure 14 : Fiche d'analyse des surfaces élémentaires.

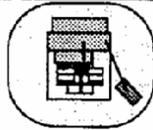
SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL

PIECE Semelle de micro-perceuse

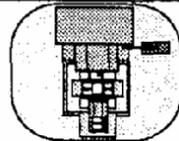
ELABORATION des GAMMES de FABRICATION
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE

Repère des surfaces	Désignation de l'entité	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnement Isostatisme
1-15-16	Trois plans associés sécants deux à deux	F2T				
2	Plan	F1T				
3-6	Deux plans associés sécants	éb : F1T fin : F1T				
4	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléreur				
5	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléreur				
7	Trou débouchant	Foret				
8	Trou débouchant	Foret				
9-13	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
10-14	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
11	Taraudage	Taraud Foret	Trou débouchant ←			
12	Chanfrein	Foret à pointer				
17	Trou débouchant	Foret				

CENTRE D'USINAGE VERTICAL



CENTRE USINAGE H avec palettisation



UNITE PIECES PRISMATIQUES

Processus :
CUV seul
CUH seul
CUV + CUH
CUH + CUV

Figure 15 Avant-projet partiel de la semelle de micro perceuse

3.2. Paramètres technico-économiques

Il n'existe pas de solution unique conduisant à la réalisation d'une pièce. Il est donc nécessaire de disposer de critères de décision permettant, à chaque étape, le choix d'une solution technologiquement viable et se rapprochant le plus possible du coût minimum.

Le schéma de la figure 16 montre, pour chaque élément de la boucle liant la pièce à l'outillage et à la Machine, les critères qui conditionnent le choix d'une solution.

Si le coût n'intervient pas directement dans la recherche de solutions technologiques potentielles, il est l'élément essentiel du choix de la solution finale à adopter.

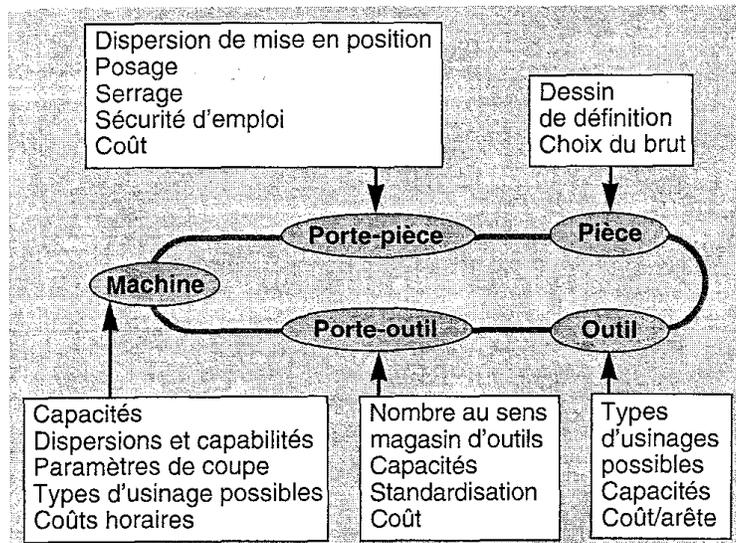


Figure 16 : Eléments conduisant au choix d'une solution

3.3. Règles de regroupement d'opérations

Ces règles comme nous le verrons s'appliquent également aux pièces cylindriques.

- **Approche technologique**

La précision du positionnement relatif des surfaces usinées tient comme nous le verrons au chapitre suivant :

— à la dispersion de mise en position dans le cas de surfaces liées géométriquement

Aux éléments physiques de posage (une seule surface par axe relève de ce cas); à la précision intrinsèque de la machine pour les surfaces dont les positions relatives résultent des déplacements obtenus par la machine et des écarts éventuels de la remise en position des outils.

Les dispersions de mise en position de la pièce sur son montage étant plus importantes que celles dues aux déplacements dans la machine (surtout pour les machines à commande numérique), la gamme d'usinage devra limiter le nombre de fois où la pièce sera posée sur la machine (voir figure 17).

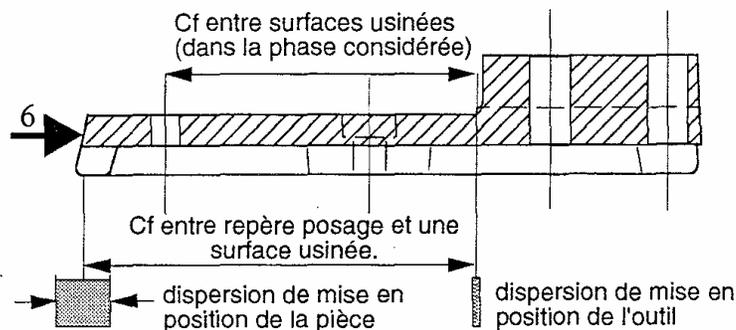


Figure 17 : L'influence des dispersions sur l'IT des cotés fabriqués

- **Approche économique**

Le but recherché est de réduire au maximum les coûts de production. En conséquence

il faut réduire les temps improductifs et, parmi eux, les temps de montage/démontage, les temps de transfert, etc. Ceci conduit également à la limitation du nombre de montages/démontages.

Ces deux approches permettent d'énoncer les règles suivantes

Règle 1

Associer un maximum d'opérations dans une même phase.

Ceci ne peut se réaliser sans la connaissance des possibilités en termes de cinématique de génération, de nombre d'outils, de fonctionnalité de directeurs de commande numérique, etc., des machines-outils et des outillages. Cela montre l'importance des dossiers machines. Cet aspect complémentaire amène à la deuxième règle :

Règle 2

Exploiter au maximum les possibilités des machines et des outillages.

Ces deux critères permettent de déterminer le nombre et le contenu des phases pour une pièce et une unité de production données. Il reste maintenant à ordonnancer ces phases et à faire un choix de posage pour chacune d'elles.

3.4. Règles permettant l'ordonnement des phases et le choix des posages

Nous avons vu que la dispersion de mise en position était prépondérante pour la précision de la pièce à usiner. La qualité de la mise en position isostatique (stabilité, précision) est donc déterminante. Nous en déduisons des règles concernant le pesage de la pièce.

Règle 3

La qualité du posage doit être le critère prépondérant pour la mise en place de la pièce sur la machine-outil.

Règle 4

Le posage doit permettre l'accessibilité maximale aux surfaces usinées.

Cette règle vise à diminuer le nombre de reprises, ce qui joue sur la qualité globale de la pièce, sur les temps et finalement sur le coût total; elle est en complet accord avec la règle d'association maximale des opérations.

Règle 5

Le posage doit se traduire par une réalisation du porte pièce la plus simple

Cette règle vise à simplifier au maximum le montage pour réduire son coût, ce qui entraîne une réflexion plus profonde sur le choix des surfaces de départ qui ne doivent pas être forcément celles liées par une « cote » aux surfaces usinées. L'étape suivante, qui consiste à prévoir, par le calcul, la valeur des cotes fabriquées, permettra

De qualifier le processus retenu, d'un point de vue dimensionnel et géométrique. Si le résultat est négatif, les changements à apporter seront induits par le calcul :

- modification de la surface de départ suivant un ou plusieurs axes;
- modification d'un des procédés retenus;
- modification d'un outil;
- modification des associations d'opérations.

Règle 6

Le posage doit permettre l'ablocage.

Il est impératif de maintenir la pièce en position lorsqu'elle est soumise aux efforts de coupe, c'est le rôle du dispositif d'ablocage (serrage). La position des points de serrage est fortement induite par celle des points d'isostatisme (voir chapitre 10 sur les portes pièces); il est donc nécessaire de vérifier dès cet instant que le serrage est possible et que les surfaces à usiner restent accessibles.

• Démarche générale de recherche des surfaces d'appuis

Si l'on rapproche l'ensemble des quatre dernières règles, la réflexion que l'on peut conduire pour aboutir au choix d'un ordonnancement et simultanément de repères de posage peut se traduire par l'organigramme de la figure 18 page suivante. Cette démarche privilégie un système bien particulier de mise en position :

- un appui plan, qui procure à la pièce la meilleure stabilité possible, une dispersion de reprise minimale et une grande simplicité de réalisation;
- et un centreur-locating, qui permet de libérer tout le pourtour de la pièce et donne souvent des possibilités de maintien en position très simples.

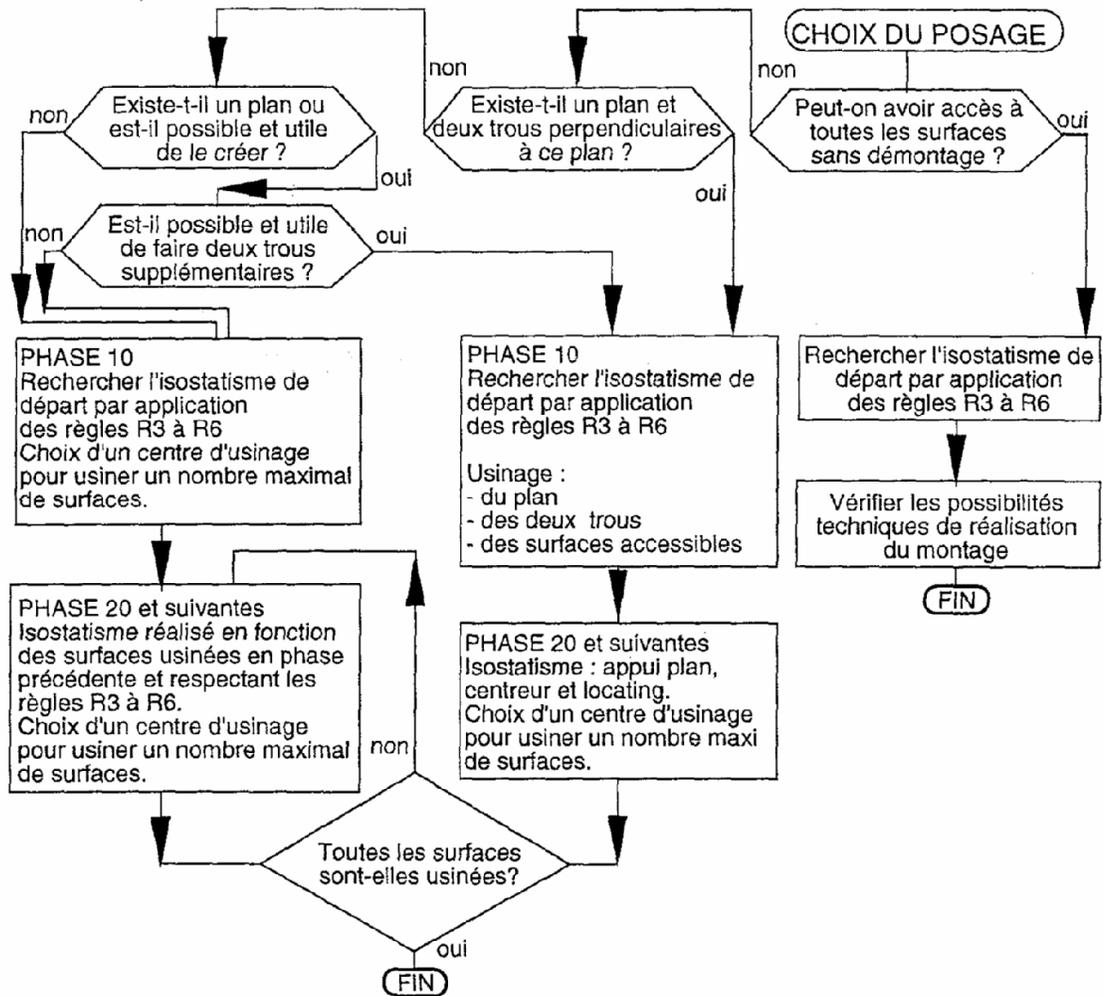


Figure 18 : Algorithme permettant le choix du référentiel de pose

Toutefois, la démarche proposée n'exclut pas, en fonction de la morphologie de la pièce traitée, d'autres possibilités de mise en position (voir chapitre 2). Chaque pièce est un cas particulier et la solution universelle n'existe pas. Le technicien chargé de la préparation doit avant tout faire preuve de bon sens et veiller à toujours appliquer les règles précédemment établies.

L'ensemble de ces règles (R1 à R6) permet de trouver un processus parmi plusieurs possibles avec, comme souci principal, le prix de revient. Son application conduit à privilégier l'aspect économique (association maximale des opérations rendue possible par le choix du pose, déterminé lui-même par la volonté de rendre le montage d'usinage le plus simple possible), tout en visant une qualité maximale (choix de la mise en place de la pièce sur la machine). L'aspect technologique s'inscrit dans une démarche de vérification des solutions les plus économiques :

- vérification des possibilités des outillages et des machines;
- vérification de la possibilité de maintien en position de la pièce sous les efforts de coupe.

3.5. Avant-projet de la semelle de micro perceuse

L'application de ces règles permet de proposer l'avant-projet figure 19. Les points suivants justifient les choix effectués.

- **Association des opérations**

Si l'on considère la pièce fixe, on peut s'apercevoir que tous les axes des outils prévus pour les usinages sont parallèles, il est donc possible a priori d'associer toutes les opérations dans une même phase

- **Machine-outil**

Puisque tous les axes des outils sont parallèles et atteignent les surfaces à usiner sans rotation de la pièce, un centre vertical est suffisant d'un point de vue technique. Le point de vue économique confirme également ce choix.

- **Posage**

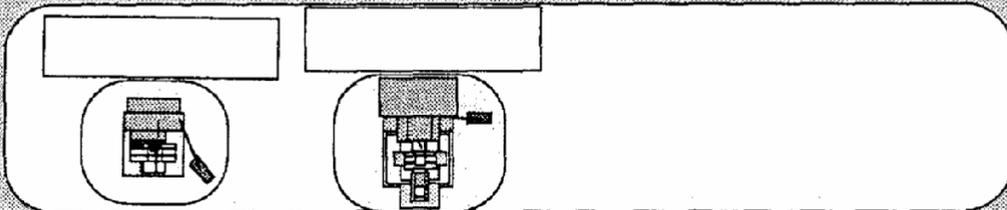
La stabilité de la pièce et la simplicité du montage imposent une liaison plane sur la surface la plus accessible et la plus grande : B1

La pièce étant composée de plans, l'orientation est choisie pour être la plus efficace soit, sur le plus grand plan restant : B3.

La butée est mise sur le plan perpendiculaire aux deux premiers, minimisant les défauts de mise en position et rendant les surfaces à usiner accessibles, soit : B2.

Pour une meilleure compréhension de cette dernière partie se reporter au chapitre suivant paragraphe 2 traitant de la mise en position isostatique.

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL				PIECE Semelle de micro-perceuse		
ELABORATION des GAMES de FABRICATION						
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE						
Repère des surfaces	Désignation de l'entité	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnancement Isostatisme
1-15-16	Trois plans associés sécants deux à deux	F2T			C U V	PHASE 10 Appui plan sur B1 Orientation sur B3 Butée sur B2
2	Plan	F1T				
3-6	Deux plans associés sécants	éb : F1T fin : F1T				
4	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléseur				
5	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléseur				
7	Trou débouchant	Foret				
8	Trou débouchant	Foret				
9-13	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
10-14	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
11	Taraudage	Taraud Foret	Trou débouchant ←			
12	Chanfrein	Foret à pointer				
17	Trou débouchant	Foret				



4. Elaboration des gammes de fabrication des pièces cylindriques

4.1. Construction du projet de gamme de fabrication

La figure 20 montre le cheminement de réflexion menant au résultat final. Comme pour les pièces prismatiques, on se place dans le cas où aucune pièce du type proposé n'a déjà été réalisée dans l'entreprise. Une pièce de forme globale cylindrique est composée d'un ensemble de surfaces de révolution (cône, cylindre, plan, tore; voir figure 21), auxquelles viennent s'ajouter des surfaces complémentaires qui peuvent être des plans, des rainures, des trous, des taraudages, etc. (voir figure 22).

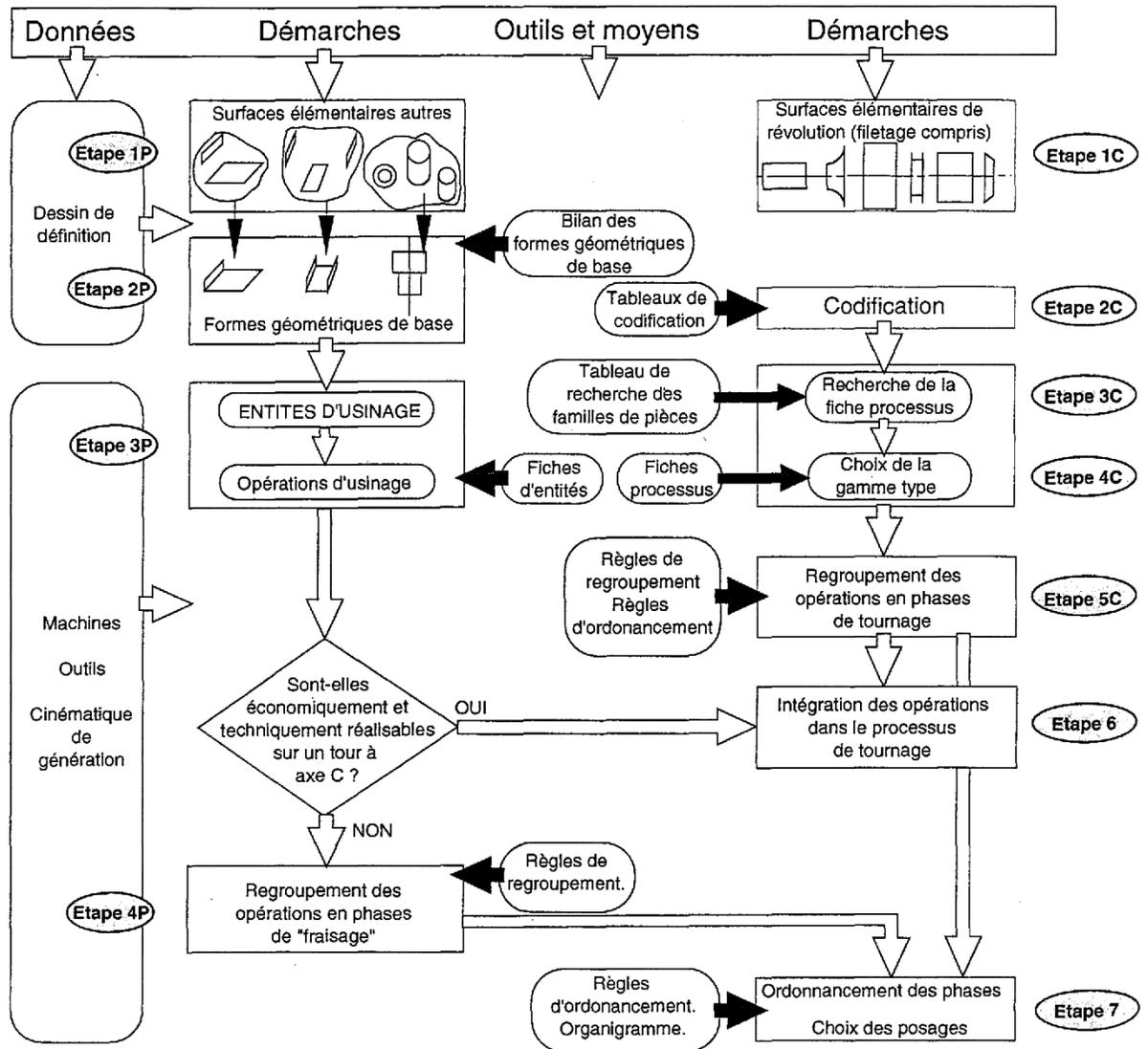


Figure 20 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce cylindrique

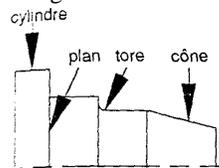


Figure 21 : Surfaces élémentaires composant une pièce de révolution.

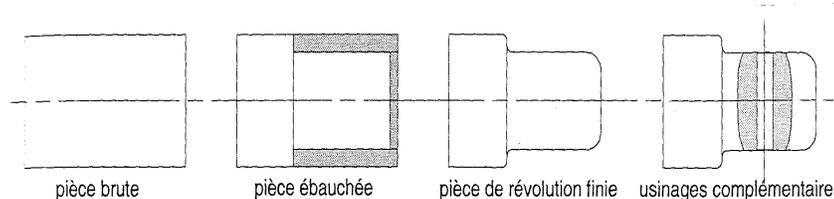


Figure 22 : Exemple de pièces cylindrique

Les surfaces élémentaires de non révolution seront analysées avec la même démarche que pour les pièces prismatiques, on aboutira donc à un répertoire d'opérations à effectuer. Les fiches d'entités utilisées seront

fonction des moyens techniques disponibles, tour à axe C ou centre d'usinage, ou machines-outils traditionnelles, après analyse économique concernant la rentabilité de ces moyens.

Les surfaces élémentaires de révolution étant limitées en nombre, les morphologies générales des pièces de révolution le seront également et il devient possible de déterminer des grandes familles morphologiques. L'aspect dimensionnel ne pouvant être négligé comme facteur de différenciation, le classement des pièces cylindriques peut se concevoir selon un aspect morphodimensionnel. Compte tenu des moyens modernes utilisés pour l'usinage des pièces de révolution (tour à commande numérique), les similitudes morphologiques peuvent se combiner avec des similitudes de processus. Si l'on suppose que les pièces sont non déformables et que l'on ne fait subir ni traitements thermiques ni rectification, les processus d'usinage peut être aisément répertoriés.

La relation existant entre la morphologie générale d'une pièce de révolution et un processus de production va permettre d'élaborer pour chaque famille morphodimensionnelle une « fiche processus » dans laquelle les modes de réalisation possibles seront répertoriés. Le choix de l'un d'entre eux donnera immédiatement la gamme de fabrication de la pièce de révolution type de la famille, d'où l'appellation « gamme type ». L'application des règles précédemment énoncées (paragraphe 3) et une approche technico-économique sur les moyens de réalisation des surfaces de non-révolution permettront soit l'intégration des opérations de fraisage, de perçage ou de taraudage dans les phases de tournage, soit l'ordonnancement des phases de tournage, de fraisage et de perçage taraudage.

Afin de pouvoir classer la pièce étudiée dans une famille et de disposer des éléments pour réaliser rapidement la gamme de fabrication, on commence par coder la pièce.

• Etape 2C : codification des pièces cylindriques

L'avantage du codage est la possibilité de consultation rapide de la mémoire de l'entreprise. Il existe plusieurs systèmes de codification dont celui du CETIM qui code la pièce selon treize critères. Le résultat obtenu est donc un code à treize chiffres. Il est à remarquer que, d'un point de vue morphologique, ce système a l'avantage de prendre en compte l'ensemble des pièces cylindriques qu'elles soient purement de révolution ou non (voir figure 23).

Afin de classer les pièces de révolution en familles morphodimensionnelles, seuls les quatre premiers rangs du code nous intéressent. Nous allons voir sur un exemple comment coder une pièce (quatre rangs) et retrouver la fiche processus correspondant à la famille identifiée par le code.

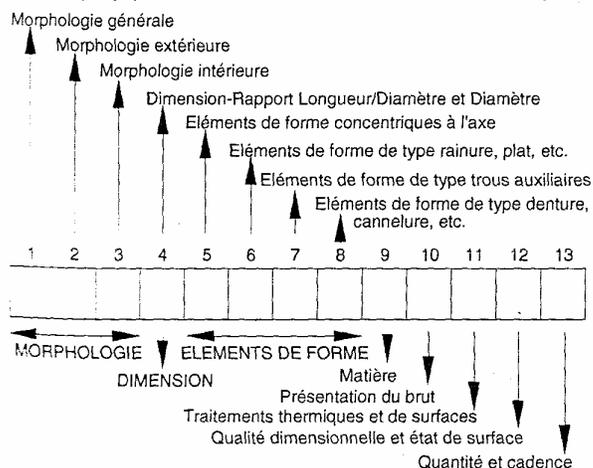


Figure 23 : codification des pièces cylindrique (code CETIM)

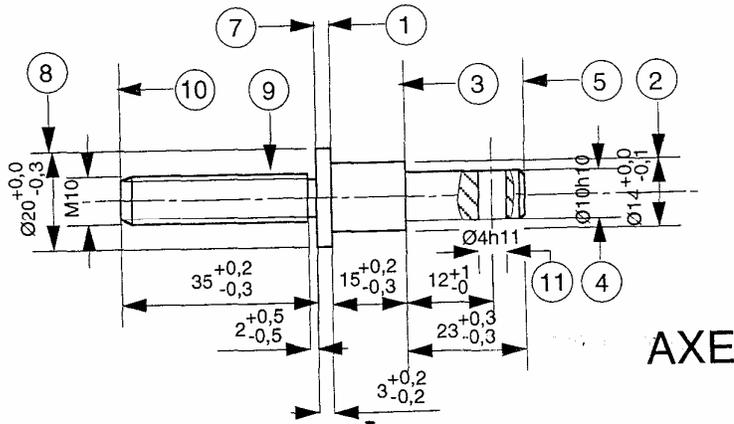


Figure 24 : Pièce « axe »

Soit le dessin de définition partiel de la pièce cylindrique « axe » figure 24.

Examinons le tableau figure 25 permettant de trouver le chiffre correspondant au premier rang de la codification. Celui-ci concerne la morphologie générale de la pièce. On peut rapprocher les différents codes des propriétés géométriques précédemment énoncées des pièces cylindriques.

PIECES DE REVOLUTION RANG 1 : MORPHOLOGIE GENERALE		
code	morphologie	exemples
	L/D < 1	
	1 < L/D < 4	
	L/D > 4	
	L/D < 1,5	
	L/D > 1,5	
	multi-axiale axes // uniquement	
	segment	
	secteur circulaire	
	autres	

Annotations for Figure 25:

- Toutes les surfaces ont le même axe de rotation
- L'ensemble des surfaces possédant un axe de rotation commun est largement prépondérant sur les autres
- Toutes les surfaces ne possèdent pas un axe de rotation
- Les surfaces peuvent avoir des axes de révolution différents mais parallèles. Exemple : un excentrique.
- Portion de pièce circulaire dont le secteur est > 180°
- Portion de pièce circulaire dont le secteur est < 180°

Figure 25 : Codage rang n°1

Codes 0, 1 et 2 : la géométrie générale de la pièce comporte un axe de révolution, la distinction entre les trois possibilités se fait d'après le rapport entre la longueur totale et le diamètre maximal.

Codes 3 et 4 : la majorité des surfaces comporte un axe de révolution, la séparation est la même que pour les codes 0, 1 et 2.

Code 5 : l'ensemble des surfaces peut avoir plusieurs axes de révolution parallèles. Codes 6 et 7 : la forme de révolution est incomplète; suivant la portion circulaire on parle de segment (code 6), ou de secteur (code 7). En face de chaque code, des exemples de formes de pièces donnent un aperçu général des géométries correspondantes.



Recherche du code de rang 1 de la pièce « axe »

- la géométrie générale de la pièce comporte un axe de révolution, d'où les trois codes possibles : 0, 1 ou 2;
- le rapport LID est égal à $76/20 = 3,8 < 4$, d'où le code final : 1.

La figure 26 permet de trouver le chiffre correspondant au deuxième rang de la codification. Celui-ci concerne la morphologie extérieure de la pièce.

PIECES DE REVOLUTION RANG 2 : MORPHOLOGIE EXTERIEURE		
code	morphologie	exemples
0	1 cylindre brut	
1	1 cylindre usiné	
2	2 cylindres	
3	> 2 cylindres et variant dans un sens	
4	variant de façon symétrique	
5	variant de façon quelconque	
6		
7	filet de mouvement cône fonctionnel sphère fonctionnelle	
8	génératrice curviligne	
9	autres	

étagement progressif des diamètres avec une variation continue du plus petit au plus grand

ensemble de géométries assurant une liaison fonctionnelle avec une autre pièce

Figure 26 : Codage rang n° 2

Codes 0, 1, 2, 3, 4 et 5, la différenciation entre les codes provient :

- de l'usinage ou non d'un cylindre;
- du nombre d'étagements existant (variations de diamètres);
- de la position de ces étagements donnant une forme symétrique ou quelconque. Code 7 : les surfaces coniques, sphériques ou le filet de mouvement participent à une liaison fonctionnelle avec une autre pièce. Code 8 : la forme de la pièce est donnée par la rotation autour d'un axe d'une ligne courbe.

Recherche du code de rang 2 de la pièce « axe » : quatre diamètres variant de façon quelconque donc code 5.



La figure 27 permet de trouver le chiffre correspondant au troisième rang de la codification. Celui-ci concerne la morphologie intérieure de la pièce.

PIECES DE REVOLUTION RANG 3 : MORPHOLOGIE INTERIEURE		
code	morphologie	exemples
0	sans	
1	avec un trou borgne	
2	variant dans un sens non débouchant	
3	variant de façon quelconque non débouchant	
4	avec deux trous non débouchants	
5	avec un trou débouchant	
6	variant dans un sens débouchant	
7	variant de façon quelconque débouchant	
8	filet de mouvement cône fonctionnel sphère fonctionnelle	
9	autres	

ensemble de géométries assurant une liaison fonctionnelle avec une autre pièce

3.

Figure 27 : codage rang n°3

Codes 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7, la différenciation entre les codes provient :

- de l'existence ou non des formes intérieures;
- de l'aspect débouchant ou borgne de ces formes;
- du nombre d'étagements;
- de la position de ces étagements donnant une forme symétrique ou quelconque

Code 8 : les surfaces coniques, sphériques ou le filet de mouvement participent à une Liaison fonctionnelle avec une autre pièce.

Recherche du code de rang 3 de la pièce « axe » : pas de forme intérieure donc 0

1 5 0

La figure 28 permet de trouver le code correspondant au quatrième rang de la codification. Celui ci concerne plus particulièrement l'aspect dimensionnel de la pièce Deux éléments sont pris en compte :

- la valeur du rapport L/D, L étant la longueur totale de la pièce et D le diamètre le plus grand;
- la valeur du plus grand diamètre. Dans le cas de sections non circulaires sera celle du cercle circonscrit. Si la pièce possède des axes parallèles multiples, la valeur sera celle du plus grand des diamètres : D2 sur l'exemple du tableau.

Recherche du code de rang 4 de la pièce « axe » :

- longueur totale : $L = 76$;
- diamètre maxi : $D = 20$;
- rapport $L/D = 76/20 = 3,8 < 4$, d'où les codes possibles 4, 5 et 6;
- D 20, d'où le code final 4.

1 5 0 4

PIECES DE REVOLUTION RANG 4 : DIMENSION - RAPPORT L/D ET D			
code	dimension		exemples particuliers
0	$L/D < 1$	$0 < D < 40$	
1		$40 < D < 80$	
2		$80 < D < 200$	
3		$D > 200$	
4	$1 < L/D < 4$	$0 < D < 40$	
5		$40 < D < 80$	
6	Pièces courtes	$D > 80$	
7	$L/D > 4$	$0 < D < 40$	
8		$40 < D < 80$	
9	Pièces longues	$D > 80$	

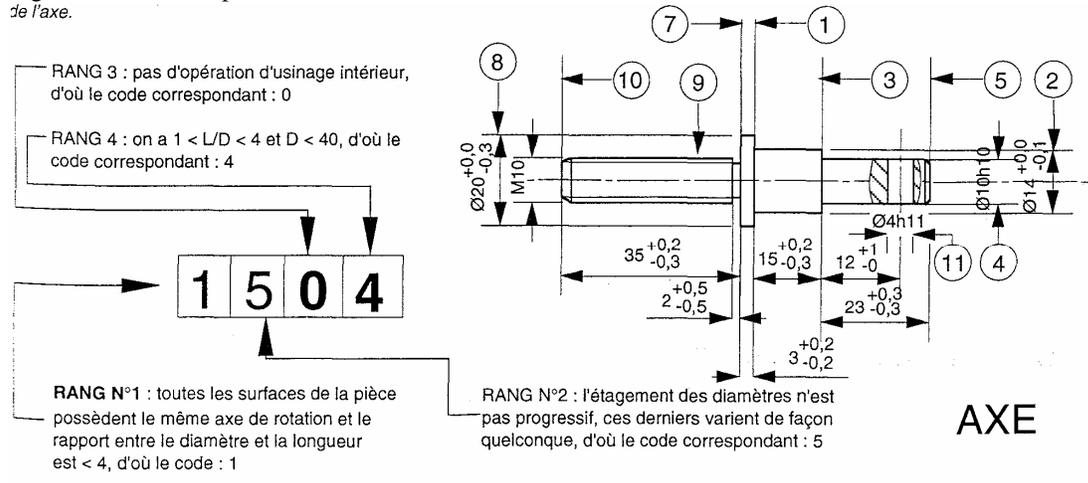
rapport entre le plus grand diamètre et la longueur totale de la pièce

dans le cas de sections non circulaires on prendra comme diamètre celui du cercle circonscrit à la forme générale de la pièce

4. Figure 28 : Codage rang n°4.

La figure 29 résume les réflexions ayant conduit à l'élaboration du code de la pièce exemple « axe ». Celui-ci étant trouvé, il faut maintenant en déduire l'appartenance à une famille connue.

Figure 29 : code complet de l'axe.



4.2. Détermination de la gamme type

Etape 3C : recherche de la fiche processus

Les trois premiers rangs du système de codification permettent de retrouver les grandes familles morphologiques, différenciées selon leurs formes générales, extérieures et intérieures (exemple : arbres pleins étagés extérieur, arbres creux non étagés intérieur ou arbres creux étagés intérieur et extérieur, etc.). Le quatrième rang les différencie en fonction de l'aspect dimensionnel (exemples : arbres pleins courts étagés extérieur, arbres pleins longs étagés extérieur, etc.). Le tableau figure 30 présente la marche à suivre pour globaliser les quatre premiers rangs et trouver ainsi la famille correspondant au code; seules les familles les plus courantes sont représentées.

1
5
0
4
 code morpho-dimensionnel sur quatre rangs de la pièce axe

		FICHES PROCESSUS						
limites données par le rang n°1	limites rang n°3	Pièces plates	0	5	0	F4	Bagues - Rondelles	
			1		1		F5	Bagues épaulées extérieur Intérieur lisse ou épaulé
			2-3 4-5	5 6 7	2 3			
limites données par le rang n°1	limites rang n°3	Pièces courtes	2-3 4-5	0	4	F7	Arbres pleins courts étagés extérieur	
			7	1	5		F9	Arbres creux courts non étagés intérieur
			0-1 2-3 4-5	5	6		F1	Arbres creux courts étagés intérieur et extérieur
limites données par le rang n°1	limites rang n°3	Pièces longues	2-3 4-5	2-3 4-6 7-8	7	F2	Arbres pleins longs non étagés ou 2 D maxi	
			0	1	8		F3	Arbres pleins longs étagés extérieur
			7-3 4-5	0 1	9		F10	Arbres creux longs non étagés
			0	5				
			1					

es.

Figure 30 : Tableau de correspondance entre le code et la famille de pièces

Si l'on reprend l'exemple de la pièce « axe », on s'aperçoit que :

— le rang n° 1 donne une première limite, qui est en fait celle des pièces courtes, correspondant aux familles F1, F7 et F9;

— le rang n° 2 n'est pas restrictif pour cette pièce puisque le code 5 est une possibilité

Pour les trois familles potentielles;

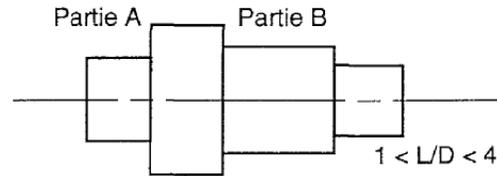
— le rang n° 3 donne une deuxième limite et une seule possibilité, la famille F7;

— le rang n° 4 n'est pas plus restrictif que le rang n° 2.

L'axe considéré est donc une pièce de la famille des arbres pleins courts étagés à l'extérieur. La fiche processus F7 que l'on peut extraire de la banque de données de l'entreprise va nous renseigner sur les processus possibles employables pour sa fabrication (figure 31) –

ARBRE PLEIN COURT ETAGES EXTERIEUR

Fiche processus **F7**



TOUR A COMMANDE NUMERIQUE : CODE 3

Processus N° 1 code 1	Processus N° 2 code 2	Processus N° 3 code 3
<p>PHASE 10 TCN1</p> <p>Usinage partie A ou B : - ébauche puis finition; - tronçonnage si travail en barre</p>	<p>PHASE 10 TCN1</p> <p>Usinage des deux parties : - ébauche de A et B; - finition de A et B; - tronçonnage.</p> <p>Remarques : - ce processus est à réserver au travail en barre; - la partie "côté barre" ne doit pas avoir un écart diamétral très important avec le diamètre commun.</p>	<p>PHASE 10 TCN1</p> <p>Usinage première partie : ébauche</p>
<p>PHASE 20 TCN2</p> <p>Usinage partie restante ébauche puis finition.</p> <p>Remarques : - le choix du premier côté usiné relève de la règle R3 (paragraphe 5.3.3); - la finition du diamètre commun aux deux parties sera faite dans la phase ou l'exigence de coaxialité avec un autre diamètre est la plus forte. Toutefois, si la dispersion probable de reprise est très inférieure à la spécification de coaxialité, le critère retenu est alors celui de l'équilibrage des temps de chaque phase; - travail en sous-phase possible (retournement de la pièce) si on possède un diamètre identique ou si on peut aménager les mors.</p>	<p>Processus N° 4 code 4</p> <p>PHASE 10 machine à centrer-dresser</p> <p>Mise à longueur et réalisation de deux centrages.</p> <p>PHASE 20 TCN1</p> <p>- Ebauche des deux côtés. - Finition des deux côtés. (entraîneur frontal employé)</p> <p>Remarque : ce processus peut être employé lorsque la spécification de coaxialité entre deux diamètres de deux parties est très faible et les ébauches peu importantes.</p>	<p>PHASE 20 TCN2</p> <p>Usinage partie restante : ébauche</p> <p>PHASE 30 TCN3</p> <p>Finition des deux côtés. (entraîneur frontal employé)</p> <p>Remarque : ce processus peut être employé lorsque la spécification de coaxialité entre deux diamètres de deux parties est très faible et les ébauches importantes.</p>

Figure 31 : Fiche processus de la famille F7.

Etape 4C : détermination de la gamme type

Pour arriver au document final qui est la gamme de fabrication, il existe une étape intermédiaire, propre aux pièces cylindriques, qui est la consultation ou la création de la gamme type. C'est une gamme particulière propre à une famille de pièces. Elle est construite (après l'analyse morphologique) à partir des fiches processus, du parc machine disponible, des outillages potentiels, etc., et correspond à l'usinage des seules surfaces de révolution. Les formes additionnelles ne sont pas prises en compte.

La figure 32 présente le cheminement à suivre pour créer une gamme type. La fiche processus extraite de la banque de données de l'entreprise donne différentes solutions possibles pour l'obtention des pièces appartenant à cette famille selon la machine- outil envisagée. Le choix de l'une d'elles est toujours dicté par une étude de rentabilité à laquelle se rajoute parfois une contrainte technique liée à l'obtention d'une coaxialité entre deux diamètres de deux parties (voir figure 31: remarques).

La gamme type F534 signifie :

- F5 : pièce de la famille 5;
- 3 : code de la machine retenue;
- 4 : code du processus retenu.

Si l'on applique cette démarche à notre exemple (« axe »), il faut extraire la fiche processus F7 appliquée à une unité de fabrication composée de tours à commande numérique. L'analyse du dessin de définition de la pièce ne fait pas apparaître de

Contrainte de coaxialité ce qui élimine a priori les processus 3 et 4 (temps d'exécution importants); le travail en barre n'étant pas conforme aux remarques indiquées, il reste le processus n° 1. La gamme type de la pièce « axe » aura donc comme code F731. La figure .33 présente une solution possible de représentation de cette gamme type.

Figure 32 : Elaboration de la gamme type

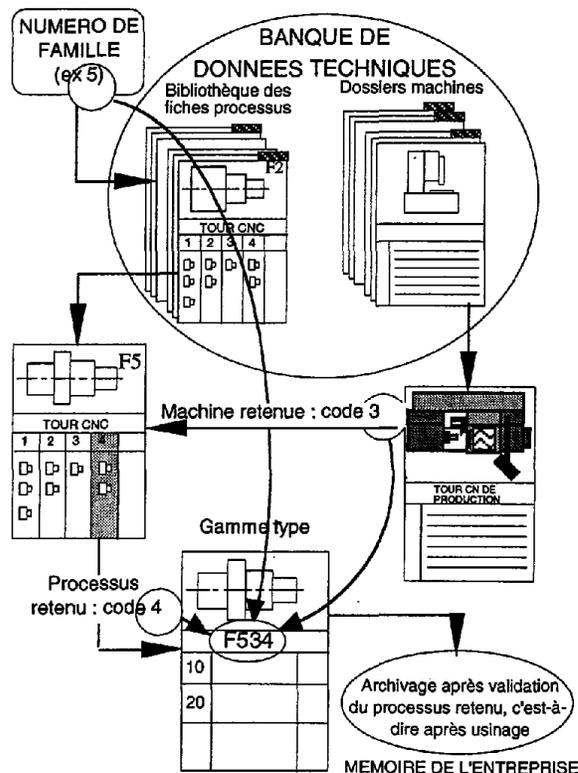
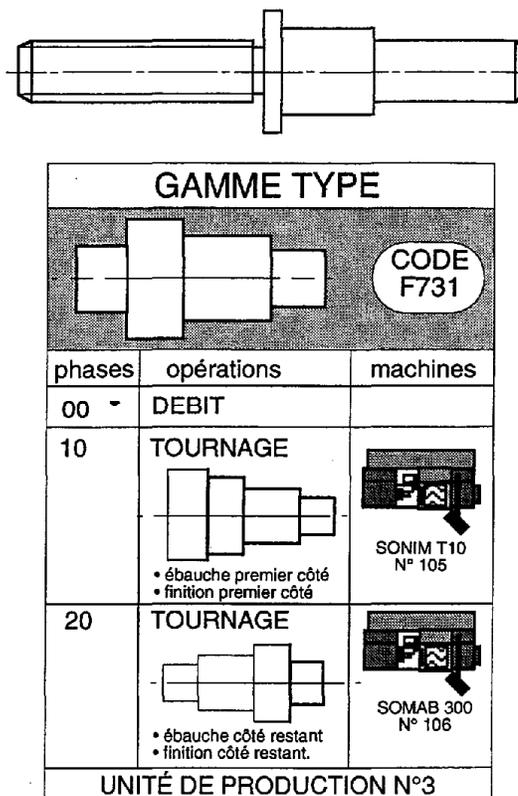


Figure 33 : Gamme type de la pièce axe



Etape 5C : regroupement des opérations en phases de tournage

Les règles établies au paragraphe 3.3 pour les pièces prismatiques restent valables pour les pièces cylindriques — celles concernant les regroupements d'opérations sont directement incluses dans les Fiches de processus;

— l'ordonnancement des phases consiste simplement à trouver le côté de la pièce qui

Sera usiné en premier (application de la règle R3);

— le choix du posage est dicté par l'application des règles R5 et R6, ce qui amène à privilégier la prise de pièce en mandrin.

La figure 34 présente l'avant-projet de la pièce exemple « axe » à ce stade de réflexion.

L'application de la règle 3 (qualité du posage) conduit à réaliser en phase 10 les surfaces 1, 2, 3, 4, 5 et 8 pour ne pas avoir de reprise sur une surface fileté en phase 20.

Pour une meilleure compréhension de l'iso statisme retenu se reporter au chapitre suivant, paragraphe 2.

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL		PIECE		AXE		
ELABORATION des GAMMES de FABRICATION						
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE						
Repère des surfaces	Désignation de la phase	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnancement Isostatisme
1-2-3-4 5-8	Tournage	à dresser rhombique éb. rhombique fin.	10			Phase 10 : - centrage long sur 8 brut - butée sur 10 brut - le serrage des mors durs élimine la rotation autour de l'axe. Phase 20 : centrage long sur 2 butée sur 1 le serrage des mors doux élimine la rotation autour de l'axe.
7-9-10- rainure filetage	Tournage	à dresser rhombique à rainurer à fileter	20			
	Désignation des entités					

SONIM T10 AXE C
N° 105



SOMAB 300
N° 106



Processus possibles

- T10 seul
- Somab seul
- T10 puis Somab
- Somab puis T10

Figure 34 Avant projet des surfaces de révolution de la pièce axe

4.3. Etape 6 : intégration des opérations complémentaires dans le processus de tournage

Les surfaces additionnelles de non révolution font l'objet d'une étude identique à celle présentée pour les pièces prismatiques. Les opérations d'usinage en découlant peuvent s'intégrer de deux manières différentes au processus de tournage

— directement dans les phases si l'emploi d'un tour à axe C est techniquement et économiquement possible. Il faudra donc effectuer un calcul rapide de rentabilité;

— par l'adjonction de phases supplémentaires de fraisage ou de perçage. Suivant l'importance des opérations, on prendra une machine-outil classique ou un centre d'usinage. Là encore, le choix du moyen découle d'une étude de rentabilité.

Les règles d'ordonnancement, de regroupement et de choix de posage (Ri à R6) sont Toujours à appliquer.

La figure 35 donne un résultat possible d'avant-projet de fabrication de la pièce

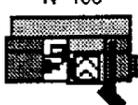
Exemple « axe », on fera l'hypothèse que la solution présentée est la moins onéreuse.

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL			PIECE		AXE	
ELABORATION des GAMMES de FABRICATION						
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE						
Repère des surfaces	Désignation de la phase	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnancement Isostatisme
1-2-3-4 5-8	Tournage	à dresser rhombique éb. rhombique fin.	10		N° 105	Phase 10 : - centrage long sur 8 brut - butée sur 10 brut - le serrage des mors durs élimine la rotation autour de l'axe.
7-9-10- rainure filetage	Tournage	à dresser rhombique à rainurer à fileter	20		N° 106	
	Désignation des entités					Phase 20 : - centrage long sur 2
11	trou débouchant	foret foret à pointer	pointage		N° 105	- butée sur 1 - le serrage des mors doux élimine la rotation autour de l'axe.

SONIM T10 AXE C
N° 105



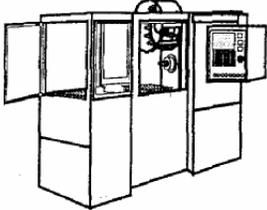
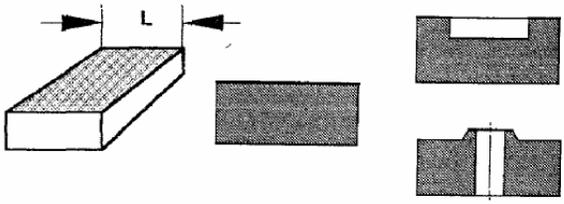
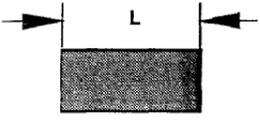
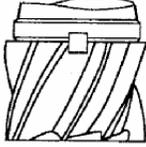
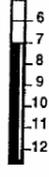
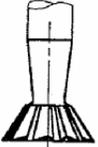
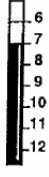
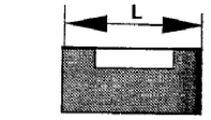
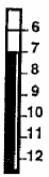
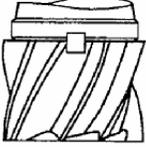
SOMAB 300
N° 106

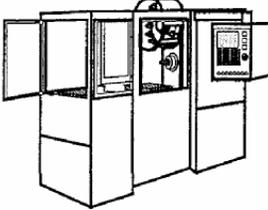
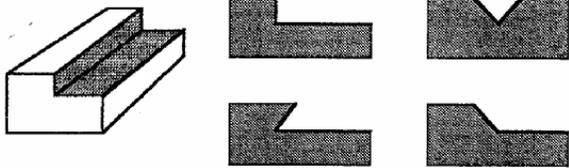
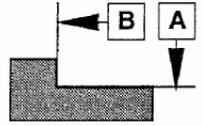
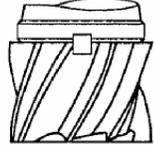
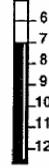
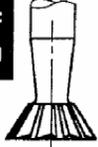
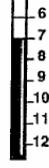
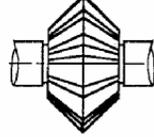
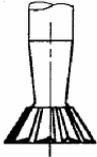
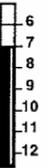
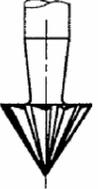
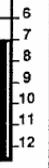


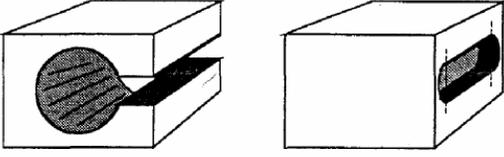
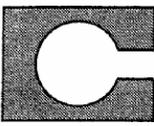
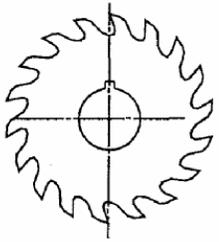
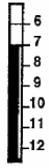
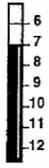
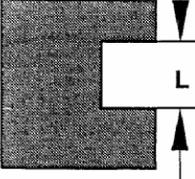
Processus possibles

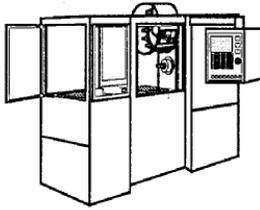
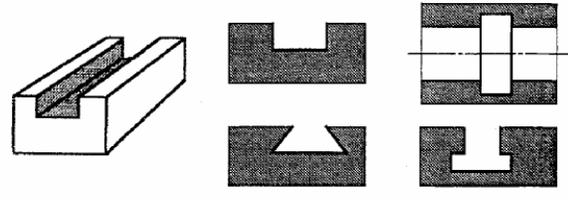
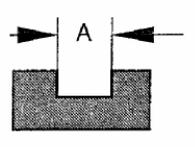
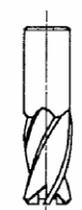
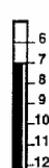
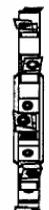
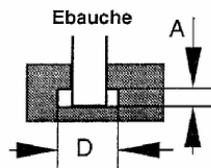
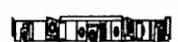
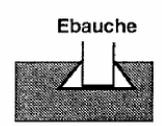
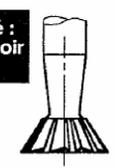
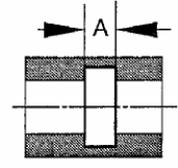
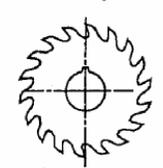
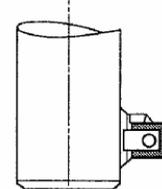
- T10 seul
- Somab seul
- T10 puis Somab
- Somab puis T10

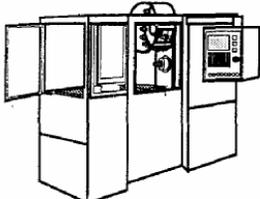
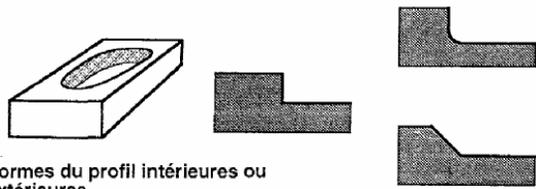
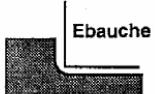
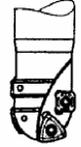
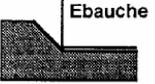
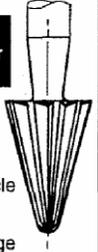
Figure 35 : Avant projet de la pièce axe

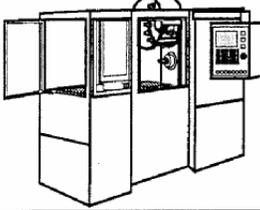
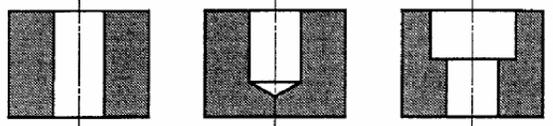
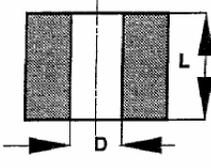
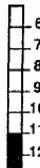
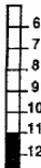
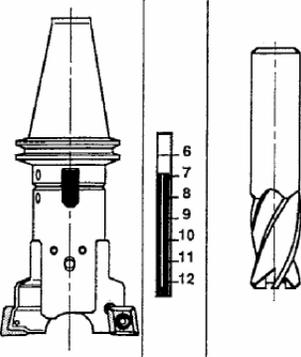
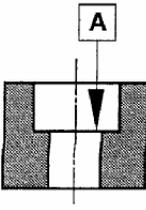
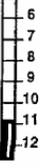
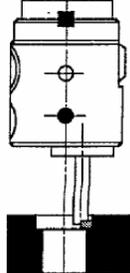
Centre d'usinage		Plan				C1	
		Code : C1					
		Indice d'antériorité : sans Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle					
Géométries		Opérations					
	Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	Qualité obtenue	
 Code C11	Fraise 1 taille  Code C111	x 	Fraise 2 tailles $D < L$  Code C112	xxx 	Fraise 2 tailles conique  Code C113	x 	
 Code C12	Fraise 1 taille  Code C121	x 	Fraise 2 tailles $D < L$  Code C122	xxx 			
			Fraise 2 tailles $D > L$  Code C131	xxx 			
 Code C13							

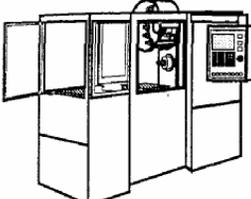
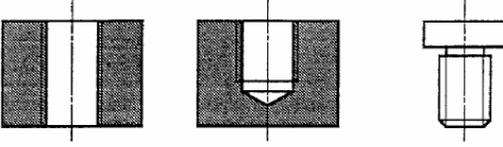
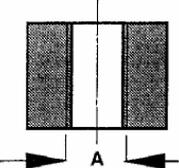
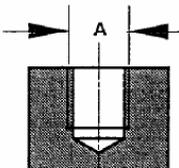
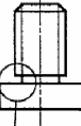
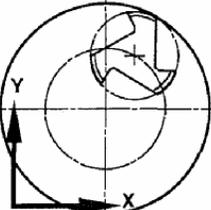
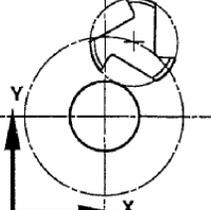
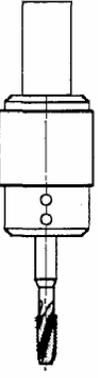
Centre d'usinage		2 plans sécants associés				C2	
		Code : C2 Indice d'antériorité : sans Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle					
Géométries		Opérations					
		Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	
 <p>Usinage de forme limite Ra = 1,6</p> <p>Usinage d'enveloppe Ra = 0,8</p> <p>Code C21</p>		Fraise 2 tailles  <p>Code C211</p>	xxx 	Fraise 3 tailles  <p>Code C212</p>	xxx 	Remarque : Pour les cas 211 et 212, si pour les surfaces A et B, Ra = 0,8, il faut dissocier les surfaces. Se reporter alors à la fiche C1	
 <p>Code C22</p>		Fraise 2 tailles conique Antériorité : Ebauche voir cas 211 Travail de finition  <p>Code C121</p>	xxx 				
 <p>Code C23</p>		A traiter comme deux plans indépendants Antériorité : Voir fiche C1 Ebauche possible en appliquant le code C211					
 <p>Si l'angle entre les deux surfaces est de 90°, se reporter à la fiche C1</p> <p>Code C24</p>		Fraise biconique 2 surfaces de forme  <p>Code C241</p>	xxx 	Fraise 2 tailles conique 1 surface de forme 1 surface d'enveloppe  <p>Code C242</p>	xxx 	Fraise conique 2 surfaces de forme  <p>Code C243</p>	xx 

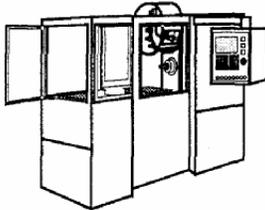
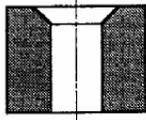
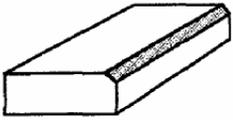
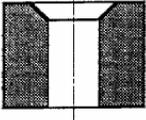
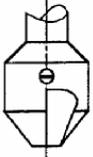
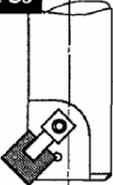
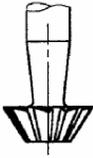
Centre d'usinage		2 plans parallèles		C3	
		Code : C3			
		Indice d'antériorité : sans Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle			
Géométries		Opérations			
	Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	Qualité obtenue	
<p>Le choix entre les deux types d'outil se fait en fonction de la distance entre les deux plans parallèles.</p> 	Fraise scie 	xxx 	Fraise 3 tailles 	xxx 	
Code C31	Code C311		Code C312		
	Fraise 2 tailles 	xxx 			
<p>Remarque : ce cas revient à étudier un profil particulier avec un cycle de contournage si la largeur L est supérieure au diamètre de la fraise.</p>	<p>Fraise avec coupe au centre si travail en plongée</p>				
Code C32	Code C321				

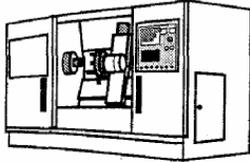
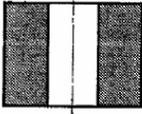
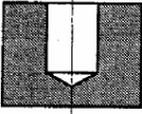
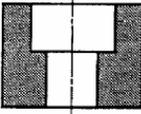
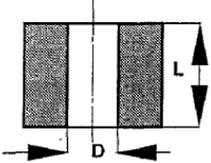
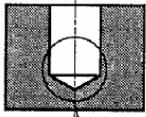
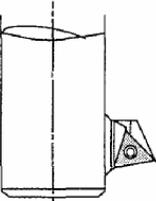
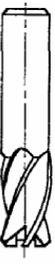
Centre d'usinage		3 plans associés sécants 2 à 2				C4
		Code : C4 Indice d'antériorité : sans Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle				
Géométries		Opérations				
		Fraisage	Qualité obtenue	Fraisage	Qualité obtenue	Alésage
 Code C41	Fraise 2 tailles Si $D < A$, cycle de contournage Si $A > A$, passage direct 	xxx 	Fraise 3 tailles A : épaisseur de la fraise. 	xxx 		
 Code C42	Fraise 3 tailles Antériorité : ébauche voir fiche C1  A : épaisseur de la fraise D : diamètre de la fraise	xxx 				
 Code C43	Fraise 2 tailles conique Antériorité : ébauche voir fiche C1 	xxx 				
 Code C44	Fraise 3 tailles Si $A = E$, cycle simple Si $A > E$, déplacement axial en plus du cycle  Epaisseur E  Trajectoire de la fraise	xxx 	Barre d'alésage  Code C442	xx 		

Centre d'usinage	Profil intérieur ou extérieur				C5
	Code : C5				
	Indice d'antériorité : sans		Formes du profil intérieures ou extérieures		
Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle					
Géométries	Opérations				
	Fraisage	Qualité obtenue		Qualité obtenue	Qualité obtenue
 Code C55	Fraise 2 tailles  Travail en cycle de poche (intérieur) ou de contournage (extérieur) Code C551	xxx 			
 Ebauche Code C12	Fraise 2 tailles à bout sphérique Antériorité : ébauche voir fiche C1  Travail de finition Travail en cycle de poche (intérieur) ou de contournage (extérieur) Code C121	xxx 			
 Ebauche Code C57	Fraise 2 tailles conique à bout sphérique Antériorité : ébauche voir fiche C1  Travail de finition Travail en cycle de poche (intérieur) ou de contournage (extérieur) Code C571	xxx 			

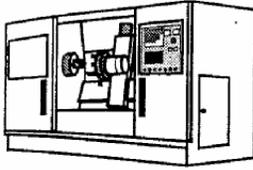
Centre d'usinage		Trous borgnes et débouchants			C6	
		Code : C6		Trou débouchant Trou borgne Trou lamé		
		Indice d'antériorité : Sans Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle				
Géométries		Opérations				
		Perçage	Alésage		Fraisage	
		Qualité obtenue			Qualité obtenue	
 Code C61	Foret  Code C611-621	xxx 	Alésoir ou tête à aléser  A n'utiliser que pour les opérations de finition Antériorité : trou d'ébauche Code C613-623	xxx 	Barre d'alésage et grain xxx Fraise 2 tailles xxx 	
	Foreur  D : 16 mini Code C612-622	xxx 	Foret alésoir ou tête à aléser  Code C614-624	xxx 		
 Code C63	Foret étagé  Code C631	xxx 	Alésage, tête à aléser  La forme du grain est à adapter en fonction de la forme de la surface A Code C601-602	xx 	Barre d'alésage modulaire avec tête à aléser Code C 603	La fraise est à coupe au centre ou non selon l'état brut du trou Code C 604

Centre d'usinage	Filetage intérieur et extérieur					C7			
	<p>Code : C7</p> <p>Indice d'antériorité : C6</p> <p>Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle</p>								
Géométries	Opérations								
		Fraisage	Qualité obtenue	Taraudage	Qualité obtenue	Filetage	Qualité obtenue		
Le choix du type d'outil relève d'un calcul de prix de revient (coût outil, quantité produite, gain de productivité...)									
 <p>Code C71</p> 		<p>Fraise taraud xxx</p> <p>Antériorité : Alesage d'ébauche en intérieur Cylindre pour l'extérieur</p> <p>Mouvement de génération : interpolation hélicoïdale</p> <p>Limitation : $A > M 2,5$</p> 		<p>Taraud machine xxx</p> <p>Antériorité : trou d'ébauche voir fiche C6</p> <p>Mouvement de génération hélicoïdal</p> <p>Limitation: en fonction des capacités de la machine utilisée</p> 					
 <p>Gorge non obligatoire</p> <p>Code C73</p>		<p>Filetage intérieur</p>  <p>Filetage extérieur</p>  <p>Code C701</p>		<p>Appareil à tarauder</p>  <p>Code C711- 712</p>					

Centre d'usinage		Chanfrein				C8
		Code : C8 Indice de C1 d'antériorité : à C6 Utilisation xxx Courante xx Possible x Exceptionnelle		 		
Géométries		Opérations				
		Fraisage	Perçage	Alésage		
		Qualité obtenue	Qualité obtenue	Qualité obtenue	Qualité obtenue	
		Fraise de forme xxx Antériorité : trou d'ébauche voir fiche C6  Détourage : limitation par la valeur du diamètre Code C81	Fraise à chanfreiner xxx Antériorité : trou d'ébauche voir fiche C6  Code C811	Barre d'alésage xx Antériorité : trou d'ébauche voir fiche C6  Code C813	Foret à pointer xx Antériorité : trou d'ébauche voir fiche C6 Remarque : le pointage peut servir de chanfreinage  Code C812	
		Fraise de forme xxx Antériorité : Plans sécants : voir fiches C1 à C5  Code C82				

Tour à commande numérique	Trou			T1
	Code : T1	Trou débouchant	Trou borgne	Trou lamé
	Indice d'antériorité : sans			
Utilisation xxx Courante xx Possible x Exceptionnelle	Opérations			
Géométries	Perçage	Alésage	Fraisage	Qualité obtenue
<p>Tour à axe C si l'axe du trou n'est pas confondu avec l'axe de la pièce</p>  <p>Code T11</p>  <p>Toute forme admise</p> <p>Code T12</p>	<p>Foret</p>  <p>Code T111-121</p> <p>Foreur</p>  <p>Code T111-121</p> <p>Foret étagé</p>  <p>Code T131</p>	<p>Alésair</p> <p>A n'utiliser que pour les opérations de finition</p> <p>Antériorité : trou d'ébauche</p>  <p>Code T112</p> <p>Foret alésur</p>  <p>Code T112-122</p> <p>Barre d'alésage et grain</p>  <p>La forme du grain est à adapter en fonction de la forme de la surface A (voir catalogues fabricants)</p> <p>Code T112-122-132</p>	<p>Fraise 2 tailles</p>  <p>La fraise est à coupe au centre ou non selon l'état brut du trou</p> <p>Code T113-123-133</p>	<p>Qualité obtenue</p> <p>xxx</p> <p>xxx</p> <p>xxx</p> <p>xxx</p>

Tour à commande numérique



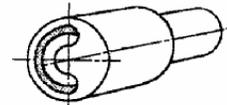
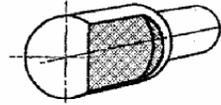
2 plans associés sécants

T3

Code : T3

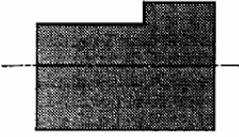
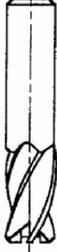
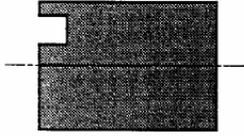
Indice d'antériorité : sans

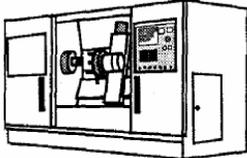
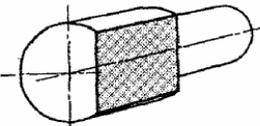
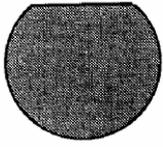
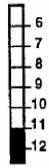
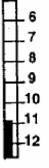
Utilisation
xxx Courante
xx Possible
x Exceptionnelle



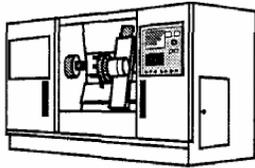
Géométries

Opérations

Géométries	Opérations				
	Fraisage	Qualité obtenue		Qualité obtenue	Qualité obtenue
 Code T31	Fraise 2 tailles  Usinage de forme : Ra limite 1,6 Usinage d'enveloppe : Ra limite 0,8 Code T311	xxx 			
Toute forme possible en bout  Code T32	Fraise 2 tailles ou de forme  Usinage de forme : Ra limite 1,6 Usinage d'enveloppe : Ra limite 0,8 Code T321	xxx 			

<p>Tour à commande numérique</p> 	<p>Plan</p>		<p>T2</p>	
<p>Code : T2</p> <p>Indice d'antériorité : sans</p> <p>Utilisation XXX Courante XX Possible X Exceptionnelle</p>				
<p>Géométries</p>	<p>Opérations</p>			
	<p>Fraisage</p> <p>Fraise à surfacer</p> <p>Code T211</p>	<p>Qualité obtenue</p> <p>XXX</p> 	<p>Qualité obtenue</p>	<p>Qualité obtenue</p>
<p>Code T21</p>	<p>Fraise 2 tailles</p>  <p>Code T212</p>	<p>Qualité obtenue</p> 	<p>Qualité obtenue</p>	<p>Qualité obtenue</p>

Tour à commande numérique



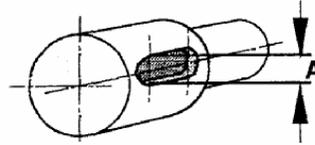
3 plans associés et sécants 2 à 2

T4

Code : T4

Indice d'antériorité : sans

Utilisation
XXX Courante
XX Possible
X Exceptionnelle



Géométries	Opérations				
	Fraisage	Qualité obtenue		Qualité obtenue	Qualité obtenue
<p>Code T41</p>	<p>Fraise 2 tailles coupe au centre</p> <p>D = A, cycle pénétration translation et dégagement</p> <p>Code T411</p>	<p>xxx</p>	<p>La fraise est à coupe au centre ou non selon l'état brut du trou</p>		
<p>Code T42</p>	<p>Fraise 2 tailles</p> <p>D = A, cycle pénétration, translation et dégagement</p> <p>Code T421</p>				
<p>Code T43</p>	<p>Fraise 2 tailles conique</p> <p>Antériorité : voir fiches T2 et T3</p> <p>Opération de finition</p> <p>Code T431</p>				

5. LE CONTRAT DE PHASE

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

- de déterminer la cotation de fabrication;
- d'étudier les montages d'usinage à réaliser;
- d'élaborer le programme en commande numérique;
- de mettre en place la phase d'usinage sur la machine;
- de prévoir les contrôles.

5.1. Différents éléments entrant dans la constitution d'un contrat de phase

Un contrat de phase est dit prévisionnel tant que le processus de fabrication n'a pas été validé par la production. Après cette étape et d'éventuelles modifications, il devient définitif et vient enrichir le savoir-faire de l'entreprise.

Le document qui le matérialise contient de nombreuses informations (voir figure 1 page suivante).

+ **La partie supérieure du contrat de phase** donne les éléments descriptifs de la pièce et de son programme de fabrication, à savoir :

- son nom et celui de l'ensemble auquel elle appartient;
- la matière et le mode d'élaboration du brut;
- la désignation de la phase, la chronologie des opérations et la machine-outil employée;
- le nombre de pièces à fabriquer, la taille des lots, la cadence de production.

+ **La zone centrale** est réservée aux descriptions graphiques et comporte :

- la pièce représentée telle qu'elle sera usinée en fin de phase; il est également possible de faire ressortir les surfaces à usiner en les dessinant d'une couleur différente;
- l'indication de l'origine programme et des axes de la machine permettant, d'une part, la mesure des décalages au niveau du directeur de commande numérique et, d'autre part, l'orientation dans les bonnes directions du montage d'usinage sur la machine-outil;
- la cotation de fabrication, qui permettra la réalisation du programme et servira de base pour élaborer le contrôle dimensionnel;
- le positionnement isostatique avec indication normalisée des éléments technologiques pour permettre la conception de la porte pièce. Les indications de serrage pourront ou non être indiquées selon que l'on considère ou non qu'elles soient plutôt du ressort du concepteur de la porte pièce.

• **La zone du bas** est réservée :

- au descriptif des opérations d'usinage et à leur ordonnancement précis;
- à l'indication des outils utilisés, avec le cas échéant leur désignation normalisée (Plaquette et porte plaquette);
- à l'indication des conditions de coupe (V, s, ...) et des temps utiles permettant la réalisation du devis.

CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL PHASE N° : 10		Ensemble : MICRO-PERCEUSE Elément : SEMELLE Matière : AS13		PREPARATION DU TRAVAIL		1		
NOM :		Programme : 100 pièces/lots de 20						
Désignation :		fraisage, perçage, taraudage						
Machine -outil :		CENTRE D'USINAGE VERTICAL						
Désignation des opérations		Outils		V	N	F	Tt	Tc
1- surfacer ébauche 3, 6 fini. 2		fraise 1 taille D>50						
2- surfacer finition 3, 6		fraise 1 taille D>50						
3- lamage de 7, 8		fraise 2T coupe au centre D=12 mm						
4- pointage de 4, 5, 9,10,11,17		foret à pointer D=10						
5- perçage de 4, 5		foret D=9,5						
6- perçage de 9,10,17		foret D=7						
7- rainurage de 1,15,16		fraise 2T D=4						
8- perçage de 11		foret D=5						
9- taraudage de 11		taraud machine M6						
10- alésage de 4, 5		alésoir D=10						

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 contenant :

- 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 (norme deuxième partie);
- la situation de l'origine programme;
- la direction des axes machines;
- la cotation de fabrication (non indiquée ici pour un souci de clarté).

Zone basse comportant :

- la liste ordonnée des opérations à effectuer;
- les outils correspondants avec leurs désignations normalisées;
- les conditions de coupe employées;
- une indication éventuelle des temps technologiques et de coupe.

Figure 1 : Exemple de contrat de phase; semelle de micro-

5.2 Mise en position des pièces

5.2.1. Mise en position isostatique

Afin d'être usinée, la pièce doit être positionnée par rapport à la machine dans une situation telle que l'on obtienne une bonne répétitivité. On recherche donc le nombre des contacts nécessaires et suffisant au positionnement.

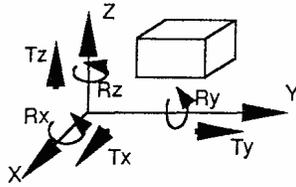


Figure 2 : Mouvements d'un solide dans l'espace.

o Degré de liberté

Tout mouvement d'un solide dans l'espace peut se décrire comme étant la combinaison de trois translations selon des axes orthogonaux et de trois rotations autour de ces axes (figure 2). Ces six mouvements représentent les six degrés de liberté du solide. Si, pour une pièce donnée, on élimine toutes ces rotations et translations, elle devient fixe par rapport au repère défini par les trois axes.

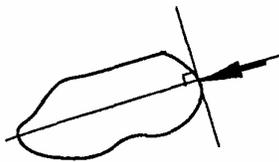


Figure 3 : Position de la normale Par rapport au solide

o Elimination des degrés de liberté

Afin d'éliminer les différents degrés de liberté on oppose, à chaque possibilité de mouvement, un contact ponctuel représenté par une normale de repérage (figure 3). Selon la forme et l'étendue des surfaces géométriques on peut associer un nombre variable de normales de repérage. La figure 4 donne la possibilité d'implantation des normales en fonction des principales surfaces géométriques rencontrées sur une pièce mécanique.

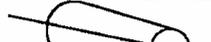
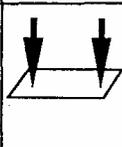
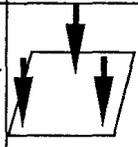
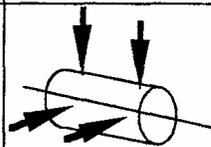
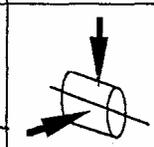
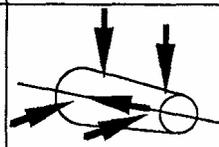
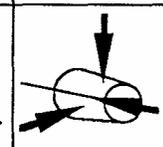
Surface plane 			Surface cylindrique  L=longueur D=diamètre		Surface conique 	
Petite	Moyenne	Grande	Longue ($L > 1,5D$)	Courte ($L < D$)	Longue ($L > 1,5D$)	Courte ($L < D$)
une normale	2	3	4	2	5	3
						

Figure 4 : Nombre de normales possibles sur les surfaces géométriques de base.



Figure 5 : Norme NFE -04-013 première partie.

o Mise en position isostatique

L'élimination des six degrés de liberté conduit à la mise en position isostatique d'une pièce. La norme NFE 04-013, première partie, définit la représentation symbolique des normales de repérage (voir figure 5). Le symbole de base est placé du côté libre de la matière, sur la surface spécifiée ou éventuellement sur une ligne d'attache, s'il n'y a pas d'ambiguïté. Le symbole de base est normal à l'appui considéré. Il est nécessaire de représenter les symboles dans les vues où leurs positions sont les plus explicites et de les repérer dans chaque vue en leur affectant un indice de 1 à 6 disposé à côté du segment de droite. Mettre une pièce mécanique en position isostatique, c'est déterminer la combinaison des surfaces géométriques élémentaires, qui donneront un total de six normales de repérage permettant l'élimination de chacun des six degrés de liberté. La figure 6. présente les principales combinaisons rencontrées et indique la nature des liaisons exécutées.

Figure 6. : Mises en positio

Schématisme de la mise en position	Positionnement isostatique	Schématisme de la mise en position	Positionnement isostatique
	1-2-3 : Liaison plane 4-5 : Linéaire rectiligne 6 : Ponctuelle		1-2-3 : Liaison plane 4-5 : Linéaire annulaire
	1-2-3 : Liaison plane 4-5 : Linéaire annulaire 6 : Ponctuelle		1-2-3-4 : Pivot glissant 5 : Ponctuelle

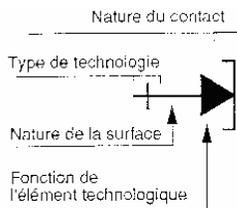


Figure 7 : Symbole de base.

5.2.2. Symbolisation des éléments technologiques

La deuxième partie de la norme NFE 04-O 13 définit les symboles représentant sur la partie graphique des contrats de phases, les éléments d'appui et de maintien des pièces pendant les opérations d'usinage, de contrôle ou de manutention.

Chaque symbole (voir figure 7) est construit à l'aide d'un certain nombre de symboles élémentaires additifs dont le rôle est de préciser :

- la fonction de l'élément technologique;
- la nature du contact avec la surface;
- la nature de la surface de la pièce;
- le type de technologie de l'élément.

Le détail de ces symboles élémentaires est donné figure 8.

Fonction	Symbole	Projection
Mise en position rigoureuse Départ de cotation		
Maintien en position Prépositionnement Soutien		

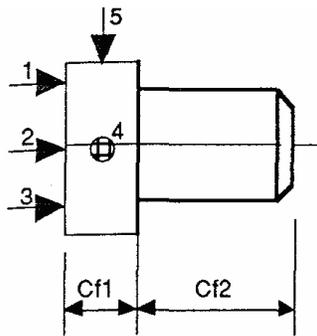
Nature de la surface	Symbole
Surface usinée	
Surface brute	

Type de technologie	Exemples
Appui fixe	
Centrage fixe	
Système à serrage	
Système à serrage concentrique	
Système de soutien irréversible	
Système de soutien réversible	
Centrage réversible	

Dispositif et fonction		Symbole
Contact surfacique fixe de départ de cote sur une surface usinée		
Mors striés à serrage concentrique flottant utilisés comme entraîneurs sur une surface brute		
Contact ponctuel fixe de départ de cote sur une surface brute		
Contact dégagé fixe de départ de cote sur une surface brute		
Cuvette de départ de cote sur une surface usinée		
Pointe fixe de départ de cote sur une surface usinée		
Pointe tournante de poupée mobile de maintien en position		
Palonnier de bridage possédant des mors striés, sur une surface brute		
Vé fixe de départ de cote sur une surface usinée		
Orienteur de départ de cote angulaire à contacts ponctuels sur une surface usinée		

Nature du contact	Symbole	Nature du contact	Symbole
contact strié		contact dégagé	
ponctuel		cuvette	
surfacique		vé	
pointe fixe		orienteur	
pointe tournante		palonnier	

Figure 8 : Symboles élémentaires et exemples de compositions



Cf1 : cote fabriquée entre une surface de mise en position et une surface usinée
Cf2 : cote fabriquée entre deux surfaces usinées

3 Cotation de fabrication

Le dessin de définition d'une pièce (géométrie, dimensions, spécifications), qui constitue le contrat de fabrication, résulte d'une cotation fonctionnelle.

L'établissement de la cotation de fabrication consiste à rechercher, pour chaque phase les cotes et spécifications fabriquées garantissant le respect du contrat. Une cote fabriquée est une cote entre deux surfaces usinées ou entre une surface usinée et une surface de mise en position, dans la phase considérée (voir figure 9). L'ensemble des calculs (couramment appelé simulation) permet de :

- vérifier si l'avant-projet de fabrication est faisable compte tenu des intervalles de tolérance des cotes fabriquées;
- déterminer la valeur des cotes fabriquées et les dimensions du brut (moulé, forgé, débité, etc.) permettant de garantir la possibilité d'usiner en respectant les données et spécifications imposées par le bureau d'études.

Figure 9 : Exemples de cotes fabriquées.

Ces calculs feront l'objet d'une présentation complète dans les formations supérieures. On s'intéressera dans cet ouvrage à la vérification de l'avant-projet. Différentes méthodes de calcul existent, on privilégiera une approche globale consistant à prendre en compte l'historique des fabrications antérieures et donc les connaissances que l'entreprise a de son savoir-faire. Ces éléments nous amènent à examiner les résultats de la mise sous surveillance des procédés antérieurs.

5.3.1. Mise sous surveillance des procédés au service de la prévision

La figure 3.5 (chapitre 3) présentait les facteurs (les cinq M) influençant les procédés de fabrication. Analysons un à un ces facteurs.

- **La main-d'oeuvre** : si les procédures normales de mise en oeuvre sont respectées, la phase se déroulant sur une machine à commande numérique, on fera l'hypothèse que cette composante n'intervient pas de manière significative.
- **Le milieu** : suffisamment stable pour ne pas être perturbant, effets à négliger a priori.
- **La matière** : les entreprises travaillent de plus en plus en assurance qualité avec leurs fournisseurs et en particulier avec les spécialistes d'élaboration des bruts ou de matières premières. Là encore, dans une première approche, on fera l'hypothèse que ce facteur peut être négligé.
- **La machine** : elle est à l'origine des principales causes de dispersions aléatoires qui engendrent les variations de dimensions sur les pièces produites : facteur très influent.
- **La méthode** : pour une machine donnée, le choix des outils employés (perçage avec ou sans centrage), des solutions technologiques utilisées pour le positionnement isostatique, etc. va également produire des différences de résultats dans les dimensions obtenues.

La mise sous surveillance des productions antérieures va permettre de déterminer avec précision l'influence de ces facteurs que l'on ramène, suite aux hypothèses précédentes, aux deux principaux : machine méthode. Des tableaux comme celui de la figure 10 peuvent être

Construits par chaque entreprise, pour chaque machine, avec une évolution des valeurs en fonction des derniers résultats; ils font partie de la banque de données dont peut disposer le technicien de préparation du travail.

Toutes les valeurs contenues dans le tableau sont indicatives. La fiabilité des prévisions dépend de la précision de définition des méthodes employées. Une définition précise indiquerait, par exemple, « perçage direct » et spécifierait le type de foret employé.

Centre d'usinage Réalméca 250H		
Cote fabriquée entre :	IT	
Deux surfaces fraisées obtenues :		
- sans rotation de plateau (axe B)	0,04	
- avec rotation de plateau (axe B)	0,05	
Une surface fraisée et :		
- un perçage avec centrage	0,08	
- un perçage direct	0,14	
Deux perçages sans centrage	0,2	
Deux perçages avec centrage	0,12	
Une surface fraisée et une surface d'appui obtenue par :	Appui ponctuel	Appui plan
- moulage sable	0,62	0,56
- moulage coquille gravité	0,52	0,42
- moulage sous pression	0,26	0,16
- usinage	0,12	0,07
Une surface percée avec centrage et une surface d'appui obtenue par :	Appui ponctuel	Appui plan
- moulage sable	0,66	0,6
- moulage coquille gravité	0,56	0,46
- moulage sous pression	0,3	0,2
- usinage	0,16	0,12
Tolérance géométrique	Valeur	
Parallélisme entre deux surfaces usinées :		
- sans rotation de plateau	0,05/100	
- avec rotation de plateau	0,06/100	
Perpendicularité entre deux surfaces usinées :		
- sans rotation de plateau	0,06/100	
- avec rotation de plateau	0,08/100	
Valeurs mises à jour le 10/11/93		

Figure 10 : Estimation de résultats pour le centre horizontal Réalméca 250H

5.3.2. Méthodologie de vérification d'un avant-projet de fabrication

Les figures 11 à 15 présentent sur l'exemple de la semelle de micro perceuse du Chapitre 1 la démarche à employer (suivant un axe) pour contrôler un avant-projet.

+ Mise en place des conditions du bureau d'études (BE) sur le dessin de Définition

La cotation fonctionnelle du bureau d'études représente l'ensemble des «cotes conditions» qu'il faut respecter. Mais elles ne sont pas toutes à simuler; celles obtenues Directement par un outil (exemple : trou percé avec un foret) résultent, en termes de Qualité, des possibilités des outillages. Les fabricants de ces outils donnent toujours Leurs limites et la vérification de faisabilité sont immédiates. Il est également indispensable que le technicien indique la surface servant d'appui pour la première phase d'usinage.

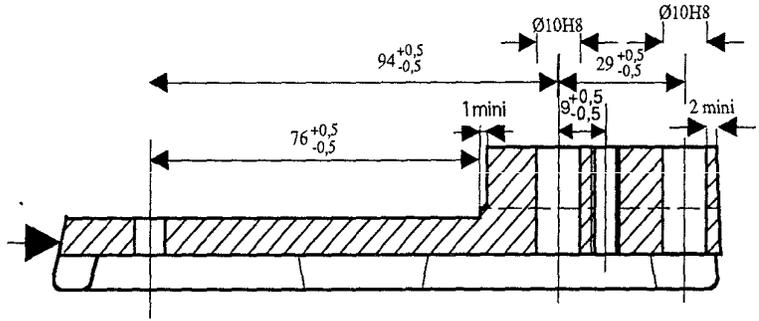


Figure 6.12 : Mise en place des conditions BE et de l'indication de la surface d'appui.

• **Choix des cotes fabriquées définissant le brut**

La surface servant d'appui pour la première phase d'usinage est celle qui positionne toutes les autres surfaces brutes dans la direction considérée. En conséquence, toutes

Les cotes fabriquées définissant le brut partent de la surface d'appui et leur nombre est

Identique à celui des surfaces à positionner. L'intervalle de tolérance de ces cotes est toujours donné par les normes relatives au procédé d'obtention des bruts.

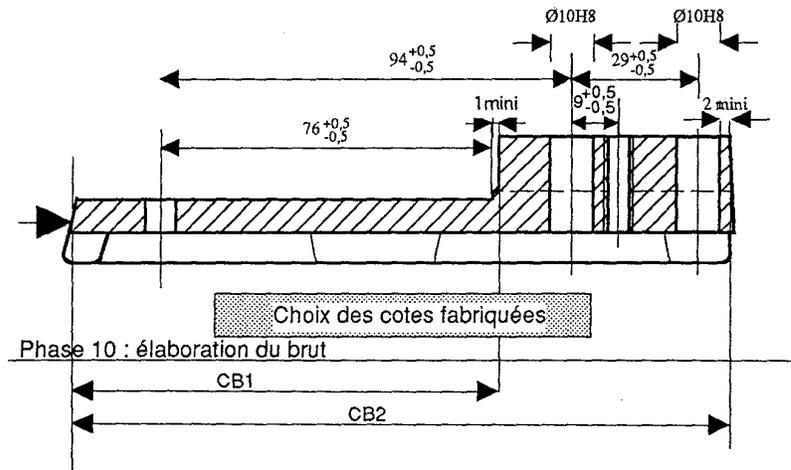


Figure 6.13 : Choix des cotes fabriquées définissant le brut (CB).

• **Choix des cotes fabriquées pour chaque phase d'usinage**

Pour chacune des phases d'usinage il faut :

- au moins une cote fabriquée (par axe) liant la surface d'appui avec une surface usinée;
- un ensemble de cotes fabriquées positionnant les surfaces usinées entre elles, choisies de telle façon qu'elles coïncident le plus souvent possible avec les cotes du Bureau d'études (cotes directes).

Le choix de la surface usinée liée à la surface d'appui doit être tel qu'il permette ensuite de localiser un maximum de surfaces par des cotes fabriquées directes.

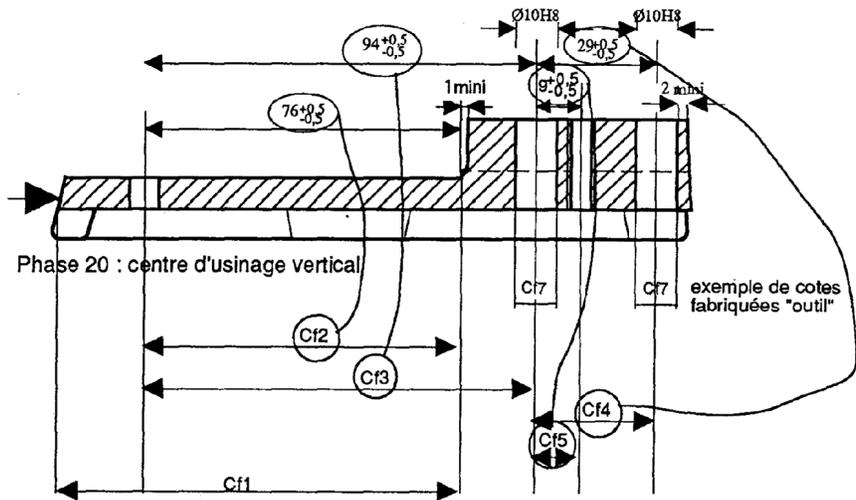


Figure 6.14 : *Choix des cotes fabriquées définissant les usinages.*

Cf2, Cf3, Cf4, Cf5 sont les cotes fabriquées positionnant les surfaces usinées entre elles.
Cf1 est la cote fabriquée positionnant cet ensemble de surfaces usinées par rapport à la surface brute d'appui.

• Etablissement des chaînes de cotes

Il s'agit de dresser des chaînes de cotes en effectuant une somme vectorielle, la cote BE étant la cote condition et les cotes fabriquées les composantes.

Deux grands cas de chaînes de cotes existent :

— les surfaces définissant la cote BE sont toutes les deux concernées (réalisées, ou Une servant d'appui) dans la même phase; alors la chaîne de cotes est réduite à une Seule composante;

Les surfaces définissant la cote BE sont réalisées dans deux phases différentes,

Quelques règles sont alors à préciser pour minimiser les dimensions du brut et optimiser la vérification :

- **le nombre de composantes doit être le plus réduit possible,**
- **une seule cote fabriquée de positionnement de surface par phase doit** Intervenir.

Cette dernière règle conduit quelquefois à créer de nouvelles cotes fabriquées venant en surabondance par rapport à celles précédemment choisies.

Sur notre exemple (poursuivi figure 6.15 page suivante) la cote condition A (2 mini) a pour composantes:

- CB2, cote de brut issue de la phase 10;
- Cf712, cote fabriquée en phase 20, représentant la valeur du rayon du trou (pas de Positionnement);
- Cf6, cote fabriquée supplémentaire en phase 20, qui boucle la chaîne de cote de Manière optimale en Positionnant le trou par rapport à la surface d'appui.

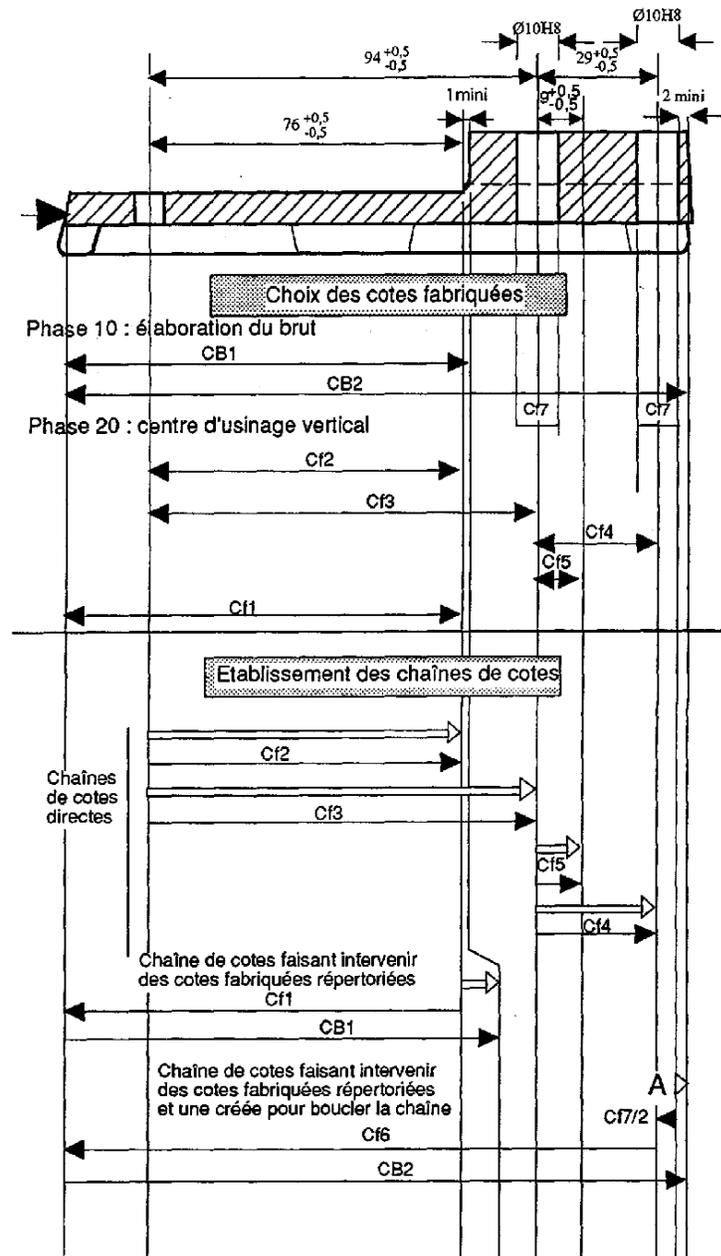


Figure 6.15 : Etablissement des chaînes de cotes.

- **Vérification de la faisabilité de l'avant-projet**

La condition de faisabilité résulte de la théorie des chaînes de cotes et peut s'énoncer de la manière suivante IT cotes composante \parallel IT cote condition. A chaque cote condition correspondra donc une inéquation; l'avant-projet sera validé si toutes les inéquations sont vraies.

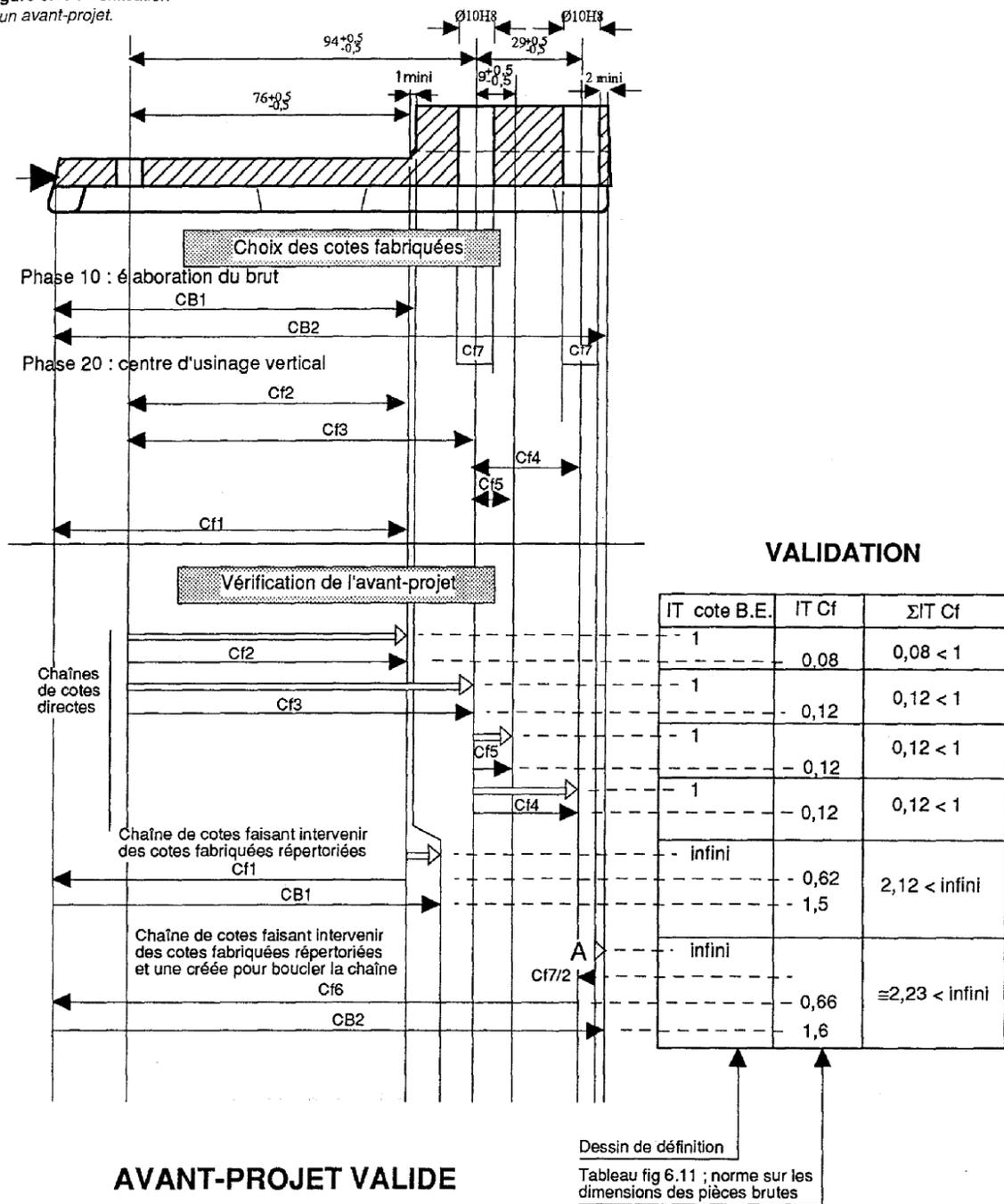
La valeur des intervalles de tolérance des cotes fabriquées est donnée par des tableaux tel celui de la figure. 10 résultant de la mise sous surveillance des procédés antérieurs.

Il est possible de simplifier la vérification de l'avant-projet en ne prenant en compte que les cotes BE bilimites, en effet les autres ne posent jamais de problèmes ! La figure 15 présente la simulation en tenant compte des cotes uni limites pour conduire l'exemple de manière la plus complète

- **Cotes fabriquées et contrat de phase**

Sur le contrat de phase l'ensemble des cotes fabriquées doivent être indiquées, ce sont elles qui seront contrôlées en fin de phase et non pas les cotes BE. Ces dernières ne seront utilisées qu'au niveau d'un éventuel contrôle final, après réalisation complète de toutes les phases. Les cotes de brut peuvent être vérifiées soit après la phase d'élaboration, soit en contrôle de réception si la réalisation est sous-traitée.

Figure 6.16 : Vérification d'un avant-projet.



4 Règles concernant l'ordonnement des opérations

Le contrat de phase précise l'enchaînement des opérations concernées. On peut optimiser cet enchaînement du point de vue technique (qualité) et économique, en mettant en pratique les quelques règles suivantes (figure 16).

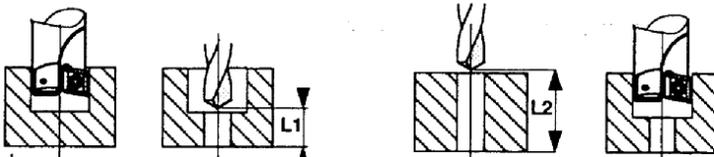
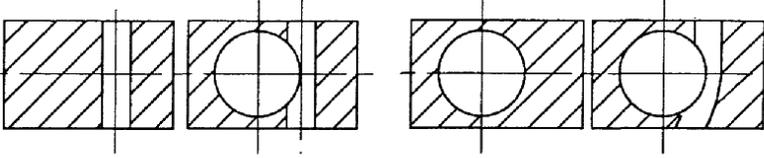
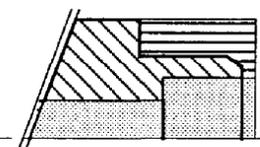
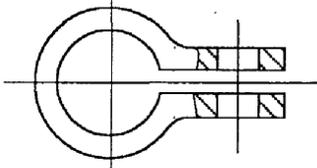
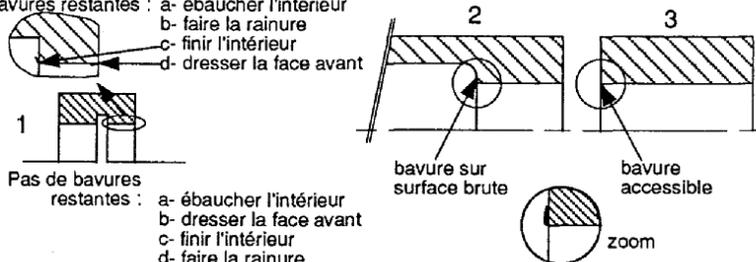
REGLES	EXEMPLES
<p>Aspect économique</p> <p>Le coût horaire des moyens de production actuels étant élevé, il faut réduire au maximum les temps d'opération et optimiser les cycles de déplacement en rapide des outils.</p> <p>Sur un centre d'usinage horizontal, si le temps de rotation du plateau est inférieur au temps de changement d'outil, il faut effectuer tous les usinages concernés par un même outil, à la suite.</p>	 <p>a- lamer (fraise 2 lèvres excentrées) b- percer</p> <p>a- percer b- lamer</p> <p>$L1 < L2$: gain de temps</p>
<p>Aspect technique</p> <p>Dans le cas de trous concourants il faut percer le diamètre le plus petit en premier pour éviter les déviations de l'axe du second trou.</p>	
<p>Pour éviter les déformations résiduelles il est préférable d'effectuer toutes les ébauches dans un premier temps.</p>	 <p>a- cycle d'ébauche extérieure b- cycle d'ébauche intérieure c- finition profil extérieur (y compris la face) d- finition profil intérieur</p>
<p>L'usinage des surfaces qui affaiblissent la pièce doit être réalisé le plus tard possible.</p>	 <p>Il faut percer le trou avant de réaliser la rainure pour éviter les déformations.</p>
<p>Pour limiter l'influence néfaste des bavures il faut chercher :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- soit à les éliminer par un enchaînement adapté des opérations, 2- soit à les laisser au niveau des surfaces non fonctionnelles, 3- soit à les localiser au niveau des surfaces accessibles pour une opération supplémentaire d'ébavurage. 	<p>Bavures restantes : a- ébaucher l'intérieur b- faire la rainure c- finir l'intérieur d- dresser la face avant</p> <p>Pas de bavures restantes : a- ébaucher l'intérieur b- dresser la face avant c- finir l'intérieur d- faire la rainure</p>  <p>2 3</p> <p>bavure sur surface brute bavure accessible</p> <p>zoom</p>
<p>Les outils de finition doivent "attaquer" sur des surfaces écroutées.</p>	
<p>Les opérations de taraudage et d'alésage doivent être précédées d'une opération de chanfreinage.</p>	

Figure 16 : Règles d'ordonnement des opérations

5.5 Analyse temporelle des phases

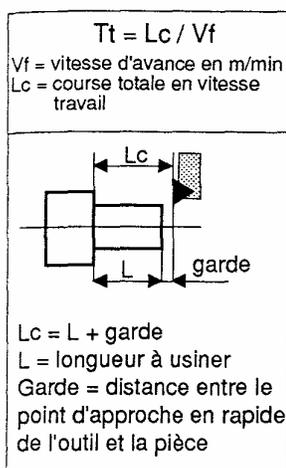


Figure 6.18 : Exemples de calcul de temps technologique.

Cette analyse a pour principal but de prévoir le déroulement temporel d'une phase afin :

- d'élaborer un devis par la connaissance des divers temps entrant dans la mise en oeuvre et dans l'exécution de la phase;
- d'organiser la production;
- de comparer différentes solutions d'organisation de poste, pour retenir une solution optimale en décomposant tous les gestes, mouvements ou manipulations en éléments Simples et chronologiques (méthode MTM).

Une étude de phase complète est relativement longue à établir et ne se justifie que pour des fabrications sérielles importantes. Nous nous contenterons dans cet ouvrage d'une Approche globale des différents temps d'exécution et de leur représentation graphique.

5.5.1. Analyse des temps d'exécution et de préparation

La détermination de ces temps peut provenir d'une estimation, d'une comparaison Avec une phase similaire, d'une mesure (chronométrage) ou d'un calcul.

➤ Temps technologique : Tt

C'est le temps pendant lequel la machine travaille, celui-ci dépend des conditions de Coupe employée, voir figure 17 pour le détail des calculs.

Exemple : temps de fraisage d'un plan.

➤ Temps manuel : Tm

C'est le temps correspondant à un travail humain (voir figure 18).

➤ Temps technico-manuel : Ttm

C'est le temps pendant lequel l'opérateur et la machine travaillent conjointement à la Même tâche

Exemple : perçage d'un trou avec une perceuse sensitive.

Temps masqué : Tz

C'est un temps qui correspond à un travail réalisé simultanément avec une autre activité.

Exemple : contrôle d'une pièce pendant l'usinage de la suivante.

Temps de série : Ts

C'est le temps nécessaire à la préparation (mise en place de la phase d'usinage) et à la clôture de la phase (nettoyage démontage) pour la série de pièces à réaliser.

Figure 6.19 : Exemples de temps manuels.

Exemples de temps élémentaires (en centièmes de minute)			
Mise en position et maintien de la pièce	Temps	Contrôle	Temps
Monter la pièce en étau (< 3 kg)	28	Vérifier une cote au réglet	25
Démonter la pièce de l'étau (< 3 kg)	16	Vérifier une cote au pied à coulisse	25 à 50
Monter la pièce en mandrin 3 mors	14	Vérifier un diamètre au calibre à mâchoire	25 à 40
Démonter la pièce d'un mandrin 3 mors	14	Vérifier un alésage à l'aide d'un tampon cylindrique	20 à 30
Monter la pièce en montage d'usinage :		Contrôler une pièce en montage	70 à 200
- fraisage	60		
- perçage	50		
- tournage	80		
Démonter la pièce d'un montage d'usinage :			
- fraisage	30		
- perçage	20		
- tournage	70		

5.5.2. Représentation temporelle : les simogrammes

Ce sont des représentations graphiques, chronologiques, des différents temps d'executions, simultanés ou successifs, intervenant dans une phase. Elles sont faites à partir d'une échelle de temps.

Par convention la représentation est la suivante :

- les temps manuels sont représentés par un double trait continu;
- les temps technologiques par un trait fort continu;
- les temps technico-manuel par deux segments parallèles reliés par un trait continu en diagonale.

L'identification des différents temps est assuré par un numéro correspondant à leur Rang d'intervention dans la phase.

La figure 19 donne un exemple de simogrammes.

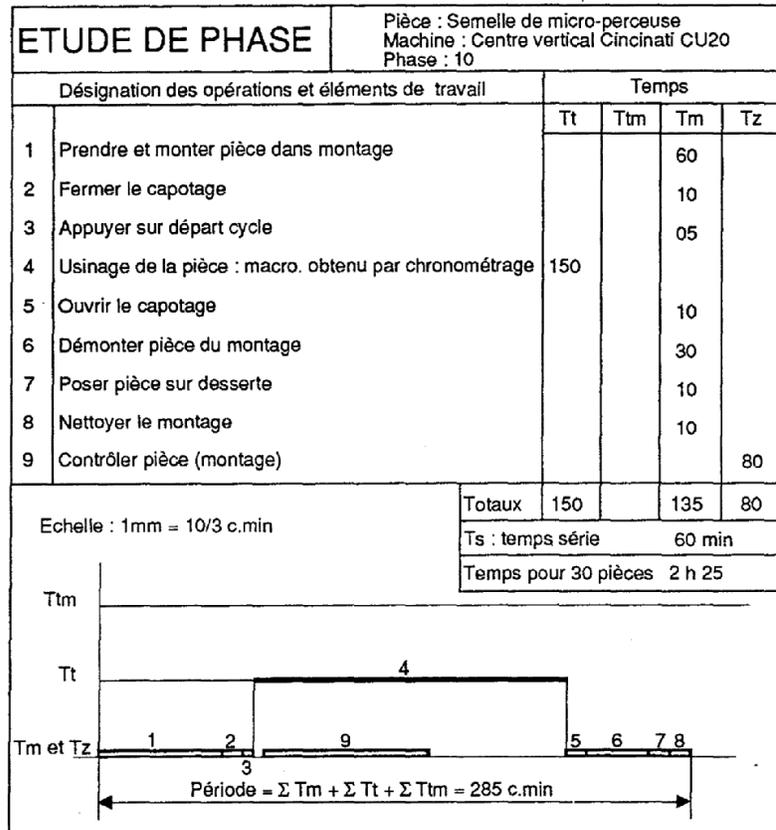
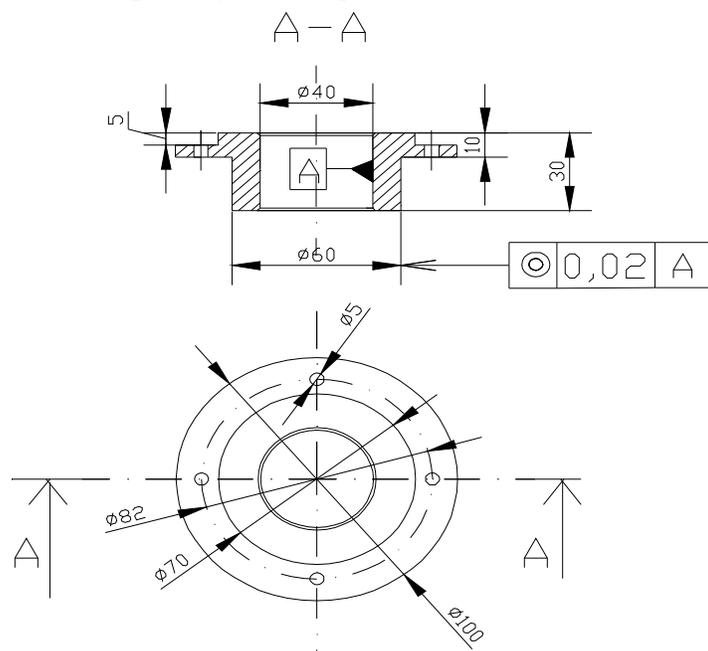


Figure 6.20 : Etude de phase partielle de la semelle de micro-perceuse et simogramme associé.

CHAPITRE 14 : EXEMPLES ET APPLICATIONS

Exemple N° 2

Présenter la réalisation de la pièce (fig.1), en complétant les feuilles d'analyse de fabrication :



Etat de surface : $Ra=1,6$
Ebavurer et casser les angles.
Tolérances générale : 2768mk
Brut : CuZn12 (Φ 105 ,L=33)

Fig.1

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 10	
Pièce		Brut			Machine		
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE
Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/min	N Tr/min	fz mm/tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
CONTROLE MATIERE DEBIT Scier cote $33 \pm 0,5$	SCIE AUTOMATIQUE						P à C
TOURNAGE Usiner face 1, cote $10 \pm 0,1$ Usiner 2, cote $\Phi 100$ Usiner 5, cote $\Phi 70$ Percer avant trou $\Phi 10$ Percer 4, $\Phi 38$ Usiner chanfrein 3	TOUR //	-PORTE-OUTIL PCNL -PLAQUETTES R 0,8- R0,2 -OUTILS A ALESER -FORET $\Phi 10$ -FORET $\Phi 38$	20 20	1000 1000 500	0,3 0,3 0,1		P à C

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 20		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/ min	N Tr/ min	fz mm/ tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
307	Usiner face 8, cote 30 EBAUCHE	TOUR //	JEU MORS DOUX	50	800			P à C
308	Usiner ébauche 8, 7, 9 Cotes : 30 ; $\Phi 60$; 10		PORTE-OUTIL PCNL		800			
309	Usiner ébauche 4 Cotes : $\Phi 40$		-PLAQUETTES R 0,8- R 0,2					
310	Casser les angles 0,2x45°		-OUTILS A ALESER					

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 30		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/ min	N Tr/ min	fz mm/ tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
400	PERCAGE 10 -Centrer : $\Phi 5$ en respectant $\Phi 82$	PERCEUSE A COLONNE	FORET A CENTRER	20	0,02			P à C
410			FORET $\Phi 5$	20	0,02			
420								
500	AJUSTER							
510	Ebavurer							
	CONTROLE FINAL							

Exemple N° 2

Présenter la réalisation de la pièce (fig.1),

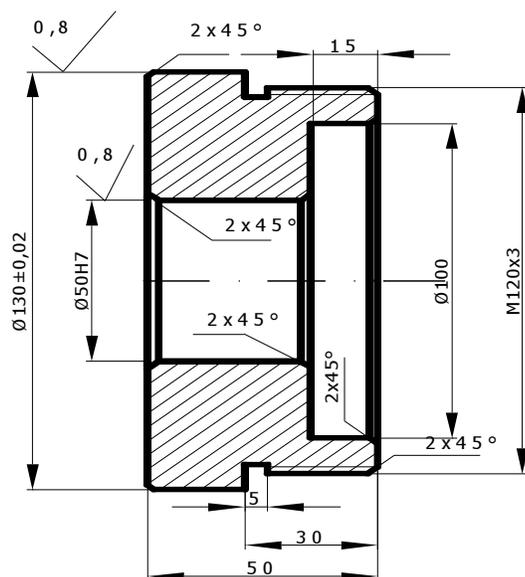


Fig.1

en complétant le tableau d'analyse de fabrication et en sachant que le volume de fabrication est : série de 200 pièces, la matière est en acier E 335 et le brut est présenté dans la fig. 2.

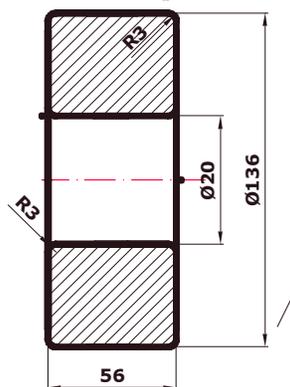


Fig.2

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 30		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/ min	N Tr/ min	fz mm/ tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
1.	Tournage a) Orientation et montage de la pièce b) Dressage (ébauche) à 56 mm c) Chariotage à Ø131, 7x 30 mm d) Perçage Ø 30 x 56 mm e) Alésage au tour Ø 44x 56 mm		Outil à dresser Outil à charioter Foret D=30mm Outil à aléser	 145 182 25 182	 400 500 300 1500	 0,5 0,2 0,2 0,2		P à C

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 30		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/min	N Tr/min	fz mm/tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
2.	Tournage a) Orientation et montage de la pièce b) Dressage (ébauche) à 50,8 mm c) Chariotage (ébauche) à Ø121, 7x 30 mm d) Chariotage (finition) à Ø120-0,3 x3 0 mm e) Chanfrein 3x45° f) Exécuter la gorge Ø114 x 5 mm		Outil à dresser Outil à charioter Outil à charioter Outil à saigner		400 500 500	0,5 0,2 0,2		P à C

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 30		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/ min	N Tr/ min	fz mm/ tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
3.	Tournage a) Orientation et montage de la pièce b) Alésage au tour Ø47, 5+0,3 x50 mm c) Alésage au tour Ø100x15 mm d) Chanfrein 2x45°		Outil à aléser Outil à aléser Outil à charioter	182 182 182	1500 1500 1500	0,1 0,1 0,1		P à C

		FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION				Phase 50		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/ min	N Tr/ min	fz mm/ tr	Vf mm / min	Outils de contrôle
5.	Tournage a) Orientation et montage de la pièce b) Dressage (finition) à 50 mm c) Chariotage (finition) à Ø130, 5-0,20 x 20 mm e) Chanfrein extérieur 3x45° f) Démontage de la pièce du mandrin		Outil à dresser Outil à charioter Outil à charioter	182 182	400 500 500	0,5 0,2 0,2		P à C

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION				Phase 60		
Pièce		Brut			Machine			
ANALISE DE PHASE, SOUS PHASE, OPERATIONS				CONDITION DE COUPE			CONTROLE	
	Désignation de phase, sous phase	Machine outils	Outillage de coupe	Vc m/min	N Tr/min	fz mm/tr	Vf mm/min	Outils de contrôle
6.	Alésage au tour a) Orientation et montage de la pièce b) Alésage au tour à $\varnothing 49,6-0,20 \times 35 \text{ mm}$ c) Chanfrein intérieur $2 \times 45^\circ$ d) Chanfrein extérieur $2 \times 45^\circ$ e) Démontage de la pièce du mandrin Contrôle final		Outil à aléser Outil à aléser Outil à aléser	182 182 182	1500 1500 1500	0,1 0,1 0,1		P à C

Exemple N° 3

Hypothèses :

A la pièce : Pièce obtenue par moulage au sable en fonte (Fig.1). L'alésage vient de fonderie. Surépaisseur d'usinage 2,5mm.

A la fabrication : série unique de 500 pièces. Considérer l'usinage comme sériel.

A l'équipement de l'atelier : machines-outils pour la fabrication des pièces par moyens série.

Travail demandé : Etudier la fabrication de la série de cette pièce et rédiger l'analyse de fabrication en complétant les feuilles d'analyse de fabrication.

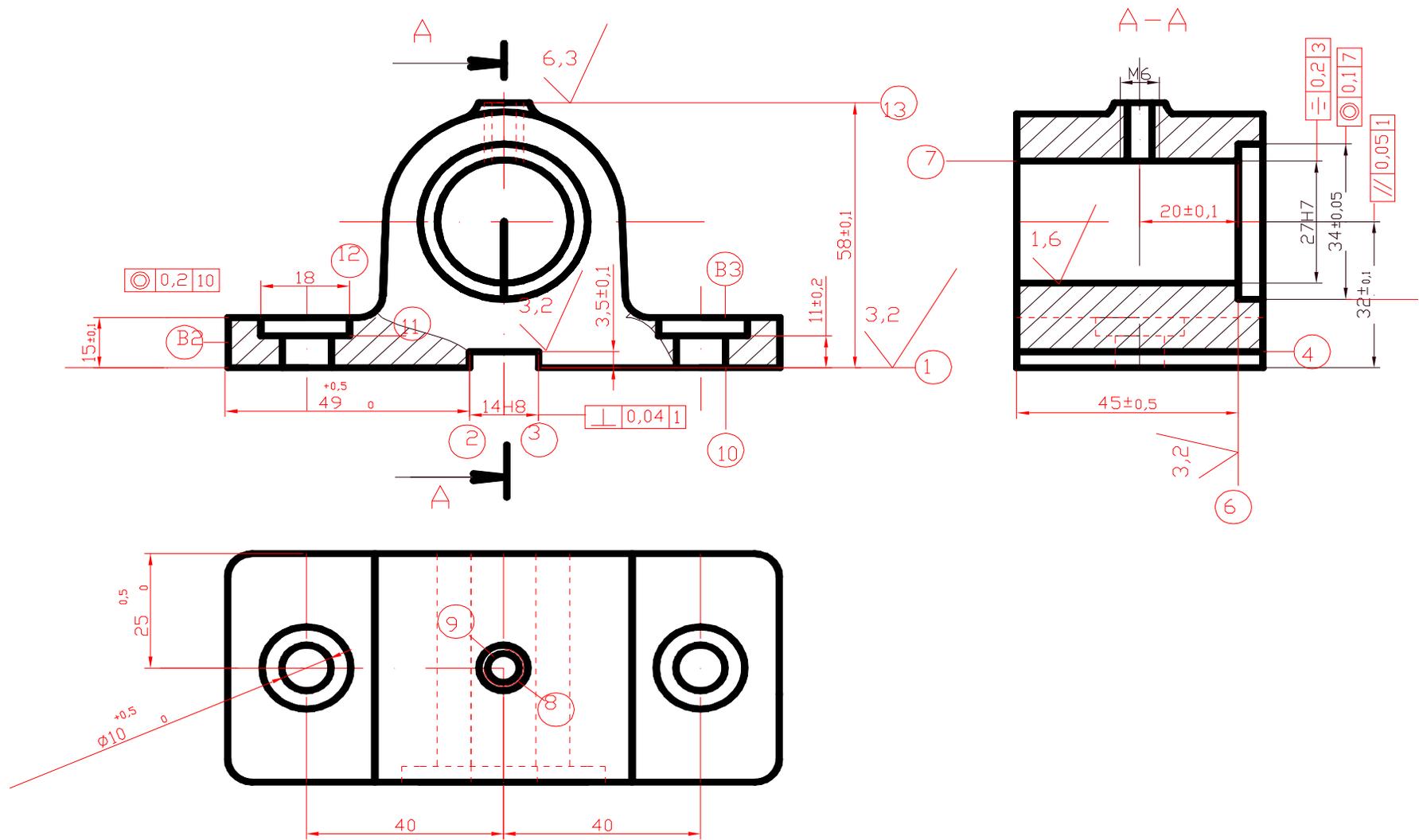
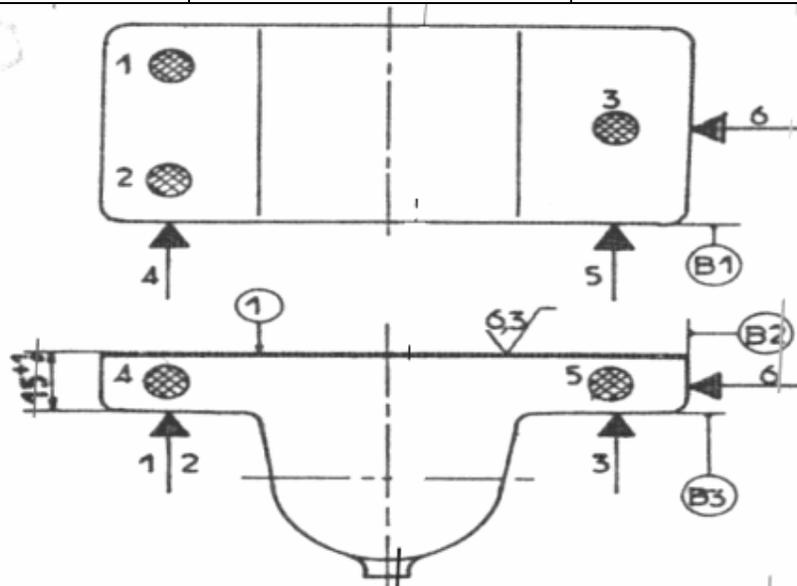


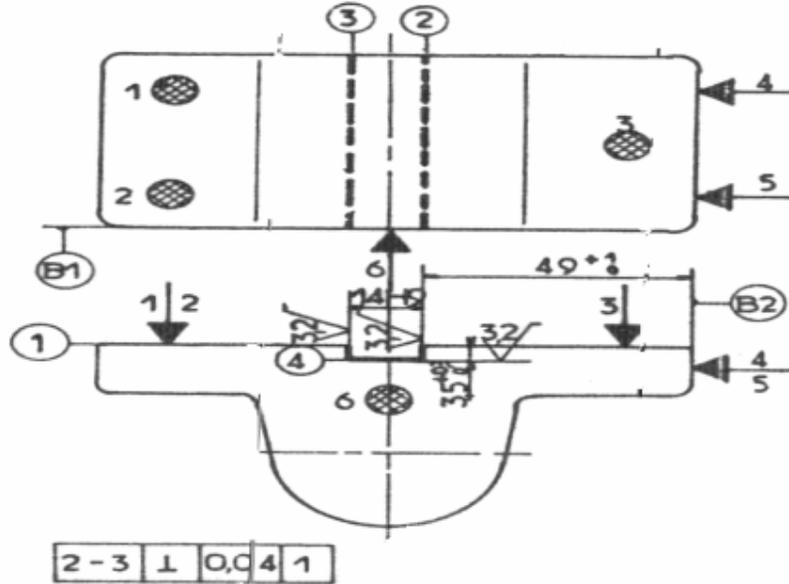
Fig. .1

TSMFM	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	
Réalisé par :		Désignation
Ensemble :	Matière	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



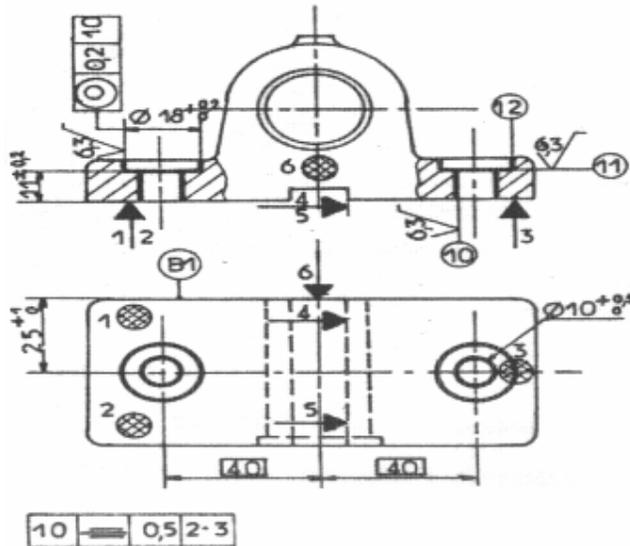
	Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M. O ./ outillages	Outils de mesurage
200	<p>Fraisage</p> <p>1 pièce au montage</p> <p>-Référentiel de départ défini par : appui plan sur B3 en 3N (1-2-3) ; appui linéaire sur B1 en 2N (4-5) ; appui ponctuel sur B2 en 1N (6) ; serrage opposé aux appuis</p> <p>-Surfacer en finition 1 : $6,3$</p> <p>$C_m = 15_0^{+1}$; rugosité : $\sqrt{\quad}$</p>	<p>Montage F200 avec touche de réglage</p> <p>Fraise $\Phi 140$ à plaquettes rapportés en carbure K 10</p>	CMD 15_0^{+1}

	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	
Réalisé par :		Désignation
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



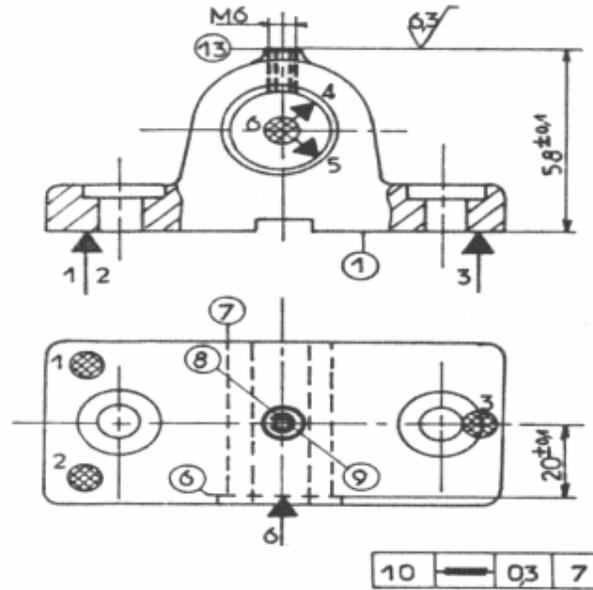
	Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O. /outillages	Outils de mesurage
300	<p>Fraisage</p> <p>1 pièce au montage :</p> <p>-Référentiel défini par : appui plan sur 1 en 3N (1-2-3) ; appui linéaire sur B2 en 2N(4-5) ; appui ponctuel sur B1 en 1N (6) ; serrage opposé aux appuis</p> <p>-Rainurer en ébauche 2, 3 et 4 ; Cm= 49₀⁺¹ ; Cm = 3,5₀^{+0,3} ; Co=13,7_{-0,2}⁰</p> <p>-Rainurer en finition 2, 3 et 4 ; Cm=49₀⁺¹ ; Cm = 3,5₀^{+0,3} ; Co=14H9;</p> <p style="text-align: center;">3,2</p> <p>Rugosité : $\sqrt{\quad}$</p>	<p>Montage F300</p> <p>Fraise 3T Expansible ep.14 Φ120 en ARS</p>	<p>CMD 49₀⁺¹ jauge plate double 14H9 Jauge de profil 3,5₀^{+0,3}</p>

	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	
Réalisé par :		Désignation
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



	Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./outillages	Outils de mesurage
500	<p>Perçage 1 pièce au montage -Référentiel défini par : appui plan sur 1 en 3N (1-2-3) ; appui linéaire sur 3 en 2N(4-5) ; appui ponctuel sur B1 en 1N(6) ; serrage opposé aux appuis</p> <p>-Perçer en finition 2 trous 10; Cm= 25₀^{+0,1}; Co= 10₀^{+0,5}; Ca=40</p> <p>-Lamer en finition 2 trous et simultanément 11 et 12; Cm=11± 0,2; Co=18₀^{+0,5} ;</p> <p style="text-align: center;">6,3</p> <p>Rugosité : </p> <p>-respect des conditions géométriques</p>	<p>Montage P 500 Avec canons guides de perçage amovible Foret Φ 10 en ARS En ARS fraise à lamer Φ 18₀^{+0,5} avec pilote Φ 10</p>	<p>TLD : 10₀^{+0,5} et 18₀^{+0,2} jauge 11± 0,2</p>

	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	
Réalisé par :		Désignation
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



	Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./outillages	Outils de mesurage
600	<p>Perçage 1 pièce au montage :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Référentiel défini par : appui plan sur 1 en 3N (1-2-3) ; centrage court sur 7 en 2N (4-5) ; appui linéaire sur 6 en 1N (6) ; serrage opposé aux appuis -Perçer en finition 9 ; Co= 5 ; Cm=20± 0,1 -Dresser en finition 13 ; Cm=58± 0,1 6,3 -Tarauder 8 ; Co=M6 ; rugosité : $\sqrt{\quad}$ <p>Contrôle final :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensions -Spécifications -Etats des surfaces 	<p>Montage P 600 avec canons guides de perçage amovibles</p> <p>Foret Φ 5 en ARS. En ARS fraise à lamer Φ 14 avec pilote Φ 5</p> <p>Taraud M6 avec appareil à tarauder</p>	<p>CMD : 58± 0,1 Jauge : 20± 0,1</p>

Exemple N° 4

Soit la pièce PALIER VERTICAL avec le dessin de définition de la pièce usinée (fig.1).

Hypothèses :

A la pièce : Pièce obtenue par moulage au sable en fonte. L'alésage $\varnothing 30$ vient ébauche de fonderie. Surépaisseur d'usinage 2,5mm.

A la fabrication : série unique de 3000 pièces par cadence de 750 pièces /mois. Considérer l'usinage comme sériel.

A l'équipement de l'atelier : machines-outils pour la fabrication des pièces par moyens série.

Travail demandé :

- Etablir la gamme d'usinage en complétant le document ci-joint :

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 10	
		Désignation	
Réalisé par :			Réalisé par :
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %	Ensemble :
Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage		M.O./outillages	Outils de mesurage
<p>Opération N°1 Dressage ébauche cote $U_{a1}=0,5_0^{+0,3}$</p> <p>Opération N°2 Dressage finition cote $U_{a2}=15 \pm 0,7$</p> <p>Isostatisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Elimination de 1 degrés de liberté sur la surface (B2) opposé à la surface usinée (appui palonné) -Le Vé sur B3 (Elimination de 2 degrés de liberté) -Le centreur court (Elimination de 2 degrés de liberté) -Butée sur le surface B1 (Elimination de 1 degrés de liberté) -Serrage sur le Vé 		<ul style="list-style-type: none"> -Fraiseuse horizontale de production -montage porte pièce sur équerre -Fraises à surfacer en carbure -plaquette carbure nuance K30 -Fraises en carbure -plaquette carbure nuance K30 	-C.M.D. $15 \pm 0,7$

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 20	
		Désignation	
Réalisé par :		Réalisé par :	
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: % Ensemble :	
<p>The drawing includes a top view with a central circular feature and four holes, a front view showing a stepped shaft with a groove, and a side view showing a cross-section with various diameters and lengths. Labels B1, B2, and 1 indicate specific surfaces or features. Dimensions include Ua5=55, Ua4=24±0.1, Ua6=14.9, Ua7=15, Ua8=30, and S(min)=2.5.</p>			
Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage		M.O./outillages	Outils de mesurage
<p>Opération N°1 Dressage Cote Ua5=55^{+0,1}₀</p> <p>Opération N°2 Alésage et dressage cotes Ua6=14,9⁰_{-0,2} et Ua8=31^{+0,1}₀</p> <p>Opération N°3 Alésage et dressage cotes Ua7=15^{+0,2}₀ et Ua8=31^{+0,1}₀</p> <p>Isostatisme -Élimination de 3 degrés de liberté sur la surface (1) usinée qui permet de respecter la tolérance de perpendicularité par transfert de référentiel (appui palonné par serrage) -Le Vé (Élimination de 2 degrés de liberté) -Butée sur le surface B1 (Élimination de 1 degrés de liberté) -Serrage sur la surface B2</p>		<p>-Tour automatique à cycle -montage porte pièce sur équerre -porte plaquette -plaquette carbure nuance K30</p> <p>-porte plaquette -plaquette carbure nuance K30</p>	<p>Montage de contrôle pour les cotes : Ua4 ; Ua5 ; Ua8 -T.L.D. Φ30H9</p>

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 30	
Réalisé par :		Désignation	
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %	
Désignation des sous phases, sous phases et opérations Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage		M.O./outillages	Outils de mesurage
Opération N°1 Rainurage –surfaçage simultané des cotes : $U_p 10=50 \pm 0,7$ $U_o=18 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,02 \end{smallmatrix}$ $U_a 12=5 \begin{smallmatrix} +0,02 \\ 0 \end{smallmatrix}$ Isostatisme - appuis plan sur 1.Elimination de 3 degrés de liberté. - centreur court sur 5(Elimination de 2 degrés de liberté) - butée sur le surface B1 (Elimination de 1 degrés de liberté) - serrage sur B2		-Fraiseuse horizontale de production - pièce montée sur équerre -fraise à 3 taille à denture alternée en ARS : alésage $\Phi 25,4$; épaisseur 18	-T.L.D.18 H9 ; -C.M.D. $5 \begin{smallmatrix} +0,02 \\ 0 \end{smallmatrix}$ -montages de contrôle pour les conditions géométriques

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 40	
	Désignation		
Réalisé par :		Réalisé par :	
Ensemble :	Matière	Réf. programme: %	
	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./outillages	Outils de mesurage
	<p>Opération N°1 Fraisage de 10 et 12 Cotes : U o1=12^{+0,2}₀ Up1=30± 0,1 Up2=45</p> <p>Opération N°2 Fraisage de 9 Cotes : U o2=5± 1</p> <p>Isostatisme : -appuis sur 1.Elimination de 3 degrés de liberté. -orientation sur 2. (Elimination de 2 degrés de liberté) -buté sur le surface B2. (Elimination de 1 degrés de liberté) -serrage sur B4 et B8.</p>	<p>-Fraiseuse de production -montage de fraisage -fraise à deux taille A.R.S. Φ12</p> <p>-Fraises à surfacer en carbure D=20 -plaquette carbure nuance K30</p>	<p>-T.L.D. 12^{+0,2}₀ montages de contrôle pour 30± 0,1</p>

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 50	
		Désignation	
Réalisé par :		Réalisé par :	
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %	
	<p>Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage</p>	M.O./outillages	Outils de mesurage
	<p>Opération N°1 Perçage et lamage de 8 et 11 Cotes: $U_0 = 6,75$ $U_{p15} = 16^{+0,2}_0$ $U_{p16} = 2^{+1}_0$ Isostatisme : -appui sur 1. Elimination de 3 degrés de liberté -orientation sur 2. (Elimination de 2 degrés de liberté) -butée sur le surface B5. (Elimination de 1 degrés de liberté) -serrage sur B2. (opposé aux appuis.)</p>	<p>-Perceuse à colonne -montage de perçage équipé de canons- guides fixes -foret étagé A.R.S. $\Phi 15 \times 6, 75$ longueur utile 20</p>	<p>-montage de contrôle pour les cotes $-U_{p15} = 16^{+0,2}_0$ $-U_{p16} = 2^{+1}_0$</p>

Exemple N° 5

Soit la pièce SUPPORT AX avec le dessin de définition de la pièce usinée (fig.1).

Hypothèses :

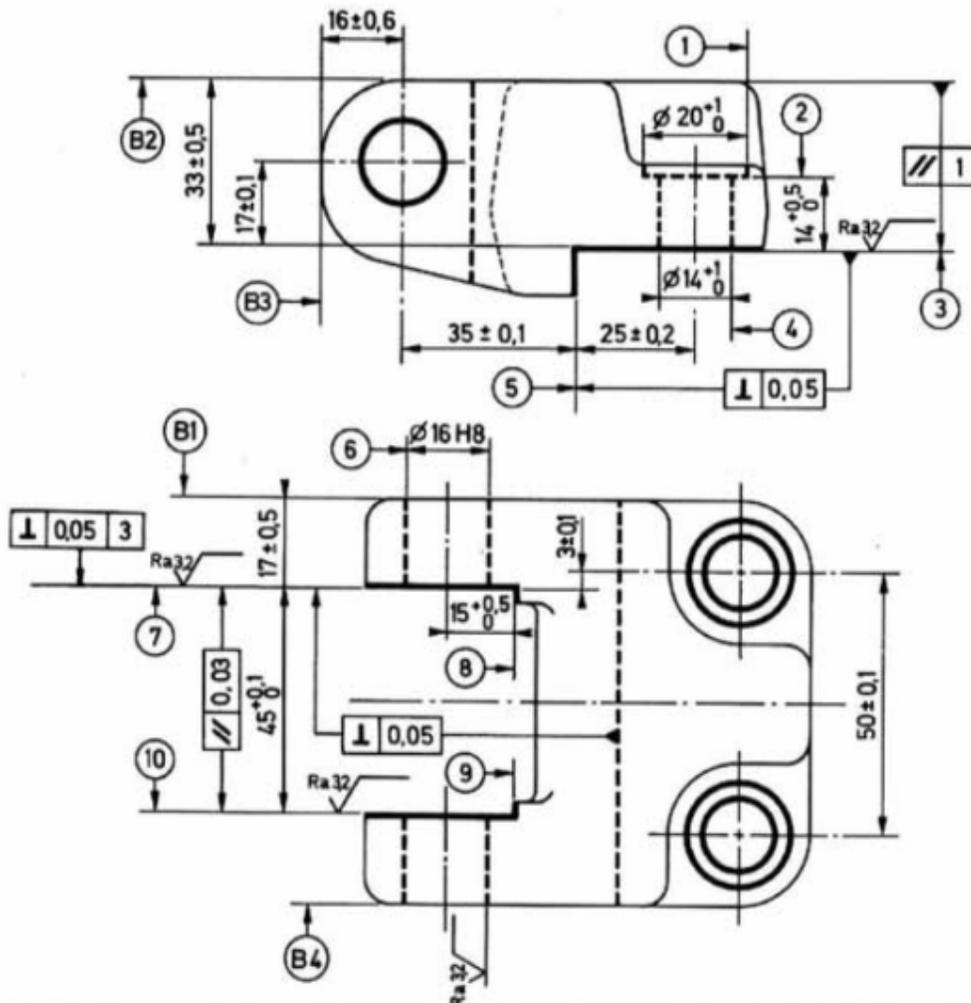
A la pièce : Pièce obtenue par moulage au sable en fonte. Surépaisseur d'usinage 2,5mm.

A la fabrication : série unique de 3000 pièces par cadence de 100 pièces /mois. Considérer l'usinage comme sériel.

A l'équipement de l'atelier : machines-outils pour la fabrication des pièces par moyens série.

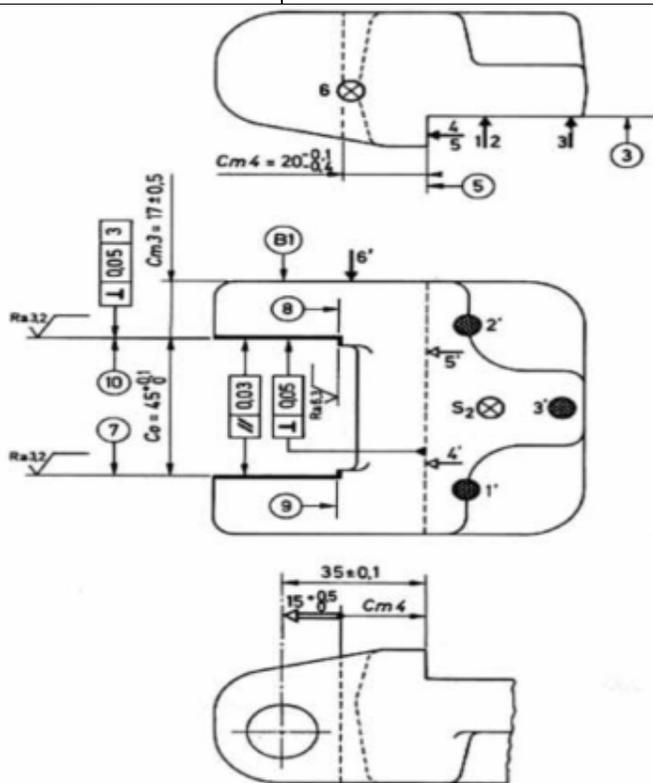
Travail demandé :

- Etablir la gamme d'usinage en complétant le document ci-joint :



FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 10									
		Désignation									
Réalisé par :		Réalisé par :									
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %	Ensemble :								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Calcul de la cote Cm1: $16 = Cm1 - 35$ et $IT\ 16 = IT\ Cm1 + IT\ 35$ d'où $Cm1 = 51$ et $IT\ Cm1 = 1$ $16,6 = Cm1\ max - 34,9$ donc $Cm1\ max = 51,5$ donc $Cm1 = 51 \pm 0,5$</p> </div>											
Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage		M.O./outillages	Outils de mesurage								
<p>Contrôle du brut Cotes et spécifications suivant plan du brut</p> <p>Fraisage Référentiel de départ défini par:</p> <ul style="list-style-type: none"> - appui plan sur (B2) par 3N (1,2,3) cote $33 \pm 0,5$ - appui linéaire sur (B3) par 2N (4,5) cote $51 \pm 0,5$ - appui ponctuel sur (B4) par 1N (6) - immobilisation en 1 <p>Fraiser directement en finition et si simultanément (3) et (5) cotes: $Cm1 = 51 \pm 0,5$ $Cm2 = 33 \pm 0,5$</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>3</td> <td>//</td> <td>1</td> <td>B2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>⊥</td> <td>0,05</td> <td>3</td> </tr> </table> <p>$Ra\ 6,3$ $\sqrt{\quad}$ sur (5) $Ra\ 3,2$ $\sqrt{\quad}$ sur (3)</p>		3	//	1	B2	5	⊥	0,05	3		
3	//	1	B2								
5	⊥	0,05	3								

	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	Phase 20
Réalisé par :	Désignation	Réalisé par :
Ensemble :	MATIERE	Réf. programme: %
		Ensemble :



Calcul de la cote Cm4 :
 $15 = 35 - Cm4$ et $IT\ 15 = IT\ 35 + IT\ Cm4$
d'où $Cm4 = 20$ et $IT\ Cm4 = 0,3$
 $Cm4\ max = 19,9$ donc $Cm4 = 20_{-0,1}$

Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./outillages	Outils de mesurage												
<p>Fraisage Référentiel de reprise défini par: - appui plan sur (3) en 3N (1,2,3) - appui linéaire sur (5) en 2N (4,5) - appui ponctuel sur (B1) en 1N (6) - immobilisation en S₂</p> <p>Fraiser simultanément en finition (7), (8), (9), (10) cotes: $Cm4 = 20_{-0,1}$ $Cm3 = 17 \pm 0,5$ $Ca = 45_{+0,1}$</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>10</td><td>//</td><td>0,03</td><td>7</td></tr> <tr><td>10</td><td>⊥</td><td>0,05</td><td>5</td></tr> <tr><td>10</td><td>⊥</td><td>0,05</td><td>3</td></tr> </table> <p>$Ra\ 3,2$ sur (7) et (10) $Ra\ 6,3$ sur (8) et (9)</p>	10	//	0,03	7	10	⊥	0,05	5	10	⊥	0,05	3		
10	//	0,03	7											
10	⊥	0,05	5											
10	⊥	0,05	3											

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Phase 30
Réalisé par :	Désignation	Réalisé par :
Ensemble :	MATIERE	Ensemble :
Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./outillages	Outils de mesurage
<p>Perçage Référentiel de reprise défini par : – appui plan sur ③ en 3N (1,2,3) – appui linéaire sur ⑤ en 2N (4,5) – appui ponctuel sur ⑦ en 1N (6) – immobilisation en 1 point I₁</p> <p>Percer 2 trous débouchants : cotes : 2 Cm1 = $\varnothing 14^{+0}$ ④ Ca1 = $25 \pm 0,2$ Ca2 = $3 \pm 0,1$ Ca3 = $50 \pm 0,1$</p> <p>Lamer 2 trous ① et ② cotes : Cm2 = $14^{+0,05}$ 2 Cm3 = $\varnothing 20^{+0}$</p> <p>Basculer le montage</p> <p>Percer 2 trous en ligne ⑥ : cotes : 2 Cm4 = $\varnothing 15,8_{-0,1}^{+0}$ Ca4 = $17 \pm 0,1$ Ca5 = $35 \pm 0,1$</p> <p>Aléser ⑥ cotes : 2 Cm4 = $\varnothing 16H8$</p> <p>Contrôle final Dimensionnel Géométrique États de surface</p>		

Exemple N° 6 (TSMFM2008)

Soit à réaliser la pièce représentée dans la figure 3

En utilisant les documents « contrat de phases » il vous est demandé de rédiger les contrats de phases en respectant les points suivants :

- Succession des phases** /4
 - repérage des surfaces à usiner en trait fort ou en couleur** /1
 - Isostatisme** /4
 - Cotation de fabrication (justifier par calcul les transferts de cotes éventuels)** /3
 - Conditions de coupe** /1
 - Outillages de coupe et vérifications** /1
 - Machines outils** /1
- Hypothèses :**
- le brut a une surépaisseur d'usinage de 2,5 mm**
 - l'alésage Ø 25 vient ébauché de la fonderie.**
 - la fabrication est considérée sériele (100 pièces/mois/ 3ans).**

NOTA:

-Quantité:100 pièces/mois
pendant 3 ans
-Matière:EN-GJS-HB 230

-Ø10 H7 $\begin{matrix} +0,015 \\ 0 \end{matrix}$

-Ø 6H8 $\begin{matrix} +0,022 \\ 0 \end{matrix}$

-B=surfaces brute

-F=surfaces plane usinées

-D=urfaces cylindriques usinées

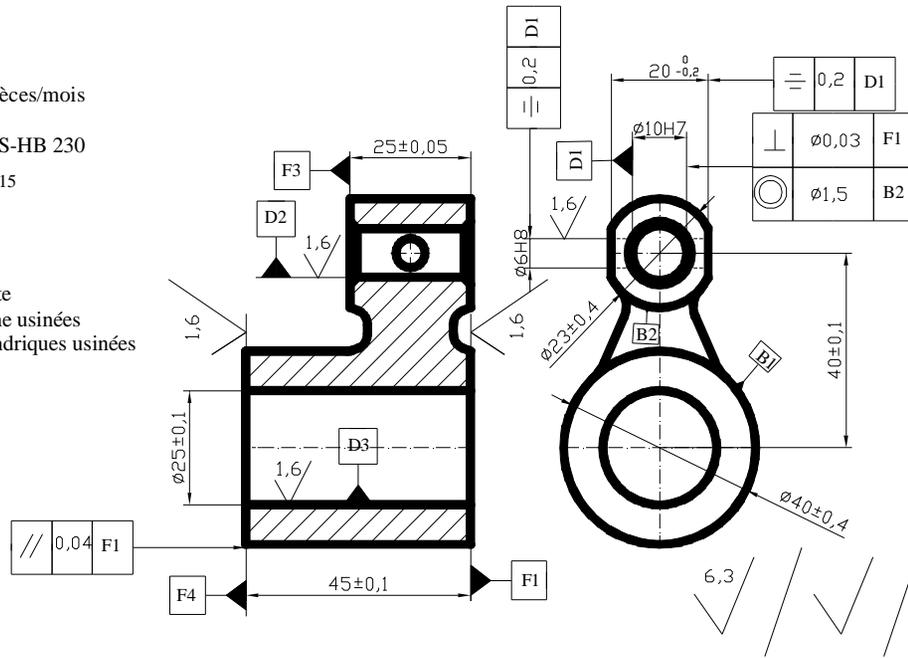
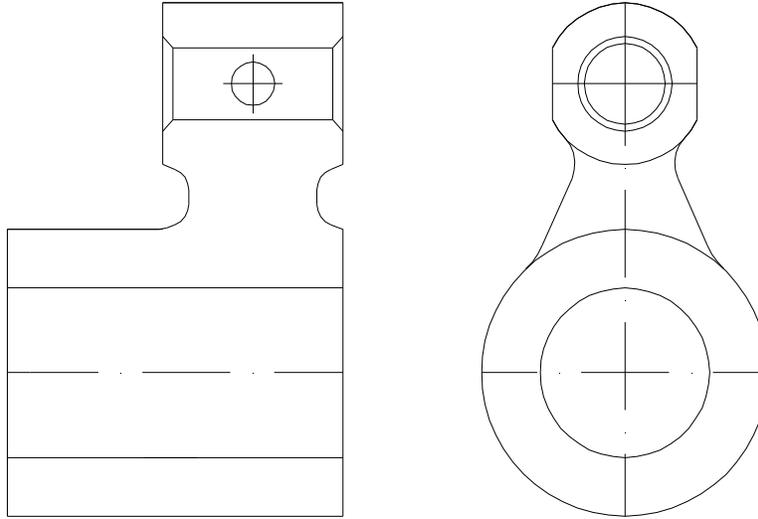


Fig 2

CONTRAT DE PHASE :	Machine :	Etablissement
Ensemble : boîte de vitesse		
Désignation pièce : corps	Porte - pièce :	Page : N°
Matière : EN-GJS-HB 230		Date :
Nb . de pièces : 100		Dessiné :



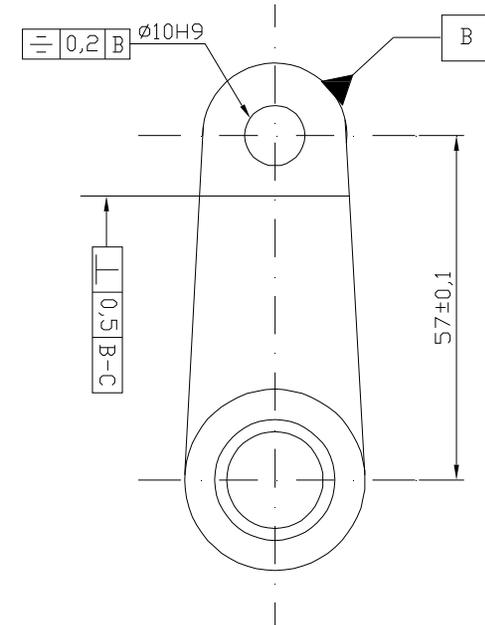
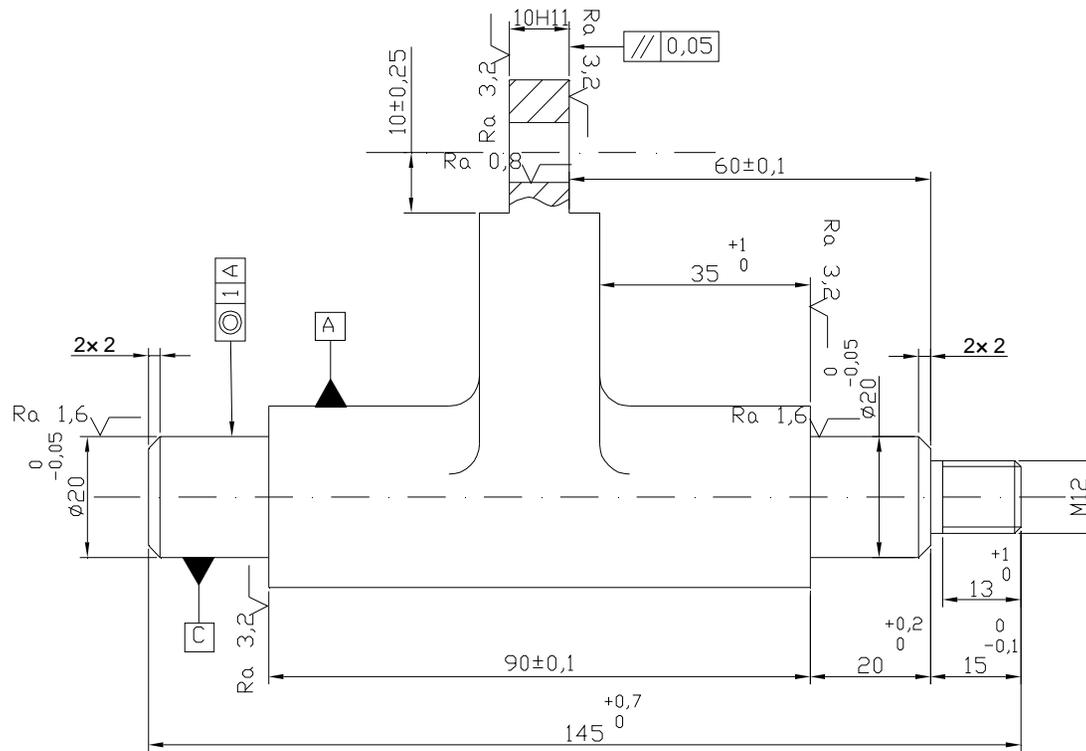
Opération d'usinage			Eléments de coupe					Outillages	
N°	Rep.	Désignation	Vc m/mn	n tr/mn	Fz mm/dnt	V _f mm/min	a _p mm	Fabrica- tion	Verifica- tion

Exemple N° 7 (TSMFM2008)

Soit la pièce AXE D'ARTICULATION dont dessin ci-joint (page 6/10) ; brut obtenu par matriçage à chaud .
Le programme de production est de 3000 pièces par cadence de 600 pièces par mois
On demande de rédiger l'analyse de fabrication de cette pièce sur les fiches de phases ci jointes (pages 7/10 à 10/10).

Barème de notation

Critères d'évaluation	Notation
Succession des phases et machines outils	2
Dessin de fabrication (croquis de phase)	0,5
Isostatisme et porte pièce	3
Cotation de fabrication (justifier par calcul les transferts de cotes éventuels)	3
Succession des opérations d'usinages	1
Outil de coupe et conditions de coupe (Vitesse de coupe et avance)	2
Vérificateur	0,5

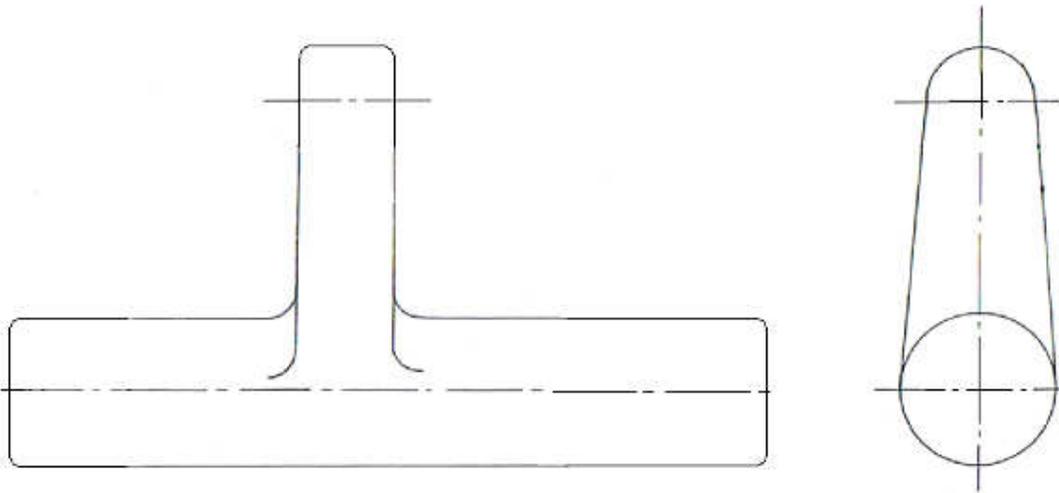


ETAT DE SURFACE : Ra 6,3 sauf indication

CASSER LES ANGLES VIFS

	1	AXE D'ARTICULATION	EN-GJL-200	ESTAMPE	
Rep	Nbre	Désignation	Matière	Debit	Observations
Echelle:		□FPPT		Dessiné par:	
				Filière: TSMFM	
				Temps : 4h	

PHASE :		Machine :					Page N° /	
Désignation pièce :		Porte pièce :					Date :	
Matière :								
Nb de pièces :								
Opérations d'usinage		Eléments de coupe					Outillages	
N°	Désignation	Vc m/mn	N tr/mn	f mm/tr	Vf mm/mn	ap mm	Fabrication	Vérificateur



Exemple N° 8 (TFM-2009)

Soit la pièce **MANDRIN PORTE FRAISE**

Hypothèses :

Pièce : Brut sein (non corrodé) obtenue par estampage . Surépaisseur d'usinage 3 mm.
(voir dessin de brut)

Programme de production: Petite série de 500 pièces avec un cadencement de 60 pièces par mois.

Équipement de l'atelier : machines-outils pour la fabrication des pièces unitaire et des petites séries.

Conditions méthodes :

VALEURS USUELLES DES COPEAUX MINIMA		
Modes d'usinage	Opérations	Copeau minima
Tournage Fraisage	Ecroûtage*	1,5 à 3
	Ebauche sans écroûtage	1
	Ebauche après écroûtage	0,5
	Demi finition	0,5
	Finition	0,2
Rectification	Finition	0,05
Rodage	Finition	0,03
Brochage	Finition	0,05

NB : * Ecroûtage : c'est l'usinage de la première couche corrodé du métal

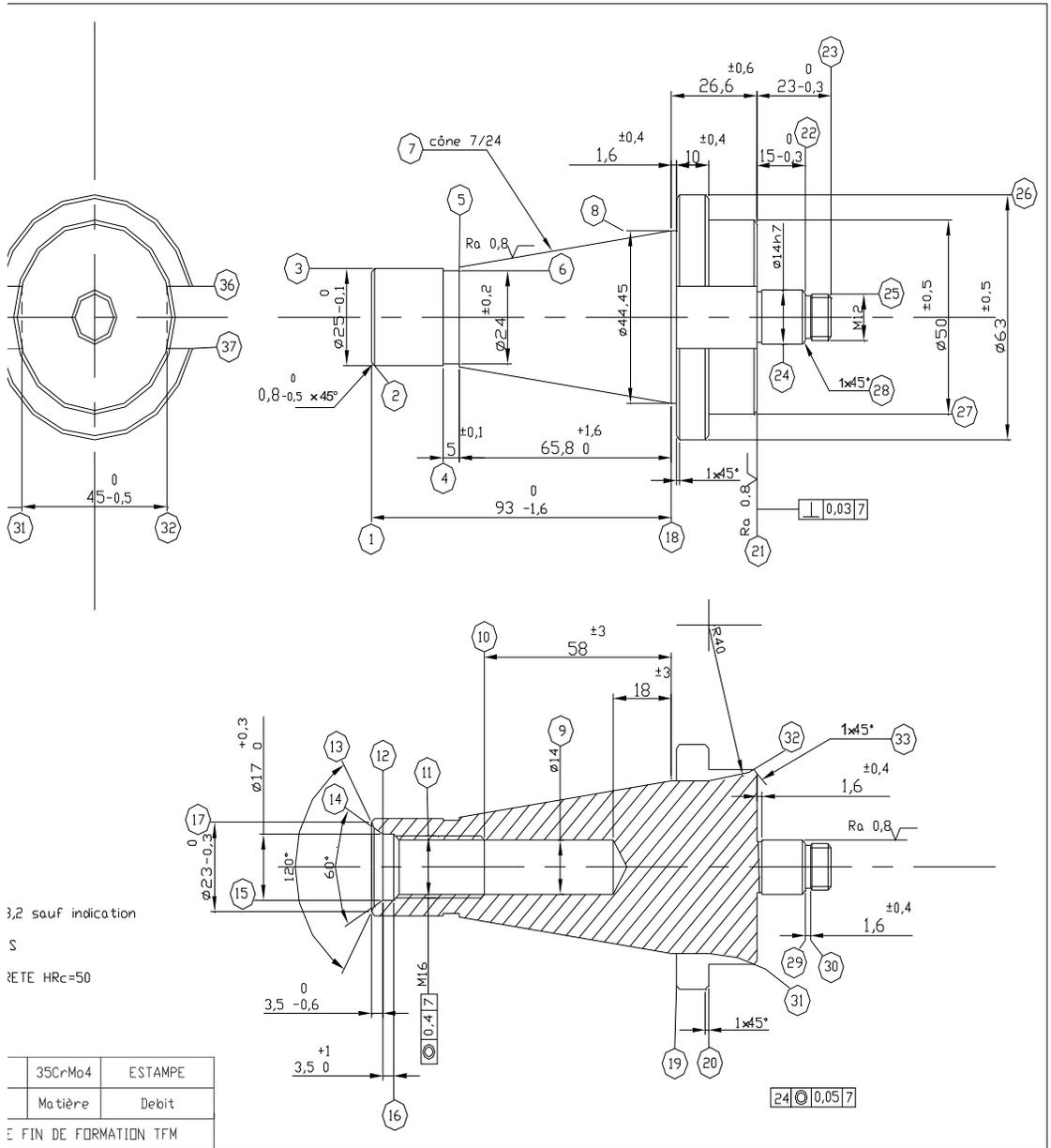
VALEURS USUELLES DES TOLERANCES ECONOMIQUE			
Mode d'usinage	Ebauche	½ Finition	Finition
Sciage	2	-	-
Tournage Fraisage	0,5	0,25	0,05
Perçage	0,3	0,1	0,1
Alésage d'enveloppe	0,3	0,15	0,03
Alésage de forme	0,2	0,1	0,03
Rectification	0,2	0,05	0,01
Brochage	0,1	0,03	0,01
Rodage	-	-	0,005

Travail demandé :

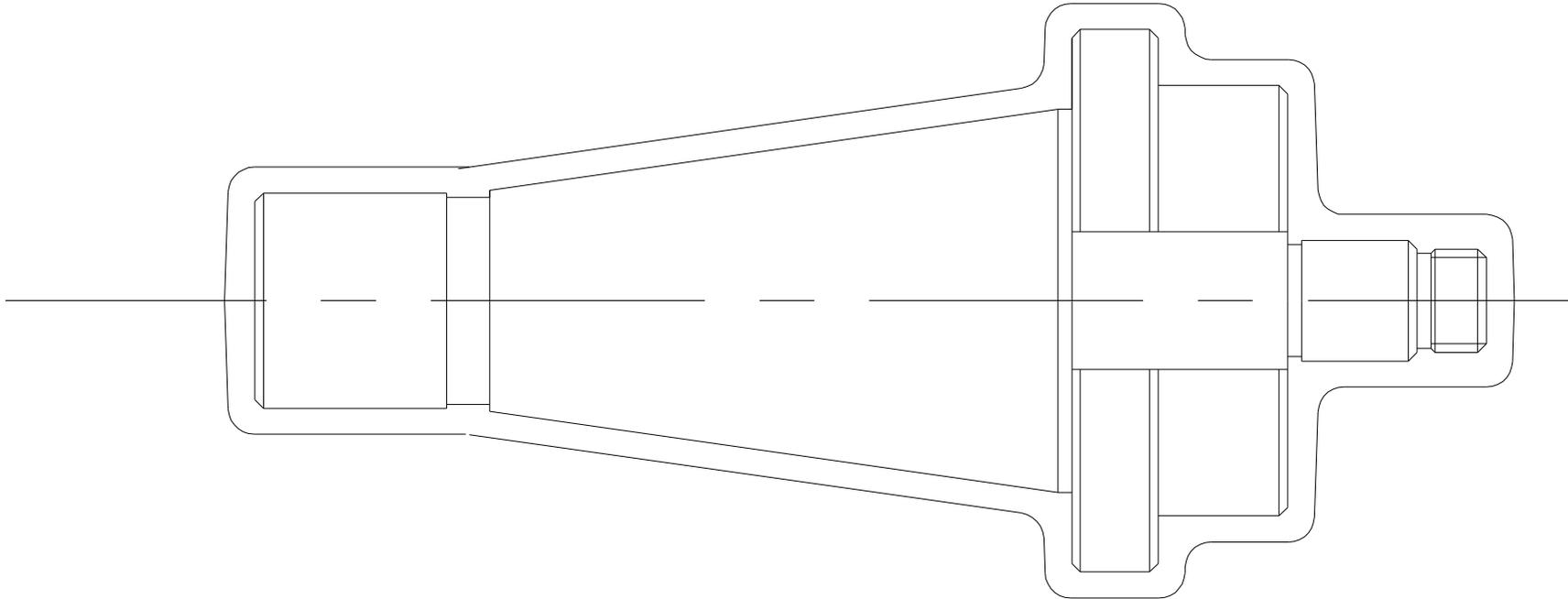
Pour constituer le dossier de fabrication de cette pièce on vous demande de rédiger les contrats de phase sur les imprimés fournis et en respectant les critères d'évaluation suivants

Critères d'évaluation	Notation
-La succession des phase	4
- Présentation du croquis de phase	1
-Isostatisme , serrage et prise de pièce	4
-Cotation de fabrication (justifier par calcul les transferts de cotes éventuels)	4
- La succession des opérations d'usinage	2
-Outillages de fabrication et Eléments de coupe	4
- Outillages de vérification	1
TOTAL	20

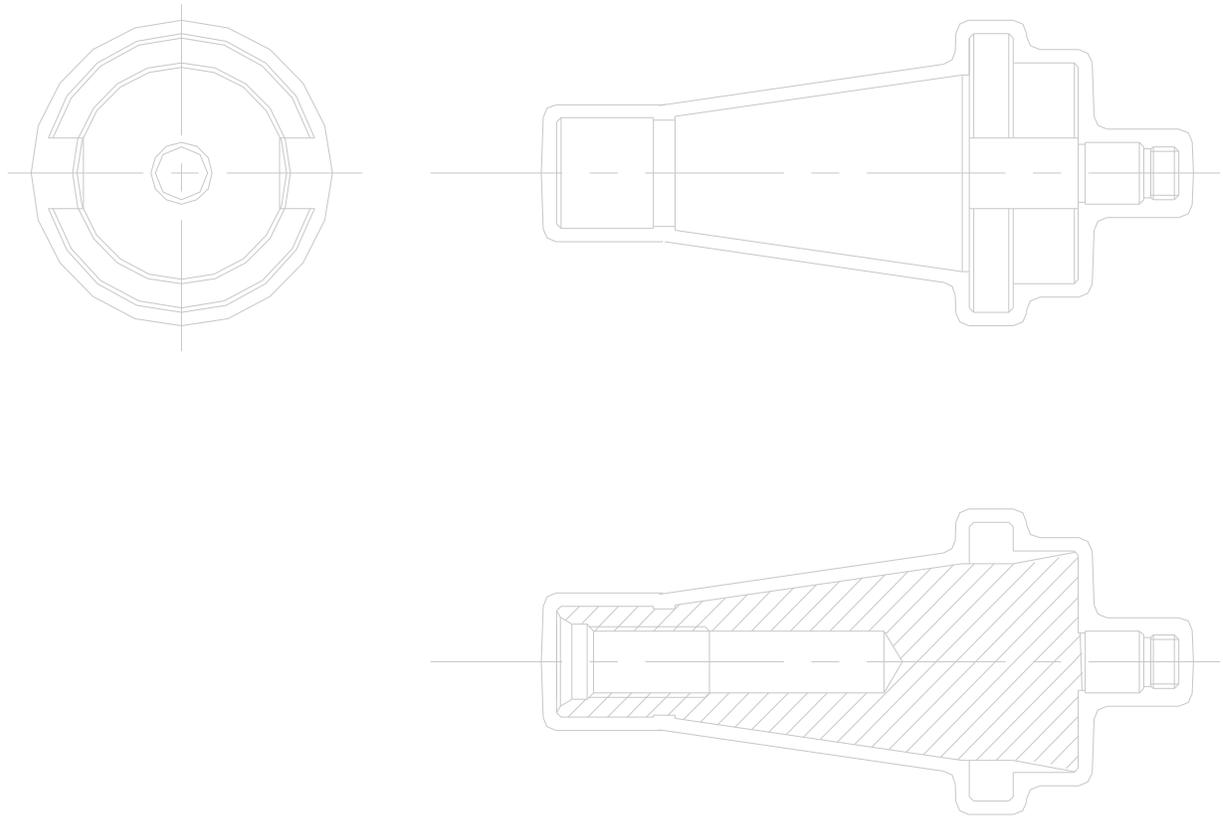
Remarque : La phase de traitement thermique doit être bien situé dans votre gamme



DESSIN DE BRUT



CONTRAT DE PHASE :	Machine :	Page : N°
Désignation pièce :	Porte - pièce :	Date :
Matière :		
Nb . de pièces :		



Opération d'usinage		Eléments de coupe					Outillages	
N°	Désignation	Vc m/mn	n tr/mn	f(fz) mm/t	Vr(mm/ mn)	ap mm	Fabrication	Vérification

Tableau des opérations élémentaires

Pièce :

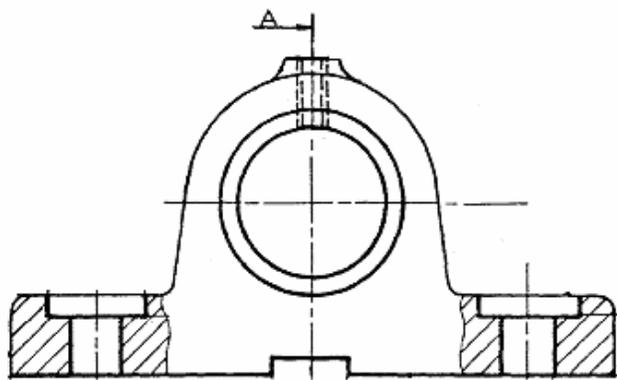
Nom :

N°	Diam	Cotes de liaison au surf		Spécifications géométriques	IT Ql	Ra	Operations Elémentaire	Machine Outil Et Outil de coupe
		Brut	Usinée					
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								

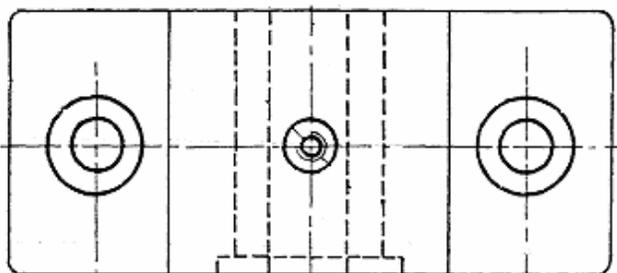
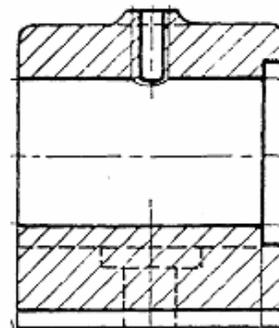
Pièce : Matière : Nombre :		Phase : N° : Machine :	ETUDE DE PHASE							Date :			
N°	Désignation des sous-pha Opérations et éléments De travail	Outillage Montage D'usinage Vérificateur	Elements de coupe			Eléments de passe				Temps en cmin			
			Vc	f	n	ap	np	Vf	L	Tt	Ttm	Tm	Tz
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
Représentation graphique du cycle									Totaux				
Tt									Ts : temps série				
Ttm									Temps pour 500 pièces				
Tm													
Tt : temps technolog Tm : temps manuel Ttm : temps tech-man													

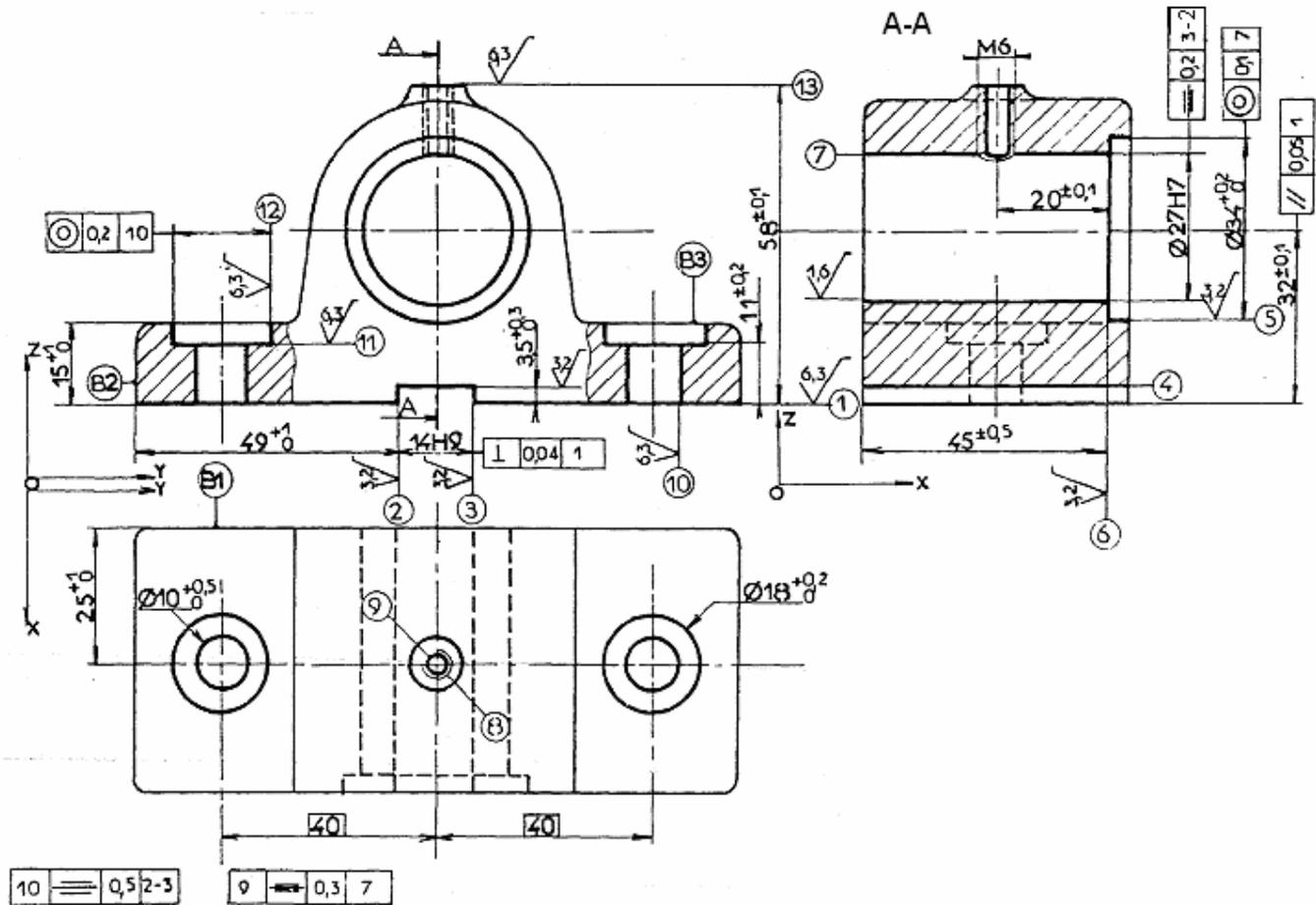
PHASE :		Machine :					Page N° /	
Désignation pièce :		Porte pièce :					Date :	
Matière :								
Nb de pièces :								
Opérations d'usinage		Eléments de coupe					Outillages	
N°	Désignation	Vc m/mn	N tr/mn	f mm/tr	Vf mm/mn	ap mm	Fabrication	Vérificateur

--	--	--	--	--	--	--	--	--

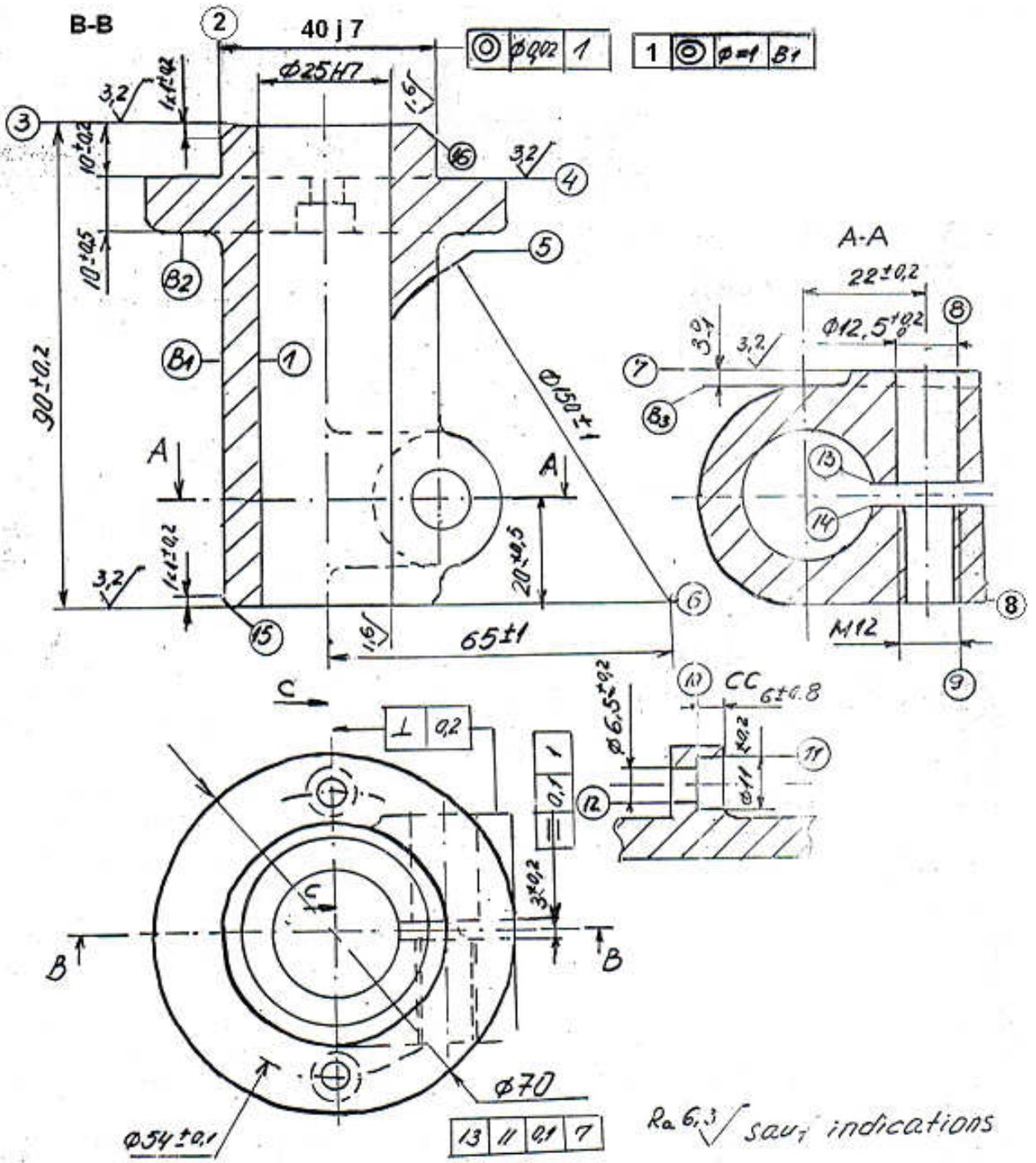


A-A

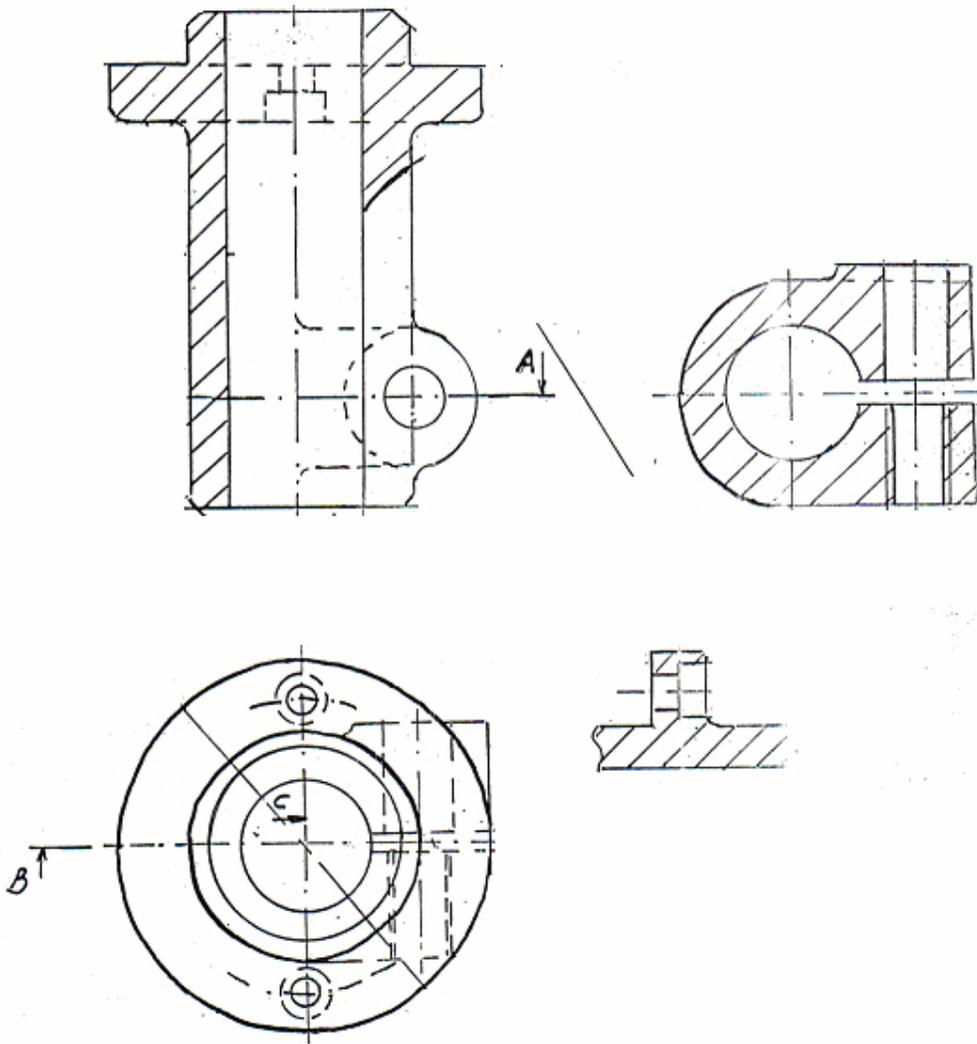


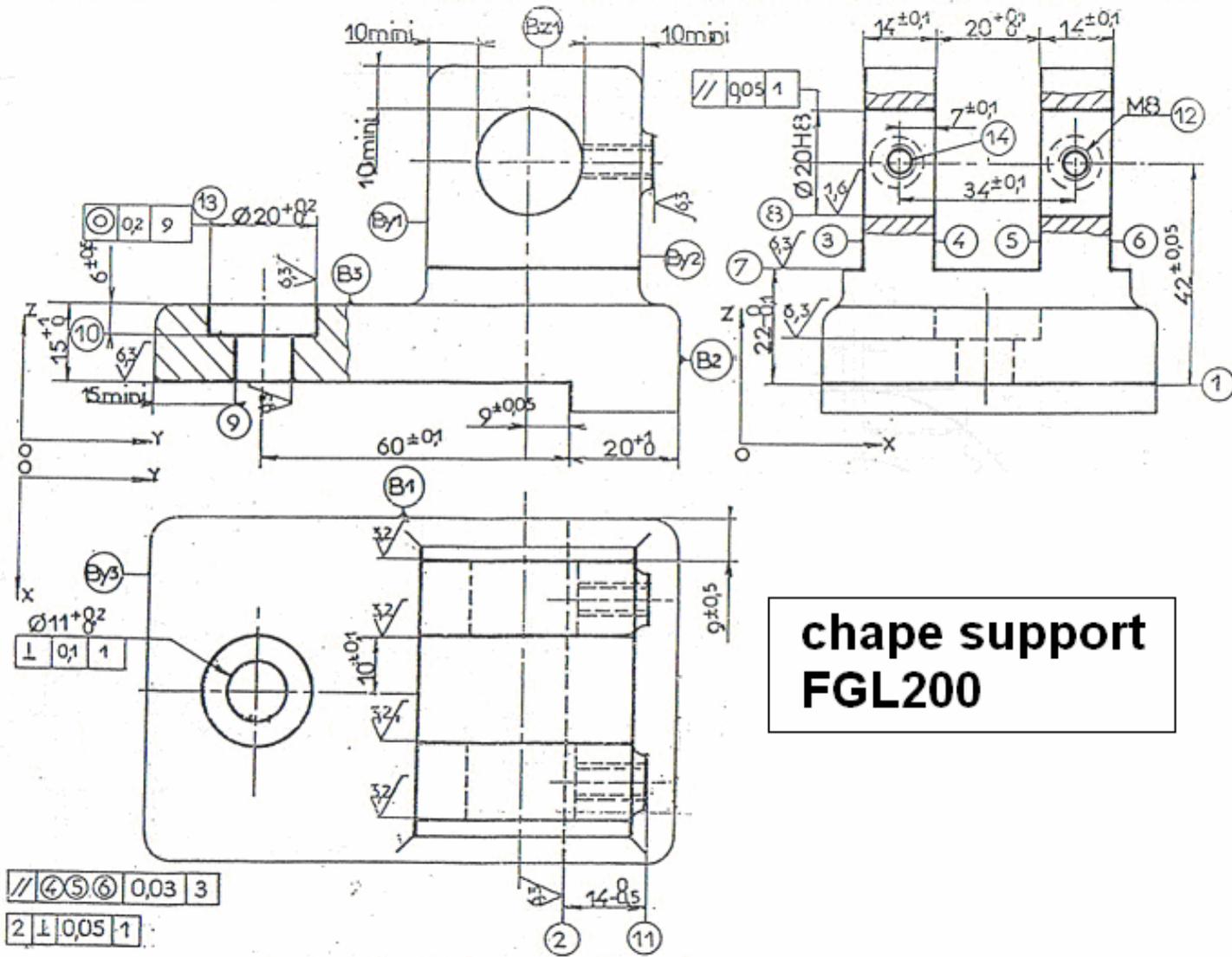


Echelle :	Matière : FGL200
Désignation : SUPPORT PALIER	

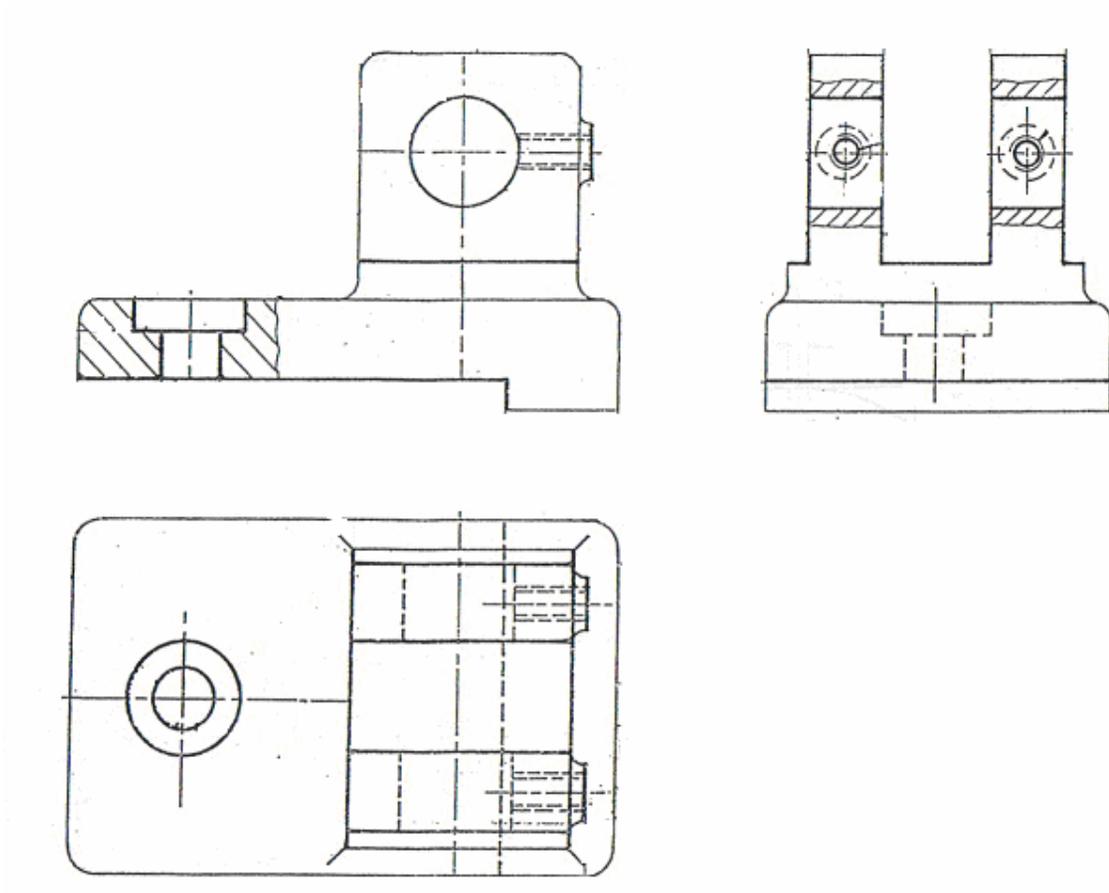


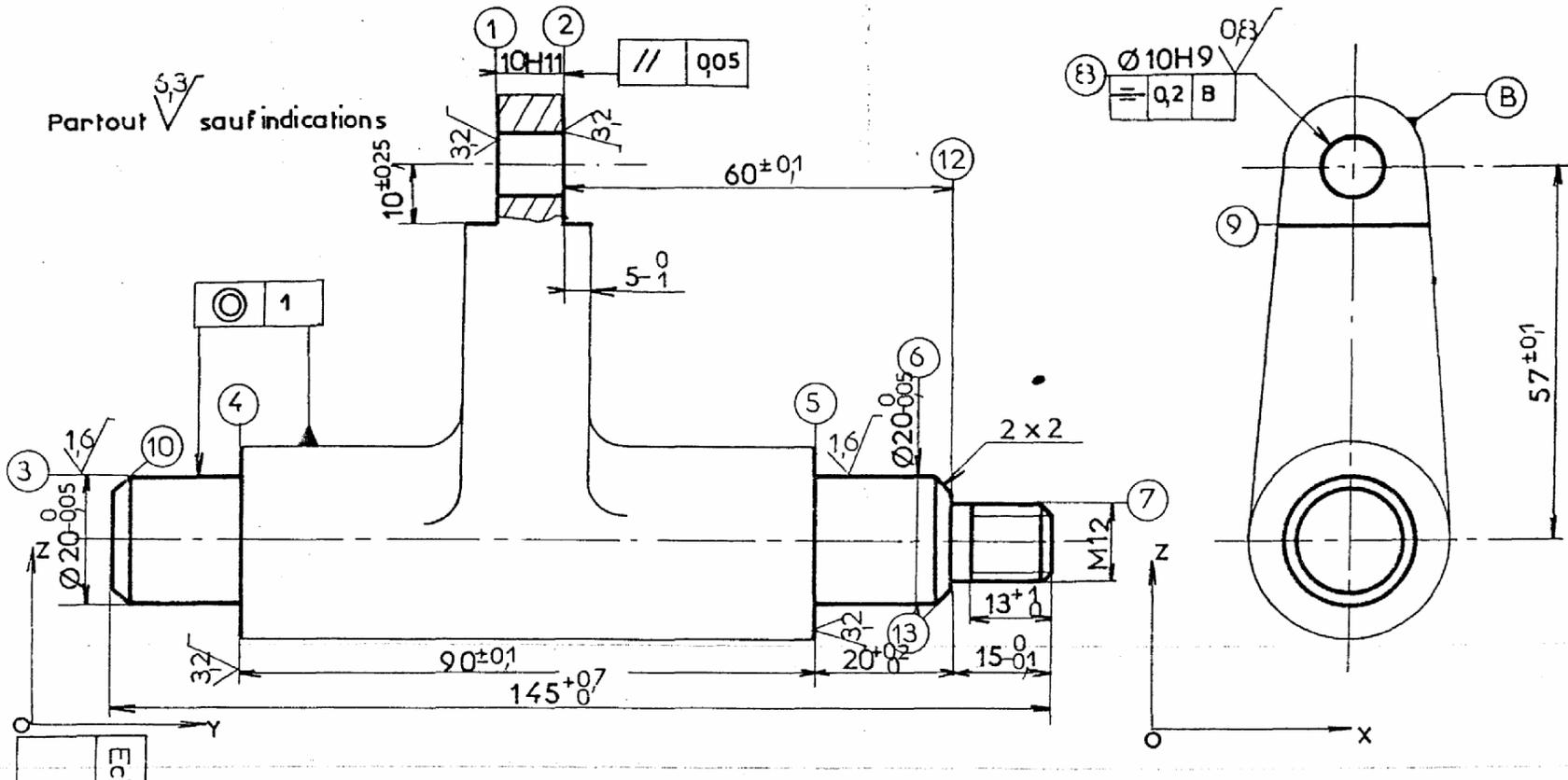
Echelle :	Matière : FGL200
Désignation : TABLE CONSOLE SUPPORT	





**chape support
FGL200**





Echelle :	Matière : FGL200
Désignation :	

