OFPPT

ROYAUME DU MAROC

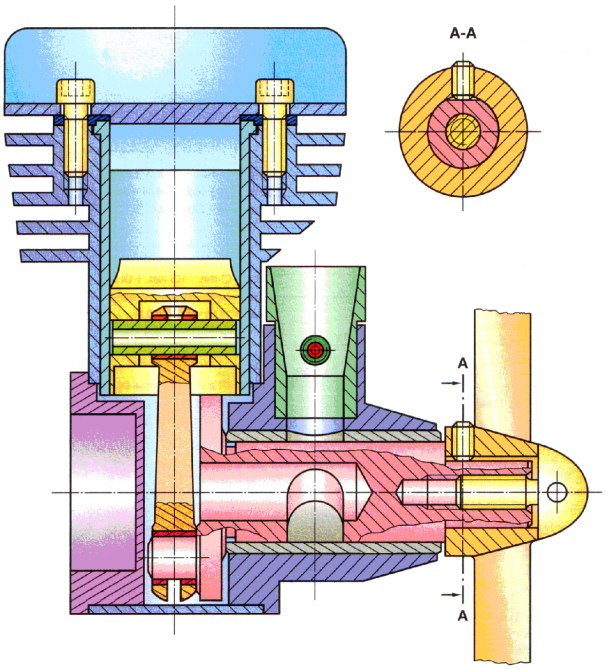
مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

RÉSUMÉ DE THÉORIE
&
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES

MODULE N°: 31	PROJET DE SYNTHESE



SECTEUR : FABRICATION MECANIQUE

SPECIALITE : Technicien en Fabrication Mécanique

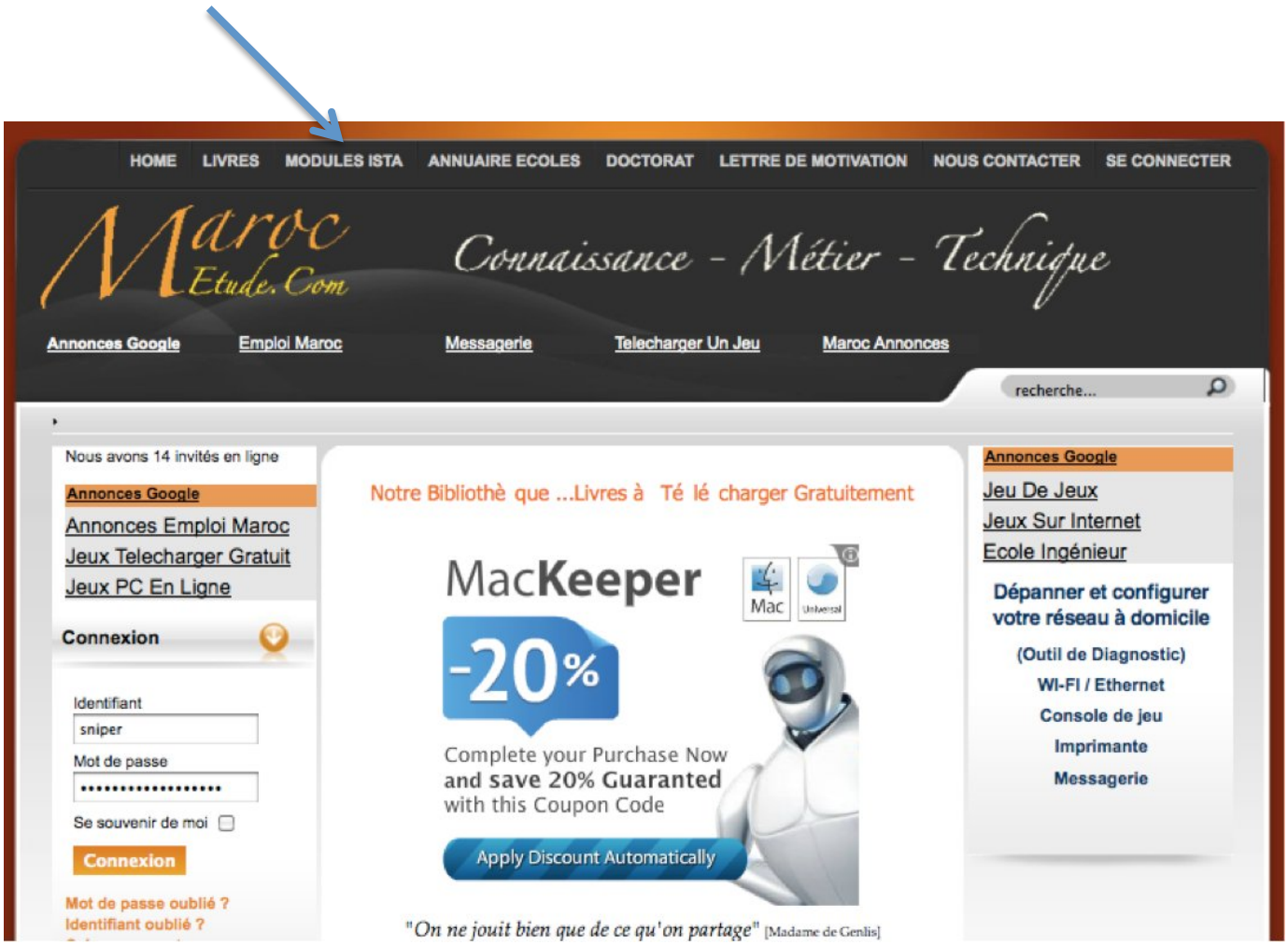
NIVEAU : Technicien

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



Document élaboré par :

Nom et prénom	*EFP*	*Direction*
NICA DORINA	***CDC Génie Mécanique***	***DRIF***

Révision linguistique

-

-

-

Validation

-

-

-

OBJECTIF DU MODULE

MODULE 31 : PROJET DE SYNTHESE

Code : **Durée : 108 h**

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit ***réaliser des projets en Fabrication Mécanique*** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel
- A partir de :
  - Dossier de fabrication
  - Plan de fabrication
  - Consignes d'instructions
- A l'aide :
  - Moyens d'usinage conventionnels équipés (Tours, fraiseuses, rectifieuses et perceuses)
  - Divers éléments d'ablocage
  - Instruments de mesure et de contrôle
  - Matière appropriée
  - Outils coupants
  - Documentations techniques pertinentes (formulaires, abaque, notes)
  - Matériel de manutention
  - Outils appropriés aux travaux

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles d'hygiène et de sécurité.
- Définition des paramètres et des conditions de coupe
- Préparation du poste de travail
- Interprétation des documents de fabrication
- Maîtrise des techniques d'usinage
  Dextérité manuelle
  Maîtrise des techniques d'usinage de bases, spécifiques et complexes
- Conformité de la pièce
- Respect des temps alloués

(*à suivre*)

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT (suite)

PRÉCISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU	CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
A. Suivre et appliquer les consignes	- Interprétation des procédures
B. Lire et interpréter un dossier de fabrication	- Interprétation des instructions - Interprétation des symboles relatifs au plan
C. Préparer les opérations d'usinage	- Détermination adéquate des besoins : • Procédés opérationnels • Équipement et outillage spécifiques • Outils d'usinage et de contrôle • Moyens de sécurité et de manutention
D. Sélectionner les outils de coupe et de contrôle	- Choix approprié des outils de coupe - Évaluation de l'état des outils de coupe - Choix approprié des outils de mesure - Étalonnage correct des outils de mesure
E. Régler les divers et différents moyens de fabrication	- Réalisation correcte d'ablocage de la pièce - Procédure correcte de sécurité • De la pièce • Des outils de coupe • Des montages • De l'opérateur - Réglage approprié des paramètres d'usinage et de fonctionnement du moyen de réalisation
F. Réaliser les opérations d'usinage	- Respect de la chronologie des opérations - Respect des techniques d'exécutions - Utilisation sécuritaire des moyens - Contrôle du produit - Respect des temps alloues
G. Contrôler la pièce	- Contrôle visuel du produit - Absence de bavure - Propreté du produit
H. Entretenir le poste de travail	- Rangement correct du poste de travail (Outillage et équipements spécifiques) - Nettoyage correct du poste de travail et de ses composants
I. Consigner et rendre compte	- Qualité de l'information transmise - Traçabilité du produit (Fiche suiveuse)

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à suivre et appliquer des consignes (A) :

1. Comprendre le bien fondé des consignes

Avant d'apprendre à lire et interpréter un dossier de fabrication (B) :

2. Comprendre les documents et les objectifs

Avant d'apprendre à préparer les opérations d'usinage (C) :

3. Savoir déterminer ses besoins matériels

Avant d'apprendre à sélectionner les outils de coupe et de contrôle (D) :

4. Connaître la normalisation des outils de coupe
5. Connaître les outils de contrôle et de mesures

Avant d'apprendre à régler les divers et différents moyens de fabrication (E) :

6. Connaissance des risques sur machine outil
7. Maîtrise des opérations de bases sur machines outils
8. Avoir le souci de l'autonomie

Avant d'apprendre à réaliser des opérations d'usinage (F):

9. Connaître les bases de calculs professionnels
10. Connaître les risques potentiels d'une machine outil
11. Avoir un autonomie de conduite des machines outils
12. Être responsable de son travail.

Avant d'apprendre à contrôler la pièce (G) :

13. Maîtriser l'utilisation des moyens de mesure
14. Avoir le souci des objectifs de qualité

Avant d'apprendre à entretenir le poste de travail (H):

15. Se préoccuper de la propreté du lieu de travail
16. Avoir le souci de l'organisation et du rangement

Avant d'apprendre à consigner et rendre compte (I):

17. Avoir le souci de transmettre une information objective
18. Comprendre l'utilité de la traçabilité des informations

PROJET DE SYNTHESE

SOMMAIRE

RÉALISATION D'ENSEMBLE MÉCANIQUE COMPOSÉ DE PIÈCES POLYVALENTES

CHAPITRE 1

***PLANIFICATION D'UN PRODUIT*.....8**

1. Analyse des différentes étapes d'élaboration du planning.....8

CHAPITRE 2

***DOSSIER DE FABRICATION*.....14**

1. Les composants d'un dossier de fabrication.....14

2. La cotation de fabrication.....19

3. Contrat de phase prévisionnel.....21

4. Fiche de réglage.....23

5. Fiche d'instructions détaillées.....25

6. Dessin d'outillage.....25

CHAPITRE 3

***PROCEDES D'USINAGE*.....27**

1. Relation pièce/machine-outil.....27

2. Typologies des procédés d'usinage.....28

CHAPITRE 4

***LES DIFFERENTS TYPES DE MACHINES*.....32**

1. Types de machines.....32

2. Type de commande.....33

3. Les formes simples usinables.....34

CHAPITRE 5

***CHOIX DES OUTILS DE COUPE*.....36**

1. Les différents types d'outils.....36

2. Les porte-outils.....41

CHAPITRE 6

***TYPES DE PORTE-PIECES*.....43**

1. Généralités.....43

2. Différents types de porte-pièces.....43

3. Porte-pièces standard.....44

4. Porte-pièces dédiés spécifiques à chaque phase.....48

5. Spécificités de quelques porte-pièces.....50

6. Exemple de porte-pièce dédié spécifique à une phase.....52

CHAPITRE 7

***LES PARAMETRES DE COUPE*……55**

1. Principe……55

2. Explications des critères de choix……56

3. Les paramètres de coupe……57

4. Réglage des conditions de coupe……57

5. Le cas du tournage……58

6. Cas du fraisage……59

7. Formulaire……59

8. Tableau des conditions de coupe……60

CHAPITRE 8

***REGLES D'USINAGE*……61**

1. Association de surface……61

2. Choix Ebauche / ½ finition / finition……61

3. Pour le début d'un perçage……62

4. Pour des perçages : D > 10 mm……62

5. Pour des alésages, qualité du trou H7 ou H8 à l'alésoir machine……62

6. D < 20……62

7. D > 20……62

8. Tournage de pièce longue……62

9. Réalisation d'une cote……62

10. Taraudage à main……62

11. Consignes de sécurité relatives aux travaux sur machines……63

CHAPITRE 9

***CONTROLE DE LA PIECE FINIE*……64**

1. Instruments de contrôle sans mesure……64

***TRAVAUX PRATIQUES*……66**

Application1. *Fabrication d'un corps de vérin* ……67

Application 2. *Usinage des 4 roues et des axes d'une voiturette* ……72

***BIBLIOGRAPHIE*……85**

Chapitre 1

Planification d'un produit

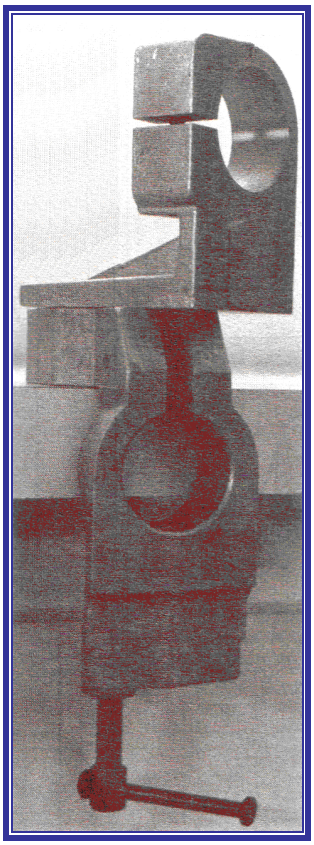


Figure 1
Ensemble porte-perceuse

Pour cette application, on se place dans un contexte particulier de réalisation :

- un produit unique ;
- un atelier libéré d'autres productions, ce qui est rarement la réalité.

Le produit étudié est un support de perceuse portative permettant plusieurs configurations de travail. Il comprend deux pièces principales en alliage d'aluminium coulé (fabriqué dans un autre secteur de l'entreprise). Elles sont complétées par un certain nombre de pièces annexes achetées (les composants) ou usinées. Dans ce dernier cas, l'entreprise se procure la matière d'oeuvre sous forme de barres d'acier étirées.

L'unité de production comporte des centres d'usinage et des tours à commande numérique.

1. Analyse des différentes étapes d'élaboration du planning

▪ Présentation du produit

La *figure 1* et la *figure 2* présenteront le porte-perceuse en situation ainsi que les différentes étapes de sa fabrication.

▪ Etape 1 : nomenclature du porte-perceuse *(fig. 3)*

Cette nomenclature permet de trouver, à chaque niveau d'antériorité, les actions à mener pour permettre la fabrication du produit.

▪ Etape 2 : organisation des phases et bilan des temps de fabrication *(fig. 4)*

La production étant organisée sur machines à commande numérique, le nombre de phases est réduit. Le bilan fait apparaître, pour chaque phase, le temps de préparation et le temps d'usinage dune pièce. Le temps de préparation correspond ici au temps d'immobilisation de la machine avant et après chaque phase de réalisation d'un lot.

- **Etape 3 : temps de production** *(fig. 5)*

Après une étude technico-économique non développée ici, on peut définir la taille des lots. Ici on choisit de fabriquer les pièces par lots de douze. Le bilan des temps de production présente, pour chaque lot, les temps d'approvisionnement et les temps de fabrication.

- **Etape 4 : planning prévisionnel de production** *(fig. 6)*

Ce diagramme permet de cadencer le fonctionnement de l'atelier poste par poste et à chaque instant.

- **Etape 5 : planning des charges et des ressources** *(fig. 7)*

Il indique les taux de charge des postes de travail tout au long d'une semaine, par exemple. Il facilite la tâche du technicien d'ordonnancement lorsqu' il doit intégrer une nouvelle production dans l'atelier.

- **Etape 6 : gestion des approvisionnements**

Cette étape permet de savoir à quelles dates il faut envoyer les commandes de fournitures, de composants et de matières premières. Ces envois tiennent compte de la politique de gestion des stocks et des accords commerciaux passés avec les fournisseurs et sous-traitants.

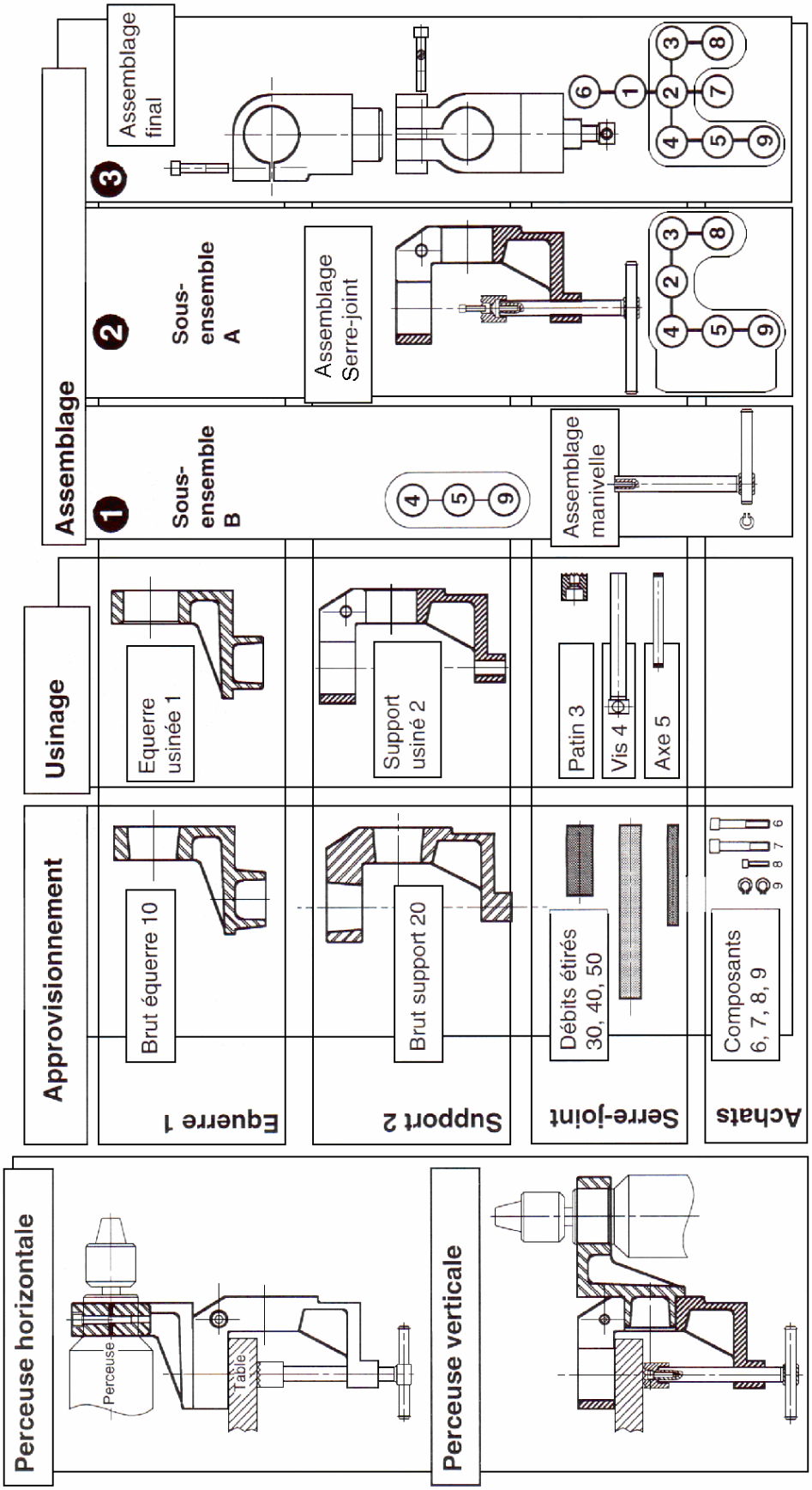


Figure 2. Porte-perceuse. Présentation des pièces et composants associés

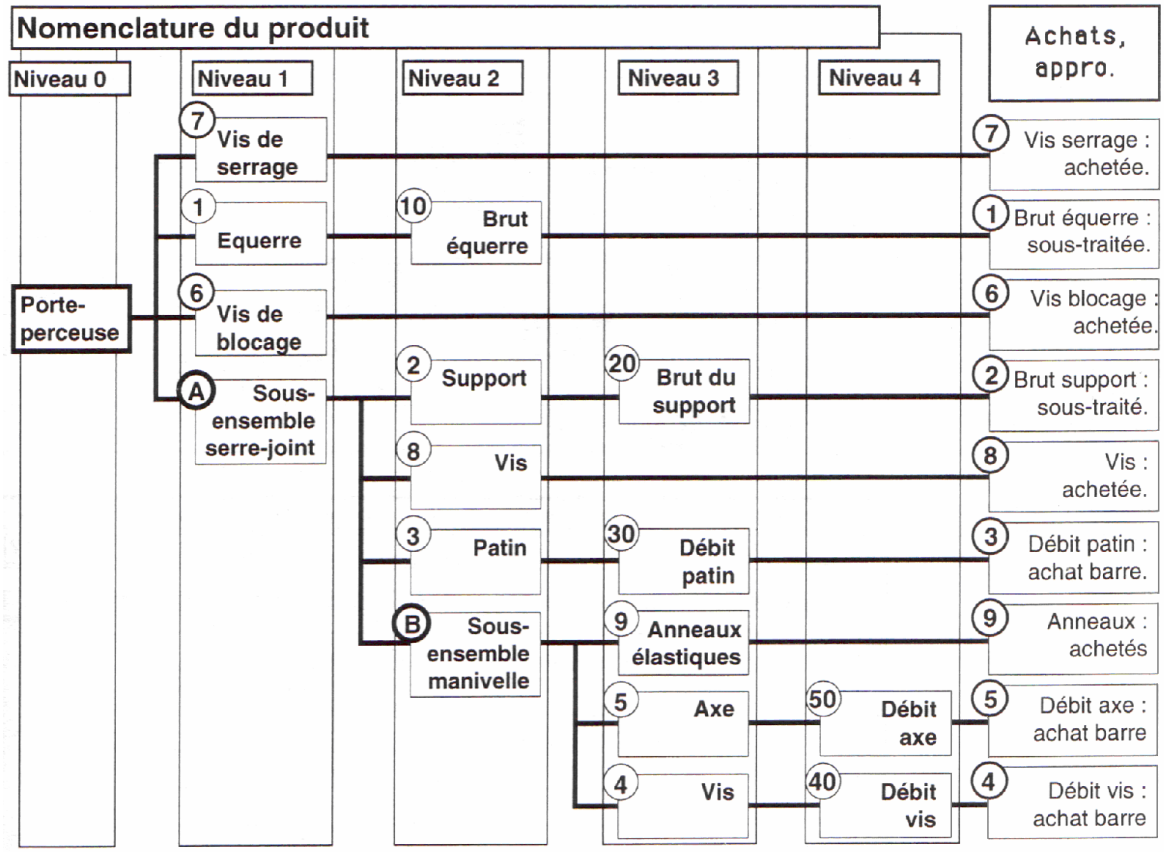


Figure 3. Nomenclature du porte-perceuse

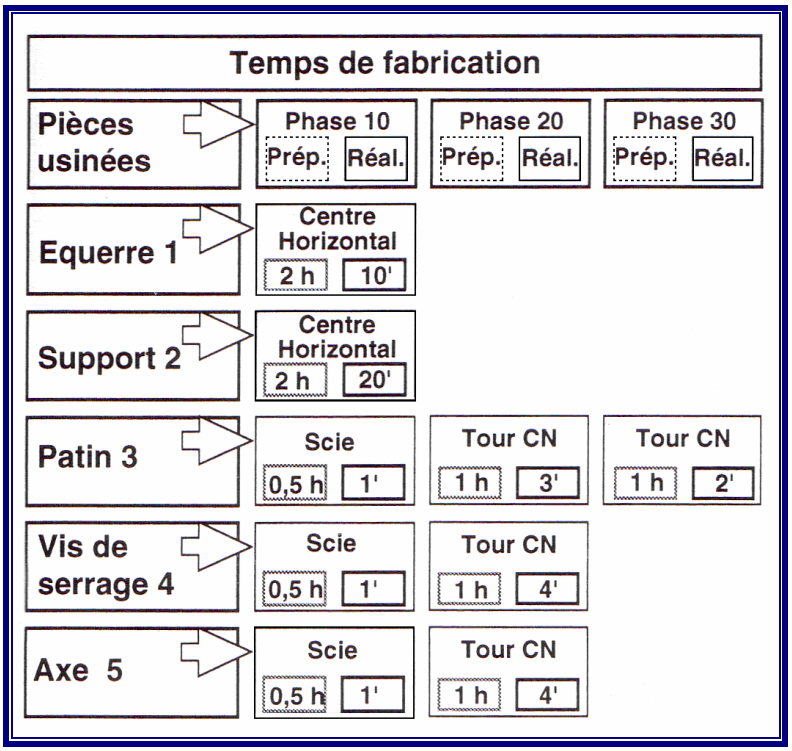


Figure 4. Organisation des phases par pièce

Délais d'obtention par lot

Pièces, composants, sous-ensembles Lot de 12	Appro. bruts et débits Lot	Usinage d'un lot Pièce	 Lot	Assem-blage, monta-ge Pièce	 Lot	Sous-traitance, traite-ments thermi-ques Lot
Porte perceuse				5'	1 h	
Equerre	5 j	20'	4 h			
Serre-joint A				5'	1 h	
Support	5 j	10'	2 h			
Manivelle B				5'	1 h	
Patin 3	3 j	5'	1 h			
Vis 4	3 j	5'	1 h			
Axe 5	3 j	5'	1 h			
Vis 6,7,8	2 j					
Anneaux 9	20 j					

Figure 5. Bilan des temps de production par pièce pour un lot

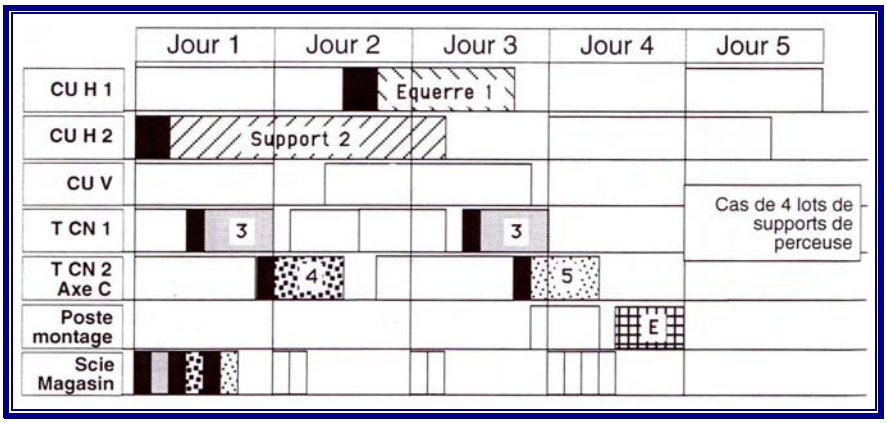
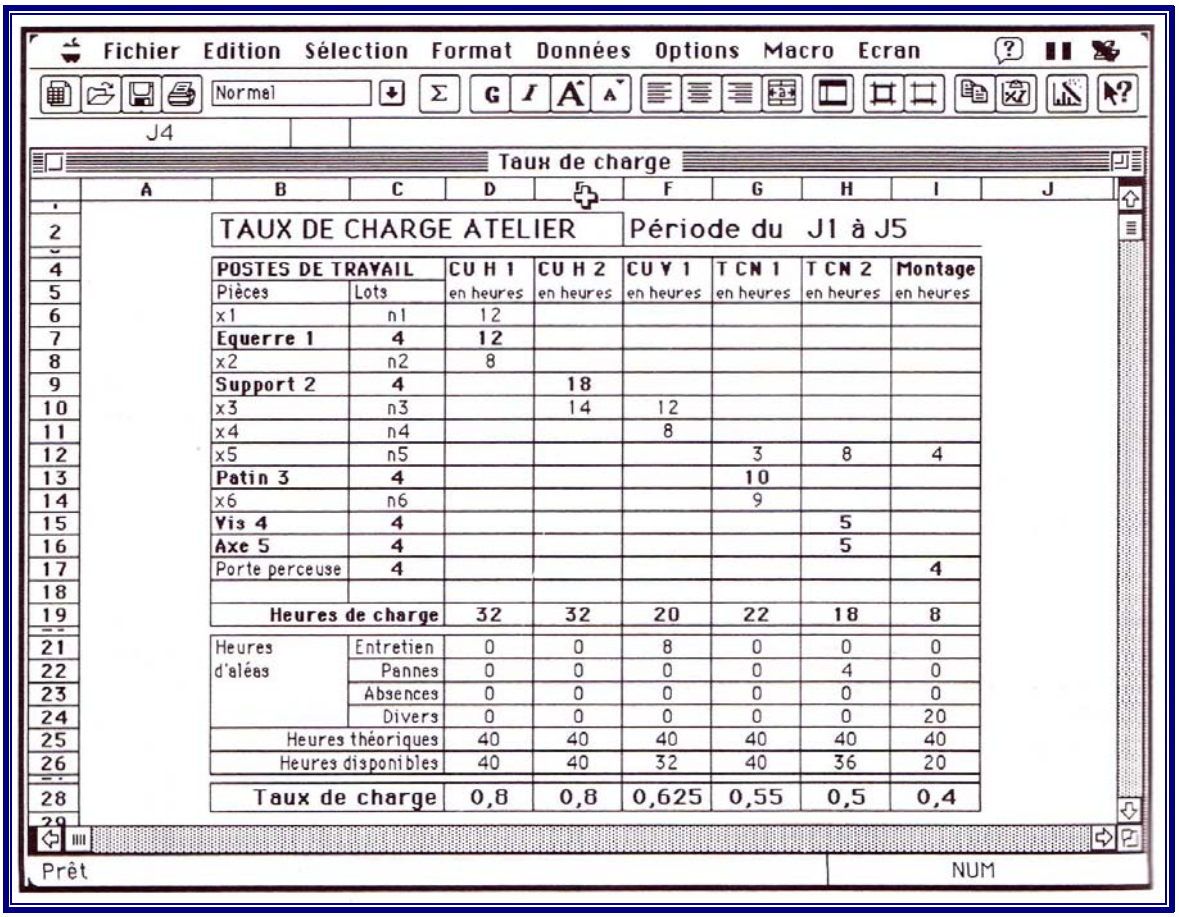


Figure 6. Planning prévisionnel intégrant la fabrication du porte-perceuse dans un atelier déjà chargé



Fichier Edition Sélection Format Données Options Macro Ecran

Normal

J4

Taux de charge

TAUX DE CHARGE ATELIER — Période du J1 à J5

POSTES DE TRAVAIL		CU H 1	CU H 2	CU V 1	T CN 1	T CN 2	Montage
Pièces	Lots	en heures	en heures	en heures	en heures	en heures	en heures
x1	n1	12					
Equerre 1	**4**	**12**					
x2	n2	8					
Support 2	**4**		**18**				
x3	n3		14	12			
x4	n4			8			
x5	n5				3	8	4
Patin 3	**4**				**10**		
x6	n6				9		
Vis 4	**4**					**5**	
Axe 5	**4**					**5**	
Porte perceuse	4						**4**
Heures de charge		**32**	**32**	**20**	**22**	**18**	**8**
Heures d'aléas	Entretien	0	0	8	0	0	0
	Pannes	0	0	0	0	4	0
	Absences	0	0	0	0	0	0
	Divers	0	0	0	0	0	20
Heures théoriques		40	40	40	40	40	40
Heures disponibles		40	40	32	40	36	20
Taux de charge		**0,8**	**0,8**	**0,625**	**0,55**	**0,5**	**0,4**

Prêt NUM

Figure 7. Planning des charges et des ressources de l'atelier sur une période de cinq jours

Chapitre 2

Le dossier de fabrication

Le **processus industriel** est l'enchaînement des actions nécessaires à la mise en oeuvre d'un procédé, mode d'élaboration impliquant la mise en oeuvre de moyens définis.
Ce processus est consigné dans un ensemble de documents appelé **dossier de fabrication.**

1. Les composants d'un dossier de fabrication

1.1 Dessin d'ensemble et nomenclature *(fig. 1)*

Le **dessin d'ensemble** représente la solution adoptée pour le mécanisme à réaliser. Il comporte l'indication des **conditions fonctionnelles** (jeux, ...) ainsi que les **dimensions essentielles**.

1.2 Dessin de définition de produit fini *(fig. 2)*

Dessin relatif à une pièce d'un ensemble définissant sans ambiguïté, les **surfaces fonctionnelles** à savoir :

- leurs **formes**,
- **dimensions** et **positions**,
- **états de surface**,
- **matériau** et **traitements éventuels**.

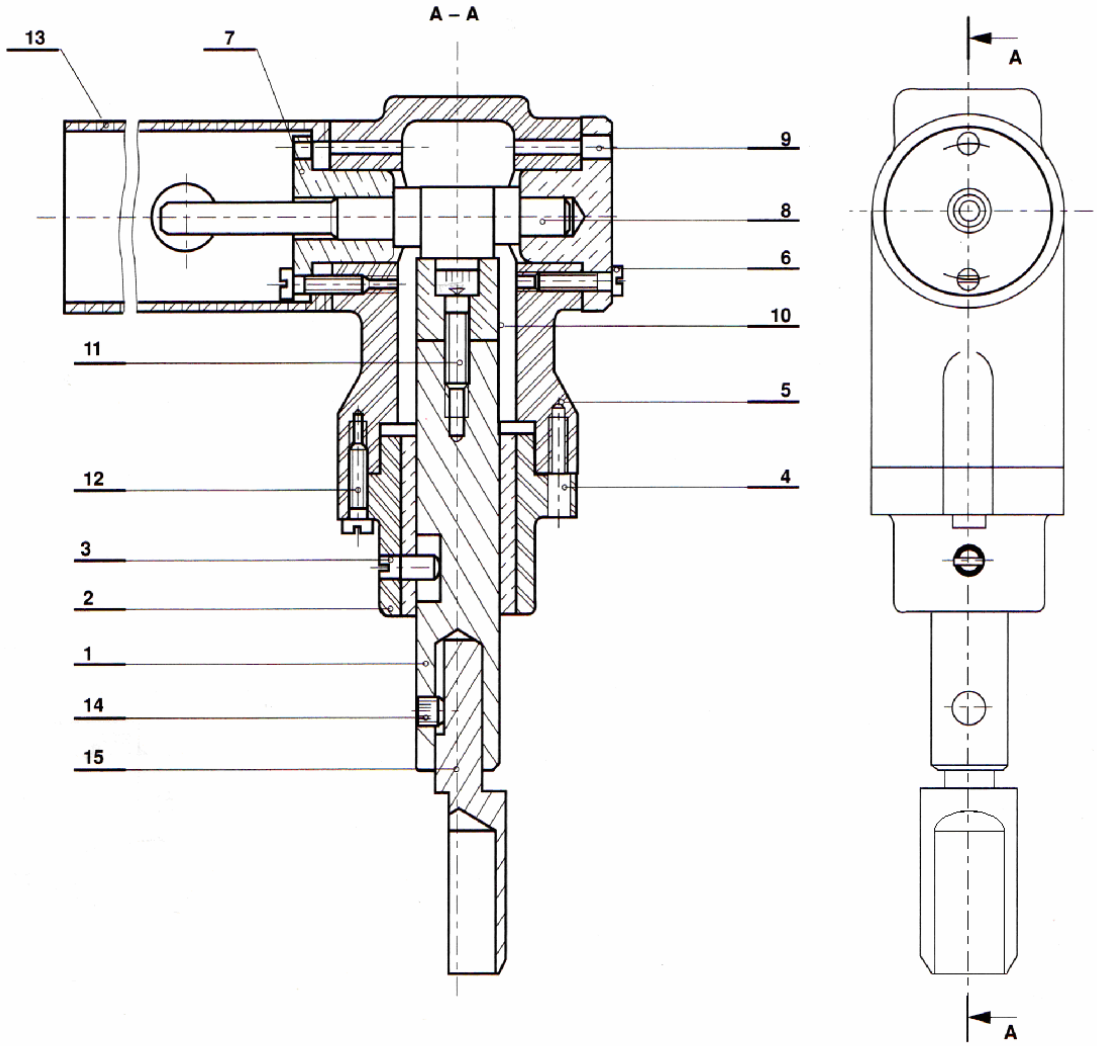
Les **surfaces enveloppes** ne sont représentées qu'à titre indicatif (encombrement, esthétique, ...) et pourront être remises en cause par le bureau des **méthodes d'obtention du brut** par exemple. Ce document constitue une étape permettant d'engager le dialogue entre les méthodes et la fabrication.

1.3 Avant-projet d'étude du brut *(fig. 3)*

Élaboré par le **bureau des méthodes du brut**, cette étude permet de définir les formes et d'arrêter le procédé.
Ce document ne comportera aucune cote mais des renseignements sur les **dépouilles** et l'**emplacement du plan de joint**.

Exemple

La pièce est en alliage d'aluminium. Le procédé d'obtention du brut choisi est le moulage en moule métallique.



Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations
15	1	Outil à bois (gouge)	XC48	trempé à l'huile
14	1	Vis à bout plat Hc M6-6		NF E 27-162
13	1	Carter de protection	PA6-6 + 30 % FV	Polyamide moulé
12	2	Vis C M4-18		NF E 27-115
11	1	Vis C Hc M5-20		NF E 27-161
10	1	Patin d'usure	CuZn 15	
09	1	Coussinet exter.	CuZn 15	
08	1	Arbre excentré	XC48	
07	1	Coussinet inter.	CuZn 15	
06	4	Vis C M4-16		NF E 27-115
05	1	Corps	AS7G	Moulé
04	1	Support d'axe	AS7G	Moulé
03	1	Vis de guidage Hc M6-12		NF E 27-162 usinée
02	1	Bague de guidage	CuZn 15	
01	1	Support outil	Stub P16	
APPAREIL A SULPTER				APS99

Figure 1. Dessin d'ensemble : appareil a sculpter

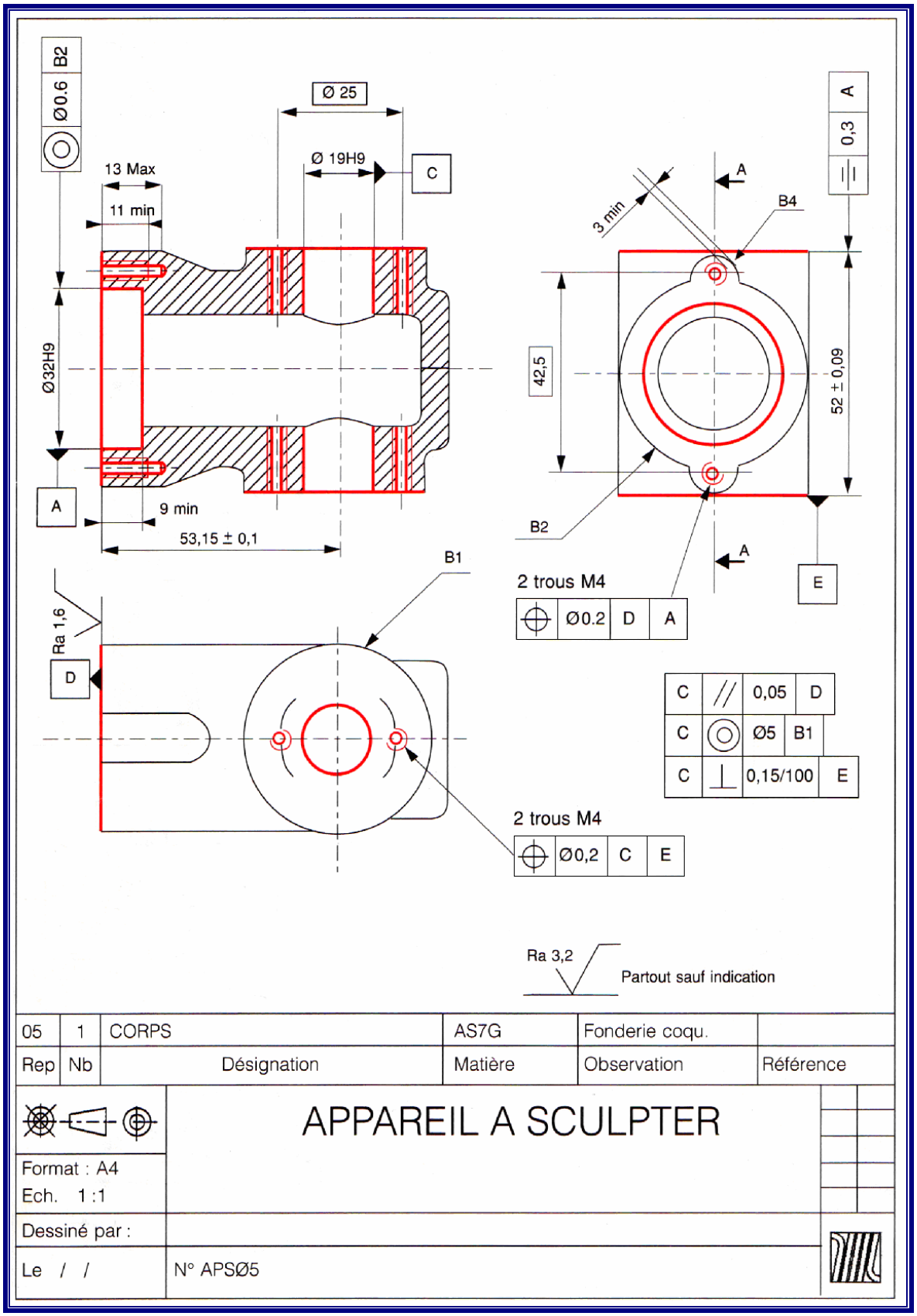


Figure 2. Dessin de définition du produit fini

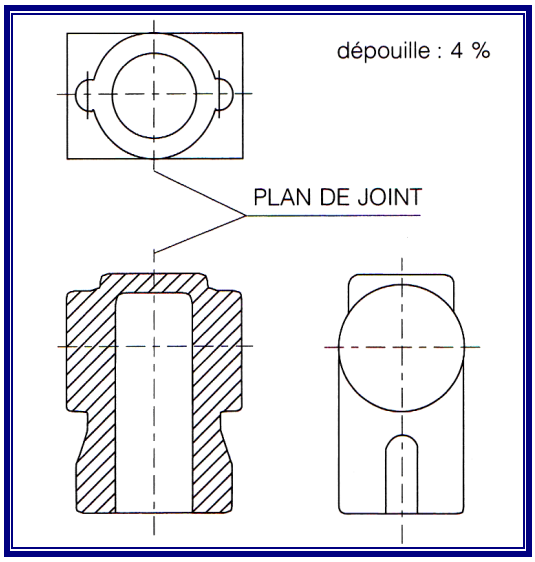


Figure 3. Projet d'enveloppe brute

1.4 Avant-projet d'étude de fabrication *(fig. 4)*

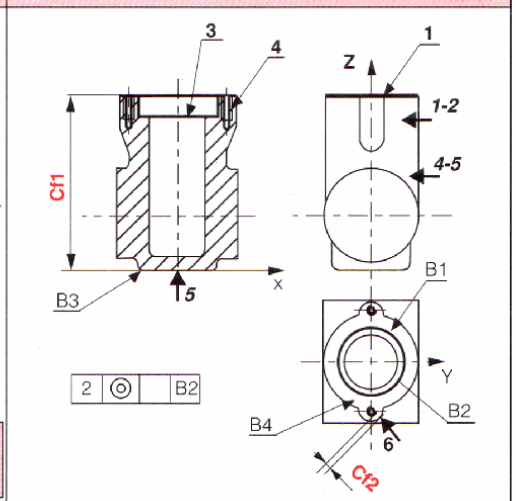
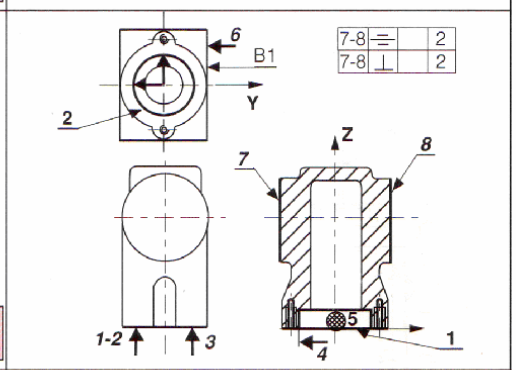
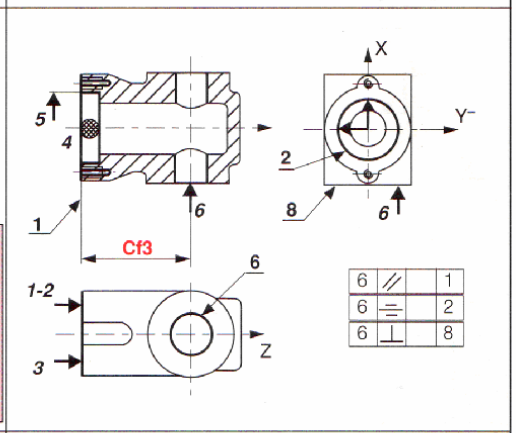
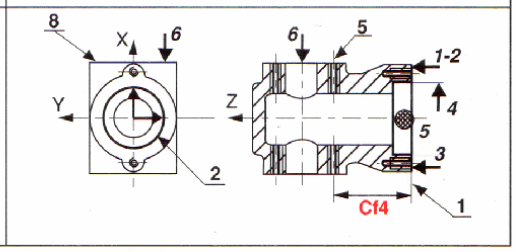
L'avant-projet d'étude de fabrication (page suivante) contient un certain nombre d'informations.

- la suite ordonnée des phases : 10, 20, … pour chaque phase,
- la désignation des différentes opérations,
- la mise en position et sa justification,
- les moyens matériels mis en oeuvre,
- une silhouette de la pièce avec :
  - le repérage des surfaces usinées et celui des surfaces qui servent à la mise en position,
  - la mise en évidence des surfaces usinées (trait fort),
  - la symbolisation de la mise en position,
- les cotes fabriquées non chiffrées.

REMARQUE

En fonction des moyens, plusieurs avant-projets sont possibles.

L'avant-projet traité met en oeuvre une MOCN et des machines conventionnelles.

PHASE S/PH	DÉSIGNATION OPÉRATIONS	MISE EN POSITION Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz	JUSTI-FICATION	OUTILLAGE MACHINE	SCHÉMA
10	**a -** Fraiser **1** finition et **2 – 3** ébauche **b -** Fraiser **2** et **3** finition **c -** Centrer 2 trous **4** et chanfreiner **d -** Percer 2 trous **4** Ø 3,3 **e -** Tarauder 2 trous **4** Ø M4	B2	B2	B3	B2	B2 B4		2 ◎ B2 Cf1 Cf2	Fraise 2 T coupe Alu Ø 20 z = 3 idem foret centreur Ø 8 Foret Ø 3,3 coupe Alu Taraud machine M4 CENTRE D'USINAGE VERTICAL	
20	**a -** Fraiser finition de **7** et **8**	2	2	1	1	1	B1	7-8 ⫽ 2 7-8 ⊥ B1	2 Fraises 3 T Ø 160 z = 24 e = 12 FRAISEUSE HORIZONTALE	
30	**a -** Percer ébauche de **6** Ø 18 **b -** Aléser finition de **6** Ø 19H9	2	2	1	1	1	8	Cf3 6 // 1 6 ⫽ 2 6 ⊥ 8	foret coupe Alu Ø 18 foret aléseur Ø 19 ALÉSEUSE HORIZON-TALE	
40	**a -** Percer 4 trous **5** Ø 3,3 **b -** Tarauder 4 trous **5** M 4	2	2	1	1	1	8	Cf4 5 ⫽ 2	foret coupe Alu Ø 3,3 Taraud M4	

nota : seules ont été indiquées les spécifications liées à la mise en position.

Figure 4. Avant-projet d'étude de fabrication

1.5 Choix d'un mode opératoire

L'avant-projet d'étude de fabrication définit l'ordre es phases.

Étude critique

PHASE	CRITIQUES
PHASE 10 : ***a*** - *finition de* ***(1)*** *ébauche de* ***(2)*** *et* ***(3)*** ***b*** - *finition de* ***(2)*** *et* ***(3)*** ***c*** - *centrer 2 trous* ***(4)*** ***d*** - *percer 2 trous* ***(4)*** ***e*** - *tarauder 2 trous* ***(4)***	• ***mise en position :*** *recherche d'une bonne stabilité, répartition optimale de la matière pour le respect de la coaxialité.* • ***choix de usinages :*** *le plan (1) et l'alésage (2) constituent un référentiel qui participe à la localisation des phases suivantes.*
PHASE 20 : ***a*** - *fraiser finition de* ***(7)*** *et* ***(8)***	• ***mise en position :*** *le centrage court dans 2 permet le respect de la symétrie.* • ***choix des usinages :*** *l'usinage de 7-8 permet de compléter le référentiel usiné et d'aléser dans de bonnes conditions en phase 30.*
PHASE 30 : ***a*** - *percer ébauche de* ***(6)*** ***b*** - *aléser finition de* ***(6)***	• ***mise en position :*** *le référentiel est entièrement usiné et facile d'accès.* • ***choix des usinages :*** *le porte-pièce équipé de guides de perçage permet de réduire le nombre d'opérations.*
PHASE 40 : ***a*** - *percer 4 trous* ***(5)*** ***b*** - *tarauder 4 trous* ***(5)***	• ***choix des usinages :*** *le porte-pièce équipé de guides de perçage permet de réduire le nombre d'opérations.*

2. La cotation de fabrication

La cotation de fabrication permet de déterminer les spécifications à obtenir pour chaque phase.

2.1 La cote fabriquée

Définition : une cote fabriquée est l'ensemble des **dimensions définies entre deux « surfaces concernées » d'une même phase**, dimensions mesurées sur les pièces d'une série réalisée.

Les surfaces concernées dune même phase sont :

- les surfaces qui sont **réalisées dans la même phase**,
- les surfaces qui participent à la **mise en position des pièces** dans le porte-pièce de la **phase**.

Une cote fabriquée est toujours bilimite.

Exemple de cotes fabriquées *(fig. 5)*

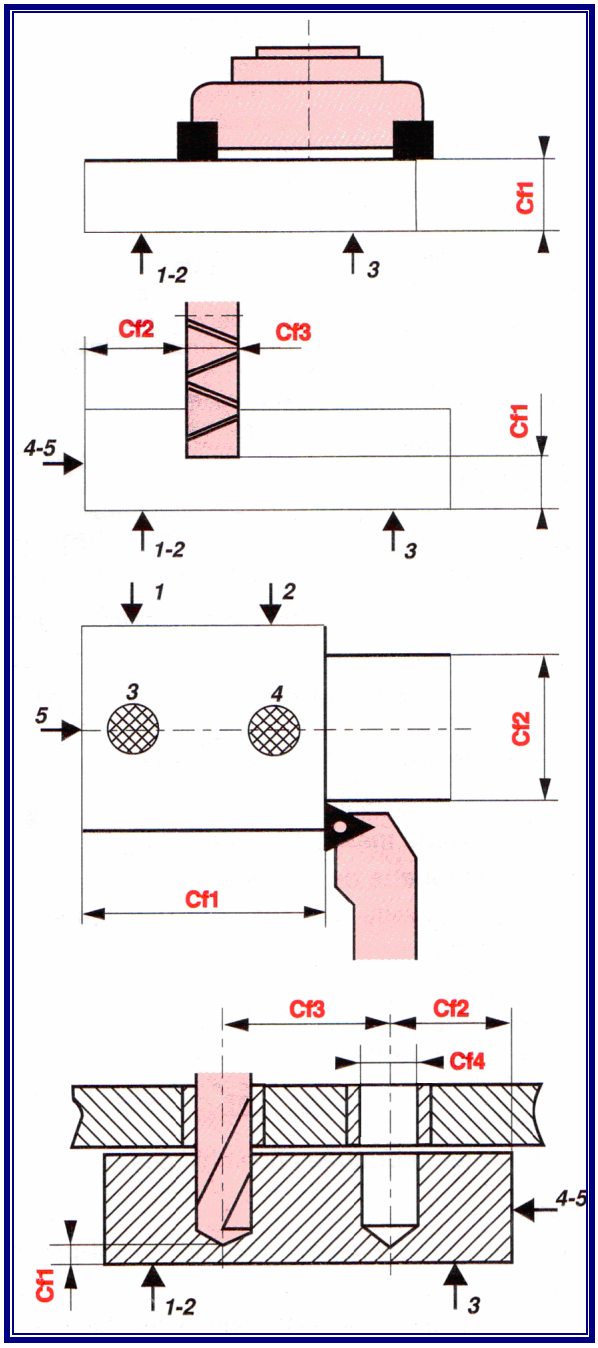


Figure 5. Exemples de cotes fabriquées

Cote fabriquée directe

Lorsque la cote fabriquée s'établit entre les mêmes surfaces que la cote du dessin de définition, on dit que cette dernière est obtenue par une cote directe.

Cote fabriquée indirecte

Lorsque la cote fabriquée est obtenue à partir d'une cote de dessin de définition liant deux surfaces réalisées dans des phases différentes, il s'agit d'une cote indirecte.

Exemple *(fig. 6)*

- ***Cf1, Cf2, Cf3, Cf4*** et ***Cf6*** correspondent à une cote du dessin de définition, respectivement à ***A, B, D*** et ***F*** ; ce sont des cotes fabriquées directes.
- ***Cf5*** et ***Cf7*** ne correspondent pas à une cote du dessin de définition : ce sont des cotes fabriquées indirectes.

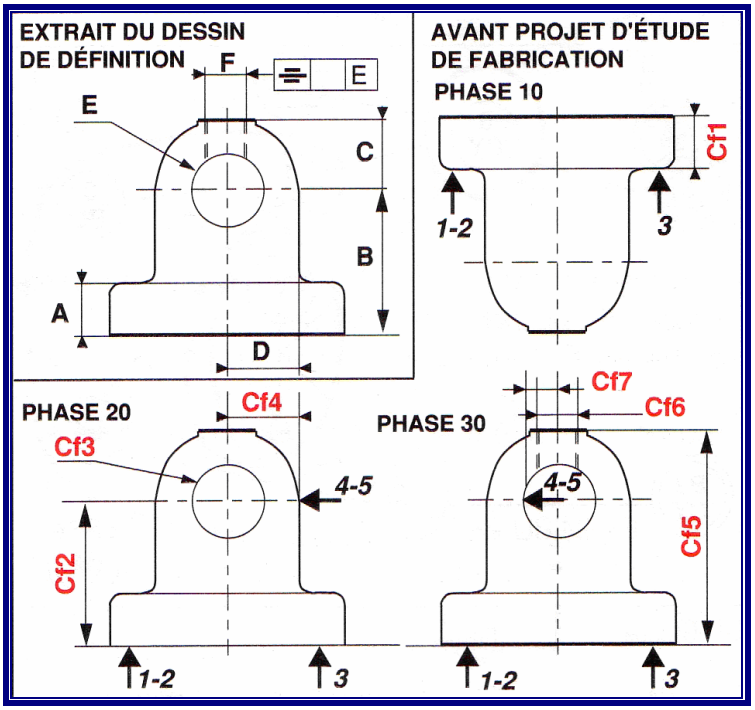


Figure 6. Cotes fabriquées, directes et indirectes.

3. Contrat de phase prévisionnel *(fig.7 page suivante)*

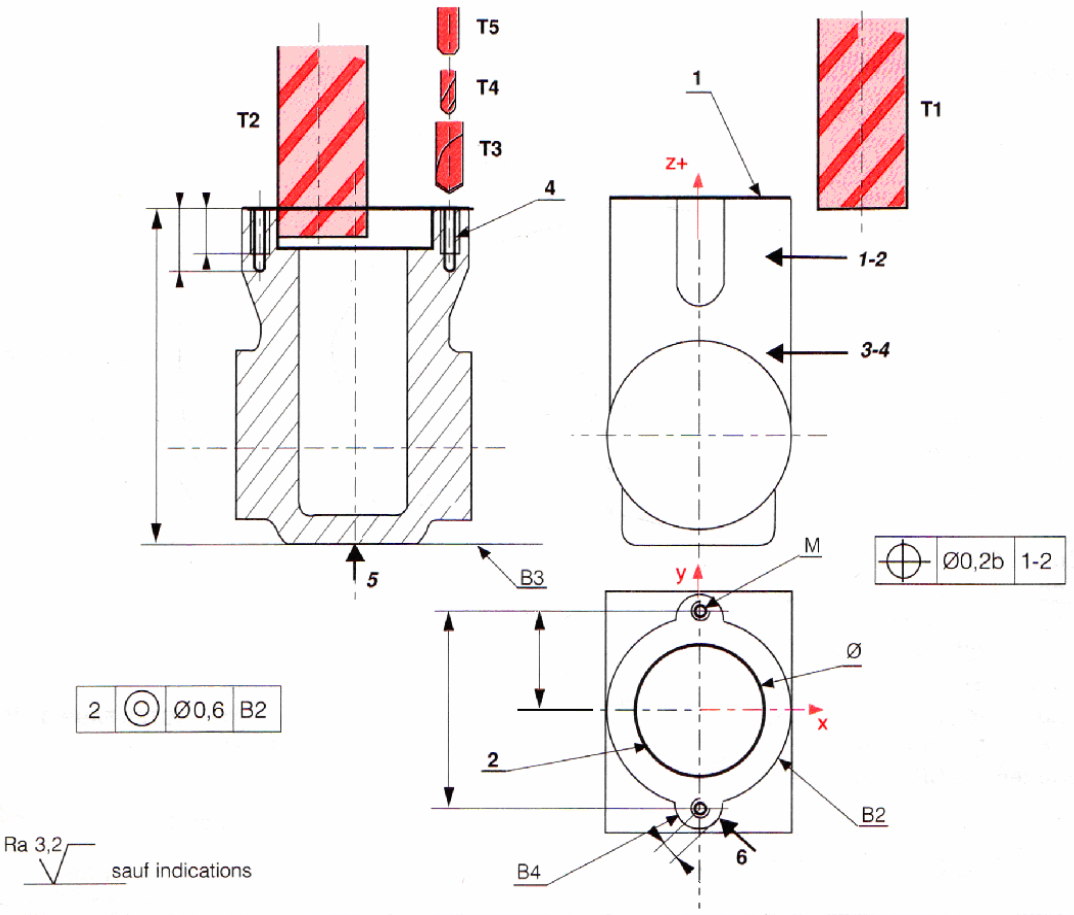
Le contrat de phase prévisionnel, élaboré par le bureau des méthodes, sert à vérifier le **processus opérationnel** de la phase considérée.

Ce document est **évolutif** jusqu'à la **stabilisation du poste de travail**.

CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL PHASE N° 10	Ensemble : **APPAREIL A SCULPTER**	Date : **10/11/92**	**DMT**
	Pièce : **CORPS** **APSØ5**	**BUREAU DES MÉTHODES**	
	Matière : **AS13G**		
NOM :	Programme : **50 par mois pendant 3 ans**		

Désignation : FRAISAGE – CONTOURNAGE – PERCAGE – TARAUDAGE

Machine Outil : CENTRE D'USINAGE VERTICAL REALMECA



DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/min	fz mm/dt	f mm/tr	Vf mm/min
a. FRAISER **1** FINITION et CONTOURNER **2** et **3** EBAUCHE	**T1** : FRAISE 2T coupe alu. Ø 20 z = 3	60	950	0,2		570
b. CONTOURNER **2** et **3** FINITION	**T2** : FRAISE 2T coupe alu. Ø 20 z = 3	70	1110	0,1		330
c. CENTRER et CHANFREINER 2 TROUS **4** Ø 3.3	**T3** : FORET CENTREUR Ø 8	40	2310		0,003	70
d. PERCER 2 TROUS **4** Ø 3.3	**T4** : FORET coupe alu. Ø 3.3	40	3850		0,03	115
e. TARAUDER 2 TROUS **4** M4	**T5** : TARAUD MACHINE coupe alu. M4 APPAREIL A TARAUDER	10	790		0,7	553

Figure 7. Contrat de phase prévisionnel

Informations contenues dans le contrat de phase :

- **Informations générales :**
  - numéro de la phase : il correspond à celui de l'avant-projet d'étude de fabrication,
  - désignation de la phase (tournage, fraisage, ...),
  - machine utilisée,
  - renseignements relatifs à la pièce (nom, matière, état du brut, nombre de pièces à fabriquer et cadence, ...).
- **Informations à indiquer sur la silhouette de la pièce :**
  - surfaces usinées en trait fort,
  - mise en position géométrique de la pièce (première partie de la norme NF E 04013) appelée aussi référentiel pièce,
  - **repérage des surfaces à usiner** et des surfaces qui servent à la mise en position,
  - **référentiel de programmation : 0, X, Z** pour les pièces de tournage et **0, X, Y, Z** pour les pièces usinées dans les **trois dimensions**,
  - **spécifications fabriquées chiffrées** (cotes fabriquées, tolérance de forme et de situation, état de surface),
  - outils et leur cycle.
- **Informations relatives aux opérations :**
  - désignation des opérations et pour chacune d'elles,
  - les **paramètres de coupe**,
  - les **caractéristiques des outils**,
  - les **porte-outils**,
  - les **instruments de contrôle**.

4. Fiche de réglage

C'est un document utilisé au poste de travail pour permettre la **mise en place correcte des outils et appareillages** *(fig. 8)*.

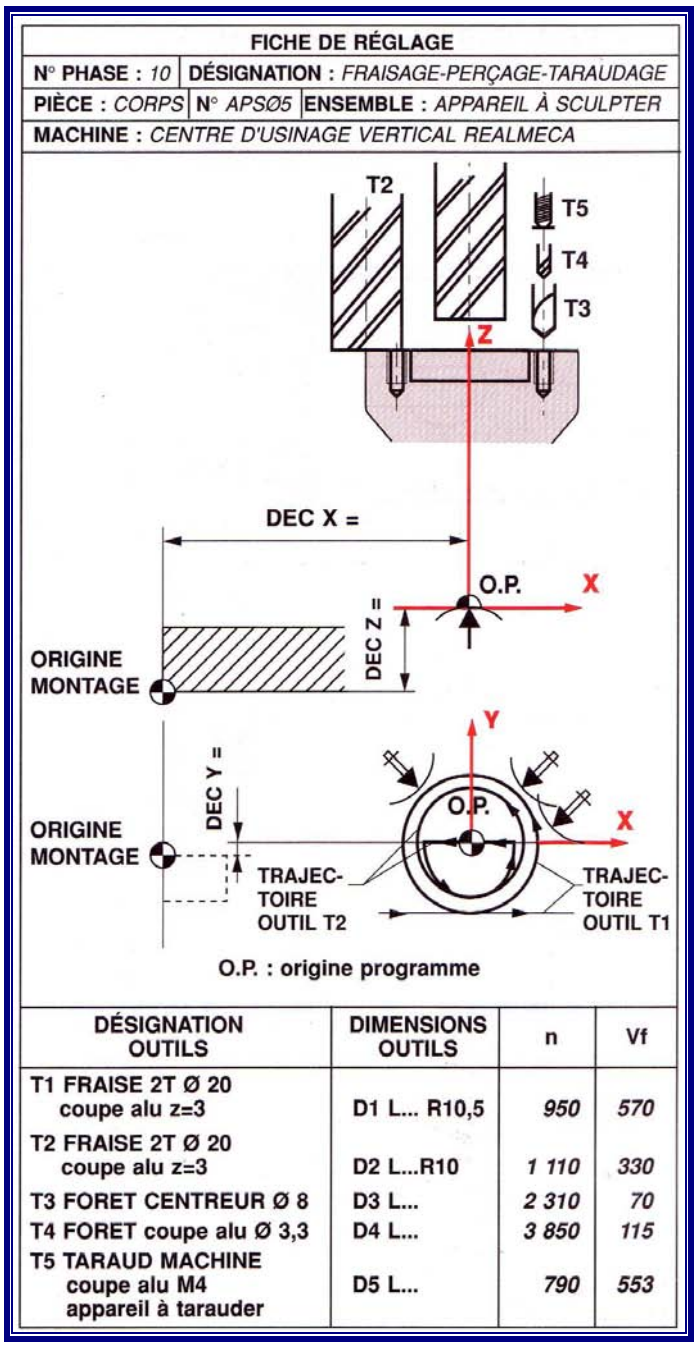
Sur ce document apparaissent :

- le **numéro de la phase**,
- la **désignation de la phase**,
- sur le schéma :
  - la mise en **position technologique** sans silhouette de la pièce,
  - les outils,
  - les **cycles** des outils,
  - la **position** des différentes **butées**,
  - toutes les **cotes de réglage** avec les moyens à mettre en oeuvre.

- Pour chaque opération, les **outils** et les **conditions de coupe** à afficher sur la machine.

Dans le cas de la mise en oeuvre d'une machine à commande numérique les cotes de réglage sont :

- les **décalages**,
- les **jauges-outils** lorsqu'elles ne sont pas téléchargées à partir du banc de préréglage.



DÉSIGNATION OUTILS	DIMENSIONS OUTILS	n	Vf
T1 FRAISE 2T Ø 20 coupe alu z=3	D1 L... R10,5	950	570
T2 FRAISE 2T Ø 20 coupe alu z=3	D2 L...R10	1 110	330
T3 FORET CENTREUR Ø 8	D3 L...	2 310	70
T4 FORET coupe alu Ø 3,3	D4 L...	3 850	115
T5 TARAUD MACHINE coupe alu M4 appareil à tarauder	D5 L...	790	553

Figure 8. Fiche de réglage pour la phase 10 de l'appareil à sculpter

5. Fiche d'instructions détaillées (page suivante)

Elle contient tous les éléments concernant l'étude des tâches et les temps élémentaires. Elle est relative à la phase 10 du guide de la fraiseuse portative.

- **Usinage**

Finition des deux plans 1 et 2.

- **Machine**

Fraiseuse verticale à cycle pendulaire.

- **Dessin de phase**
  - Il met en évidence la mise en position de la pièce représentée avec les éléments de symbolisation technologique, à savoir :
  - Appui plan intégral fixe sur surface brute (défaut de planéité inférieur à 0,2 mm).
  - Orientation par deux touches bombées fixes sur surface brute.
  - Butée fixe par une touche bombée sur surface brute.
  - Maintien en orientation et en butée par système réversible (poussoir à ressort).
  - Immobilisation par serrage opposé à l'appui.

- **Cycle de travail**

Il permet de visualiser les mouvements d'avances de l'outil et de la machine.

- **Temps série**

Ils sont liés :

  - aux opérations de prise en charge du poste de travail,
  - à la préparation de la machine (installation des outillages, affichage des paramètres de coupe,
  - à l'usinage de la pré-série,
  - aux déséquipements de la machine.

- **Temps d'exécution**

Ils comprennent :

  - les temps relatifs aux opérations élémentaires de manipulation,
  - les temps se rapportant à la transformation de la pièce,
  - les temps nécessaires pour les opérations de contrôle.

- **Simogramme**

Il montre le déroulement du cycle et fait apparaître pour chaque opération son repère et un élément graphique proportionnellement au temps.

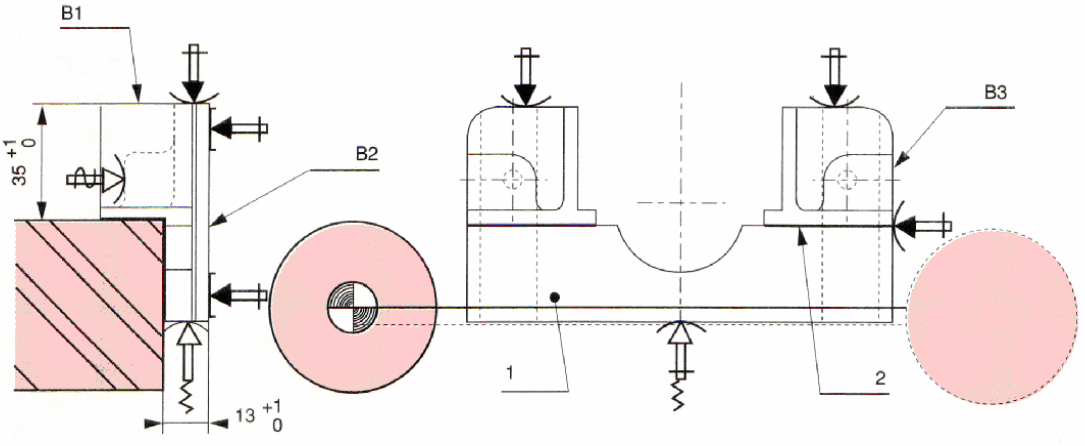
6. Dessin d'outillage

Dessin d'ensemble, précis, définissant un porte-pièce, un outil, un porte-outil, un matériel de contrôle.

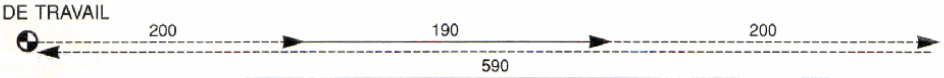
FICHE D'INSTRUCTION DÉTAILLÉES

PHASE *10*	MACHINE : *Fraiseuse à cycle pendulaire*	DÉSIGNATION PIÈCE : *Guide Fraiseuse portative*	MATIÈRE : *AS7G*	PROGRAMME DE PRODUCTION *100/mois pendant 3 ans*

CROQUIS DE PHASE



CYCLE DE TRAVAIL

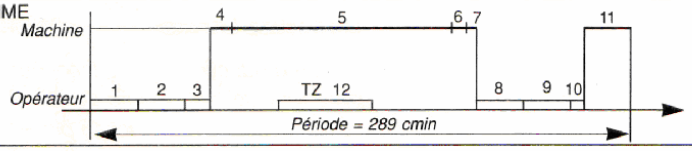


TEMPS SÉRIE (PRÉPARATION)

REP	DÉSIGNATION OPÉRATIONS	Ts en Cmin
a	INSTALLER LE PORTE-PIÈCE	1 000
b	MONTER LA FRAISE	500
c	AFFICHER LES PARAMÉTRES DE COUPE	500
d	RÉGLER LA POSITION FRAISE/PORTE-PIÈCE	1 000
e	USINER LA PRÉ-SÉRIE	1 500
f	ORGANISER POSTE DE TRAVAIL	500
g	DÉSÉQUIPER ET NETTOYER POSTE	1 000
	TEMPS SÉRIE	6 000

OPÉRATION	DÉSIGNATION DES OPÉRATIONS	OUTILLAGES	CONTRÔLE	ÉLÉMENTS DE COUPE Vc m/min	f mm/dt	n tr/min	ÉLÉMENTS DE PASSE p	ap mm	Vf mm/min	L mm	TEMPS en Cmin Tt	Ttm	Tm	Tz
1	Prendre pièce et positionner dans montage	Montage d'usinage FRP02M10											25	
2	Serrer pièce												30	
3	Embrayer cycle												5	
4	Déplacement rapide sur 200 mm								3000	200	7			
5	FRAISER FINITION DE 1 et 2	Fraise 2T coupe alu Ø50 z = 3 dents		40	0,2	250		1	150	190	127			
6	Déplacement rapide sur 200 mm								3000	200	7			
7	Arrêt déplacement et rotation broche										3			
8	Démonter pièce												30	
9	Déposer pièce et nettoyer montage												30	
10	Embrayer cycle												5	
11	Déplacement rapide sur 590 mm		Montage de contrôle						3000	590	20			
12	Contrôler les deux cotes (f = 1/6)													60
								TOTAUX			164		125	60

SIMOGRAMME



Ts = 6 000 cmin

Temps pour 100 pièces

T = Ts + Σ Tu x 100

T = 6 000 + 289 x 100

T = 349 mm

T = 5 h 49 min.

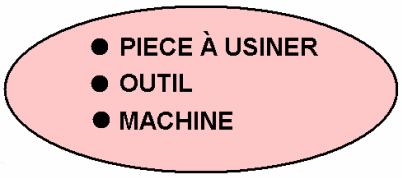
Figure 9. Fiche d'instructions détaillées

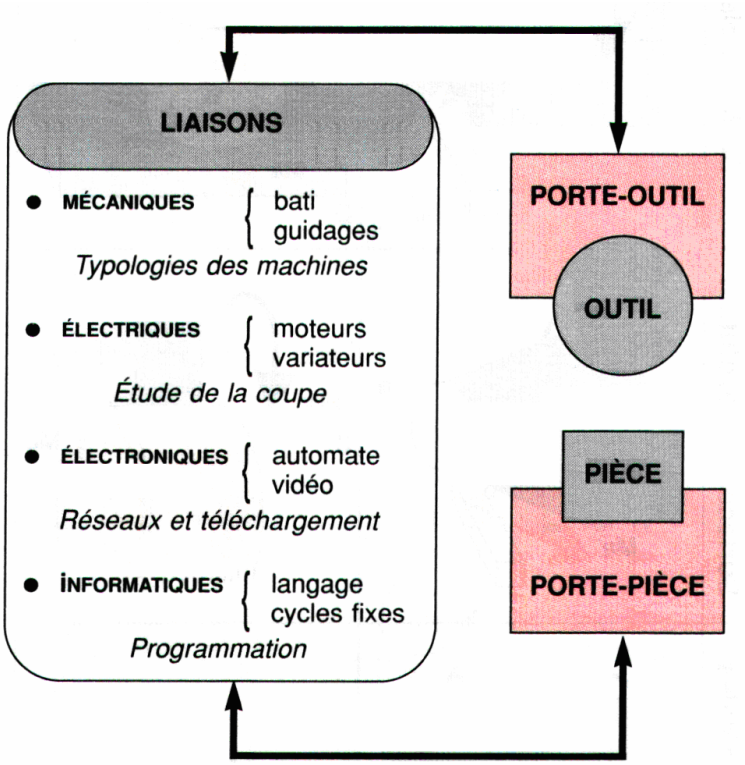
Chapitre 3

Procédés d'usinage

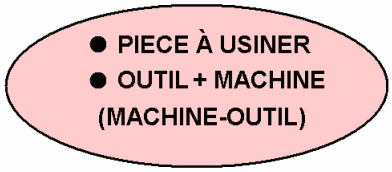
1. Relation pièce/machine-outil

Tout usinage met en relation l'ensemble :





Chaque type de machine ayant ses propres outillages et outils, on peut ramener cet ensemble à **deux éléments :**



Suivant les **chaînes relationnelles « pièce/machine-outil »** et le **repère d'axes** dans lequel s'inscrivent les différents déplacements, les principes d'usinage mis en oeuvre varient et définissent ainsi différentes **typologies d'usinages**.

2. Typologies des procédés d'usinage

Un procédé d'usinage peut être défini par :

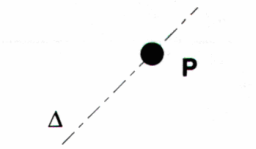
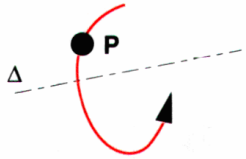
- **le mode de génération** de surfaces utilisé
- **la cinématique** des mouvements mise en jeu.

Mode de génération

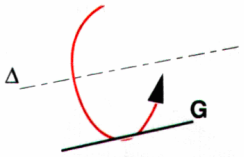
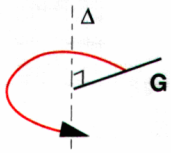
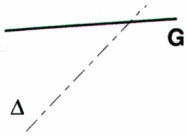
La génération est l'ensemble des **combinaisons des données géométriques** permettant l'obtention de surfaces usinées.

Généralement, lors d'usinages traditionnels, on retient les combinaisons suivantes :

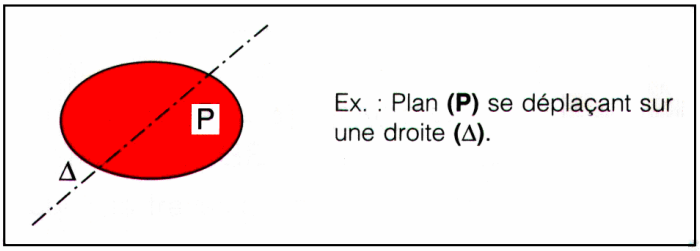
- **Droite ⇔ point**

	Ex. : Point **(P)** se déplaçant sur une droite **(Δ)**.
	Ex. : Point **(P)** tournant autour d'une droite **(Δ)**.

- **Droite ⇔ droite**

	Ex. : Droite **(G)** tournant autour d'une droite **(Δ)** et parallèlement ou non à elle.
	Ex. : Droite **(G)** tournant autour d'une droite **(Δ)** et **perpendiculairement** à elle.
	Ex. : Droite **(G)** se déplaçant sur une droite **(Δ)**.

- **Droite ⇔ plan**



Ces données géométriques sont matérialisées sur les machines-outils par deux éléments

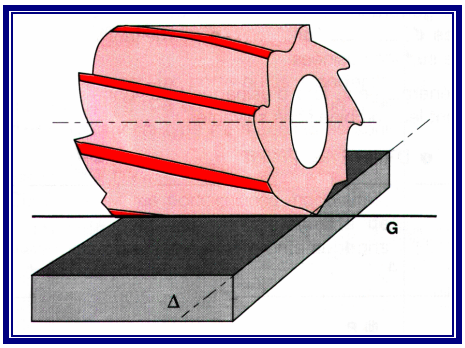
- les **guidages**
- **l'outil** lui-même.

Selon les éléments retenus pour les matérialiser, on détermine **deux modes de génération des surfaces.**

- **Travail de forme**

L'un des éléments est matérialisé par l'outil ou par une partie de l'outil.

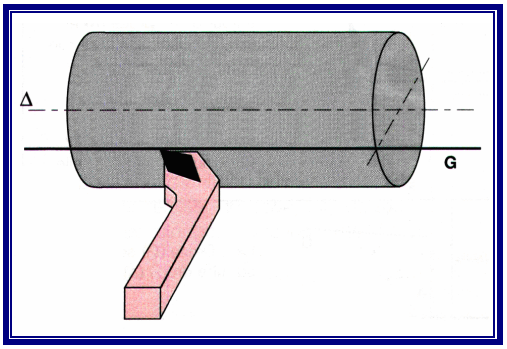
Exemple : *génération d'un plan par déplacement d'une droite sur une autre droite.*



- **Travail d'enveloppe**

L'un des éléments est généré par la trajectoire d'un point de l'outil.

Exemple : *génération d'un cylindre par la rotation d'une droite (engendrée par la translation d'un point de l'outil) autour d'un axe fixe.*



Cinématique

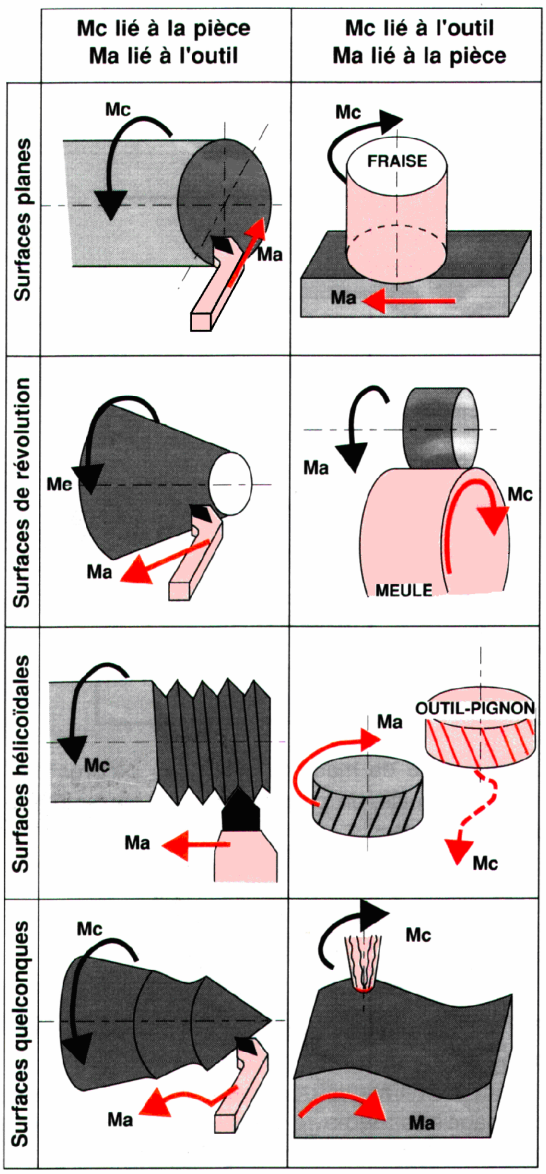
La génération de surfaces implique une liaison entre les mouvements afin de **coordonner les vitesses et les trajectoires.**

Une **chaîne cinématique** doit donc exister pour chaque procédé d'usinage, ce qui permet de réguler les mouvements les uns par rapport aux autres.

On définit ainsi une liaison entre deux mouvements :

- **le mouvement de coupe Mc**
- **le mouvement d'avance Ma.**

Les exemples ci-dessous montrent les applications industrielles en fonction des mouvements possibles des outils et des pièces.



Il est possible d'associer d'autres mouvements et de définir d'autres principes d'usinage comme le perçage par exemple ou les deux mouvements Mc et Ma sont liés à l'outil.

Certaines machines-outils ont une chaîne cinématique plus complexe qui leur permet d'assurer plusieurs Mc et plusieurs Ma comme les rectifieuses planétaires par exemple.

Pour permettre un même repérage de ces trajectoires, chez tous les constructeurs, tous les mouvements sont repérés dans un **référentiel d'axes**.

Chapitre 4

Les différents types de machines

L'atelier d'usinage du premier cycle est composé de 3 pôles identiques. Chaque pôle dispose du même type de machine :

- Un tour conventionnel
- Une fraiseuse conventionnelle
- Un tour à commande numérique
- Une fraiseuse à commande numérique

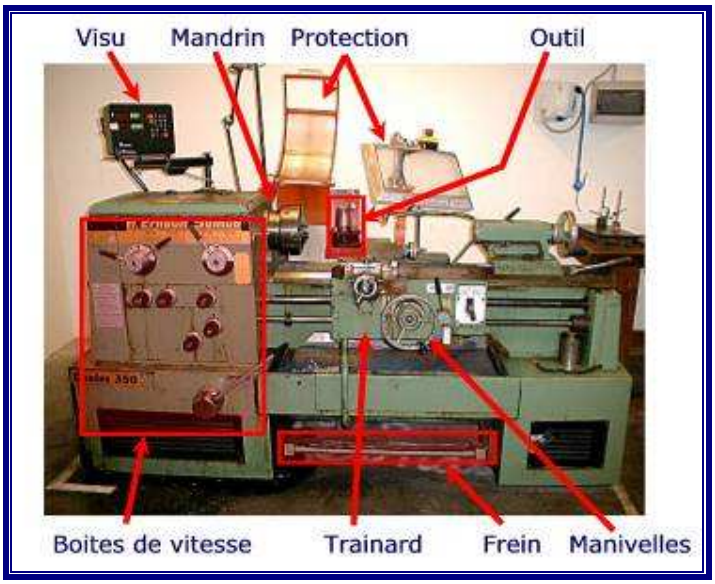
Pendant les travaux pratiques, les étudiants sont regroupés en binôme pour utiliser les machines.

Vous allez utiliser 2 types de machines et 2 types de commande.

1. Types de machines

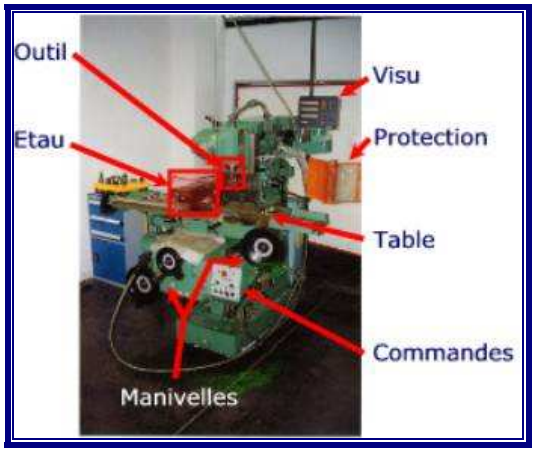
- **Le tour**

Cette machine sert principalement à usiner des pièces de révolution. La pièce est fixée dans le mandrin. Celui-ci est mis en rotation par le moteur de broche. L'outil suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.



- **La fraiseuse**

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.

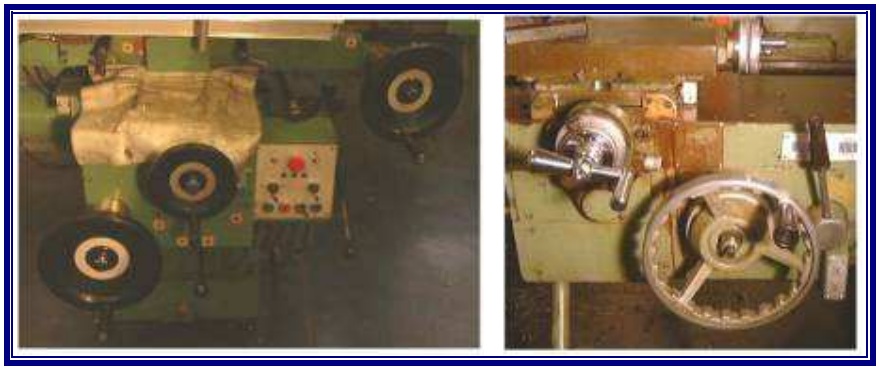


2. Type de commande

- **Manuelle ou conventionnelle**

Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est réalisé par un opérateur. Pour cela, il utilise les manivelles permettant de générer les mouvements suivant les axes. Les mouvements ne sont possibles que sur un seul axe à la fois.

Manivelles



Des moteurs permettent aussi de choisir des vitesses d'avance suivant les axes de déplacements. Le choix de ces vitesses s'effectue par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse mécanique.

Boite de vitesse

- **Commande numérique**

Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est décrit par l'opérateur à l'aide d'un programme. On utilise pour cela les coordonnées des différents points de passage de l'outil par rapport à la pièce. Les mouvements sont possibles sur plusieurs axes simultanément.

Les mouvements sur les axes sont générés par des moteurs qui permettent aussi de choisir des vitesses d'avance. Le choix de ces vitesses s'effectue par un variateur. On dispose donc d'un large choix de vitesses.

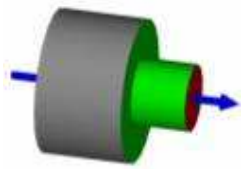
CN

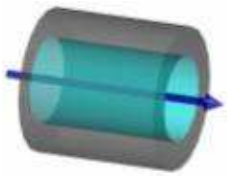
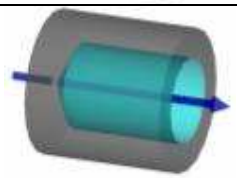
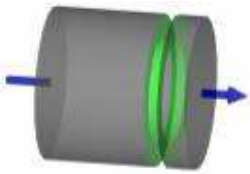
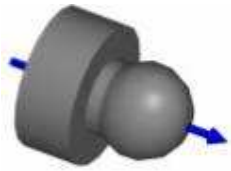
3. Les formes simples usinables

Le déplacement de l'outil suivant les axes définis précédemment permet de générer des formes usinées.

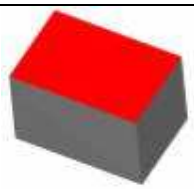
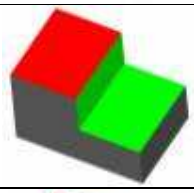
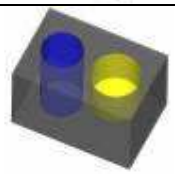
Voici une liste des principales formes que vous allez rencontrer pendant les TP. On trouve aussi le vocabulaire technique qui est associé à ces usinages.

- **Tournage**

Dessin	Opération
	**Dressage** C'est la réalisation d'un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce. (surface rouge).
	Chariotage C'est la réalisation d'un cylindre ayant le même axe que celui de la pièce. (surface grise).
	Plan épaulé C'est l'association d'un dressage et d'un chariotage. (surface verte).

	**Perçage** C'est un trou dans la pièce. Il peut être débouchant ou borgne. Attention en tournage, l'axe du trou est confondu avec l'axe de la pièce.
	
	**Les gorges** C'est l'association de 2 plans parallèles avec un cylindre (surface verte).
	**Quelconque** C'est l'association de plusieurs surfaces élémentaires : sphère, cylindre, plan, cône …

- **Fraisage**

Dessin	Opération
	**Surfaçage** Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. (surface rouge).
	**Plans épaulés** C'est l'association de 2 plans perpendiculaires (surfaces vertes).
	Rainure C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. (surfaces vertes).
	**Perçage** Ce sont des trous. Ils sont débouchants (surface bleu) ou borgnes (surface jaune).

Chapitre 5

Choix des outils de coupe

1. Les différents types d'outils

Les outils permettent d'enlever le copeau. La géométrie de l'outil influe directement sur les formes usinables sur la pièce. Ceci vous sera présenté plus loin. Tout d'abord, on va s'attarder sur les outils eux-mêmes.

1.1 Les matériaux à outil

- **ARS**

ARS = acier rapide supérieur

Les outils en ARS sont constitués le plus souvent d'un barreau monobloc en acier rapide supérieur, l'arête de coupe est affûtée. Si l'outil est usé, il suffit de réaffûter l'arête de coupe.

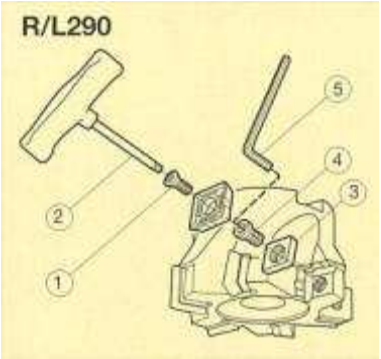
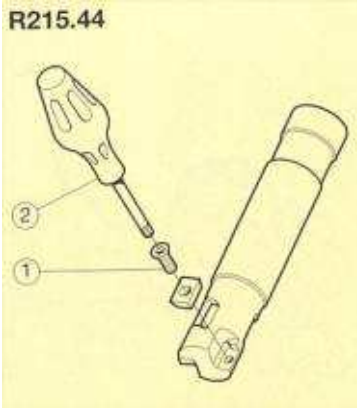
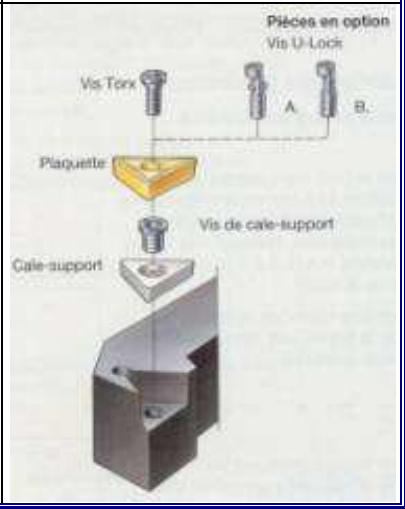
Dans l'atelier, les outils suivant sont en ARS : les forets et les fraises 2 tailles …

Foret ARS	Fraise 2 tailles ARS	Fraise 3 tailles ARS

- **Carbure**

Pour améliorer les performances des outils, l'arête de coupe est placée sur une plaquette amovible en carbure. Ce matériau est très résistant par rapport à ARS. La plaquette carbure est obtenue en compressant différentes poudres de carbure. Dès que l'arête de coupe est usée, il suffit de changer la plaquette.

Dans l'atelier, les outils suivant sont à plaquettes carbures : fraise à surfacer Ø 63, fraise 2 tailles Ø 16, outil de tournage d'ébauche et de finition.

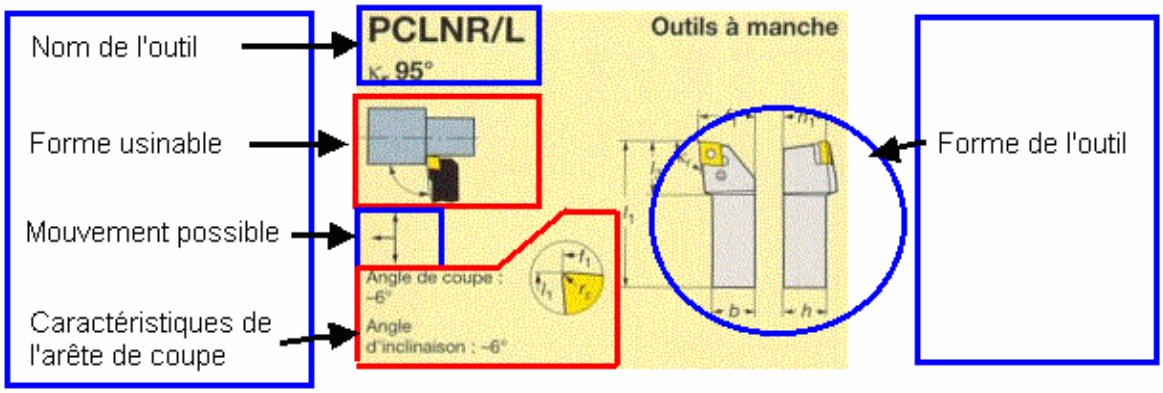
Fraise à surfacer (Carbure)	Fraise 2 tailles (Carbure)	Outil d'ébauche (Carbure)
		

1.2 Outil de perçage

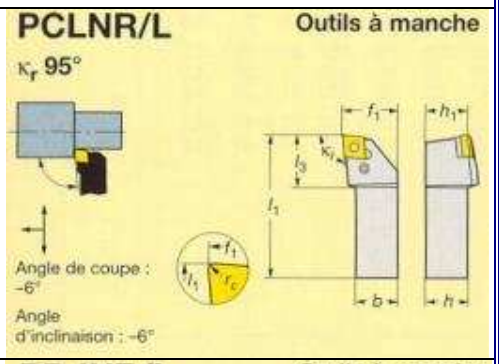
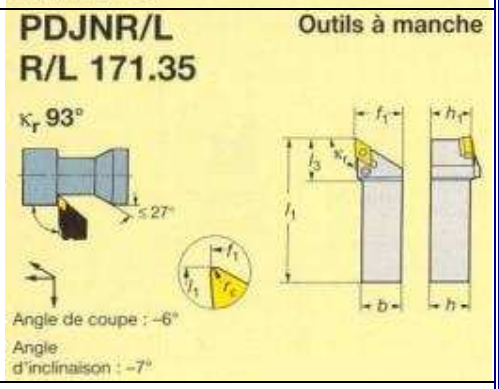
Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.

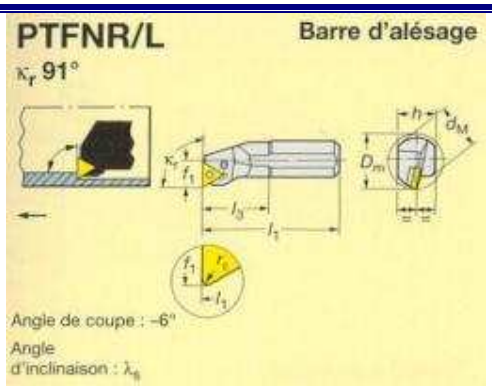
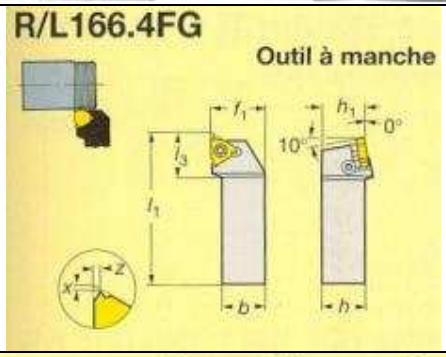
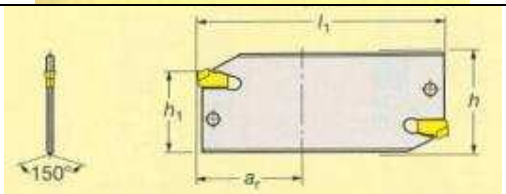
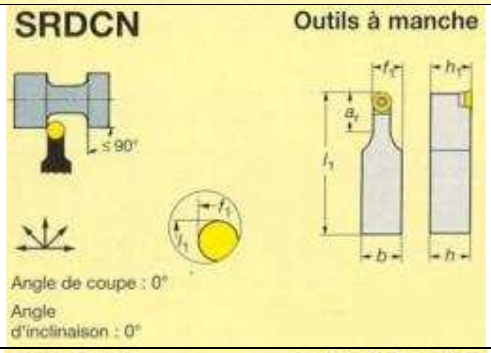
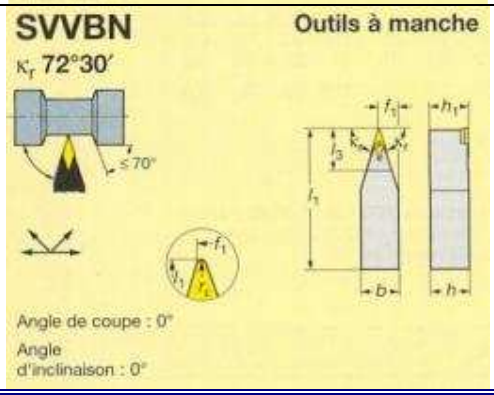
Foret à centrer	Foret à pointer	Foret	Alésoir	Fraise à lamer
A utiliser pour situer l'axe d'une pièce en tournage	A utiliser pour positionner un perçage	Pour percer des trous (tolérance H10)	Pour la finition d'un trou de bonne qualité (tolérance H7)	Pour noyer une tête de vis Chc

1.3 Outil de tournage

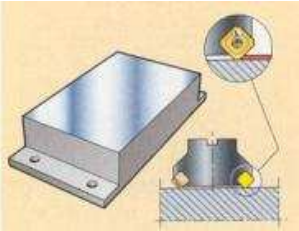
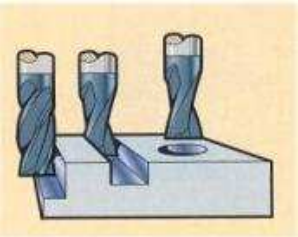


Voici un tableau récapitulatif des outils que l'on retrouve à l'atelier. Vous trouverez la forme générale de l'outil, un schéma définissant succinctement les formes réalisables par l'outil et des flèches correspondant aux mouvements d'usinage possibles.

Types d'opération	Outils associés
Ebauche L'ébauche permet d'enlever un maximum de matière en un minimum de temps. Cet outil devra résister à d'importants efforts de coupe. Il est donc massif.	
Finition La finition est le dernier usinage d'une surface. On cherche le plus souvent une bonne qualité de surface : dimensions, forme et rugosité dans les tolérances de la fabrication. Les efforts sont plus faibles que pour une ébauche, l'outil est donc plus mince.	
Perçage Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.	

Alésage Cette opération définit l'obtention d'un trou de qualité dans une pièce. On y associe des outils de perçage bien précis : les alésoirs ou les outils à aléser et dresser.	
Filetage / taraudage ou gorge intérieure / extérieure On utilise un porte outil commun pour réaliser des filetages (taraudages), seule la plaquette carbure change en fonction du pas de filetage à obtenir.	
Tronçonnage Cet outil permet de couper une pièce en 2 parties. On utilise une lame à tronçonner.	
Finition Cet outil permet de réaliser des formes complexes tels que les sphères ou des rainures.	
Finition Cet outil permet de réaliser des formes complexes tels que les sphères ou des rainures.	

1.4 Outil de fraisage

Types d'opération	Outils associés
Surfaçage Le surfaçage est l'opération qui consiste à obtenir un plan en fraisage. La fraise à surfacer permet donc de générer un plan qui sera perpendiculaire à l'axe de rotation de la fraise.	
Plan épaulé Les plans épaulés sont l'association de deux plans usinés (parfois par le même outil) qui sont perpendiculaires entre eux.	
Perçage Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.	
Alésage Cette opération définit l'obtention d'un trou de qualité dans une pièce. On y associe des outils permettant de terminer un perçage : les alésoirs.	

1.5 Outil manuel

- **Filetage**

On peut obtenir un filetage en utilisant des outils manuels. On utilise des filières au diamètre souhaité qui sont placées dans un porte-filière.

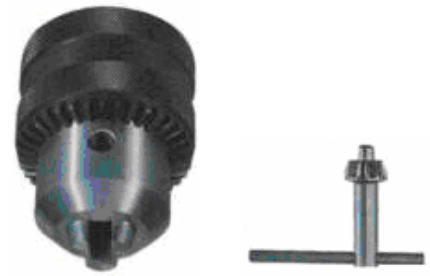
Taraudage

On peut obtenir un taraudage en utilisant des outils manuels. On utilise des tarauds au diamètre souhaité qui sont placés dans un tourne à gauche.

2. Les porte-outils

Il existe différent système pour placer les outils sur la machine, voici un petit récapitulatif.

Nom / utilisation	Photos
Tourelle porte outil **(Tournage CN)** Les outils de tournage sont placés sur la tourelle. La tourelle tourne afin de placer l'outil choisi en position d'usinage	
Porte outil de tournage conventionnel **(Tournage)** L'outil est placé dans un support amovible. Ce support se fixe sur la machine. Ne pas oublier de serrer les vis de fixation du support sur la machine avant un usinage.	
Poupée mobile **(tournage conventionnel)** Elle sert à mettre en place les forets et les alésoirs pour le perçage. L'axe défini par la poupée mobile est confondu avec l'axe de broche.	

Porte Fraise **(fraisage CN)** Les fraises et les forets sont placés dans leur porte-outil respectif dans le magasin à outils. A chaque appel de l'outil, celui-ci est mis en place automatique dans la broche.	
Porte pince **(tournage / fraisage)** Cela permet de monter une fraise ou un foret sur une machine. L'outil est placé dans la pince. La forme conique de la pince associée au serrage d'une bague permet le serrage de l'outil. ATTENTION, la pince est choisie en fonction du diamètre de l'outil à maintenir. On utilise la clé à ergot pour serrer la bague de maintien.	
Mandrin de perçage **(tournage / fraisage / perçage)** Cela permet de monter un foret sur une machine. On utilise la clé de mandrin pour serrer le foret. On retrouve ce système sur les perceuses portatives.	
Adaptateur de cône **(tournage / fraisage / perçage)** Certain outil comme les forets de diamètre supérieur à 13 mm ont des embases coniques. Ces cônes nécessitent parfois des adaptateurs suivant les machines. Il suffit d'enfoncer l'embase du foret dans l'adaptateur. Pour désolidariser le cône et le foret, on utilise un chasse-cône. Il suffit de l'enfoncer dans la lumière latérale et de frapper à l'aide d'un maillet. On utilise ces adaptateurs pour la poupée mobile, en tournage conventionnel	

Chapitre 6

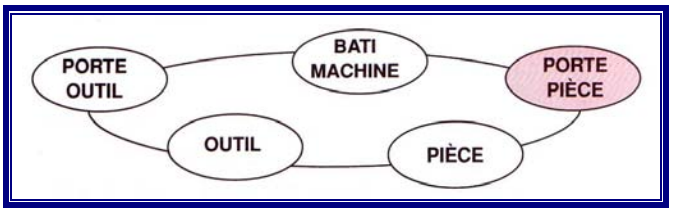
Types de porte-pièces

1. Généralités

Les **porte-pièces** permettent de maintenir la pièce sur la machine pendant les phases d'usinage. Il existe plusieurs types de porte pièce.

La compréhension de la mise en position de la pièce sur la machine (par l'intermédiaire du porte-pièce) est impérative. En effet, il est désagréable de voir voler le matériel à travers l'atelier. L'étude de la mise en position s'appelle : **isostatisme**.

Les montages porte-pièces assurent la liaison pièce – machine, pendant l'exécution d'une ou plusieurs opérations.



Le porte-pièce doit répondre à des exigences :

- **Techniques :**
  - **assurer** la matérialisation de la **mise en position** telle qu'elle est définie sur le **contrat de phase prévisionnel**,
  - **maintenir** la pièce dans cette position pendant **toute la durée de l'usinage**,
- **Économiques :**
  - obtenir **qualité** et **fiabilité**,
  - rendre les **interventions** de l'opérateur **plus sûres** et **plus aisées**,
  - **diminuer les temps de fabrication**.

2. Différents types de porte-pièces

En fonction de la morphologie des pièces et de l'importance de la série à fabriquer, il existe **trois types de porte-pièces** :

- **les porte-pièces standard :** il font partie de **l'équipement normal du poste** de travail (étaux, mandrin, diviseur, ...)
- les porte-pièces dédiés :
  - composés d'**éléments de conception spécifique** et de **constituants normalisés ou standard**.
  - composés d'**éléments modulaires**.

3. Porte-pièces standard

Ces dispositifs sont composés d'un élément ou de plusieurs éléments associés.

▪ Étaux

C'est un moyen usuel de prise de pièces. Lors du serrage l'action des **mors** doit conserver la mise en position de la pièce (fig. 1).

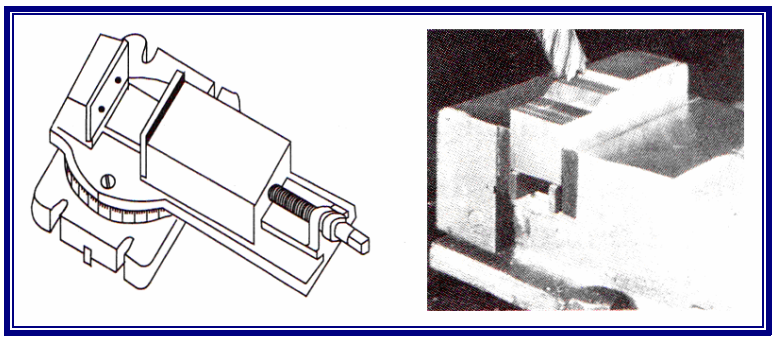


Figure 1. Étau de fraiseuse en situation

▪ Bridage direct sur table

Dans ce cas les éléments de référence sont le plan de la table et une des rainures.

Exemples : suivant fig. 2, 3, 4, 5.

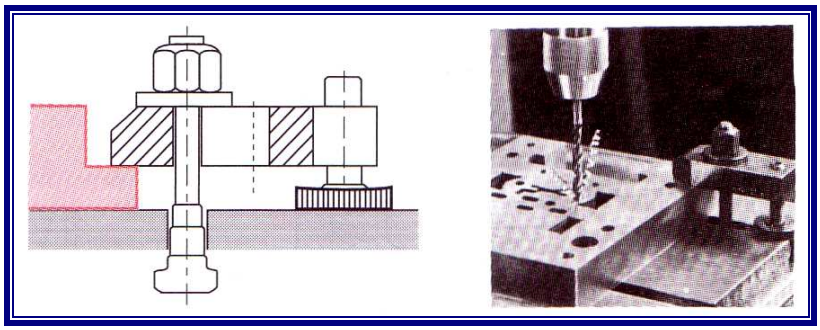


Figure 2. Bride droite

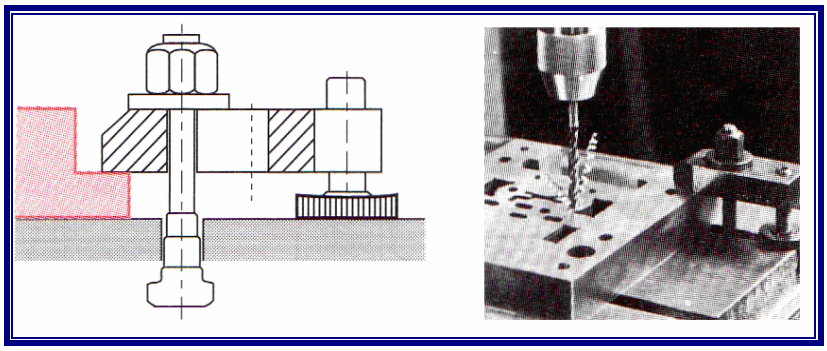


Figure 3. Bloc-bride action sur la pièce : 1200 à 1600 da N.

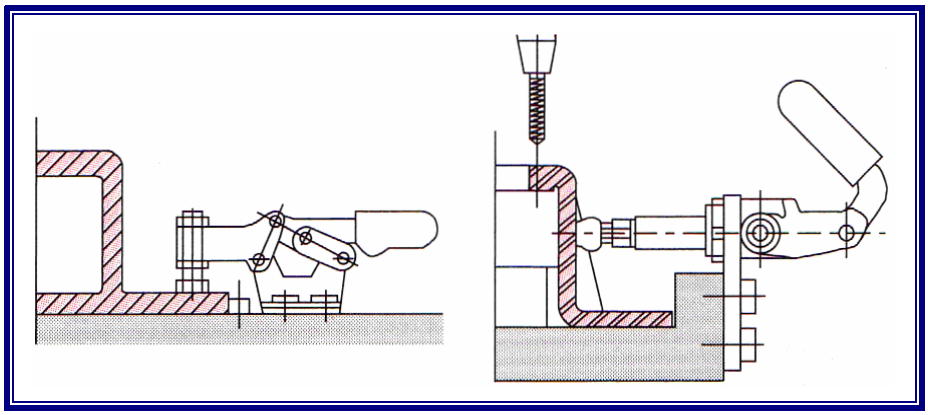


Figure 4. Sauterelles à levier horizontal et sauterelles à pousser

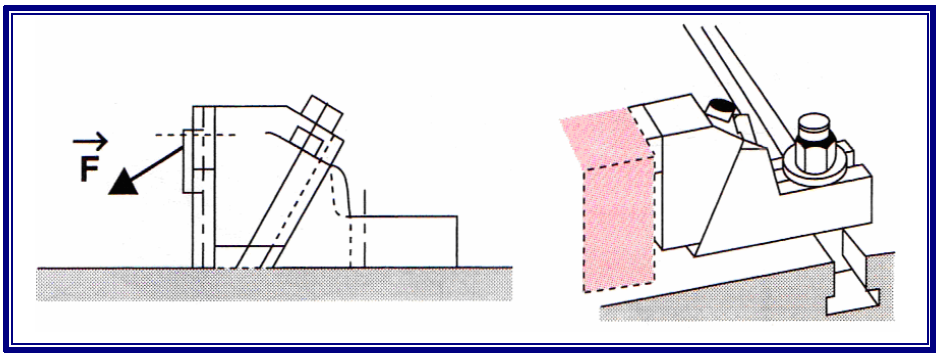


Figure 5. Crampons à serrage oblique

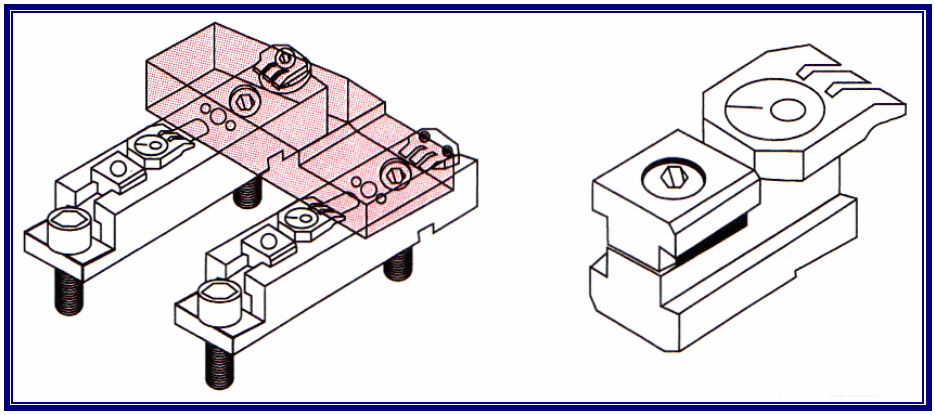
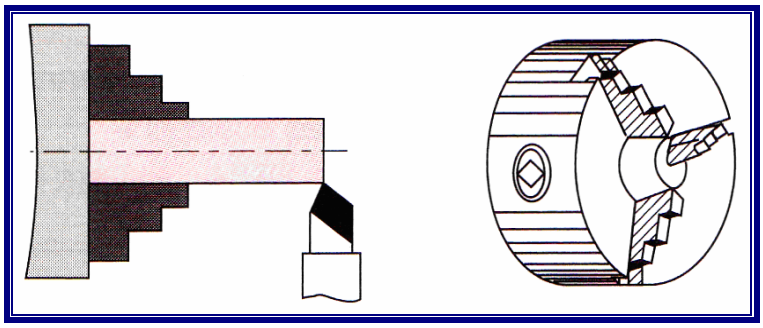


Figure 6. Dispositif d'auto-plaquage pour pièces de faible épaisseur

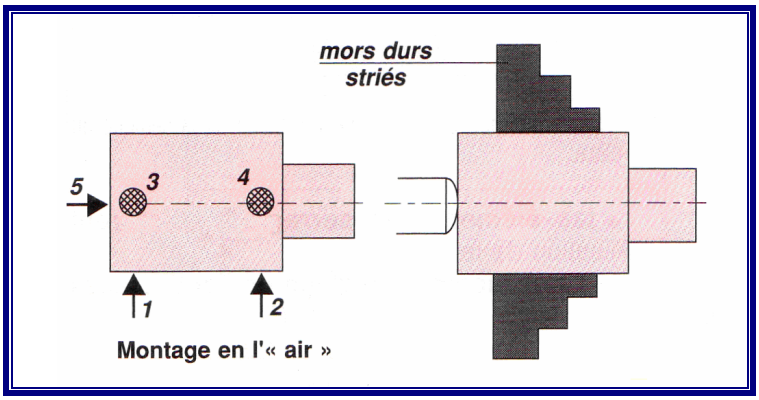
Mandrins pour tour

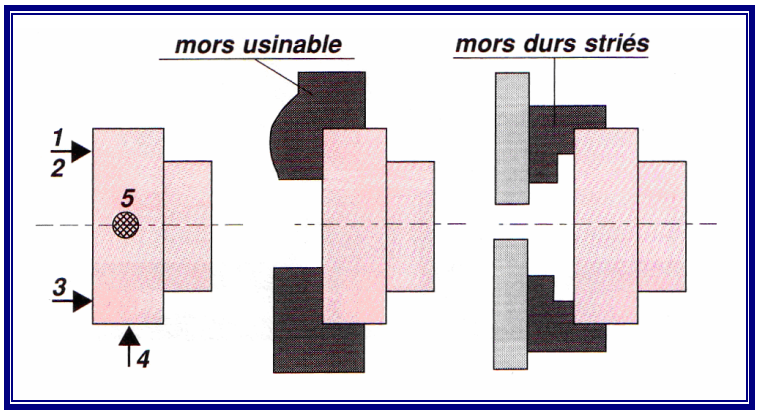
Ils sont destinés à recevoir des **pièces de forme généralement cylindrique**. Ils assurent la mise en position et le serrage de la pièce.

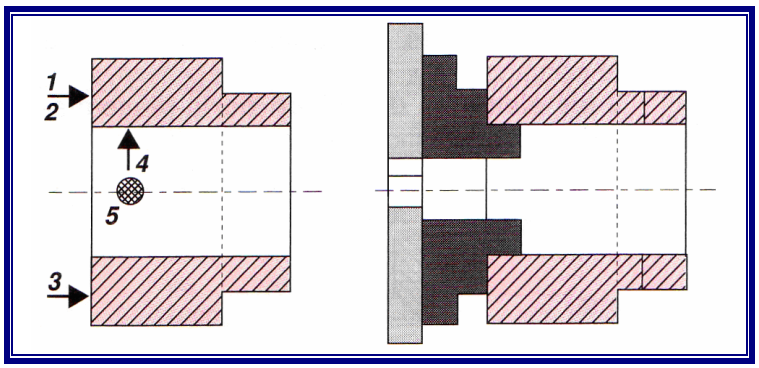
Les **mors** sont **« durs »** ou **usinables** dits **« doux »** (voir page suivante).



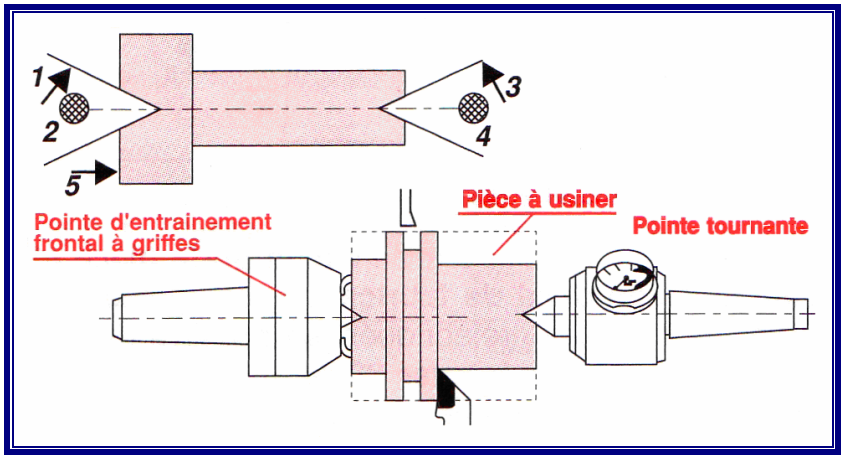
Mise en position → Matérialisation possible



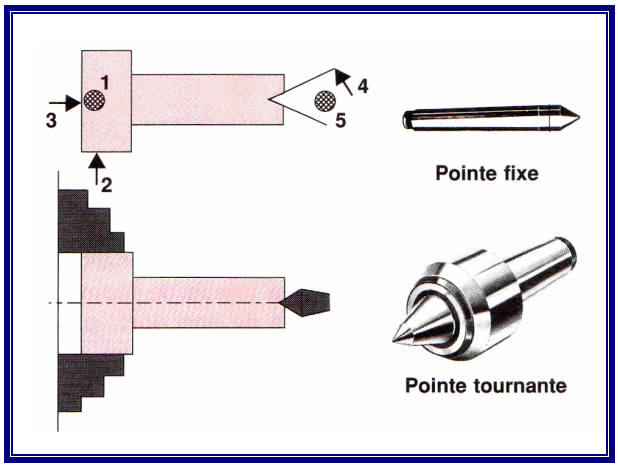




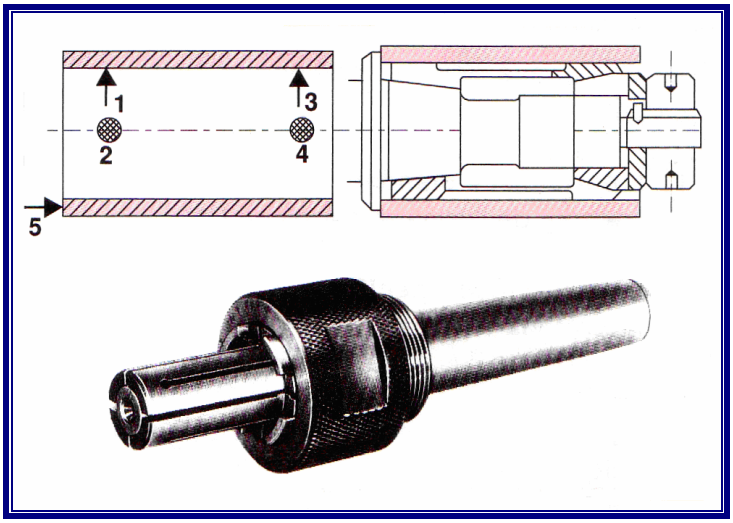
- **Montage entre pointes**



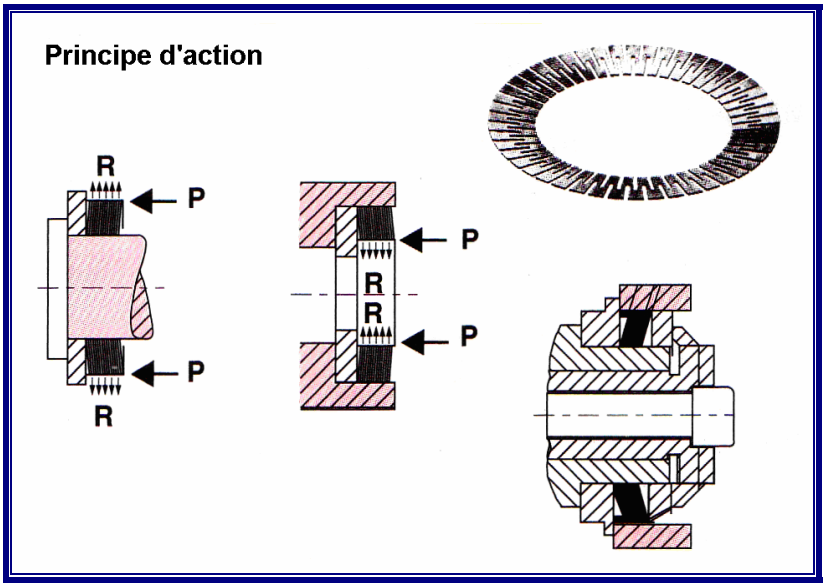
- **Montage mixte**



- **Mandrin expansible à douilles fendues**



- **Mandrin de reprise avec rondelles**



- **Défauts de coaxialité**

Exemples :

TYPE DE REPRISE	DÉFAUT DE COAXIALITÉ
Mors durs	**0,2 à 0,3 mm**
Mors doux	**0,02 à 0,06 mm**
Mandrin expansible	**0,01 à 0,03 mm**
Rondelles déformables	**0,01 à 0,02 mm**

4. Porte-pièces dédiés spécifiques à chaque phase

- **Conception**

Les porte-pièces spécifiques sont généralement constitués d'un **corps** sur lequel sont rapportés :

- les éléments de mise en position qui sont en contact avec la pièce, ils sont dits « pièces d'usure » de dureté suffisante (fig. 7),
- les éléments de serrage qui assurent l'immobilisation de la pièce,
- les éléments de réglage de l'outil placés en retrait de la trajectoire de l'outil (fig. 8),
- les éléments de guidage des outils (guide de perçage),
- les éléments de liaison porte-pièce/machine (lardons d'orientation, centreur, ...) (fig. 9).

Pour diminuer le prix de revient d'un porte-pièce et diminuer son délai de fabrication, on utilise des éléments standard préfabriqués. Le nombre de ces éléments peut représenter 80 % du nombre total de pièces composant le porte-pièce.

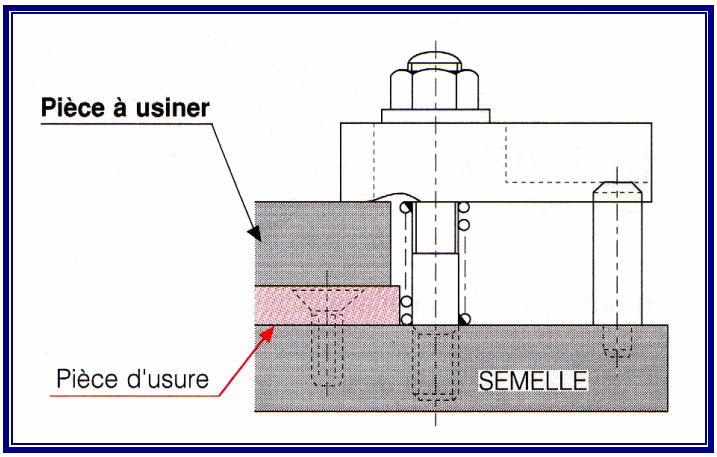


Figure 7. Pièce d'usure interposée entre la pièce à usiner et la semelle du porte-pièce

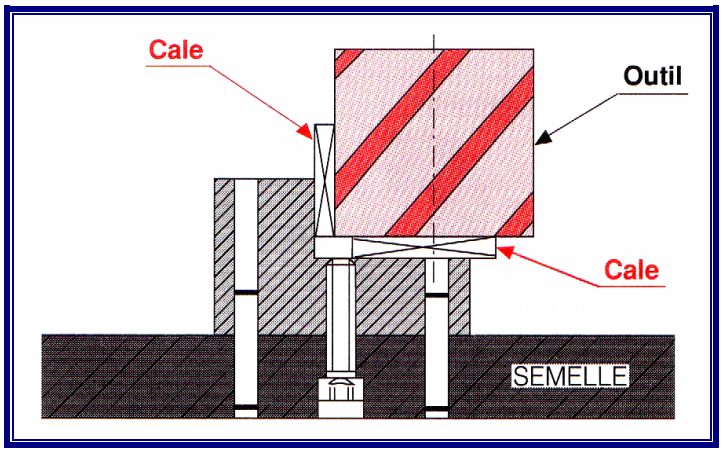


Figure 8. Dispositif de réglage de l'outil

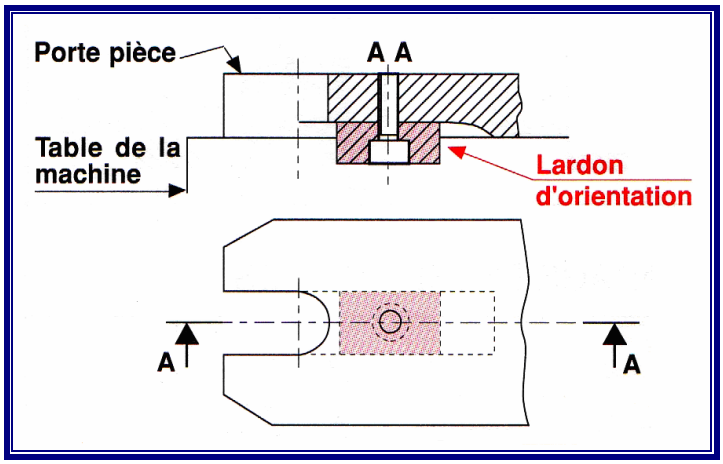


Figure 9. Liaison porte-pièce machine

5. Spécificités de quelques porte-pièces

▪ Porte-pièce de tournage

La pièce est placée entre les mors du mandrin. Un serrage concentrique des 3 mors permet de maintenir la pièce.

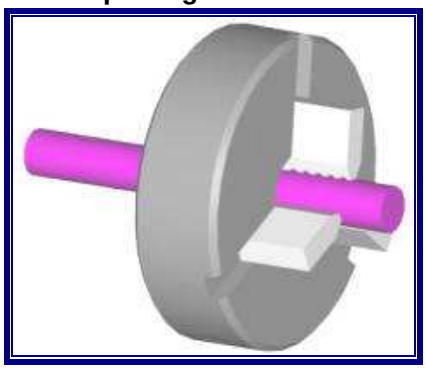
Il est possible d'interchanger les mors en fonction de la morphologie de la pièce. De même, il existe un **« trou de passage de broche »** qui permet de mettre en place des pièces longues qui traversent le mandrin.

Le mandrin est installé sur la machine, il est entraîné en rotation par le moteur de broche.
Pendant l'usinage de la pièce, l'axe des surfaces générées est confondu avec l'axe de broche (et donc avec l'axe de rotation du mandrin)
ATTENTION, il existe différent type de mors.

Mandrin + mors Ø normal

Mandrin + mors grand Ø

Pièce longue : trou de passage de broche



Capacité du mandrin en mm	HBX	ERNAULT	SOMAB
Postes	MO1, MO2	MO3	MO1, MO2, MO3
Type	Classique	Classique	C.N.
Diamètre maxi (mors Ø normal / mors grand Ø)	120 / 220	130 / 240	90 / 150
Diamètre de passage de broche	37	42	30

Par leur forme, certaines pièces ne peuvent être mises en position sur des porte-pièces standard (mandrin, entre pointes, ...), elles sont alors **montées directement sur un plateau** et éventuellement sur une **équerre** (fig. 10).

Dans ce cas, il est nécessaire d'**équilibrer les masses** par rapport à l'axe de la broche pour éviter les **déformations et vibrations dues à la force centrifuge**.

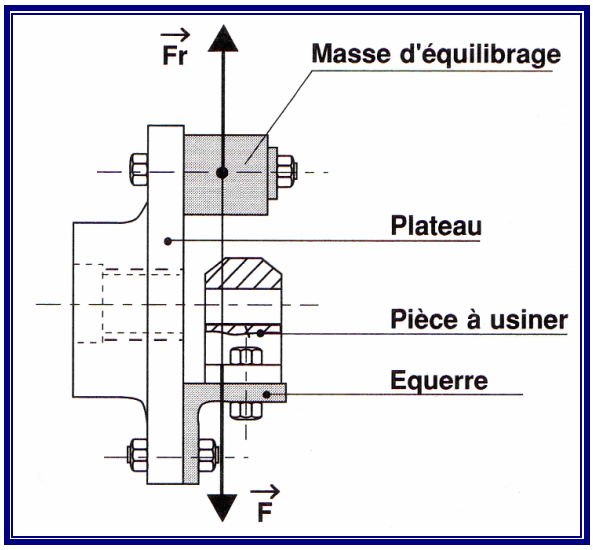


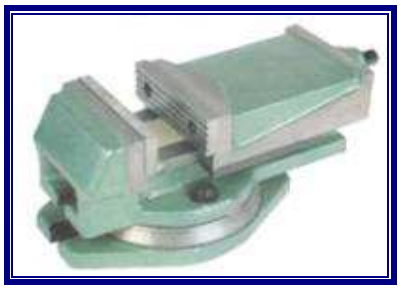
Figure 10. Montage en plateau

Porte-pièce de fraisage

L'étau.

On l'utilise pour les pièces prismatiques.

Ce porte-pièce est composé de 2 mors. Le mors fixe est lié au bâti. Le mors mobile, en liaison glissière avec le bâti permet le serrage de la pièce. La pièce est donc placée entre les deux mors de l'étau. En fonction de la morphologie de la pièce, il peut être nécessaire de placer des cales pour surélever les surfaces à usiner.



Capacité de l'étau en mm	MO1 Fraisage CN	MO2 Fraisage CN	MO3 Fraisage CN	MO1 Fraisage Convent°	MO2, MO3 Fraisage Convent°
Longueur des mors	160	150	150	120	160
Hauteur des mors	45	55	50	40	45
Ecartement des mors	140	150	200	120	140

Le mandrin.

On l'utilise pour les pièces de formes extérieures cylindriques.

Cela permet de monter des pièces cylindriques sur une fraiseuse pour usiner des poches, ou des trous de passage pour les vis (4 trous à 120°).

Diamètre maxi :

- avec mors Ø normal = Ø120
- avec mors grand Ø = Ø220

Le mandrin dédié au perçage sur une machine conventionnelle.

On l'utilise pour les pièces de formes extérieures cylindriques.

On usine une succession de trou situé sur un Ø fixe et espacé d'un angle constant (multiple de 45° ou 60°) .

Diamètre maxi :

- avec mors Ø normal = Ø80

La plaque support pour fraiseuse.

Elle permet de fixer les pièces minces grâce aux trous taraudés M8 situés tous les 30 mm. La plaque et ensuite mise en position dans l'étau de la fraiseuse pour l'usinage.

Plaque : 250 x 150 (8 trous x 5 trous), trous distants de 30 et taraudés M8.

6. Exemple de porte-pièce dédié spécifique à une phase

Cahier des charges

Données économiques : la cadence de production est 250 fraiseuses portatives pendant 3 ans.

Données techniques :

- la pièce est le guide de la fraiseuse portative matière AS7G moulé en coquille,
- les différents usinages, ainsi que la mise en position de la pièce sont définis sur le **contrat de phase prévisionnel** (fig. 11),
- la machine utilisée : centre d'usinage vertical table dimensions : 250 x 250, 3 rainures en T : largeur 16, entraxes 100.

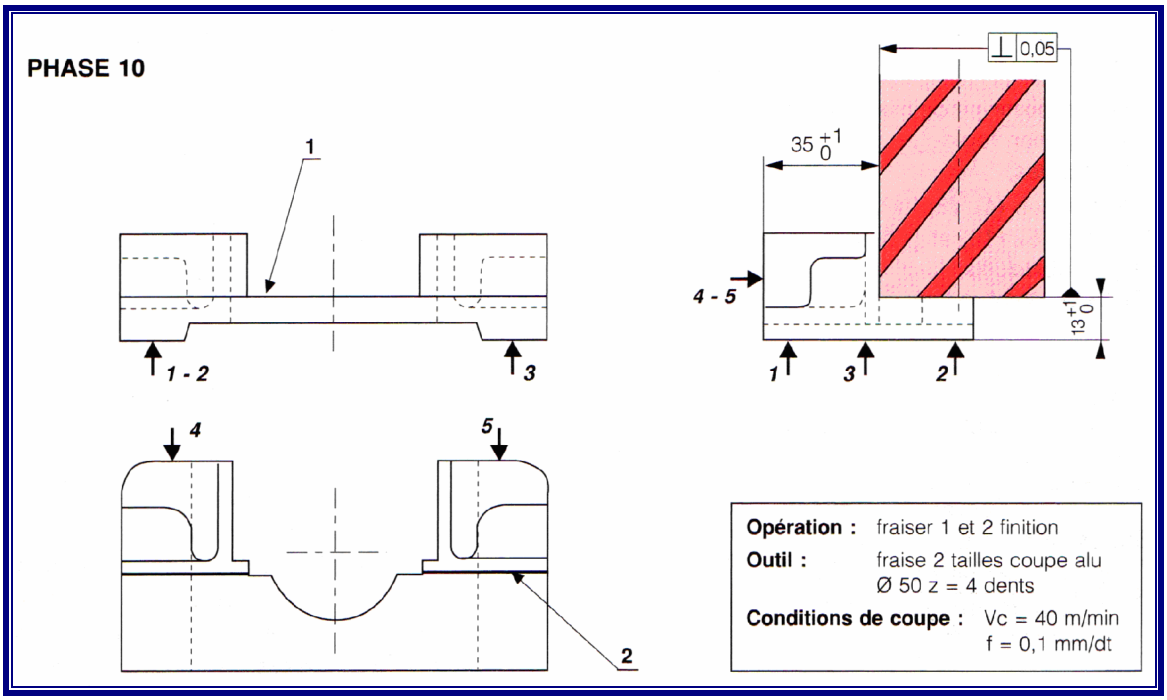
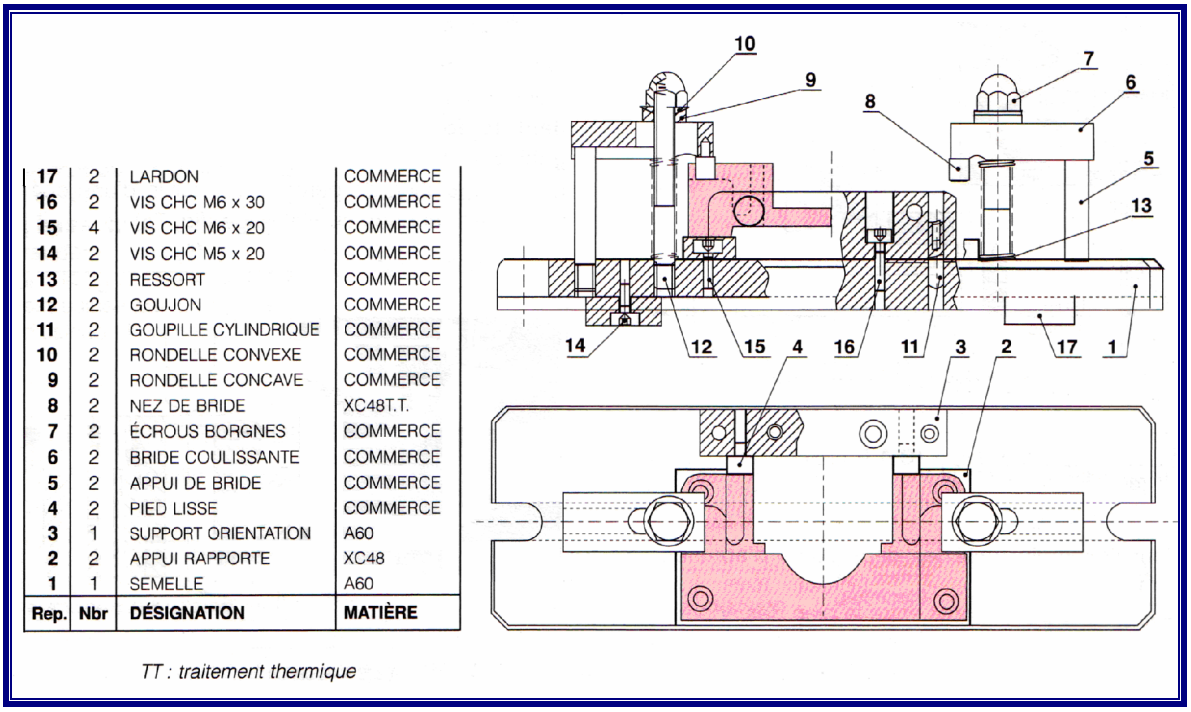


Figure 11. Extrait du contrat de phase du guide de la fraiseuse portative

- **Porte-pièce avec sa nomenclature simplifiée** *(fig. 12, page suivante)*



Rep.	Nbr	DÉSIGNATION	MATIÈRE
17	2	LARDON	COMMERCE
16	2	VIS CHC M6 x 30	COMMERCE
15	4	VIS CHC M6 x 20	COMMERCE
14	2	VIS CHC M5 x 20	COMMERCE
13	2	RESSORT	COMMERCE
12	2	GOUJON	COMMERCE
11	2	GOUPILLE CYLINDRIQUE	COMMERCE
10	2	RONDELLE CONVEXE	COMMERCE
9	2	RONDELLE CONCAVE	COMMERCE
8	2	NEZ DE BRIDE	XC48T.T.
7	2	ÉCROUS BORGNES	COMMERCE
6	2	BRIDE COULISSANTE	COMMERCE
5	2	APPUI DE BRIDE	COMMERCE
4	2	PIED LISSE	COMMERCE
3	1	SUPPORT ORIENTATION	A60
2	2	APPUI RAPPORTE	XC48
1	1	SEMELLE	A60

TT : traitement thermique

Figure 12

Quelques remarques sur le porte-pièce

En observant le porte-pièce de la figure 12, nous remarquons que :

- l'existence de **pièces d'usure** repérées **(2)** en **XC 48** traité assure l'appui plan,
- **l'orientation** est réalisée par deux **pieds lisses** du commerce, ils sont en **XC10** cémenté et trempé,
- **l'immobilisation** se fait par **deux brides coulissantes**, les efforts de serrage sont **normaux** à l'appui,
- la semelle **(1)** et les deux **lardons (17)** assurent la **liaison porte-pièce machine** et permettent une mise en situation rapide du porte-pièce pour les séries renouvelables,
- les pièces **(4), (5), (6), (7), (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16)** et **(17)** sont des **éléments standard préfabriqués**. Leur nombre représente **plus de 75 %** du nombre total de pièces.

Porte-pièce de perçage

Les porte-pièces de perçage comportent généralement un ou plusieurs **canons de perçage qui guident le foret**. Ces canons appelés également **guides** sont en **acier traité**. Ils sont **amovibles** lorsqu'une opération de perçage est suivie d'une opération de taraudage ou d'alésage (fig. 13).

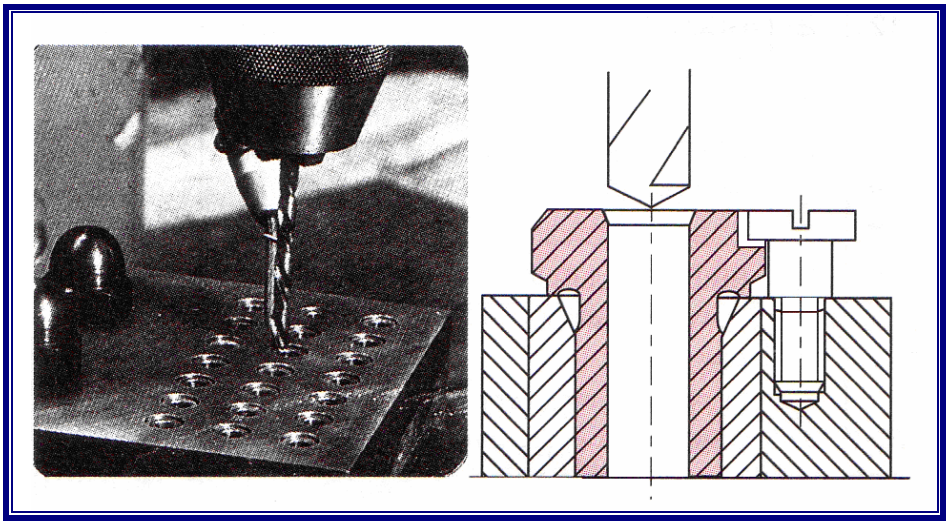


Figure 13. Porte-pièce de perçage avec canon amovible

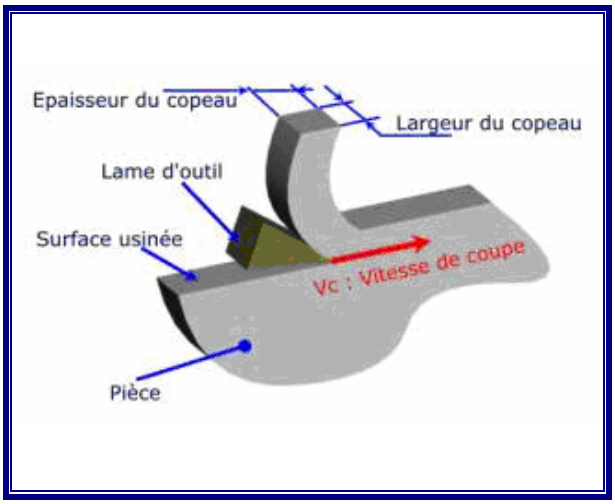
Chapitre 7

Les paramètres de coupe

1. Principe

Lors d'un usinage par enlèvement de matière, on se retrouve, dans la majorité des cas, dans la configuration suivante :

Une lame d'outil pénètre dans la matière et enlève un copeau.
L'outil suit une trajectoire par rapport à la pièce à usiner. Ces mouvements sont assurés par les éléments constitutifs de la machine outil.
Pour obtenir un travail satisfaisant (bon état de la surface usinée, rapidité de l'usinage, usure modérée de l'outil, ...) on doit régler les paramètres de la coupe.

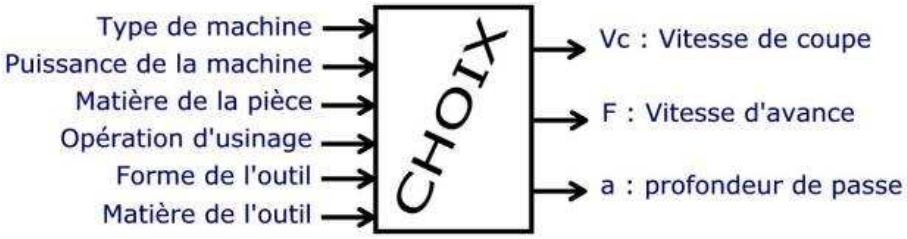


Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- le type de machine (tournage, fraisage, perçage) ;
- la puissance de la machine ;
- la matière usinée (acier, aluminium) ;
- la matière de l'outil (ARS, carbure) ;
- le type de l'opération (perçage, chariotage, surfaçage).

L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- la vitesse de coupe : *Vc ;*
- la vitesse d'avance : *F ;*
- la profondeur de passe : *a.*



2. Explications des critères de choix

Tous ces critères sont intimement liés.

Type de machine

Suivant le type d'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc choisir la machine à utiliser. Donc il faut choisir entre tournage, fraisage ou perçage. Naturellement il y a souvent plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage.

Puissance de la machine

La puissance de la machine influe sur les performances. Pour l'usinage, il y a deux grands cas de figure :

- **Usinage en ébauche :** on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, sinon la machine peut « caler » ou la pièce peut voler.
- **Usinage en finition :** cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. La surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes. Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

Matière de la pièce

Il est évident que les efforts de coupe ne sont pas les mêmes si vous usinez une pièce en polystyrène ou en acier. Donc la matière influe sur des choix relatifs à la puissance machine (entre autre).

Opération d'usinage

C'est la même idée que pour le type de machine.

Forme de l'outil

C'est la même idée que pour le type de machine.

Matière de l'outil

C'est l'outil qui doit usiner la pièce et non l'inverse, donc cela influe sur l'usure de l'outil et sa durée de vie.

3. Les paramètres de coupe

La vitesse de coupe : Vc [m/min]

Cela correspond au déplacement de l'arête de coupe par rapport à la pièce. Il ne faut pas confondre *Vc* et *F*.

Unité : *Vc* en m/min.

La vitesse d'avance : *Vf* [mm/min]

Cela correspond à la vitesse de déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage. C'est cette trajectoire qu'il faut suivre afin que l'outil usine la forme souhaitée.

Unité : *Vf* en mm/min.

La profondeur de passe : *a* [mm]

La combinaison de Vf et a permet de déterminer le volume du copeau. La profondeur de passe est nécessaire afin de déterminer la quantité de matière qui va être séparée de la pièce sous forme de copeau.

Unité : *a* en mm.

Maintenant on va mettre en place ces paramètres de coupe dans le cas du tournage et du fraisage.

4. Réglage des conditions de coupe

Maintenant il faut **régler les conditions de coupe sur la machine**. En fait on n'agit que sur 3 paramètres :

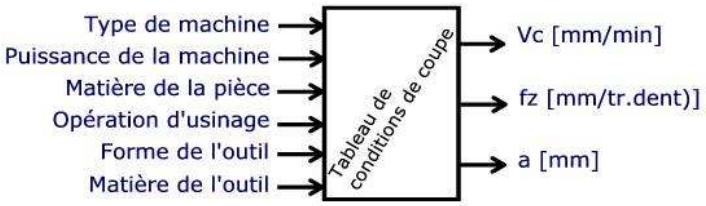
N : le taux de rotation de la pièce en tournage, ou de l'outil en fraisage ;

Vf : la vitesse d'avance suivant la trajectoire d'usinage, en fait on détermine d'abord **fz** ;

a : la profondeur de passe.

Il est donc nécessaire de déterminer les relations entre *Vc, Vf* et *N*. On fixera la profondeur de passe, *a*, suivant une valeur maximum donnée par le tableau.

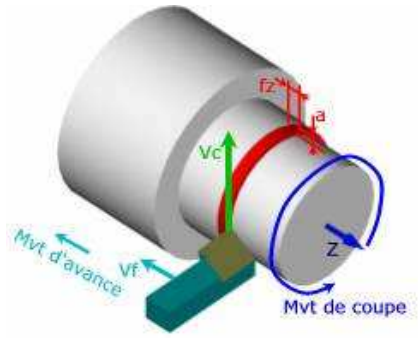
Vous disposerez d'un tableau de caractéristiques de coupe. Il permet de définir *Vc, fz* et *a* en fonction du type de machine, de l'outil, de la matière.

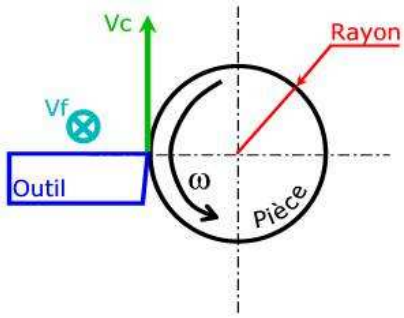


5. Le cas du tournage

Le mouvement de coupe anime la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe *Vc.*

Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil par rapport à la pièce, On en déduit *Vf.*





5.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe, *Vc*, et le taux de rotation, *ω* de la pièce. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre *ω* et ***Vc*** en utilisant les unités internationales : $Vc = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{Vc}{R}$ avec *Vc* en m/s, *R* en m et *ω* en rd/s.

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes :

- *Vc* en m/min, *D* en m et *N* en tr/min ;
- on utilise le diamètre au lieu du rayon ;
- on utilise un taux de rotation, *N*, exprimé en tour par minute au lieu de, *ω*, en rd/s.

La formule devient : $N = \frac{1000\ Vc}{\pi D}$

Le diamètre correspond à la position de la pointe de l'outil. Il y a 2 cas de figure :

- On usine parallèlement à l'axe de broche. La surface générée est un cylindre $\Rightarrow$ *D* = diamètre du cylindre ;
- On usine perpendiculairement à l'axe de broche. La surface générée est un plan $\Rightarrow$ *D* = 2/3 diamètre maxi du plan.

5.2 La vitesse d'avance

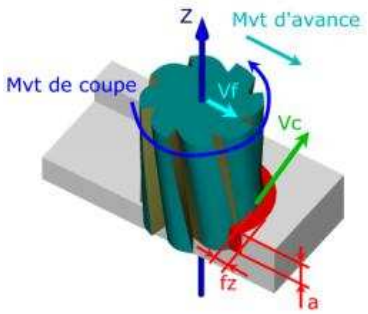
Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation : $Vf = fz \cdot N$

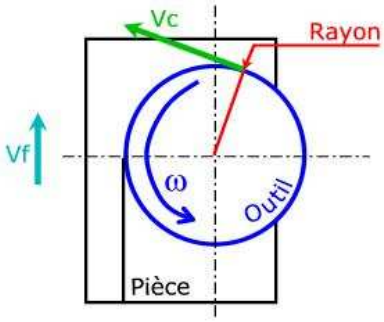
Vf en mm/min, *fz* en mm/(tr. dent) et *N* en tr/min.

fz correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de la pièce. En d'autre terme, *fz* correspond à la distance que l'arête de coupe va parcourir à chaque tour de la pièce.

6. Cas du fraisage

Le mouvement de coupe anime l'outil (fraise tournante). Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil.





6.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe, *Vc*, et le taux de rotation, *ω*, de la fraise. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre *ω* et *Vc* en utilisant les unités internationales : $Vc = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{Vc}{R}$, *Vc* en m/s, *R* en m et *ω* en rd/s.

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes :

- *Vc* en m/min, *D* en m et *N* en tr/min ;
- on utilise le diamètre au lieu du rayon ;
- on utilise un taux de rotation, *N*, exprimé en tour par minute au lieu de, *ω*, en rd/s.

La formule devient : $N = \frac{1000\ Vc}{\pi D}$, *D* correspond au diamètre de la fraise.

6.2 La vitesse d'avance

Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation : $Vf = z \cdot fz \cdot N$

z est le nombre de dents de la fraise, *Vf* en mm/min, *fz* en mm/(tr.dent) et *N* en tr/min.

fz correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de l'outil. En d'autre terme, *fz* correspond à la distance que la dent va parcourir à chaque tour de la fraise. Sur une fraise il peut y avoir plusieurs dents, donc plusieurs arêtes de coupe. On prend donc en compte ce nombre : *z*.

7. Formulaire

Vc en m/min, *D* en m et *N* en tr/min.

$N = \frac{1000\ Vc}{\pi D}$, *D* correspond au diamètre de la surface usinée ou de la fraise ; *z* est le nombre de dents de l'outil, *Vf* en mm/min, *fz* en mm/(tr.dent) et *N* en tr/min.

$$Vf = z \cdot fz \cdot N,$$

avec z = 1 en tournage puisqu'il n'y a qu'une seule arête de coupe (1 seule dent).

8. Tableau des conditions de coupe

$$N = \frac{1000\ Vc}{\pi D}$$

Vc en m/min, *D* en m et *N* en tr/min.
z est le nombre de dents de l'outil.

$$Vf = z \cdot fz \cdot N$$

Vf en mm/min, *fz* en mm/(tr.dent).

TOURNAGE (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci dessous)

Matières	Rr MPa	Outil ARS γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a max mm	Ebauche f mm/tr	Finition V60 m/min	Finition f mm/tr	Outil Carbure γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a max mm	Ebauche f mm/tr	Finition V60 m/min	Finition f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
BronzeUE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

FRAISAGE EN BOUT (surfaçage)

Matières	Rr MPa	Fraises ARS γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a max mm	Ebauche fz mm/(tr.d)	Finition V60 m/min	Finition fz mm/(tr.d)	Plaquettes Carbure γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a mm	Ebauche fz mm/(tr.d)	Finition V60 m/min	Finition fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	29	2	0.11	40	>0.06	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.06	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	60	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.3	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	60	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.16
BronzeUE12P	200		23	1	0.07	31	>0.06		60	2	0.2	82	>0.16
Dural AU4G	280	20°	150	1	0.07	190	>0.06	20°	500	3	0.1	800	>0.08

FRAISAGE EN ROULANT (rainurage, combiné…)

Matières	Rr MPa	Fraises A.R.S. (∅ >20) γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a maxi mm	Ebauche fz mm/(tr.d)/	Finition V60 m/min	Finition fz mm/(tr.d)	Fraises A.R.S. (∅< 20) γ	Ebauche V60 m/min	Ebauche a maxi mm	Ebauche fz mm/(tr.d)	Finition V60 m/min	Finition fz mm/(tr.d))
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
BronzeUE12P	200	10	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

PERÇAGE, ALÉSAGE

Matières	Rr MPa	Forets et alésoirs ARS γ	Perçage V60 m/min	angle pointe	angle hélice	∅ < 10 f mm/tr	∅ > 10 f mm/tr	Alésage V60 m/min	a mm	∅ < 20 f mm/tr	Tarauds A.R.S. V60 m/min	Lubrifiant
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025Φ	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02Φ	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012Φ	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe
PVC	60		60	135°	30°	0.02Φ		non	non	non	15	Air comprimé
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02Φ		non	non	non	15	Air comprimé
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02Φ		non	non	non	10	Air comprimé
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03Φ	>0.03	30	>0.20	0.4	13	a sec
BronzeUE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037Φ	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032Φ	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole

Chapitre 8

Règles d'usinage

Afin de réussir un usinage, il faut vérifier son matériel. Donc, la pièce doit être bien serrée dans le porte-pièce, l'outil aussi doit être bien fixé. Il faut parfois régler les outils (hauteur de pointe en tournage) ou les porte-outils (dégauchissage en fraisage).

Il faut aussi vérifier l'état de l'outil les arêtes de coupe sont-elles en bon état, éventuellement il faut changer les plaquettes carbure.

Utilisez le tableau des conditions de coupe pour obtenir *Vc*, *fz* et *a*. Veuillez calculer les conditions de coupe : *N, F*.

1. Association de surface

On a vu précédemment qu'il est préférable d'usiner un maximum de surfaces sans démontage. Cela permet d'éviter l'accumulation des erreurs de mise en position et d'usinage.
Il faut donc essayer d'usiner « en même temps » les surfaces liées les unes aux autres par des cotes aux IT les plus faibles.
De même, on essayera dans la mesure du possible de réaliser la pièce en minimisant le nombre de montage/démontage de la pièce.

ATTENTION, il ne faut pas démonter une pièce pour vérifier une cote qui vient d'être usinée. Il faut prévoir un moyen de mesure approprié, pour un contrôle sur porte pièce.

2. Choix Ebauche / ½ finition / finition

Il faut naturellement respecter les conditions de coupe, notamment la profondeur de passe maximum donnée dans le tableau.

Suivant les tolérances des cotes à réaliser, la surface finale sera obtenue en plusieurs fois.

Intervalle de tolérance d'une cote	**Méthode**
1 mm	Obtention directe
Qualité 11 (ex : H11) : 0.5 mm	Ebauche + finition
Qualité 7 (ex : H7) : 0,02 mm	Ebauche + ½ finition + finition

3. Pour le début d'un perçage

Le foret est un outil relativement flexible. Afin de percer à l'endroit souhaité il faut marquer le trou à percer.

Utilisation du foret à pointer afin de bien marquer la position pour le foret suivant.

4. Pour des perçages : D > 10 mm

On ne perce pas directement les gros diamètres. Il faut procéder par étape.

D < 15 : faire des trous tous les 6 mm.

15 < D < 24 : faire des trous tous les 4 mm.

24 < D < 30 : faire des trous tous les 3 mm.

5. Pour des alésages, qualité du trou H7 ou H8 à l'alésoir machine

Pour réaliser un alésage de Ø D H7 avec un alésoir machine.

Il faut utiliser un alésoir si la dimension est disponible au magasin.

6. D < 20

L'ébauche consiste en la réalisation d'un trou : Ø D - 2

La ½ finition consiste en la réalisation d'un trou : Ø D - 0.25

La finition consiste en la réalisation de l'alésage : Ø D

7. D > 20

L'ébauche consiste en la réalisation d'un trou : Ø D - 0.5

La finition consiste en la réalisation de l'alésage : Ø D

8. Tournage de pièce longue

Le problème vient principalement de la mise en position. Il faut éviter le fléchissement de la pièce à cause des efforts de coupe. Renseigner vous auprès de votre enseignant si le problème se pose.

9. Réalisation d'une cote

Veuillez à viser la réalisation de la cote moyenne.

Cote du type : L ± a (20 ± 0.5), il faut viser la cote de L, (20)

Cote du type : $L^{+b}_{-a}\left(20^{+2}_{-1}\right)$, il faut viser la cote de [(L + b) + (L - a)] / 2 , (20,5)

10. Taraudage à main

Voir le tableau suivant qui indique le diamètre de perçage avant le taraudage.

diamètre vis	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
pas	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
diamètre perçage	2,5	3,2	4,1	4,9	6,6	8,4	10,1	11,8	13,8	15,3	17,3	19,3	20,8
profondeur filet	0,31	0,43	0,49	0,61	0,77	0,92	1,07	1,23	1,23	1,53	1,53	1,53	1,84
diamètre du lamage CHc	6	8	9	11	14	16	18	22	25	28	31	34	37
profondeur du lamage CHc	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

11. Consignes de sécurité relatives aux travaux sur machines

11.1 Protection passive

Les machines par leurs mouvements peuvent :

- projeter des copeaux brûlants ou des liquides corrosifs ou gras ;
- entraîner vêtements, doigts ou cheveux.

Protection du corps : blouse ou combinaison et tablier de surprotection en soudage, pantalon.

Protection des yeux : lunettes.

Protection des mains : ôter toute bague et bracelet, mettre des gants.

Protection des mains II : les copeaux sont coupants et chauds, ne pas les manipuler à mains nues.

Protection des pieds : chaussures fermées à semelles épaisses.

Protection des cheveux : les attacher.

11.2 Protection active

Pendant les travaux pratiques :

- UN seul étudiant manipule.
- L'AUTRE veille à la sécurité de son camarade en étant prêt à intervenir pour stopper la machine.

11.3 Protégez vous et protégez les autres :

Utilisez obligatoirement les protections installées sur les machines (écrans, capots ...).

Assurez vous que les pièces et outillages sont bien positionnés et fixés avant de lancer la fabrication.

Assurez vous que les personnes situées à proximité sont elles-mêmes protégées.

Attendez l'arrêt de la machine pour toute intervention.

Evacuez tous déchets (copeaux, chutes de métal, outillages inutiles) en vous protégeant les mains (gants, balais, crochets...).

Chapitre 9

Contrôle de la pièce finie

1. Instruments de contrôle sans mesure

1.1 Les calibres fixes

Ce sont des appareils de contrôle par **attribut** qui indiquent, **sans mesurer**, si la dimension réalisée est bonne ou mauvaise.

Un calibre est un instrument de contrôle dont la ou les dimensions sont invariantes. Il existe de nombreuses variétés de calibres fixes permettant le contrôle dimensionnel. Chaque instrument correspond à une cote nominale unique assortie d'un intervalle de tolérance spécifique. On désigne le calibre par son **« type »**, sa **cote nominale** et sa **tolérance** (exemple : tampon lisse double 20 H7).

Certains calibres sont qualifiés de doubles. Ils proposent deux dimensions pour le contrôle :

- la première correspond à la valeur maximale acceptable de la dimension considérée ;
- la seconde à la valeur minimale.

Ainsi le tampon lisse 20 H7 a des dimensions spécifiées sur le dessin de la *figure 1*. On désigne souvent par les mots **« entre »** et **« n'entre pas »** chacune des extrémités du tampon.

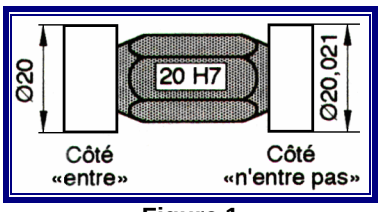


Figure 1

La *figure 2* montre un échantillonnage de calibres fixes.

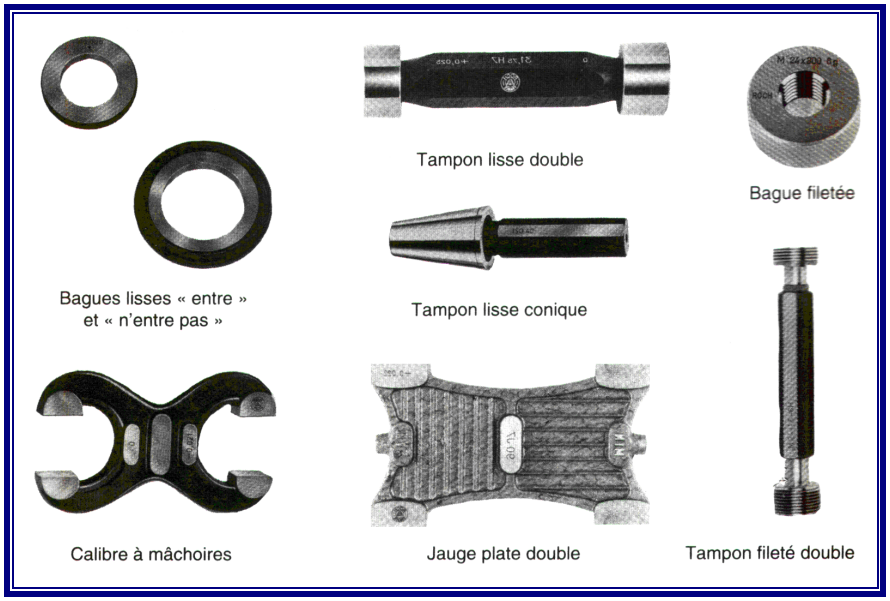


Figure 2

1.2 Étalons d'état de surface – plaquette visotactile

Les plaquettes Rugotest sont destinées au contrôle par comparaison des états de surfaces usinées, par la méthode visotactile.

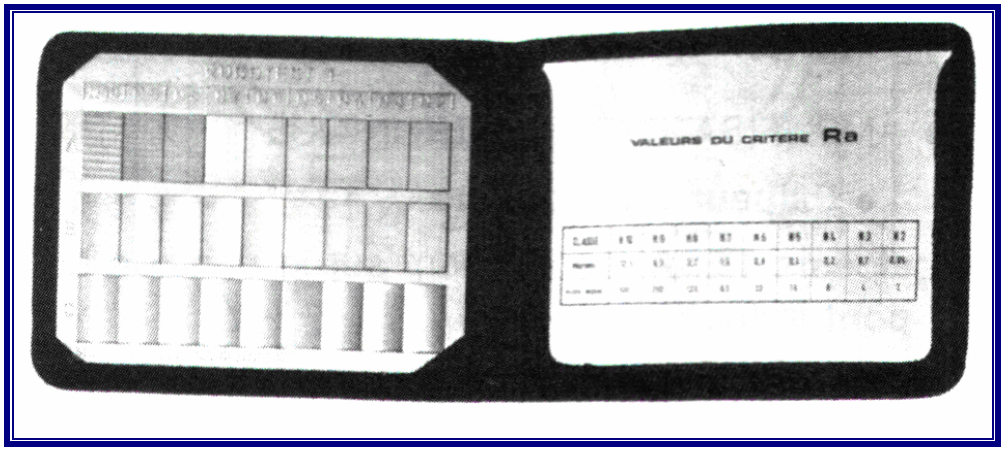


Figure 3. Pochette de plaquettes visotactiles

Ces plaquettes sont destinées au contrôle par comparaison des états de surfaces usinées. Elles font appel à la vue et au toucher. Elles se composent de petits éléments de surfaces usinées dont les limites de qualité, suivant Ie critère Ra, sont échelonnées. Il existe des plaquettes pour l'ensemble des opérations courantes d'usinage.

La *figure 3* montre un échantillonnage destiné au contrôle des états de surfaces obtenues par les procédés suivants : fraisage en roulant, fraisage en bout, rabotage, tournage, rectification, rodage.

Les plaquettes visotactiles sont largement utilisées car en plus de leur facilité de mise en oeuvre elles proposent, à la différence du mesurage d'un profil, une approche en trois dimensions de l'état d'une surface.

Travaux Pratiques

Application 1 : FABRICATION D'UN CORPS DE VÉRIN

Objectifs :

- Analyse du travail à effectuer.
- Rédiger la gamme d'usinage d'un corps de vérin.

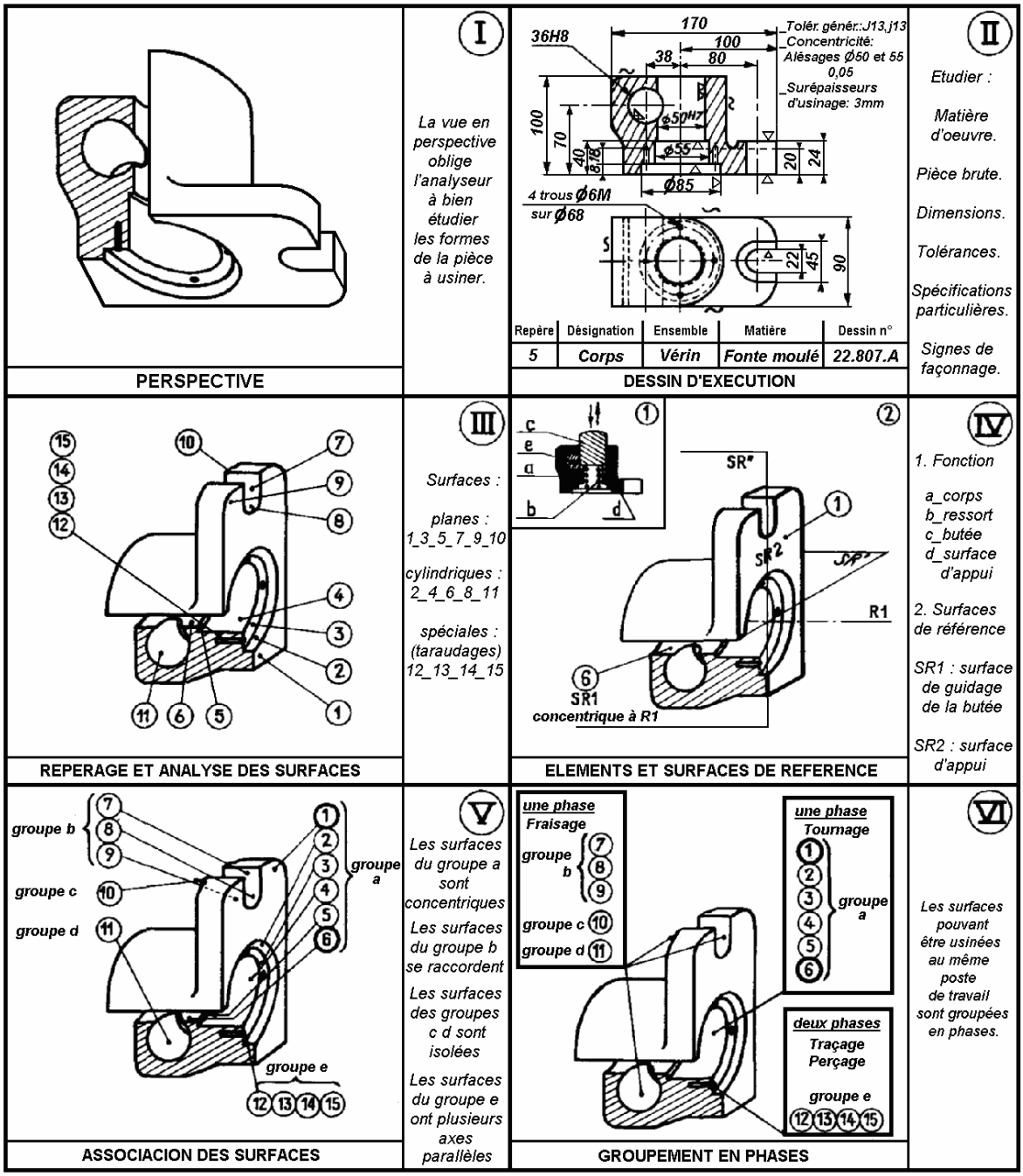


Figure 1

Partie 1 : Analyse du travail à effectuer

Etape 1. Étude du dessin d'exécution *(fig. 1 - II)*

Matière d'œuvre : fonte.

Pièce brute : pièce moulée ; surépaisseur d'usinage : ***3 mm*** ; alésage ***Ø36*** : non venu de fonderie.

Traitements thermiques : aucun.

Dimensions : ***170*** **x** ***100*** **x** ***90*** mm : pièce rigide.

Tolérances : $^{+0,1}_{+0}$; ***H7*** ; ***H8***.

Spécifications particulières : concentricité des alésages de Ø50 et 55 défaut maximum : 0,05 ; l'axe de l'alésage de Ø 50 doit être perpendiculaire à la surface d'appui.

Signes de façonnage :

∇∇ : dans les alésages ***H7*** et ***H8*** ;

∇ : sur les autres surfaces usinées ;

~ : certaines surfaces brutes.

Etape 2. Analyse du travail à effectuer

Analyse et repérage des surfaces élémentaires à usiner *(fig. 1 - III)* **:**

- Surfaces planes : **1, 3, 5, 7, 9, 10** ;
- Surfaces cylindriques : **2, 4, 6, 8, 11** ;
- Surfaces spéciales : **12, 13, 14, 15** (trous taraudés).

Choix des SR *(fig. 1 - IV).*

SR1 : ***6***, surface de guidage de la butée, concentrique à ***R1***.

SR2 : ***1***, surface d'appui, perpendiculaire à ***R1***.

Association des surfaces élémentaires *(fig. 1 - V).*

Groupe ***a*** : **1, 2, 3, 4, 5, 6** : une opération ;

Groupe ***b*** : **7, 8, 9** : une opération ;

Groupe ***c*** : **10** : une opération ;

Groupe ***d*** : **11** : une opération ;

Groupe ***e*** : **12,13, 14,15** : une opération.

Groupement des opérations en phases *(fig. 1 - VI).*

Groupe ***a*** : une phase de tournage ;

Groupes ***bcd*** : une phase de fraisage ;

Groupe ***e*** : une phase de perçage-taraudage : les trous devant être tracés avant perçage, il faut envisager une phase supplémentaire de traçage pour le groupe ***e***.

Partie 2. Etablissement de la gamme d'usinage pour un corps de vérin

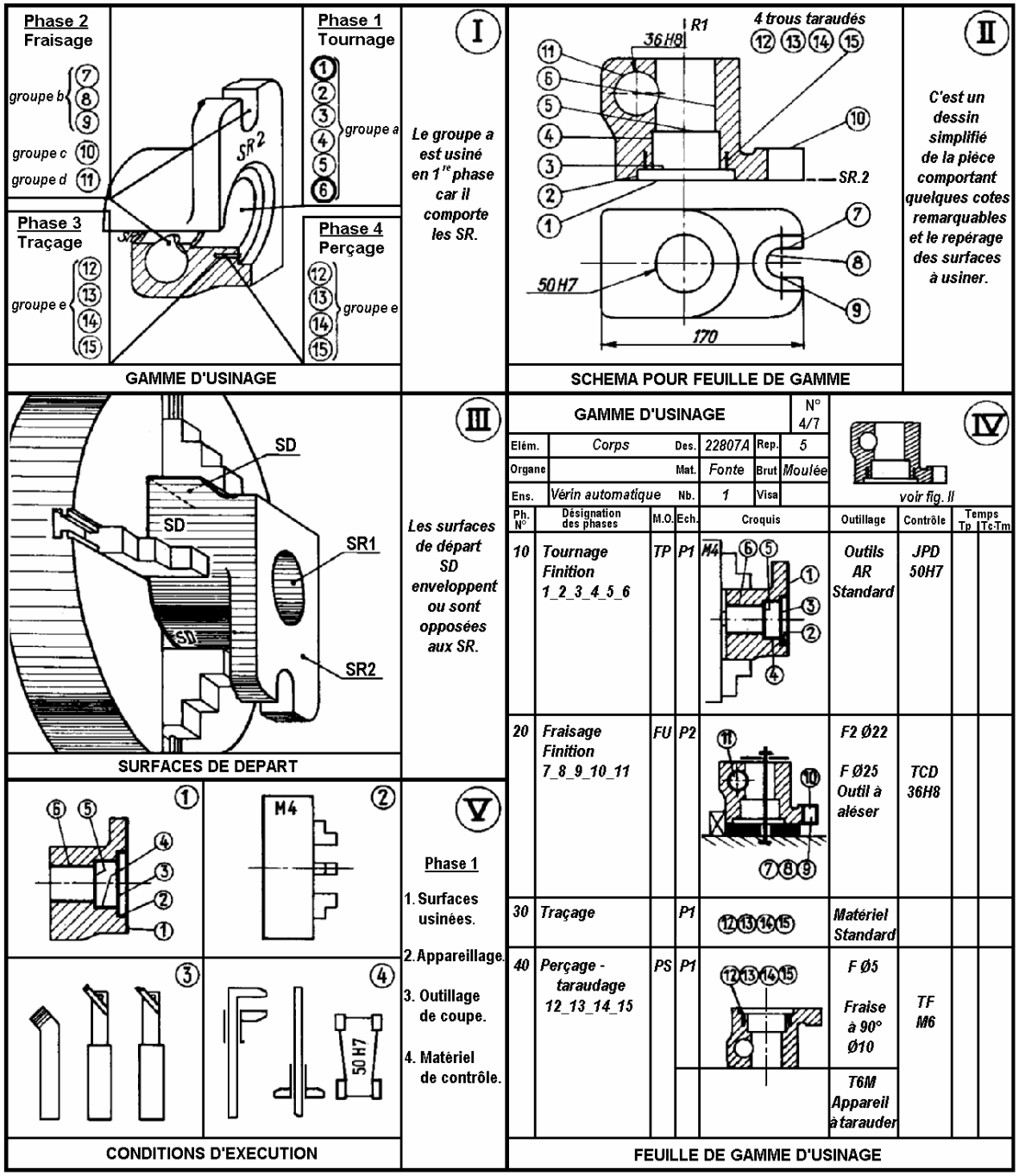


Figure 2

Etape 3. Ordonnancement des phases en gamme *(fig. 2 - I)* :

Phase 10 : groupe ***a*** (comportant les **SR**) : tournage.

Phase 20 : groupes ***bcd*** : fraisage.

Phase 30 : groupe ***e*** : traçage.

Phase 40 : groupe ***e*** perçage-taraudage.

Choix des surfaces de départ *(fig. 2 - III)* : celles-ci doivent permettre l'usinage en phase 1 et par conséquent recouvrent les surfaces **4** et **6**.

Nombre de pièces : 1 pièce.

Etape 4. Conditions d'exécution de chaque phase *(fig. 2 - V)* :

Machines-outils……	Phase 10 Phase 20 Phase 40	Tour parallèle. Fraiseuse universelle. Perceuse sensitive.
Appareillage……..	Phase 10 Phase 20 Phase 40	Mandrin à 4 mors. Bridage sur table. Cales minces.
Outillage de coupe…….	Phase 10 Phase 20 Phase 40	Outillage standard. Fraise 2 tailles, Ø22, Foret Ø25, Appareil à aléser. Foret Ø5, Fraise à 90°, Ø10, Taraud Ø6 M.
Matériel spécial de contrôle…	Phase 10 Phase 20 Phase 40	Jauge plat double 50 H7. Tampon cylindrique double 36 H8. Tampon fileté Ø 6M.

Opérateur : il doit équiper et régler les machines-outils, usiner, contrôler : c'est donc un ouvrier qualifié **P1** ou **P2**.

Feuille de gamme d'usinage *(fig. 2 - IV)*

Elle résume l'étude et doit :

- permettre l'identification de la pièce étudiée; présenter très clairement la succession des phases ;
- préciser les surfaces usinées à chaque phase ;
- indiquer le temps alloué pour l'usinage de la pièce.

Etape 5. Rédaction de la feuille de gamme *(fig. 2 - IV)*

- **Numéroter la gamme** : il y a autant de gammes que de pièces dans l'ensemble à fabriquer. Si un ensemble comporte ***7*** pièces, il y a ***7*** gammes numérotées ***1/7, 2/7,…, 7/7***.
- **Identifier la pièce** d'après les indications du dessin :

1° Élément : nom de la pièce ;

2° Organe : nom de l'organe auquel appartient la pièce ;

3° Ensemble : nom du mécanisme à réaliser ;

4° Dessin : numéro du dessin ;

5° Repère : numéro ou lettre servant de repère à la pièce ;

6° Matière : nature du métal à usiner complétée par l'indication d'une caractéristique mécanique (R en daN/mm^2), du traitement thermique (trempé, cémenté...) etc.

7° État brut : état du métal brut ; complété parfois par les dimensions (longueur du débit), le poids, etc.

8° Nombre de pièces d'après l'ordre donné.

- **Établir un dessin simplifié de la pièce,** avec quelques cotes remarquables et le repérage des surfaces usinées, pour faciliter la lecture de la gamme *(fig. 2 - II).*
- **Spécifier chaque phase,** d'après la gamme adoptée :

1° Numéro de phase (de 10 en 10, ce qui permet l'introduction d'une phase mal placée ou oubliée), désignation des phase et indication des sous-phases ; enfin énumération des surfaces usinées *(ébauche ou finition)* ; lorsque la finition suit immédiatement l'ébauche on indique seulement *(finition)* ;

2° Machine-outil. Indiquer seulement le type de machine-outil (***TP***, ***FU***, etc.), lorsque le travail peut être exécuté sur une quelconque machine de ce type, ou préciser le numéro (***TP n°x***) lorsque le travail ne peut être exécuté que sur telle machine-outil présentant des caractéristiques particulières.

3° Échelon. Préciser la qualification de l'opérateur.

4° Croquis. Préciser à l'aide d'un schéma les opérations effectuées ;

5° Outillage. Citer l'outillage spécial, à prendre au magasin ;

6° Contrôle. Citer le matériel spécial, à prendre au magasin ;

7° Temps. A compléter d'après les feuilles d'instructions.

RÉSUMÉ

La rédaction de la feuille de gamme nécessite :

L'étude du dessin	Matière d'oeuvre Pièce brute Traitements thermiques Dimensions Tolérances Spécifications particulières Signes de façonnage
L'analyse du travail à effectuer	Surfaces à usiner Eléments et surfaces de référence Association des surfaces Groupement des opérations en phases
L'établissement de la gamme	Ordonnancement des phases Choix des surfaces de départ Nombre de pièces à usiner Conditions d'exécution de chaque phase

Application 2 : USINAGE DES 4 ROUES ET DES AXES DE LA VOITURETTE

Objectifs :

- Usiner 4 roues suivant 4 gammes différentes.
- Rédiger les gammes d'usinage de l'axe et de l'axe fileté et usiner les axes suivant les gammes obtenues.

Documents fournis :

- Dessin d'ensemble : voiturette
- Dessin de définition : roue
- Dessin de définition : axe
- Dessin de définition : axe fileté
- Fiche outils de tournage *(voir 1.3 – § 5)*
- Document réponse : gammes de la roue + 2 Gammes d'usinage vierge.

Étape 1 : Découverte et vérification du matériel

En début de chaque séance d'usinage, vous devez vérifier la présence et le bon état de l'outillage nécessaire à l'utilisation de la machine. Ce matériel se trouve dans la desserte du poste ou dans les armoires. Signalez à l'enseignant le matériel manquant ou endommagé.

Étape 2 : Usinage des pièces du système

Vous devez dans cette étape usiner **les quatre roues, l'axe et l'axe fileté de la voiturette**.

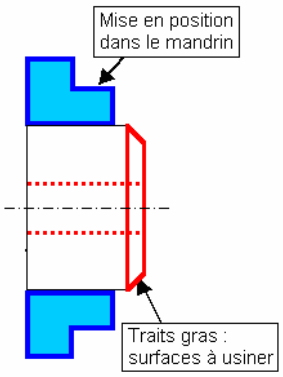
Il existe une multitude de possibilités pour la réalisation des roues. On vous propose 4 méthodes ou gammes d'usinages. Vous devez usiner les 4 roues en suivant scrupuleusement les 4 gammes *(cf. document gammes de la roue).*

Chaque gamme d'usinage est décomposée en phases. Une phase regroupe toutes les opérations d'usinage réalisées sur la pièce sans son démontage du porte-pièce. Le contrat de phase indique la mise en position de la pièce sur le porte-pièce, les cotes à réaliser, l'ordre des opérations et les conditions de coupe.

Le contrat de phase :

Le dessin ci-contre représente une phase d'usinage. Il indique quelles surfaces il faut usiner, et sur quelles surfaces il faut serrer la pièce dans le mandrin. Il faut RESPECTER les indications du contrat de phase.

ATTENTION, vos contrats de phase ne sont pas complets, il manque les valeurs des conditions de coupe !



Compléter les documents réponse :

On vous fournit 4 bruts de Ø 40 et longueur 25 mm en AU4G

Pour chaque pièce (chaque gamme) à l'aide des documents fournis :

- indiquer les valeurs des cotes à obtenir et compléter les contrats de phase,
- calculer les conditions de coupe pour chaque outil et remplir les contrats de phase,
- mettre en place la pièce,
- choisir les outils (cf. fiche outils de tournage)

Manipulation à l'atelier :

- réaliser les usinages pour chaque phase. ATTENTION, il faut bien repérer les pièces en fonction de la gamme de fabrication (afin de faciliter leur comparaison).
- noter pour chaque phase sa durée de réalisation.

Étape 3 : Contrôle de chaque pièce

Manipulation :

- mesurer la pièce,
- comparer les valeurs obtenues avec les valeurs indiquées sur le dessin de définition,
- conclure.

Etape 4 : Comparaison des résultats

Il est nécessaire de comparer les différentes roues obtenues.

Répondre aux divers points suivant en justifiant votre réponse :

- la gamme influence le résultat,
- la mise en position influence le résultat,
- que faire pour réaliser la perpendicularité,
- certaines cotes sont-t-elle difficile à obtenir,
- ……

Peut-on dégager des règles générales pour la réalisation des pièces en usinage ?

Etape 5 : Montage

A la fin, vous devez avoir réalisé les 4 roues et les axes. Il faut maintenant assembler le système.

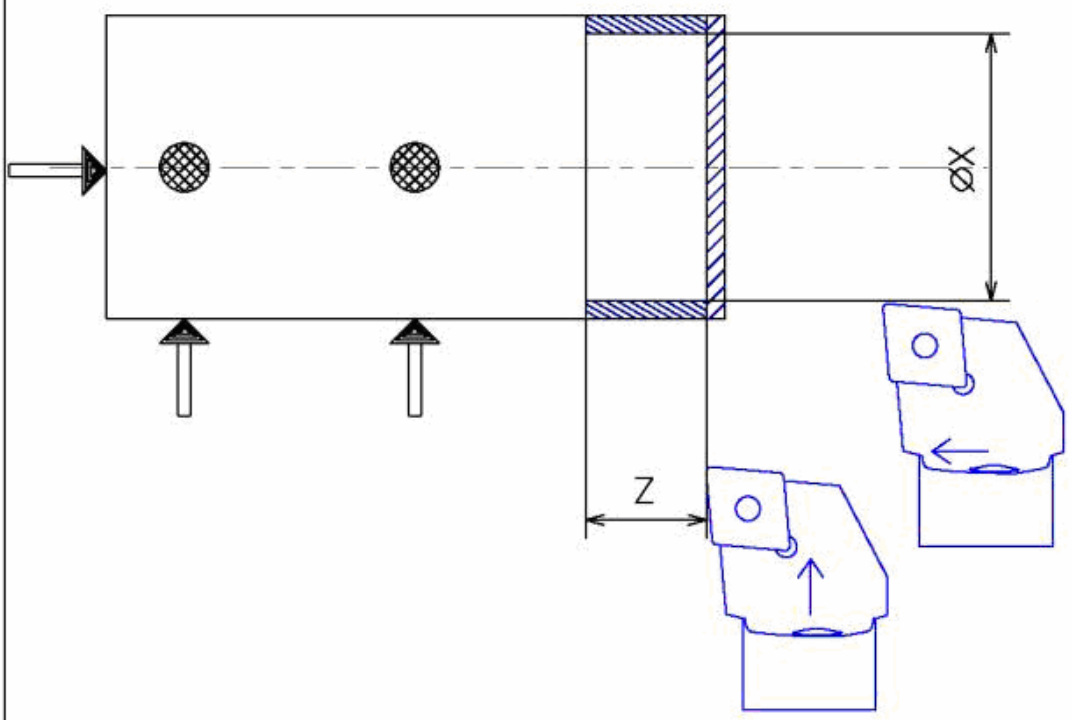
Étape 6 : Rangement et nettoyage du poste en fin de séance

Après avoir nettoyé les outils et les outillages, rangez-les à leur emplacement (dessertes et armoires). Nettoyez la machine, ainsi que le sol autour de la machine.

AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION PHASE N°10	Ensemble: Usinage	Date:	
	Pièce: Conditions Fixées	BUREAU DES METHODES	1/1
	Matière:		
NOM:	Programme:		

Désignation: TP n°3

Machine-Outil: Tour Conventionnel



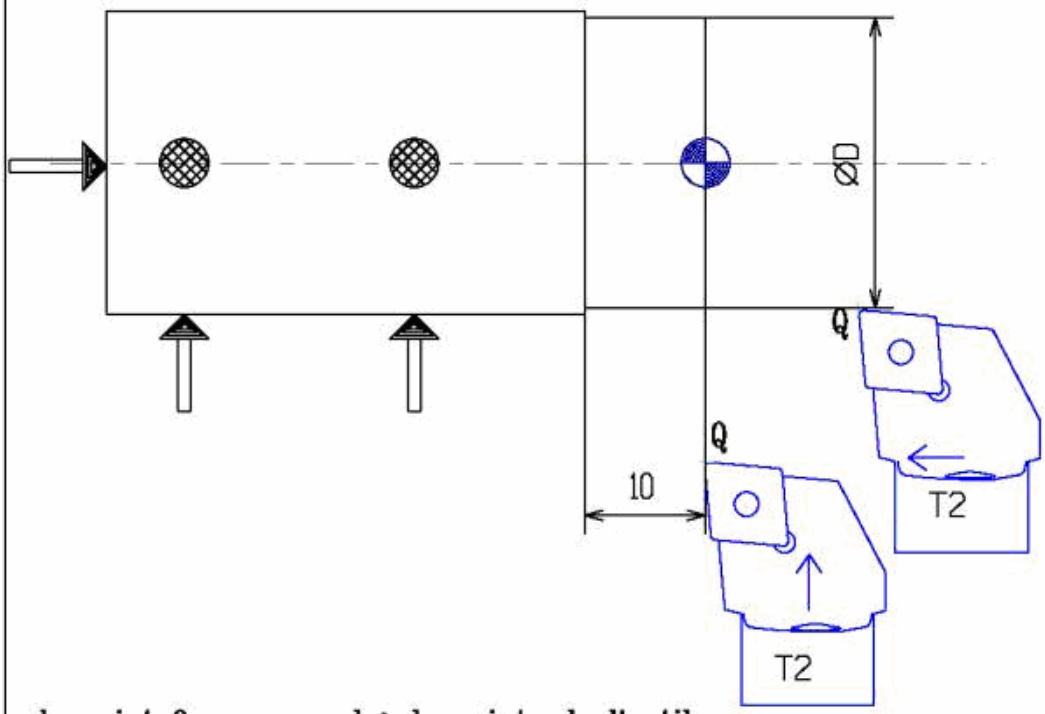
DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	V m/mn	N tr/mn	f mm/tr	a mm	n
réaliser un dressage en mode manuel (usiner la face avant)	outil d'ébauche				2maxi	
réaliser un chariotage en mode manuel (usiner un cylindre)	outil d'ébauche				2maxi	

AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION PHASE N°20	Ensemble: Usinage	Date:	
	Pièce: Conditions Fixées	BUREAU DES METHODES	1/1
	Matière:		
NOM:	Programme: Réglage outil T2		

Désignation: TP n°3 : réglage T2

Machine-Outil: Tour Conventionnel

L'origine de programmation est placée sur la face avant de la pièce



le point Q correspond à la pointe de l'outil

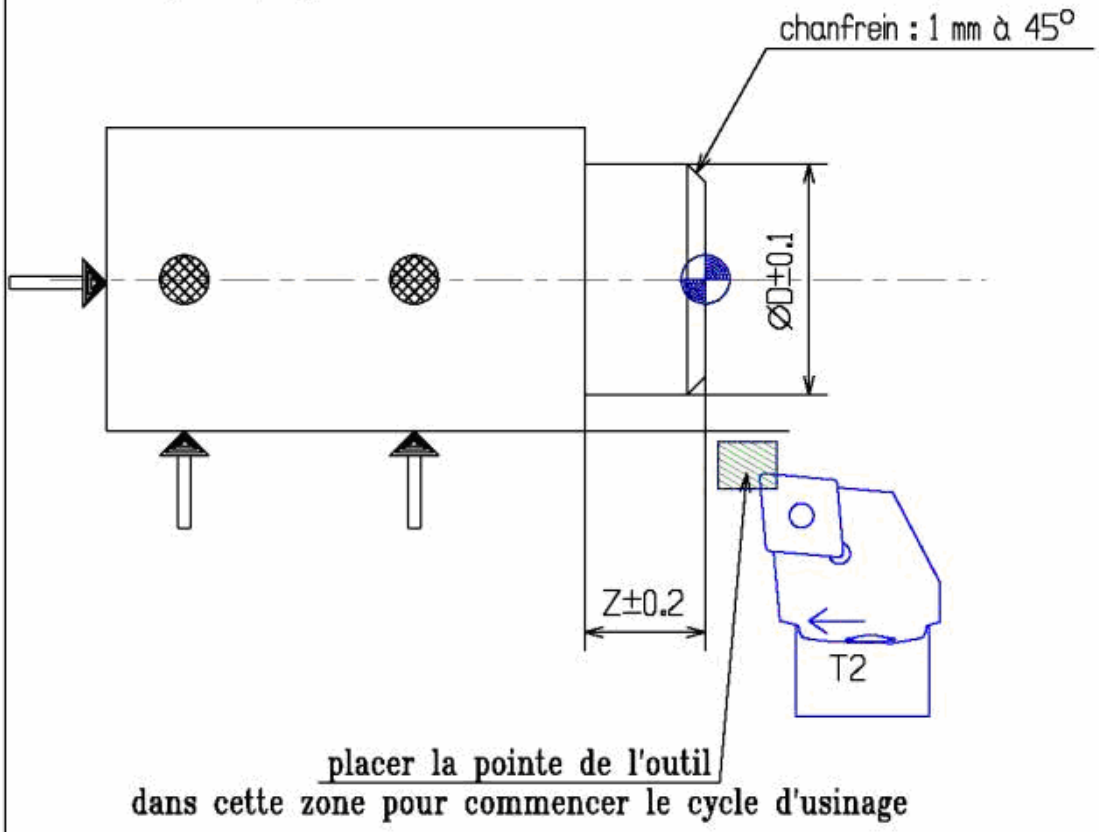
DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	V m/mn	N tr/mn	f mm/tr	a mm	n
réaliser un dressage (usiner la face avant) réglage du Z = 0	outil T2				2maxi	
réaliser un chariotage réglage du Ø	outil T2				2maxi	
après réglage : coordonnées affichées à l'écran correspondent au point Q						

AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION PHASE N°30	Ensemble: Usinage	Date:	
	Pièce: Conditions Fixées	BUREAU DES METHODES	1/1
	Matière:		
NOM:	Programme:		

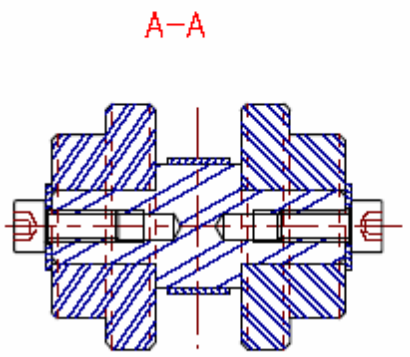
Désignation: TP n°3

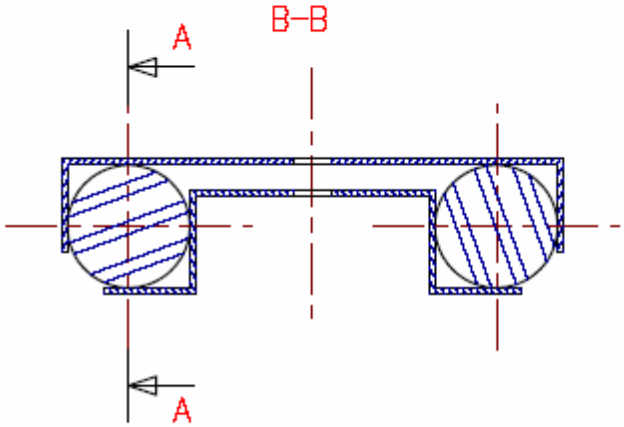
Machine-Outil: Tour Conventionnel

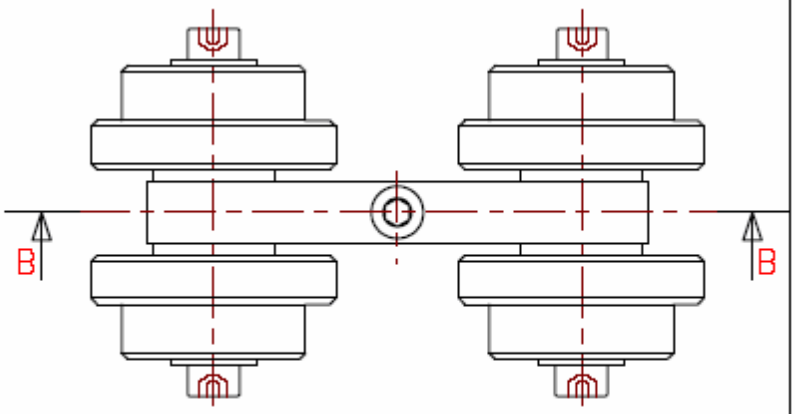
L'origine de programmation est placée sur la face avant de la pièce



DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	V m/mn	N tr/mn	f mm/tr	a mm	n
réaliser un chariotage pour cote : Z et ØD Voir prof. pour valeur de D et Z on prend D–cut = 1 mm	outil T2				2maxi	
réaliser le chanfrein	outil T2				2maxi	



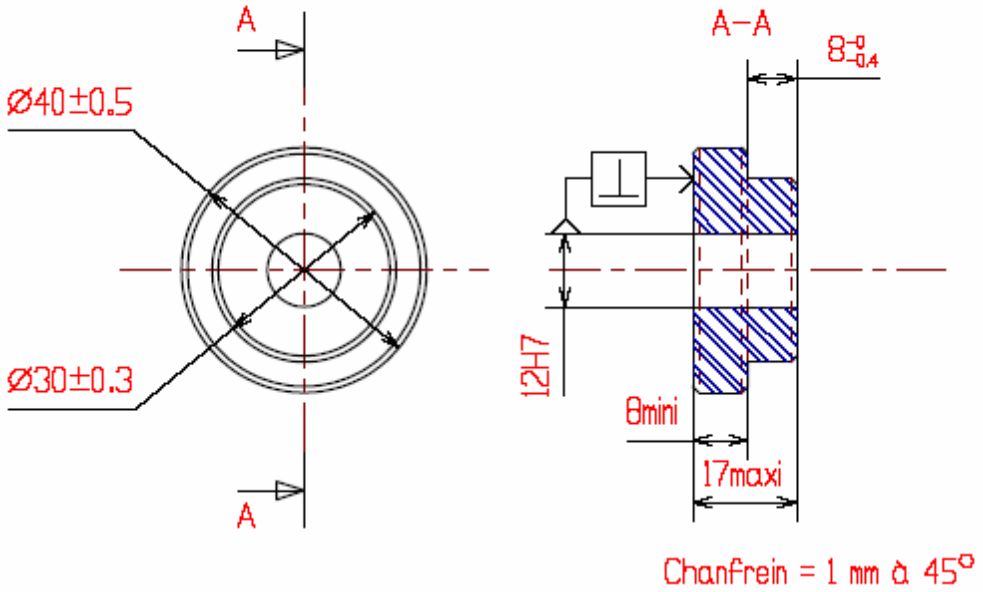




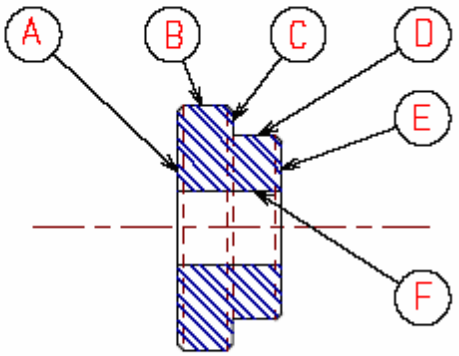
	0				
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence

Format : A4 Ech. 1 : 1	Voiturette
Dessiné par :	
Le:	N°

Dessin de définition



Repérage des surfaces

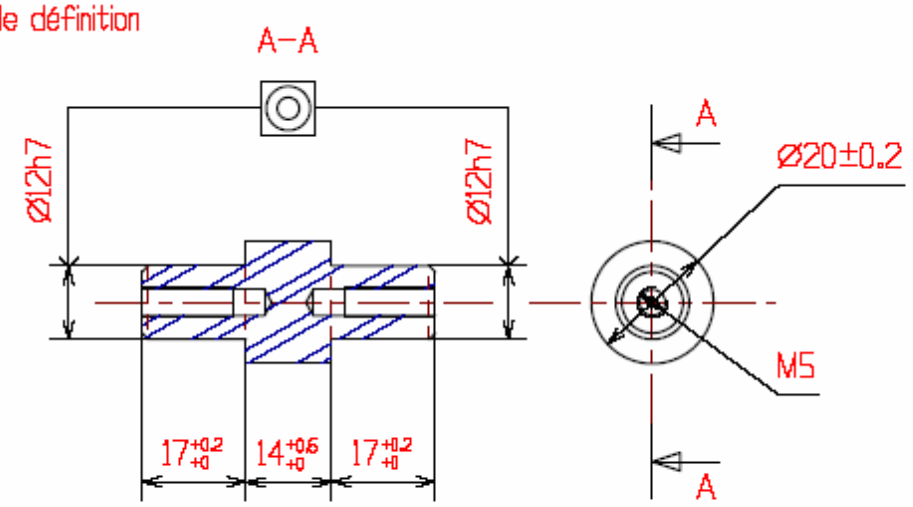


⊥ : perpendicularité entre le plan A et l'axe du cylindre F

	0				
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence

Format : A4 Ech. 1 : 1	Voiturette roue
Dessiné par :	
Le :	N°

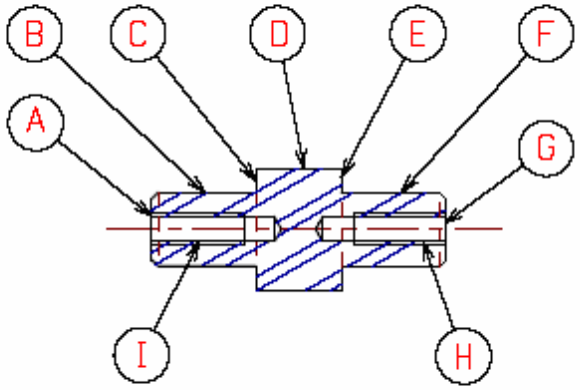
Dessin de définition



Chanfrein = 1 mm à 45°

Taraudage = M5x15

Repérage des surfaces



: coaxialité entre l'axe de B et l'axe de F

	0				
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence

Format : A4
Ech. 1 : 1

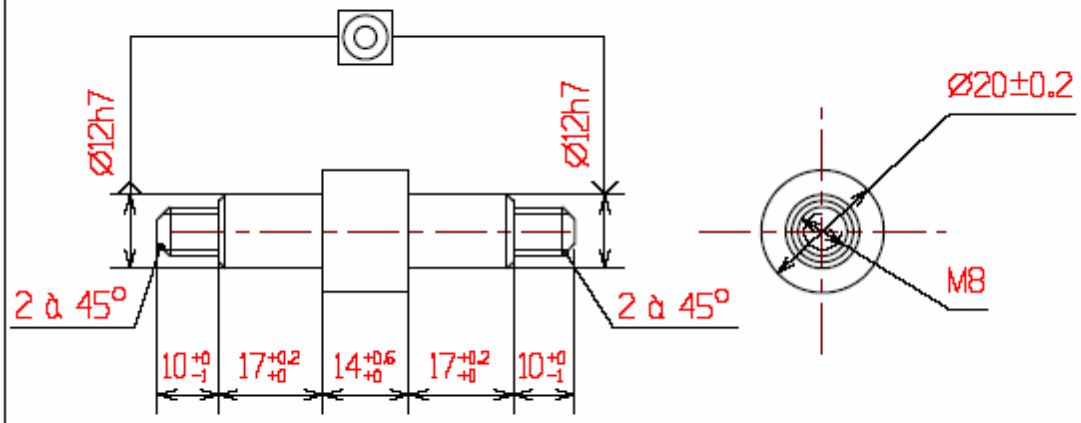
Voiturette
axe

Dessiné par :

Le :

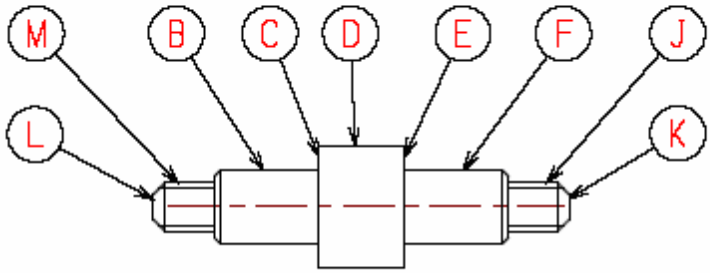
N°

Dessin de définition



Chanfrein = 1 mm à 45°
sauf indications contraires

Repérage des surfaces

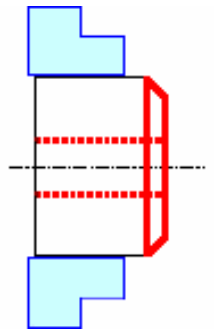
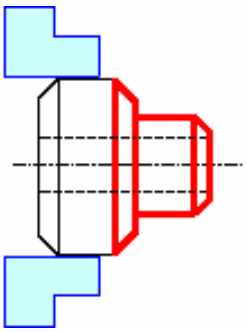


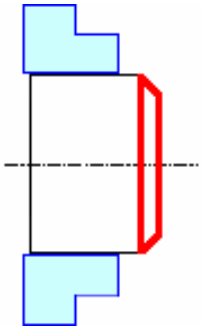
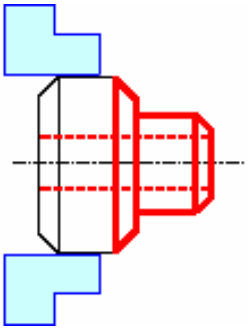
: coaxialité entre l'axe de B et l'axe de F

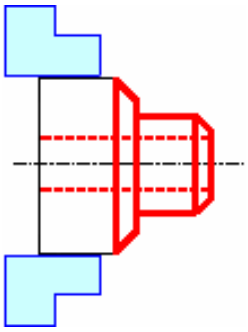
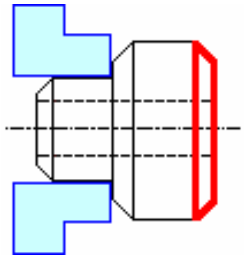
	0				
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence

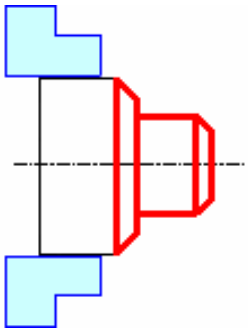
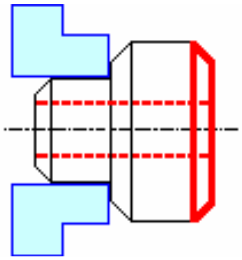
Format : A4 Ech. 1 : 1	Voiturette axe fileté
Dessiné par :	
Le :	N°

Gamme de la roue

Gamme 1 :									
Phase 10 : roue					**Phase 20 : roue**				
Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :				Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :			
									
Opérations	Outil	Vc	N	f	Opérations	Outil	Vc	N	f
Dressage	Outil d'ébauche carbure				Dressage/ Chariotage	Outil d'ébauche carbure			
Chanfrein	Outil à chanfreiner				Chanfrein	Outil à chanfreiner			
Pointage	Foret à centrer								
Perçage	Foret Ø 9,8								
Alésage	Alésoir 10H7								

Gamme 2 :									
Phase 10 : roue					**Phase 20 : roue**				
Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :				Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :			
									
Opérations	Outil	Vc	N	f	Opérations	Outil	Vc	N	f
Dressage	Outil d'ébauche carbure				Dressage/ Chariotage	Outil d'ébauche carbure			
Chanfrein	Outil à chanfreiner				Chanfrein	Outil à chanfreiner			
					Pointage	Foret à centrer			
					Perçage	Foret Ø 9,8			
					Alésage	Alésoir 10H7			

Gamme 3 :									
Phase 10 : roue					**Phase 20 : roue**				
Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :				Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :			
									
Opérations	Outil	Vc	N	f	Opérations	Outil	Vc	N	f
Dressage/ Chariotage	Outil d'ébauche carbure				Dressage	Outil d'ébauche carbure			
Chanfrein	Outil à chanfreiner				Chanfrein	Outil à chanfreiner			
Pointage	Foret à centrer								
Perçage	Foret Ø 9,8								
Alésage	Alésoir 10H7								

Gamme 4 :									
Phase 10 : roue					**Phase 20 : roue**				
Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :				Tournage Conventionnel	Tps. d'usinage :			
									
Opérations	Outil	Vc	N	f	Opérations	Outil	Vc	N	f
Dressage/ Chariotage	Outil d'ébauche carbure				Dressage	Outil d'ébauche carbure			
Chanfrein	Outil à chanfreiner				Chanfrein	Outil à chanfreiner			
					Pointage	Foret à centrer			
					Perçage	Foret Ø 9,8			
					Alésage	Alésoir 10H7			

Gamme d'usinage			
Ensemble :	Pièce :	Matière	
Nom :	Prénom :	Groupe :	Date :

Phase 10 Machine :		
Opérations	Outils	Dessin + mise en position

Phase 20 Machine :		
Opérations	Outils	Dessin + mise en position

Gamme d'usinage			
Ensemble :	Pièce :	Matière	
Nom :	Prénom :	Groupe :	Date :

Phase 10 Machine :		
Opérations	Outils	Dessin + mise en position

Phase 20 Machine :		
Opérations	Outils	Dessin + mise en position

BIBLIOGRAPHIE

- Guide pratique de l'usinage – Tournage, Jacob, J., Malesson, Y., Ricque, D., Hachette Technique, Paris, 1992
- L'usinage métaux – Manuel pratique, Clinet, M., Le Cam, L., Verdejo, L., Dunod, Paris, 1983
- Fabrications Mécaniques – Technologie, Butin, R., Pinot, M., Les Editions Foucher, Paris
- Technologie des Fabrications Mécaniques – Analyse des travaux – Fascicule 16 – Chevalier, A., Lecoeur, E., Delagrave, Paris, 1978.