

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Cours et Exercices Corrigés

Polycopié de cours destiné aux étudiants de 3^{ème} année Licence, Spécialité : Génie Industriel,
Semestre S5, LMD, Sciences et Technologie ST.

Préparé par :

 **Dr. Fadila GUERRACHE**
Maitre de Conférences B
Département Génie Mécanique

Année Universitaire 2021/2022

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Cours et Exercices Corrigés

Polycopié de cours destiné aux étudiants de 3^{ème} année Licence, Spécialité : Génie Industriel,
Semestre S5, LMD, Sciences et Technologie ST.

Préparé par :

 **Dr. Fadila GUERRACHE**
Maitre de Conférences B
Département Génie Mécanique

Année Universitaire 2021/2022

Avant-propos

Le département Génie Mécanique, Option Génie Industriel forme des Licenciers et Masters experts en Génie Industriel. Le Génie Industriel s'intéresse à l'optimisation de la chaîne de création de valeur en industrie. Par l'intégration des différentes ressources, que ce soit les ressources humaines, matérielles, informationnelles ou énergétiques, vous serez amené à résoudre différents types de problèmes qui entravent la productivité ou la sécurité d'un milieu industriel.

Le Génie Industriel a comme mission principale d'éliminer les pertes de temps, d'argent, de matériels, d'énergie et d'autres matières premières des organisations. Le Génie Industriel fournit une approche systématique pour rationaliser et améliorer la productivité et l'efficacité des organisations qu'elles soient de nature gouvernementale ou privée.

Le terme Industriel ne se limite pas qu'à la dimension de la fabrication ou d'ateliers manufacturiers. Il est reconnu que les ingénieurs industriels ont la formation technique pour apporter des améliorations à un système manufacturier. Toutefois, il faut souligner que les connaissances et les compétences d'un ingénieur industriel deviennent de plus en plus reconnues et utilisées pour évaluer et améliorer la productivité et la qualité des entreprises de service. De ce fait, l'appellation " Industriel " englobe aussi les entreprises de service. Donc, on peut résumer tous les domaines qui touchent au Génie Industriel par la phase : amélioration des performances globales de l'entreprise.

L'ingénieur en Génie Industriel est capable : de concevoir, d'implanter et de piloter des systèmes de production de biens et de services en considérant l'ensemble des dimensions, techniques, humaines, organisationnelles, financières, et en mettant ses compétences au service de la performance, de la sécurité et de la qualité. D'accompagner et de mener ses collaborateurs vers les objectifs visés en mettant en œuvre des qualités de relations humaines, de gestion d'équipe et de gestion de projet, pour expliquer, convaincre, motiver, animer, contrôler...

Comme discipline, les contributions les plus importantes du Génie Industriel pour les organisations et la société sont :

- une approche système qui assure la prise en compte efficace et optimal de toutes les parties d'un système d'une organisation, comprenant les aspects humains, économiques et technologiques ;
- des processus rigoureux d'amélioration continue de la productivité visant à faire plus avec moins et maximiser la rentabilité d'affaires des organisations ;
- une capacité de modélisation et de simulation des systèmes de production, des processus et des services ; des outils pour regarder un problème d'une façon structurée et déterminer des façons de le résoudre ;
- des méthodes d'analyses et de mesures quantitatives éprouvées ;
- un souci constant des interactions et de l'intégration des aspects humains, économiques et technologiques et des diverses disciplines concernés par une situation ;
- une préoccupation concernant la gestion du changement ;
- un souci constant de l'environnement et de la santé et sécurité ;
- une application constante de méthodes scientifiques pour prendre des décisions d'affaires.

L'ingénieur en Génie Industriel acquiert en prenant des responsabilités importantes :

- directeur de production ;
- directeur des achats et de la logistique et de la qualité ;
- chef de projet et le responsable de service ;
- consultant en organisation et gestion d'entreprise ;
- ingénieur méthodes et industrialisation ;
- création d'entreprise,...etc.

L'expression '**Procédés de Fabrication Mécaniques**' désigne les moyens mécaniques imaginés et mis en œuvre par l'homme pour transformer, par le travail, la matière en produits utiles. On peut facilement concevoir que l'homme exploita d'abord des moyens manuels, d'où le terme 'manufacture' (de manus, main et factus, faire, employé aujourd'hui pour désigner pour le fait de fabriquer des biens avec des moyens mécaniques.

L'évolution dans ce domaine, tout comme dans les autres sphères de l'activité humaines, fut lente et hésitante. Ce n'est qu'au cours du XVIII^e siècle, à l'ère de la révolution industrielle, que la mécanique, puis l'automatisation des procédés de fabrication, tels que nous les connaissons de nos jours, ont réellement commencé à s'accélérer. Aujourd'hui, l'éventail des procédés de fabrication et des matériaux, qui continue d'ailleurs à s'élargir, est tellement vaste que l'exploitation rationnelle des uns et des autres, de même que celle de la force ouvrière, au sens noble du terme, nécessite une planification rigoureuse si l'on veut en optimiser le rendement. C'est au bureau des méthodes qu'incombe généralement cette responsabilité.

Les machines, avec lesquelles on fabrique les produits, coûtent de plus en plus cher, ainsi que la main-d'œuvre qui les utilise. Les machines se compliquent grandement, elles possèdent plus d'axes, elles ont des commandes numériques et sont souvent équipées d'appareillage automatique coûteux, tels les changeurs d'outils, les évacuateurs de copeaux, etc. Il est donc important d'immobiliser ces systèmes de production et cette main-d'œuvre le moins de temps possible. Pour ce faire, il faut faire subir à une pièce le nombre minimal d'opérations de montage/démontage sur des machines différentes.

Ce polycopié de cours ont mis à la disposition des étudiants en Génie Industriel, 3^{ème} année, Licence, 5^{ème} Semestre, système LMD du domaine Sciences et Technologie des universités et écoles d'ingénieurs algériennes. Il répond au programme officiel du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. Il constitue un support pédagogique qui permet d'introduire l'étudiant dans la formation de spécialité en ingénierie.

Ce document est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré aux notions introductives de la généralité sur l'entreprise et les notions de la distribution en milieu industriel. Conceptuelle de processus de production dans l'entreprise industrielle fait l'objet du second chapitre.

Faire apprendre à l'étudiant les différentes techniques de fabrication de pièces soit conventionnelles ou avancées, afin de comprendre les phénomènes et les sources d'obtention des produits finis sont prises en considération dans le dernier chapitre. La première partie présente les procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière. Procédés d'obtention

des pièces sans enlèvement de matière ont été développées dans la seconde partie. Le chapitre est clôturé par un aperçu sur usinage par procédés non conventionnels.

Ce document s'achève par quelques exercices d'application avec leurs corrections. Ces exercices ont été choisis de manière à appliquer l'ensemble des connaissances du cours sur des configurations et pratiques et couramment rencontrées par l'ingénieur. La rédaction de ce polycopie a été faite en consultant de nombreux documents cités dans la liste bibliographique. J'espère que ce polycopie constituera une invitation à la lecture de ces livres.

Table des matières

Chapitre 1. Entreprise Industrielle

Introduction.....	01
I Entreprise.....	01
1 Eléments de définition de l'entreprise.....	01
1.1 Entreprise comme une unité de production.....	02
1.2 Entreprise comme une unité de répartition.....	02
1.3 Entreprise comme une cellule sociale.....	03
1.4 Entreprise comme une organisation dans son environnement.....	03
2 Organisation d'une entreprise.....	04
2.1 Vision taylorienne.....	04
2.2 Vision ISO 9000 version 2000.....	04
3 Caractéristiques de l'entreprise.....	08
4 Classification des entreprises.....	09
4.1 Critères juridiques de classification des entreprises.....	09
4.2 Critères économiques de classification des entreprises.....	12
5 Contraintes de l'entreprise.....	15
6 Compétitive de l'entreprise.....	15
6.1 Performances de l'entreprise.....	15
6.2 Non-performance de l'entreprise.....	16
II Entreprise Industriel.....	16
1 Définition.....	16
2 Activités d'entreprise industriel.....	17
3 Caractéristiques des entreprises industrielles.....	17
4 Secteurs entreprise industriel.....	22

Chapitre 2. Industries des Procédés

Introduction.....	23
1 Production.....	23
2 Cycle de développement d'un produit.....	24
3 Différentes modalités de production.....	25
4 Systèmes de production.....	26

4.1 Pilotage de la production par l'amont.....	26
4.2 Pilotage de la production par l'aval.....	27
5 Classification des ateliers.....	27
5.1 Ateliers Flow-Shop.....	27
5.2 Ateliers Job Shop et job shop flexible.....	28
5.3 Ateliers Open Shop.....	28
6. Flux physique et informatique.....	28
6.1 Système entreprise.....	28
6.2 Représentation schématique.....	30
6.3 Décomposition systémique d'une organisation.....	30

Chapitre 3. Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Introduction.....	32
I Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière.....	32
I.1 Généralité.....	32
I.2 Tournage.....	33
I.2.1 Machines-outils de tournage.....	33
I.2.2 Opérations de tournage.....	35
I.2.3 Conditions de coupe.....	37
I.2.4 Montage de la pièce.....	38
I.2.5 Outils de coupe.....	39
I.3 Fraisage.....	41
I.3.1 Fraiseuses.....	42
I.3.2 Modes de travail en fraisage.....	43
I.3.3 Types de fraisage.....	43
I.3.4 Angles d'outil.....	44
I.3.5 Opérations de fraisage.....	45
I.3.6 Conditions de coupe en fraisage.....	45
I.4 Perçage.....	47
I.4.1 Types de perceuses.....	48
I.4.2 Conditions de coupe.....	48
I.4.3 Foret hélicoïdal.....	49

I.4.4 Détermination du temps de coupe.....	50
I.5 Brochage.....	50
I.5.1 Définition.....	50
I.5.2 Brochage intérieur.....	51
I.5.3 Conditions de coupe.....	52
I.5.4 Types de machines à brocher.....	53
I.5.5 Lubrification.....	53
I.5.6 Utilisation.....	54
I. 6 Rectification.....	54
I. 6.1 Définition.....	54
I. 6.2 Structure de la rectifieuse.....	54
I. 6.3 Rectification plane.....	54
I. 6.4 Rectification de surfaces cylindriques.....	55
I. 6.5 Conditions de coupe.....	56
I. 6.6 Différents types de meules.....	56
I. 6.7 Avantages de la rectification.....	56
II Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière.....	57
II. Introduction.....	57
II.1 Réalisation par moulage.....	57
II.1.1 Moulage en sable.....	60
II.2.1 Forgeage.....	62
II.3 Estampage- Matricage.....	63
II.4 Laminage.....	63
III Usinage par procédés non conventionnels.....	64
III.1 Classification.....	64
III.2 Jet d'eau et jet d'eau abrasif.....	64
III.2.2 Usinage avec jet abrasif.....	66
III.3 Usinage ultrasonique.....	68
III.4 Usinage électrochimique.....	70
III.5 Usinage par électroérosion.....	72
III.6 Autres procédés.....	72
Exercices corrigés.....	74
Bibliographie.....	102

Chapitre 1

Enterprise Industrielle

Introduction

L'entreprise constitue un système complexe dont les activités répondent à la fois à des objectifs techniques, économiques, humains, sociaux... Il est très difficile d'en avoir une image complète suivant le niveau d'analyse (global, local approfondi, à court terme ou prospectif...), le point de vue (management, financier, commercial, technique...), l'objectif recherché (analyse de flux, de l'organisation, de la structure...). Nous allons préciser les objectifs généraux, les contraintes, les différents aspects afin d'une part de situer les activités de conception et de fabrication et d'autre part d'identifier les connaissances, les informations, les traitements à mobiliser pour répondre aux objectifs de l'entreprise.

I Entreprise

1 Eléments de définition de l'entreprise

Il n'existe pas de définition universelle de l'entreprise. Elle dépend de l'approche que l'on choisit. Il existe trois types d'approche :

- ↳ L'approche économique.
- ↳ L'approche juridique.

Sur le plan économique

Selon l'approche économique, l'entreprise est une unité de production des biens et services destinés aux marchés de biens de consommation (grand public) et aux marchés de biens de productions (les autres entreprises).

Exemples :

- La mission d'une entreprise sidérurgique est de produire de l'acier pour satisfaire les besoins de l'économie nationale : production de biens.
- La mission d'une entreprise de tourisme est de satisfaire les besoins de détente de la population : production de services.

Les moyens sont de trois sortes :

- humains (cadres, employés, etc.),

- matériels (terrains, bâtiments, machines, matières premières, etc.),
- et financiers (banques, etc.).

La mission peut être définie comme la production de biens ou de services nécessaires à la satisfaction des besoins individuels et collectifs.

Sur le plan juridique

L'entreprise apparaît comme une entité dont les éléments sont des individus et des personnes morales. Leurs rapports sont régis par des règles de droit.

1.1 Entreprise comme une unité de production

La fonction principale de l'entreprise est la production des biens et des services destinés à être vendus sur le marché. Il s'agit de biens et de services marchands, qui peuvent être des produits financiers ou non financiers. En ce sens, on peut distinguer deux groupes principaux des entreprises :

- ***Entreprises non financières (sociétés et quasi-sociétés)*** ; dont la fonction principale est la production de biens et de services marchands non financiers.

- ***Institutions financières*** ; dont la fonction principale est la réalisation de différentes opérations sur les moyens de paiement, ainsi que la prestation de services financiers marchands.

Pour produire, les entreprises utilisent les différents facteurs de production : Force du travail, capital et ressources naturelles. Ce sont ces trois facteurs de production qui sont à l'origine de la création de la valeur ajoutée. Les entreprises utilisent, également, d'autres biens et services produits par les autres entreprises.

1.2 Entreprise comme une unité de répartition

L'entreprise génère et reçoit deux sortes de flux à savoir ; des flux physiques et des flux financiers.

□ **Flux physiques** : ces flux sont constitués de différents biens et services produits par l'entreprise (flux générés), en utilisant des intrants constitués de ressources naturelles, de produits semi-finis, des produits énergétiques et de la force du travail utilisée pour les produire (flux reçus).

□ **Flux financiers** : les recettes générées par la vente des différents biens et services sur le marché constituent des flux financiers à destination de l'entreprise. La valeur ajoutée créée par cette dernière est obtenue en éliminant les coûts des consommations intermédiaires des recettes générées. Ensuite l'entreprise procède à des opérations de répartitions qui consistent à répartir la valeur ajoutée entre ses différents partenaires. Elle règle les impôts pour l'administration fiscale, paye ses salariés ainsi que les différentes charges aux organismes de sécurité sociale, prend en charge le paiement des intérêts et des dividendes, etc.

1.3 Entreprise comme une cellule sociale

Sur le plan social, l'entreprise remplit deux fonctions principales :

□ **Fonction économique** qui consiste à satisfaire les besoins des consommateurs par la production des biens et des services objets de la demande de ces derniers.

□ **Fonction sociale** à travers la création des emplois et la distribution de salaires aux personnes recrutées en vue de produire les différents biens et services qui seront offerts sur le marché. L'entreprise est, ainsi, une source de satisfaction de certains besoins sociaux. Ces différents besoins sont multiples et variés.

1.4 Entreprise comme une organisation dans son environnement

L'entreprise évolue dans un environnement externe composé de plusieurs dominantes : politique, juridique, économique, sociale et culturelle. La connaissance de cet environnement constitue une étape importante dont dépendent certaines décisions stratégiques que les dirigeants doivent prendre, notamment, celles liées aux choix des lieux de localisation.

En effet, il est primordial pour l'entreprise de connaître son territoire, en particulier :

- les dotations en ressources naturelles ;
- la démographie qui constitue à la fois le marché de consommation et la réserve de main d'œuvre ;

- les habitudes de consommation, de production et certaines variantes socioculturelles qui peuvent influencer les activités de l’entreprise ;
- le tissu socioéconomique afin d’identifier l’état de la concurrence et les partenaires potentiels ;
- l’état des infrastructures socioéconomiques et de base, ainsi que les technologies dont est doté le territoire d’accueil ;
- les lois en vigueur en matière d’investissement, de commercialisation et de circulation des capitaux ;
- l’état sécuritaire, et la stabilité politique dont dépend la sécurité des investissements envisagés ;
- la politique commerciale du pays d’accueil, et ses accords avec des partenaires commerciaux internationaux, etc.

2 Organisation d’une entreprise

2.1 Vision taylorienne

Il était de coutume de présenter l’entreprise avec hiérarchique, matérialisée par le fameux ‘ organigramme de l’entreprise’. Celui-ci faisait généralement apparaître une structure de l’entreprise composée de cinq fonctions principales assurées par trois directions :

□ **Fonction financière**, qui concerne l’optimisation des ressources financières de l’entreprise. Cette fonction est assurée par la direction financière et administrative.

□ **Fonction marketing**, dont le rôle est d’appréhender le besoin de la clientèle (spécifications, volume, échéancier). Cette fonction est assurée par la direction commerciale.

□ **Fonction production**, qui regroupe la conception et la réalisation du besoin de la clientèle dans les conditions imposées par les objectifs définis par le chef d’entreprise (prix, délais, qualité...). Cette fonction est assurée par la direction technique.

□ **Fonction distribution**, qui assure la diffusion du produit fabriqué. Cette fonction est assurée par la direction commerciale.

□ **Fonction personnel**, qui concerne la gestion du personnel nécessaire à la bonne marche de l'entreprise. Cette fonction est assurée par la direction financière et administrative. Cette organisation pouvait se représenter par l'organigramme simplifié de la figure.

2.2 Vision ISO 9000 version 2000

L'entreprise est maintenant perçue comme un réseau de fonctions qui peuvent être regroupées en quatre grands groupes :

- Les fonctions qui constituent le cycle d'innovation.
- Les fonctions qui constituent le cycle commercial.
- Les fonctions qui constituent le cycle de production.
- Les fonctions de service.

Ces fonctions peuvent également être regroupées suivant les grandes activités de l'entreprise.

↳ **Activités de conception**

La recherche et développement (R&D) recouvre des activités différentes suivant les entreprises. Cette fonction peut aller de la définition d'un concept jusqu'à la mise au point de produits industrialisés : dans ce cas, cette fonction intègre les fonctions de conception et d'industrialisation des produits présentées ci-après. Cette fonction a comme rôle principal d'intégrer les tendances du marché (comportement, habitudes, besoins...des consommateurs), les évolutions techniques...afin de pouvoir proposer aux clients des produits innovants permettant à l'entreprise de développer son image et sa rentabilité. Pour cela, cette fonction s'appuie fortement sur les informations fournies par l'intelligence économique, extension de l'ex 'veille technologie'.

L'intelligence économique consiste à recueillir, analyser et synthétiser des informations de toutes natures (scientifiques, techniques, commerciales, industrielles juridiques...) relatives à l'environnement de l'entreprise (concurrence notamment) et utiles à ses actions tactiques et stratégiques.

La conception d'un produit a pour but d'élaborer, à partir d'un cahier des charges précisant les fonctionnalités attendues du produit ;

- l'avant-projet au stade de la consultation.
- le projet (dessin+logique de fabrication).
 - dans le cadre d'un contrat spécifique pour un client.
 - dans le cadre de l'entreprise pour évaluation et étude de faisabilité et de rentabilité

En mécanique, le plan de conception, élaboré au stade de l'avant-projet, formalise les caractéristiques essentielles du produit. Tous les dimensionnements sont d'ordre fonctionnel.

En électronique, la conception consiste en une définition d'un schéma de principe indiquant les différentes valeurs des composants.

Dans le cas d'une fabrication en grand série, la phase de conception peut conduire à la réalisation d'un prototype, ou d'une maquette, qui permettra d'effectuer divers essais de validation des spécifications techniques concernant les conditions de fonctionnement.

L'industrialisation a pour rôle d'explicitier le projet dans le cadre des spécificités techniques. L'industrialisation d'un produit doit se faire en visant la simplification de la production. Pour cela, le concepteur aura à cœur de minimiser le nombre de produits finis, de minimiser le nombre des composants entrant dans leur fabrication et de travailler dans le sens d'une standardisation de ces produits.

Cette phase est très importante car elle conditionne la bonne réalisation des produits dans les ateliers.

En mécanique, l'industrialisation consiste à définir le plan d'exécution permettant la réalisation de la pièce dont il est l'objet. Il explicite les caractéristiques des ébauches et donne tous les dimensionnements de détail. Certaines pièces ayant des analogies de fabrication et des processus d'obtention identiques peuvent être réalisées à partir de mêmes ébauches. Celle-ci, fabriquées en plus grandes séries pour plusieurs produits finis différents offriront à l'entreprise une plus grande souplesse de fabrication.

En électronique, l'industrialisation consiste à définir les composants les mieux adaptés vendus dans le commerce qui devront constituer le produit, et à prévoir leur implantation, permettant ainsi de définir le circuit imprimé support. Si deux modèles utilisent des supports et des

composants similaires, le concepteur chercha à définir un produit utilisable dans les deux cas et facilement adaptable au besoin (passage d'un produit à un autre par élimination d'une diode, d'une résistance, d'un composant...). Cela peut, dans ce cas, conduire à insérer dans le produit plus de composantes que nécessaire, toutefois, le surcoût est largement inférieur au coût de gestion de plusieurs produits finis.

↳ **Activités de production**

Ce sont toutes les fonctions opérationnelles sur le flux physique dans l'entreprise. Ces fonctions font partie intégrante de la chaîne logistique.

↳ **Activités de commercialisation**

Quel que soit le métier pratiqué, une entreprise a besoin d'activité de commercialisation pour vivre. Ces activités sont réalisées par trois fonctions principales :

- La fonction marketing.
- La fonction commerciale.
- L'administration des ventes.

La *fonction marketing*, ou merchandising peut être rattachée à la direction générale, au commercial, parfois à la R&D. Elle comprend les études de marché, les chefs de produits, la publicité et la promotion. Elle a un rôle essentiel de communication car les entreprises prennent de plus en plus conscience que c'est le client qui commande, qui achète, et non le marché ou le segment de clientèle (on découvre que le chaland peut avoir des comportements différentes selon les énergies). Pour cela il sera donc nécessaire, en fonction des cibles à atteindre, de bien définir la pertinence des messages et des vecteurs de communication afin d'avoir le meilleur impact possible. Cette fonction est souvent scindée en deux :

Le marketing stratégique chargé de nourrir la réflexion stratégique et l'innovation grâce à des chefs de produits ou de marchés, d'enseignes.

Le marketing opérationnel, chargé d'aider les vendeurs à écouler les produits dans le réseau.

Dans la *fonction commerciale*, on trouve généralement des vendeurs, des activités liées à la vente, à la gestion et à la présentation des produits ainsi que la gestion de la demande des clients. Dans leur tâche, les commerciaux sont amenés à analyser la situation et le problème

du client afin de faire une proposition d'une formula pro-l'acte de commande da la part du client.

L'administration des ventes a pour rôle principe l'enregistrement et la transmission des commandes afin d'assurer toute les relations administratives avec le client : pour cala elle est conduite à établir des plannings et les prévisions nécessaires à la préparation administrative des livraisons. Elle établit, également, des statistiques commerciales et la comptabilité clients (gestion des comptes, risque client, recouvrements).

↳ **Activités de service**

Ces activités regroupent les fonctions qui permettent d'assurer la bonne marche de l'entreprise :

- La direction générale.
- L'informatique.
- La comptabilité et les finances.
- Le service juridique.
- Les ressources humaines.
- L'accueil.

3 Caractéristiques de l'entreprise

L'entreprise réunit les caractéristiques suivantes :

- Il s'agit d'une coalition avec un but commun qui est produire et vendre des biens et des services : l'entreprise regroupe une multitude de personnes qui coordonnent en vue de donner naissance à de nouveaux produits. Le degré de motivation des individus formant cette coalition diffère entre les différentes parties prenantes. En effet, l'adhésion au but poursuivi de l'associé-entrepreneur est, souvent, plus forte par rapport à celle des simples salariés liés par des contrats de travail.

- Il s'agit d'un centre de décision qui exerce une influence sur son environnement. De ce point de vue, l'entreprise dispose d'un poids important aussi bien sur le marché des biens et des

services via l'offre des produits, que sur le marché du travail à travers l'occupation d'une main-d'œuvre et la répartition des revenus.

- Enfin, il s'agit de la somme des moyens humains (connaissances, savoir-faire, expérience), matériels (outils de production et de distribution) et financiers (nécessaires aux échanges et aux transactions) qui permettent de remplir la fonction de production de nouveaux produits, et de satisfaire ainsi une demande émanant du marché. Ainsi, l'entreprise, en plus d'être un lieu de production, constitue un lieu d'accumulation du capital sous ses différentes formes (économique, intellectuel et financier).

4 Classification des entreprises

Les entreprises peuvent être classifiées selon plusieurs critères. Dans ce qui suit, nous retenons uniquement les critères juridiques et économiques.

4.1 Critères juridiques de classification des entreprises

D'un point de vue juridique, les entreprises peuvent être classées selon deux grands secteurs à savoir le secteur public et le secteur privé.

4.1.1 Secteur public

Le secteur public est constitué, principalement, de deux catégories d'entreprises :

Les sociétés publiques qui bénéficient de personnalité morale, qui produisent différents biens et services, comme les sociétés de transport (Air Algérie, la société de transport ferroviaire), les sociétés de production et de distribution des produits énergétiques (la SONATRACH, la SONELGAZ), le complexe sidérurgique d'Annaba, la société nationale des véhicules industriels (SNVI), etc.

Les quasi-sociétés publiques qui sont des administrations qui vendent plus de 50% de leur production sur le marché.

4.1.2 Secteur privé

Les entreprises relevant du secteur privé peuvent être des entreprises individuelles, des sociétés de personnes ou des sociétés de capitaux.

4.1.2.1 Entreprises individuelles

L'entreprise individuelle est constituée par une seule personne dont le patrimoine personnel se confond avec celui de l'entreprise. Il est donc très difficile de dissocier les biens de l'entreprise des biens propres de son propriétaire. En matière d'imposition, ce dernier est tenu de régler l'impôt sur le revenu global (IRG) qui est calculé sur la base de ses revenus et des bénéfices qu'il réalise par l'activité de son entreprise individuelle.

4.1.2.2 Sociétés de personnes

Les sociétés de personnes sont constituées d'associés ayant une forte relation entre eux, soit parce que leurs intérêts sont intimement liés, soit parce qu'ils collaborent effectivement et personnellement à la poursuite du but social. Dans ce type de sociétés, les cessions des parts sociales sont, généralement, soumises à l'accord préalable des autres associés. En Algérie, les entreprises de personnes peuvent être :

Les sociétés en nom collectif (SNC) : Dans ce type de sociétés, les associés ont tous la qualité de commerçant et répondent solidairement des dettes sociales. L'avantage de cette forme juridique réside dans le fait qu'elle présente une organisation statutaire souple, et qu'elle n'exige pas un capital minimum obligatoire.

Les sociétés en commandite simple (SCS) (Société hybride) : Elles sont constituées de deux groupes d'associés : les commandités qui ont la qualité de commerçant et qui sont solidairement responsables des dettes sociales, et les commanditaires qui sont des associés qui ne répondent des dettes sociales qu'à concurrence de leurs apports. Cette forme sociale favorise le développement d'une société familiale par apport de capitaux nouveaux sans que les initiateurs du projet en perdent la maîtrise. Elle constitue la solution adéquate pour une ouverture en douceur du capital de l'entreprise.

Les sociétés en participation : il s'agit de sociétés qui ne sont pas immatriculées au registre de commerce et dépourvues de la personnalité morale. Leur constitution ne nécessite aucune formalité. Elles sont uniquement soumises à l'obligation de souscrire une déclaration d'existence auprès des services fiscaux. Ce genre de sociétés est particulièrement adapté aux activités ponctuelles et saisonnières comme les chantiers de travaux publics et les exploitations agricoles.

4.1.2.3 Sociétés de capitaux

Les sociétés de capitaux sont créées par l'association des capitaux apportés par les associés (apport en numéraire ou en nature). Les titres de propriété représentant ces capitaux sont appelés actions, et sont plus facilement transmissibles que dans une société de personnes. En Algérie, cette catégorie d'entreprises comprend :

Les sociétés par actions : ces sociétés sont constituées d'associés qui ne supportent les pertes qu'à concurrence de leurs apports. Elles se composent d'au moins 07 associés, et leur capital ne peut être inférieur à 5 000 000 de dinars si la société fait publiquement appel à l'épargne et de 1 000 000 de dinars si ce n'est pas le cas.

Les sociétés en commandite par actions (SCA) (Société hybride) : leur capital social est divisé en action. Elles se caractérisent par l'existence de deux types d'associés : Les commandités qui sont des commerçants indéfiniment et solidairement responsables du passif social et dont les parts ne sont pas librement cessibles, et les commanditaires qui ne sont responsables des dettes de la société qu'à concurrence de leurs apports. Leurs actions sont librement négociables et leur nombre ne peut être inférieur à 03. Le capital social nécessaire pour constituer ce genre de sociétés est de 5 000 000 de dinars en cas d'appel public à l'épargne et de 1 000 000 de dinars lorsque ce n'est pas le cas.

Les sociétés à responsabilité limitée (SARL) : Elles sont constituées par des associés qui ne supportent leurs pertes qu'à concurrence de leurs apports. Le nombre des associés est compris entre 02 (minimum) et 50 (maximum). Leur capital social doit être supérieur ou égal à 100 000 dinars, et la valeur nominale des parts sociales ne doit pas être inférieure à 1 000 dinars. Lorsque cette société ne comporte qu'une seule personne en tant qu'associé unique, elle est dénommée entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée « EURL ». Cette forme sociale permet la cessibilité des parts sociales. Par contre, elle est contraignante par le fait qu'il est exigé la libération totale des parts sociales.

L'entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée (EURL) : Cette société ne comporte qu'une seule personne en tant qu'associé unique. Son capital social ne peut être inférieur à 100 000 dinars. L'avantage de cette forme c'est que les biens personnels de l'entrepreneur sont distincts de ceux de l'entreprise. Ainsi, il ne répond des dettes de l'entreprise qu'à concurrence du capital social.

4.2 Critères économiques de classification des entreprises

D'un point de vue économique, les entreprises peuvent être classées en fonction du domaine ou de la nature de l'activité exercée, ou encore en fonction de leurs tailles.

4.2.1 Classification selon l'activité de l'entreprise

En tenant compte des types des activités exercées par les entreprises, deux principales classifications peuvent être retenues : une classification selon la nature de l'activité exercée, et une classification liée au domaine de l'activité exercée.

4.2.1.1 Classification selon la nature de l'activité

La classification liée à la nature de l'activité exercée donne lieu à plusieurs catégories d'entreprises :

- les entreprises agricoles ;
- les entreprises industrielles ;
- les entreprises commerciales ;
- les entreprises prestataires de service ;
- les établissements de crédit ;
- les sociétés d'assurance.

4.2.1.2 Classification selon le domaine d'activité

Selon le domaine d'activité exercée, les entreprises peuvent être classées par *secteur d'activité*, par *branche d'activité*, ou par *filière*.

□ **Un secteur** d'activité regroupe toutes les entreprises qui exercent la même activité principale. Habituellement, 03 secteurs sont considérés dans cette classification :

Secteur primaire regroupant les activités extractives (Mines et carrières), agricoles et de pêche.

Secteur secondaire qui regroupe les activités de transformation (Industries, bâtiments, etc.).

Secteur tertiaire qui regroupe les activités liées aux différents services.

□ **Une branche** regroupe les entreprises qui fabriquent la même catégorie de produits. Ainsi, elles peuvent être classifiées en fonction de cette production, en une entreprise agricole, agroalimentaire, de bâtiment et travaux publics, etc.

Une entreprise ne peut appartenir qu'à un seul secteur, mais peut être classée dans plusieurs branches suivant ses fabrications.

□ **Une filière** constitue une chaîne d'activités complémentaires partant des matières premières (amont) pour aboutir à l'utilisateur final (aval). Exemple : filière textile, bois, agroalimentaire, aéronautique, etc.

4.2.2 Classification des entreprises selon la taille

La taille de l'entreprise est considérée en fonction du nombre d'employés et de son chiffre d'affaires, ou en tenant compte du total de son bilan. Selon le critère de la taille, les entreprises peuvent appartenir à la catégorie des petites et moyennes entreprises (PME) ou des grandes entreprises.

4.2.2.1 Grandes entreprises

En Algérie, une grande entreprise est celle qui emploie plus de 250 personnes, et dont le chiffre d'affaire dépasse 04 milliards de dinars algériens, ou dont le total du bilan dépasse 01 milliard de dinars algériens.

4.2.2.2 Petite et moyenne entreprise (PME)

La législation algérienne définit la PME comme étant « une entreprise de production de biens et/ou de services, qui emploie une (01) à deux cent cinquante (250) personnes, et dont le chiffre d'affaires annuel n'excède pas quatre (4) milliards de dinars algériens, ou dont le total du bilan annuel n'excède pas un (1) milliard de dinars algériens ». La moyenne entreprise est définie

comme « une entreprise employant de cinquante (50) à deux cent cinquante (250) personnes et dont le chiffre d'affaires annuel est compris entre quatre cent (400) millions de dinars algériens et quatre (4) milliards de dinars algériens **ou** dont le total du bilan annuel est compris entre deux cent (200) millions de dinars algériens et un (1) milliard de dinars algériens ». La petite entreprise est définie comme « une entreprise employant de dix (10) à quarante-neuf (49) personnes et dont le chiffre d'affaires annuel n'excède pas quatre cent (400) millions de dinars algériens, **ou** dont le total du bilan annuel n'excède pas deux cent (200) millions de dinars algériens ».

→ **Très petite entreprise (TPE) ou la micro-entreprise**

La très petite entreprise est définie comme « une entreprise employant de un (1) à neuf (9) personnes et réalisant un chiffre d'affaires annuel inférieur à quarante (40) millions de dinars algériens, ou dont le total du bilan annuel n'excède pas vingt (20) millions de dinars algériens ». La classification des entreprises repose sur plusieurs critères qui permettent de regrouper les activités productives en plusieurs catégories plus ou moins homogènes. Ces classifications qui rendent compte de la diversité des activités économiques et des formes d'organisation des activités productives peuvent s'avérer très utiles lorsqu'il est question d'effectuer des comparaisons entre les différentes entreprises, d'étudier leurs structures et leurs comportements ou encore d'évaluer leurs performances. En outre, en matière d'élaboration et de mise en place des politiques économiques, ces classifications permettent d'adapter les outils d'intervention publique aux spécificités des entreprises.

5 Contraintes de l'entreprise

L'entreprise doit, de plus en plus, prendre en compte simultanément plusieurs types de contraintes liées à son environnement :

a. Contraintes économiques

L'entreprise ne peut plus fabriquer des produits qui lui plaisent, mais elle est obligée de s'adapter à la demande du marché en proposant des produits attendus par les clients.

b. Contraintes financières

Les responsables d'une entreprise, sensibles en permanence à la rentabilité de leur outil de production, doivent arriver à une véritable maîtrise des coûts.

c. Contraintes techniques

Les clients étant sensibles aux derniers gadgets ou aux dernières avancées technologiques, les concepteurs doivent être en permanence en veille technologique afin d'intégrer les nouvelles technologies dans leurs produits.

d. Contraintes humaines

L'économie de production ayant déresponsabilisé les employés, ce qui a eu pour effet de renforcer les structures syndicales, les entreprises doivent maintenant mettre en place une gestion sociale de l'entreprise en veillant à l'évolution des compétences et des qualifications.

6 Compétitive de l'entreprise

6.1 Performances de l'entreprise

Toute entreprise se pose sans cesse la question suivante :

Comment être compétitive sur le marché face à la concurrence ?

L'entreprise sera appréciée par ses capacités :

- A mettre à disposition, au bon moment, aux meilleurs coûts et en qualité juste nécessaire des produits et/ou services performants.
- Tout en assurant la satisfaction des salariés et des actionnaires.
- Aux moindres coûts pour l'entreprise.

Les objectifs de l'entreprise seront alors évalués par :

- Les délais de mise à disposition du produit et/ou du service.
- Les coûts de mise à disposition.
- La réalité des quantités livrées.

- La performance du produit et/ou du service fournir.
- Le degré de satisfaction des salariés et des actionnaires.
- La rentabilité de tous les moyens mis en œuvre.
- La réactivité face aux besoins du marché.

6.2 Non-performance de l'entreprise

Les causes de non-performance sont principalement :

- Des délais de réalisation trop longs.
- Des stocks trop élevés.
- Des retards à divers niveaux.
- Un manque de réactivité.
- Des ruptures d'approvisionnement.
- Une non maîtrise de la qualité.
- Une mauvaise utilisation des équipements.
- Une gestion mal optimisée des hommes...

En conséquence, l'entreprise est conduite à rechercher des meilleures performances en coût, délai, qualité, réactivité.

II Entreprise Industriel

1 Définition

L'industrie c'est l'ensemble des activités économiques qui produisent des biens matériels par la transformation et la mise en œuvre des matières premières.

Ces biens sont de trois types :

a. Biens de consommation

Ces biens ont pour débouché « naturel » la consommation finale des ménages. Ils recouvrent tous les équipements du foyer, comme l'électroménager par exemple.

b. Biens d'équipement : les industries de biens d'équipement fournissent des biens durables qui servent à produire des services ou d'autres biens. Elles comprennent la

construction navale, ferroviaire, aéronautique, ou encore la fourniture d'équipements mécaniques.

c. Biens intermédiaires

Ils sont destinés à être incorporés à d'autres biens. La métallurgie, les fabricants de composants électriques produisent des biens intermédiaires qui sont utilisés dans d'autres secteurs industriels.

Une entreprise industrielle est une société de taille plus ou moins importante qui produit des biens (objets concrets qu'elle fabrique et met sur le marché pour le consommateur) ou des services (actions ou prestations qu'elle propose comme de la formation, de la maintenance, etc.). Elle réunit des hommes et des femmes qui travaillent ensemble grâce à des moyens financiers et techniques (des machines et surtout, des savoir-faire).

2 Activités d'entreprise industriel

Six grandes familles d'activité couvrent l'ensemble des missions des employés des entreprises industrielles. De quoi permettre à chacun de réaliser le parcours le plus en adéquation avec sa personnalité et ses motivations.

- **Concevoir - rechercher** : des métiers pour inventer, créer et développer le monde de demain au sein des bureaux d'études.
- **Préparer - organiser** : des métiers de méthode et de programmation pour tout prévoir.
- **Produire - réaliser** : des métiers de savoir-faire et d'équipe.
- **Installer - maintenir** : des métiers de maintenance pour le bon fonctionnement des équipements.
- **Acheter - commercialiser** : des métiers de décisions et de services.
- **Gérer - administrer** : des métiers de support au service de toute l'entreprise.

3 Caractéristiques des entreprises industrielles

Les entreprises industrielles sont caractérisées par la transformation physique d'un input tangible en output. On les différencie selon le produit qu'elles fabriquent ou la méthode de

production (process) qu'elles utilisent. Suivant le critère produit, on peut principalement retenir les (03) types d'entreprise industrielle suivante :

□ ***Entreprise de production sur stock***

On fabrique, puis on stocke en anticipation aux commandes des clients. Ici le client est très exigeant par rapport au délai de livraison. C'est souvent le cas des produits de consommation courante.

□ ***Entreprise d'assemblage sur commande***

Cette stratégie est utilisée pour des produits à options multiples ; on fabrique le modèle de base, les options et les accessoires puis on les stocks en attendant la commande du client pour assembler le produit spécifié dans la demande. Dans ce cas le client est un peu moins exigeant sur le délai.

□ ***Entreprise de fabrication sur commande***

Dans ce cas, on ne connaît à priori les besoins du client qu'après avoir reçu sa commande. On peut cependant stocker des matières premières et des pièces d'utilisation générale, mais rien n'est fabriqué ou conçu avant la réception des spécifications du client. Ceci nécessite un système de production (équipements, main d'œuvre) flexible. Ici le client accepte des délais assez long (bâtiments, projets.)

Suivant le critère méthode de production, on peut principalement retenir les (03) types d'entreprise industrielle suivante :

□ ***Entreprise à production unitaire***

C'est une méthode de production selon laquelle chaque unité ou groupe d'unités produit est une entité bien spécifique (exemple du menuisier autonome : il fait tout, du dessin à la finition ; il ne peut pas faire une copie conforme de la première chaise).

Caractéristiques

- Tout produit peut être fabriqué à l'unité (bijou, habit sur mesure, enseignement individualisé,...).

- Le temps de fabrication est long (beaucoup de set-up).
- Les variations dans la conception y sont fréquentes (le processus de conception s'étalonne tout au long de la fabrication d'où des modifications fréquentes).
- Les produits finis sont rarement identiques l'un à l'autre (à cause de fréquentes modifications).
- Le temps d'apprentissage est relativement long.
- Le personnel est très habile et très versatile (il doit exécuter toutes les étapes de la fabrication).
- Les délais de livraison sont difficiles à prévoir.
- La circulation du produit en cours de fabrication est faible.

Avantages

- Les besoins en installations et équipements sophistiqués sont faibles ce qui permet de minimiser les coûts de set-up.
- Il y a une grande flexibilité des activités (fréquentes modifications)
- La qualité est bien contrôlée (le personnel de la fabrication est lui-même responsable du contrôle de la qualité).
- La motivation des opérateurs est très élevée (contrôle du produit, élargissement des tâches).
- Le produit final répond très adéquatement aux besoins du client.

Inconvénients

- Le coût final est difficile à prévoir avec exactitude (nombreuses modifications au cours de la fabrication).
- La vitesse de production est très lente (apprentissage lent).
- Le coût du produit fini est très élevé (coûts variables élevés, modifications, frais généraux).
- Le lot de production est limité.

□ Entreprise à production interrompue

C'est une méthode de production par laquelle le processus (ou procédé) d'exploitation détermine l'aménagement des locaux et des équipements (aménagement par département ou par procédé).

Caractéristiques

- L'équipement a une utilité générale (non spécialisée pour une tâche).
- Les équipements du même genre sont regroupés dans des locaux ou des ateliers spécialisés (département assemblage, département presse, atelier dessin,...).
- Le stock des produits en cours est élevé (fabrication par lot économique).
- La circulation des produits est très importante ce qui nécessite un équipement de manutention (diables, chariots,...).
- Il y a un besoin d'opérateurs spécialisés (ateliers spécialisés)

Avantages

- Il y a une grande versatilité de l'équipement (production et transport).
- Il y a une grande flexibilité de passage d'un produit à un autre.
- Le taux de production est facilement adaptable.
- L'ordonnancement des opérations est facilement contrôlable («expéditions des commandes urgentes, transferts des ressources d'un atelier à un autre).
- Les opérateurs sont responsables de leur travail (ce sont des spécialistes).
- Le travail est non contraignant pour les opérateurs (le rythme de la production est contrôlé par eux-mêmes et non par les machines).

Inconvénients

- Le volume de production est limité (espace de stockage).
- La vitesse de production est relativement lente (transport, contrôle de la cadence par les opérateurs).
- La circulation entre les différents services est importante.
- Le stock de produits en cours est élevé d'où surfaces importantes des ateliers.
- Il y a une nécessité constante d'équilibrer les facteurs de production.
- Le coût final du produit est relativement élevé (importants frais généraux à supporter).

□ ***Entreprise à production continue***

C'est une méthode de production selon laquelle le produit détermine l'aménagement de l'équipement et des locaux (chaîne de montage auto, raffinerie, taïba...)

Caractéristiques

Les équipements nécessaires à la fabrication du produit sont disposés d'une façon à respecter les étapes du processus de fabrication et les agencements nécessaires à cette fabrication.

Exemple : *montage d'une automobile.*

- Une même chaîne de production est composée de différents types d'équipements pour transporter le produit d'une étape à une autre (convoyeurs).
- Elle se prête bien à l'automatisation et à l'automation.
- Il y a peu d'espace perdu.
- Elle nécessite une parfaite synchronisation des différentes étapes d'exploitation (pour éviter les goulots d'étranglement).
- Elle nécessite un stock important de matières premières et bien déterminé (dépend de la vitesse de production).
- Il est nécessaire de prévoir des entrepôts pour stocker les produits finis (lots de production importants pour rentabiliser la mise en route).
- Un stock de pièces de rechange pour l'équipement de la chaîne (l'arrêt de la chaîne est très coûteux).
- Il faut deux catégories de personnel de production : un personnel d'exploitation et un personnel de soutien.
- Le personnel d'exploitation s'occupe des opérations de production ; il n'a pas besoin d'être spécialisé car il accomplit des tâches élémentaires et répétitives. Ce personnel diminue avec l'automatisation.
- Le personnel de soutien s'occupe de la maintenance des équipements et doit être hautement spécialisé et bien connaître le matériel car la chaîne est souvent constituée de matériel sophistiqué.

Avantages

- Une grande vitesse de production, une capacité énorme de production.
- Un coût unitaire de production très bas, une homogénéité des produits finis.
- Un temps d'exécution constant et prévisible d'où une facilité de prévoir les délais de livraison.

Inconvénients

- L'investissement de départ est très important, l'investissement sur les stocks est élevé (matières premières, produits finis), la flexibilité de la chaîne est limitée.
- Les coûts pour apporter une modification au produit sont énormes (équipement, synchronisation, set-up).
- Le travail du personnel d'exploitation est souvent monotone et la vitesse de leur travail est souvent contrôlée par la « machine ».

4 Secteurs entreprise industriel

- Construction aéronautique, spatiale et défense* : avions, hélicoptères, drones, électronique de défense ou vols dans l'espace.
- Automobile* : voitures plus économes, plus respectueuses de l'environnement et plus sûres.
- Equipements mécaniques* : pièces, machines, outillages, systèmes de production avec des applications dans d'innombrables domaines (l'énergie, l'automobile, le naval, l'aéronautique, le ferroviaire).
- Construction navale* : porte-avions ou sous-marins nucléaires, frégates, paquebots ou navires à passagers.
- Ferroviaire* : matériel roulant, équipements, signalisation, infrastructures.
- Métallurgie* : sidérurgie, métaux non ferreux, fonderie, produits métalliques et services industriels des métaux ferreux.
- Equipements énergétiques* : production et transport d'énergie.
- Electrique, électronique, numérique et informatique* : horlogerie, instruments de mesure, aide à la navigation de l'automobile, équipements médicaux, matériels optiques et photographiques, supports magnétiques.

Chapitre 2

Industries des Procédés

Introduction

Depuis que l'homme existe, il n'a cessé de développer les outils destinés à prolonger l'action de la main de l'homme afin de l'assister dans la réalisation des différents objets de son environnement, le résultat du travail étant fortement lié à l'habileté de l'opérateur. Pour accroître l'efficacité de ces outils pour obtenir des formes difficilement réalisables de manière répétitive l'homme a inventé des machines manuelles, et ceci, bien avant Jésus Christ.

Si jusqu'alors les matériaux étaient tendre, à partir du XVII^e siècle on commence à usiner le fer. C'est alors que les progrès ont concerné d'une part les instruments de mesure, et d'autre part les systèmes de guidage des pièces et des outils en travaillant, entre autre, sur la rigidité des bâtis. C'est à cette époque qu'est apparu un dispositif de synchronisation de l'avance de l'outil et la rotation de la pièce.

1 Production

La production consiste à fabriquer des produits répondant aux besoins des clients. Elle s'effectue à partir d'inputs (marchandises, composants, énergies...) et de facteurs de production (capital et travail). Elle doit répondre à des objectifs de quantité, de qualité et de délai. Elle doit permettre à l'entreprise d'être aussi ou plus compétitive que ses concurrents.

La servuction correspond à l'ensemble des opérations constitutives du processus de création d'un service. Le mot servuction résulte de la contraction des termes "service" et "production". Un service présente diverses spécificités : c'est un acte immatériel, non stockable. Il est intangible (ne peut être vu, goûté, ressenti avant d'avoir été acheté). Il est souvent consommé en même temps qu'il est produit. Le client participe à la prestation, fournit l'information nécessaire et exécute certains actes.

2 Cycle de développement d'un produit

Les différentes fonctions proposées par les entreprises industrielles permettent de comprendre tout le *cycle de développement* d'un produit, de sa *conception* à sa *commercialisation*

a. Etude de marché

- Responsable marketing.
- Chef de produit.

b. Proposition d'une idée

- Designer industriel.
- Dessinateur industriel.
- Ingénieur systèmes.

c. Recherche et développement

- Ingénieur R&D.
- Ingénieur matériaux.
- Aérodynamicien.
- Technicien écoconception.

d. Essais

- Technicien d'essais.
- Technicien contrôle non destructif.

e. Fabrication d'un prototype

- Technicien méthode.
- Maquettiste.
- Directeur bureau d'études.

f. Stratégie commerciale

- Négociateur international.
- Directeur commercial.
- Acheteur.
- Responsable communication.

g. Production

- Chaudronnier.
- Ingénieur de production mécanique.
- Soudeur.
- Ajusteur monteur
- Technicien de maintenance.

h. Recyclage

- Ingénieur gestion des risques industriels.
- Responsable HSE.
- Technicien QHSE.

l. Commercialisation

- Technicommercial.
- Chargé d'affaires.
- Responsable relation clients.

3 Différentes modalités de production

La production peut prendre des formes diverses selon les quantités à produire, les processus technologiques, etc. Les principales modalités de production sont :

□ **Production unitaire** : production qui résulte de la commande d'un produit particulier, parfois totalement original. L'entreprise doit s'organiser pour s'adapter aux besoins particuliers du client.

Exemples : bâtiment ou ouvrage important, film, artisanat...

□ **Production par petites séries** : production conçue sur le principe de l'assemblage de composants de façon répétée pour fabriquer de petites quantités de produits.

Exemples : machines, engins spéciaux...

□ **Production en grandes séries** : production conçue pour fabriquer des produits standardisés en grandes quantités.

Exemples : électroménager, automobiles...

□ **Production en continu** : processus ininterrompu et automatisé.

Exemples : raffineries de pétrole, production d'acier...

4 Systèmes de production

On distingue actuellement *deux systèmes* de production : le pilotage de la production par l'amont et pilotage de la production par l'aval.

4.1 Pilotage de la production par l'amont

Consiste à produire en fonction de la demande anticipée. Ce système de production est basé sur une logique de flux poussés selon laquelle on fabrique puis on vend. Les produits fabriqués sont peu différenciés, la main d'œuvre est peu qualifiée et les ateliers sont spécialisés. Il est basé sur deux types d'organisation du travail : le taylorisme et le fordisme.

- *Le taylorisme* a été conçu par Frederick Taylor au début du XXe siècle. Basé sur la division du travail, la spécialisation des travailleurs et le salaire au rendement. Il améliore la productivité du travail. Il est toujours présent aujourd'hui notamment dans les services (hôtellerie, restauration rapide..).
- *Le fordisme* a été initié par Henry Ford au début du XXe siècle. C'est le taylorisme plus le travail à la chaîne, la production de masse.

Le pilotage par l'amont permet une diminution des coûts unitaires et la disponibilité immédiate du produit à la demande du client. Cependant, il présente plusieurs inconvénients. La présence inévitable des stocks qui permettent d'éviter les ruptures ont un coût important. Le travail est peu enrichissant, générateur de lassitude et de désimplication des salariés. La production est centrée sur les quantités à produire plutôt que sur la qualité des produits.

4.2 Pilotage de la production par l'aval

Consiste à ne déclencher le processus de production que lorsqu'une demande est exprimée en aval. Ce système, appelé *production en juste à temps (JAT)* est basé sur une logique de flux tirés dans laquelle on ne fabrique que ce qui est vendu. Il a été mis en place au Japon par *OHNO* chez *TOYOTA* durant les années 1980.

Ce mode de production s'est généralisé aujourd'hui dans de nombreuses industries en raison des avantages qu'il présente par rapport au système traditionnel. Il permet une production sans gaspillage. Il évite à l'entreprise d'avoir des stocks préconstitués. Il favorise la responsabilisation et la polyvalence des travailleurs. Il améliore la qualité des produits.

5 Classification des ateliers

Classifier les problèmes d'ordonnement revient à étudier les différents types de machines utilisées ainsi que la manière avec laquelle l'atelier est organisé.

Les ateliers dans les systèmes de production sont nombreux, ils se différencient par le nombre de machines, la nature des jobs (par exemple la composition des jobs d'une ou de plusieurs tâches), l'unicité ou la diversité du routage des jobs au niveau des machines, ou par la flexibilité des ressources (c'est-à-dire la possibilité d'avoir un sous-ensemble de machines candidates dans lesquelles une telle tâche ou opération peut être traitée), dans le cas d'une flexibilité partielle, sinon n'importe quelle tâche peut être exécutée sur n'importe quelle ressource. Selon ces paramètres, nous distinguons les types d'ateliers suivants:

5.1 Ateliers Flow-Shop

Dans ce type d'atelier, la ligne de fabrication est constituée de plusieurs machines en série, de telle sorte que toutes les opérations de tous les jobs passent par toutes les machines en respectant le même ordre. C'est pour cela que ces ateliers sont appelés les ateliers à cheminement unique. Si on trouve plusieurs exemplaires identiques et parallèles de la même machine, l'atelier devient Flow-Shop Hybride.

5.2 Ateliers Job Shop et job shop flexible

Contrairement au type d'atelier précédent, l'atelier Job Shop se caractérise par un cheminement multiple, puisque les opérations de chaque Job peuvent emprunter divers chemins (routage des opérations).

Généralement, on distingue deux organisations d'atelier Job Shop :

Organisation simple : s'il existe pour chaque machine un seul exemplaire,

Organisation hybride : s'il existe au moins une machine disposant de plusieurs exemplaires.

L'atelier Job Shop Flexible est une extension du problème classique décrit précédemment. La flexibilité est due aux ressources, c'est-à-dire, l'attribution d'un sous-ensemble de ressources (machines candidates) pour le traitement de chaque opération de telle sorte que le temps

En effet, il existe plusieurs degrés de flexibilité: la flexibilité faible dans laquelle quelques opérations qui sont traitables dans quelques machines. Ensuite, dans la flexibilité moyenne et forte le nombre d'opérations traitables dans plusieurs machines devient de plus en plus important. En Arrivant à la flexibilité extrême (totale), n'importe quelle opération est traitable sur n'importe quelle machine.

5.3 Ateliers Open Shop

Dans ce type d'ateliers, l'acheminement d'opérations est multiple et libre, autrement dit, il n'existe aucun ordre d'exécution des opérations (les gammes sont libres). On trouve ce type d'atelier dans le cas où la fabrication de chaque produit se traduit par le traitement de plusieurs opérations, dont l'ordre est totalement libre.

6. Flux physique et informatique

6.1 Système entreprise

L'entreprise est un système, . . . :

On peut alors définir l'entreprise comme étant un système ayant les caractéristiques suivantes :

Concret : constitué d'un ensemble d'éléments concrets (machines, terrain, . . .) mais aussi abstrait (une histoire, une culture).

Organisé : c'est-à-dire doté d'une structure de fonctionnement permettant d'assurer la coordination des éléments du système.

Ouvert : donc en relation (flux entrants et sortants) avec son environnement.

Finalisé : c'est-à-dire ayant un objectif qui nécessite la mise en place d'une stratégie.

Dynamique : en constante évolution, du fait entre autre des modifications de son environnement.

Régulé : de manière à essayer d'atteindre constamment ses objectifs grâce à la prise de décision.

L'entreprise est organisée selon des sous-systèmes :

Bien que l'entreprise dispose d'une totale liberté de structuration interne, on constate dans la réalité la permanence de sous-systèmes dans la majorité de celles-ci qui s'articulent autour de deux critères :

- Selon le critère fonctionnel : sous-systèmes approvisionnement, production, commercialisation.
- Selon les flux échangés : sous-système physique (gère les flux réels de matières, . . .) financier (flux de capitaux) ou de communication (flux d'information).

Ceci nous amène alors à distinguer trois sous-systèmes essentiels : Une entreprise est un système composé de trois sous-systèmes indépendants.

6.1.1 Système opérant

- Il assure le fonctionnement du système global en réalisant la production physique des B & S.
- Il est relié à l'environnement par les flux externes et aux autres sous-systèmes par des flux internes d'information.
- Son activité est contrôlée par le système de pilotage.

6.1.2 Système de pilotage (ou de décision)

- Il assigne des objectifs à l'entreprise.
- Il analyse l'environnement et le fonctionnement interne de l'entreprise.
- Il contrôle l'exécution des tâches réalisées par le système opérant.
- Il assure la régulation du système global.
- Il est relié aux autres sous-systèmes par des flux d'informations internes.

6.1.3 Système d'information

- Il alimente l'entreprise en information d'origines diverses, internes ou externes
- Il est le point de passage obligé de toutes les informations de l'entreprise,
- Il mémorise les informations, les traite et les communique aux autres sous-systèmes auxquels il est relié.

6.2 Représentation schématique

Il est fondamental que la sortie S soit le résultat d'une certaine opération sur l'entrée E.

Exemple :

Entreprise de fabrication :

E : matière première (MP)

S : produit fini (PF)

O : transformation de MP en PF

Moteur : E : carburant

S : Energie

O : combustion

6.3 Décomposition systémique d'une organisation

Toute organisation peut se décomposer en trois sous-systèmes : Un sous-système qui se préoccupe de transformer les entrées proprement dites système en sortie : le système opérant (SO) Un sous-système qui se préoccupe d'orienter le fonctionnement du système par des informations et des décisions : le système de pilotage (SP) Un Sous-système qui se préoccupe de recevoir des informations de l'intérieur ou de l'extérieur de l'organisation de les traiter

puis de les retransmettre vers l'intérieur ou l'extérieur : le système d'information (SI)

Exemple : département d'informatique

SO : Les enseignants et tout ce qu'ils utilisent SP : Le directeur des études SI : Le personnel qui n'est pas enseignant, et qui est chargé de recevoir des informations et les traiter (courriers, appels téléphoniques, . . .).

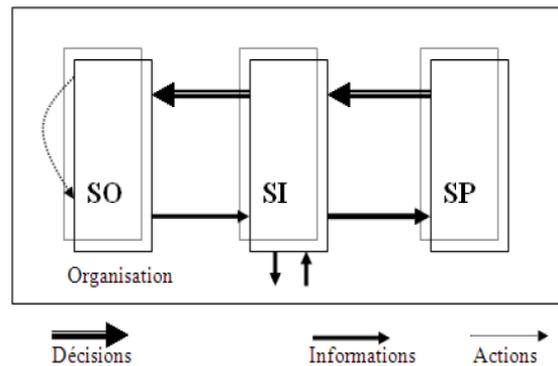


Fig. 1 Flux physique et informatique.

Ce schéma permet de rappeler le rôle du SI dans une organisation : Permettre aux acteurs du système opérant d'obtenir les informations nécessaires à l'accomplissement de leurs tâches. Fournir au système de pilotage des informations sur l'état de l'organisation pour permettre aux décideurs d'orienter ce fonctionnement vers une meilleure concrétisation des objets. Assurer la transmission des informations et des décisions aux différents acteurs concernés. En particulier un système d'information automatisé (SIA) est un système d'information qui fait intervenir des moyens automatiques de traitement notamment des ordinateurs. Les ordinateurs n'étant pas capables de traiter les informations dans sa forme naturelle, il est nécessaire de faire subir à cela un processus de structuration pour en extraire les données assimilables par l'ordinateur.

Chapitre 3

Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Introduction

L'usinage ou l'obtention de pièces mécaniques sous contrôle mécanique s'étend désormais à l'ensemble des secteurs de l'industrie. Réservée, il y'a pas si longtemps, à certaines industries de pointe, les machines-outils sont maintenant utilisées dans toutes les usines de fabrications mécaniques et sont accessibles aux petites et moyennes entreprises, alors qu'elles ont été longtemps réservées à l'outillage et à la fabrication de petites séries. On se rend compte maintenant qu'elles conviennent très bien aux grandes séries et qu'elles constituent le plus souvent, la base des ateliers flexibles.

La connaissance de ces machines aux technologies récentes ainsi que la manière de les utiliser sont devenues nécessaires dans l'industrie en générale, et peuvent nous aider, nous cadres techniques d'acquérir le maximum de cette nouvelle technologie pour pouvoir un donner un nouvel élan à l'industrie Algérienne.

I Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière

I.1 Généralité

Parmi les différentes techniques de transformation de la matière, la mise en forme par enlèvement de matière qui veut dire usinage, présente un poste onéreux tant par le parc de machines mobilisé que par les outils de coupe utilisés ou la perte inévitable de la matière par formation de copeaux, mais néanmoins c'est la méthode la plus fiable qui permet de produire des formes complexes avec des tolérances précises.

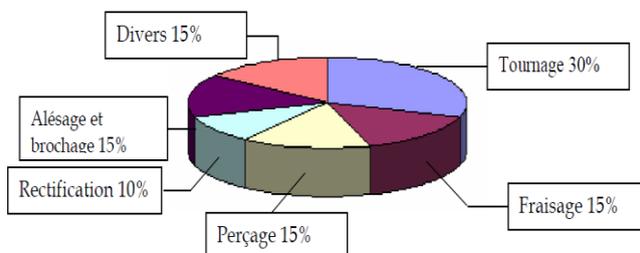


Fig. 1 différents procédés d'usinage.

I.2 Tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par enlèvement de matière qui met en jeu un outil à arête unique, ce dernier est animé d'un mouvement de translation rectiligne appelé mouvement d'avance (MA), permettant de définir le profil de la pièce. La pièce est animée d'un mouvement de rotation dit mouvement de coupe (MC), qui est le mouvement principal de ce procédé, Fig. 2.

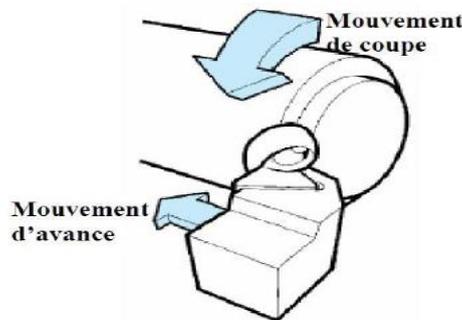


Fig. 2 Mouvements liés à l'opération de tournage.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes).

I.2.1 Machines-outils de tournage

Les machines-outils les plus couramment utilisées dans le tournage sont :

I.2.1.1 Tours parallèles à charioter et à fileter

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces de révolution.

Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe.

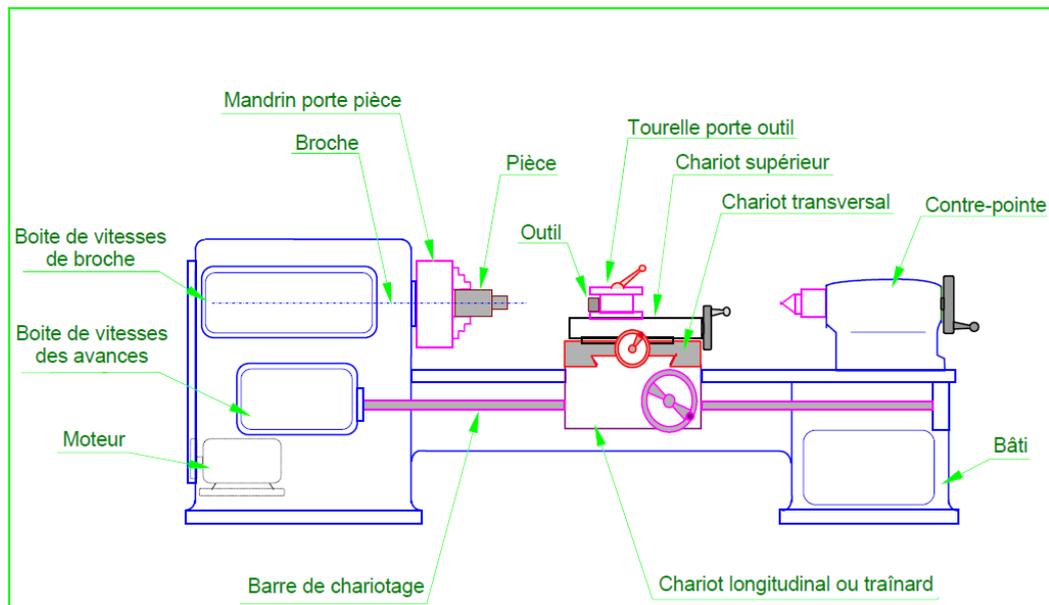


Fig. 3 Organes principaux du tour.

I.2.1.2 Tours semi-automatiques

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tourelle hexagonal munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outillages spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises.

La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique, la flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série.

I.2.1.3 Tours automatiques

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce, ces tours sont entièrement automatiques et conviennent pour les très grandes séries.

Elles sont divisées en deux catégories :

- a. Tours mono broche pour l'usinage d'une pièce à la fois avec plusieurs outils agissant simultanément.

b. Tours multi broches pour l'usinage simultané de plusieurs pièces à la fois, passant à chaque cycle devant un outil différent.

Ce type de tour comporte par exemple six broches, six outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectuées un tour complet la pièce est terminée, Il est possible de travailler dans la barre.

Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches.

I.2.1.4 Tours à commande numérique

Ces tours sont d'un ordinateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce qui autorise le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives pour atteindre une génératrice quelconque d'une pièce.

Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces, ces tours sont bien adaptés pour le travail unitaire ou les petites séries répétitives.

I.2.2 Opérations de tournage

a. Chariotage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique extérieure parallèle a l'axe de la pièce.

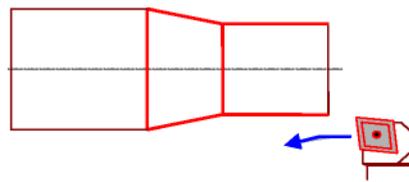


Fig. 4 Chariotage.

b. Dressage

Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.

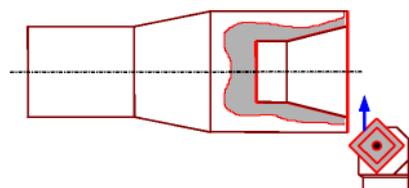


Fig. 5 Dressage.

c. Perçage

Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un foret.

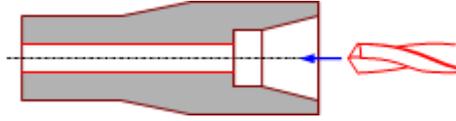


Fig. 6 Perçage.

a. Alésage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.

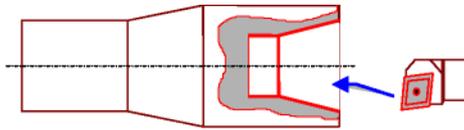


Fig. 7 Alésage.

b. Rainurage

Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple.

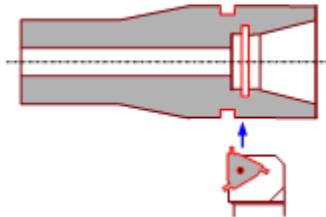


Fig. 8 Rainurage.

c. Chanfreinage

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.

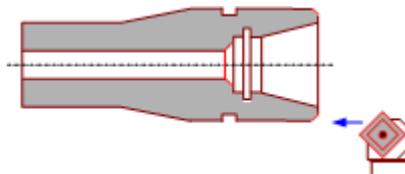


Fig. 9 Chanfreinage.

d. Tronçonnage

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.

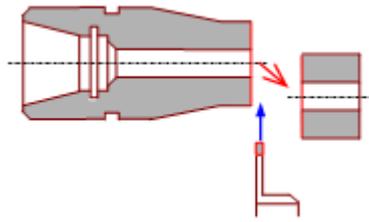


Fig. 10 Tronçonnage.

e. Filetage

Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

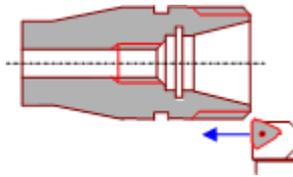


Fig. 11 Filetage.

I.2.3 Conditions de coupe

Le mouvement de coupe anime la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe V_c . Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil par rapport à la pièce, On en déduit V_f .

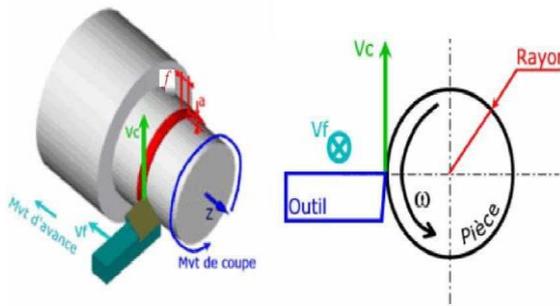


Fig. 12 Conditions de coupe en tournage.

I.2.3.1 Vitesse de coupe

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse ω (rad /s) (soit : $2\pi N$ (tr /min)), cette vitesse angulaire étant communiquée par la broche de la machine via le porte pièce Fig.12.

Compte tenu du diamètre de la pièce au point d'usinage situé sur un diamètre D , la vitesse relative de la pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut :

$$V_c (m/s) = \frac{D}{2} (m) \times \omega (rad/s)$$

La vitesse de rotation est exprimée par la relation suivante :

$$N (tr/min) = \frac{1000 \times V_c (m/min)}{\pi D (mm)}$$

I.2.3.2 Vitesse d'avance

La vitesse d'avance $V_c (mm/min)$ Fig. 12 est la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par rapport au bâti. L'avance par tour $f (mm/tr)$ est la valeur du déplacement de l'outil, lorsque la pièce effectue un tour.

$$V_f = f (mm/tr) \times N (tr/min)$$

I.2.4 Montage de la pièce

La pièce peut être fixée selon trois configurations Fig.13.

Le porte pièce utilisé ici est un mandrin à trois mors à serrage concentrique auquel les pièces de petites longueur sont mise en place, ce montage est dit; montage en l'air Fig. 13(a). Les pièces de longueurs importantes sont montées sur un dispositif dit, entre pointes Fig. 13(b), tandis que les pièces de longueurs moyennes sont montées par le billet d'un montage mixte (mandrin et pointe), Fig.13(c).

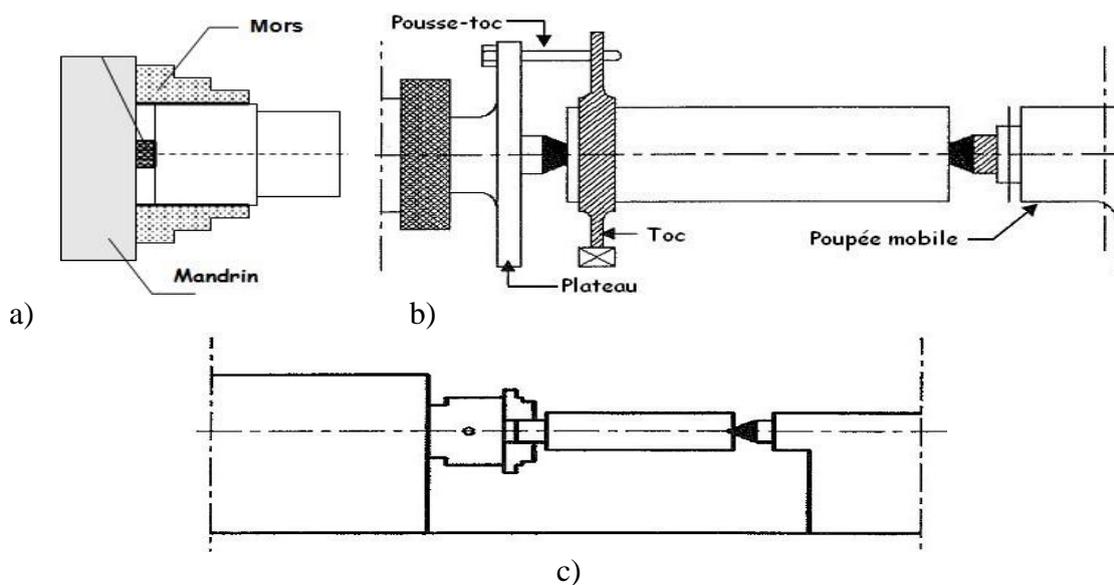


Fig. 13 Modes de fixation de la pièce, (a) en l'air, (b) entre pointe, (c) mixte.

I.2.5 Outils de coupe

Un outil de coupe est constitué d'un corps et une queue. Le corps est la partie de l'outil qui porte les éléments coupants. D'autre part, la queue de l'outil est la partie par laquelle celui-ci est maintenu. La partie de l'outil qui intervient directement dans l'opération de coupe est appelée partie active qui peut être taillée directement dans le corps ou bien ramenée, Fig. 14, sous forme de plaquettes (rapportées ou brasées).



Fig. 14 Outils de coupe, (a) en acier rapide (ARS), (b) a plaquette en carbure métallique.

Cette partie active comporte les arêtes, la face de coupe et la face de dépouille, Fig. 15.

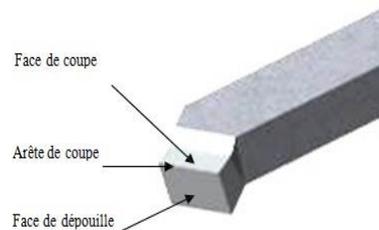


Fig. 15 Eléments de l'outil.

I.2.5.1 Angles de l'outil

Pour faciliter l'explication des phénomènes de la coupe il est nécessaire de définir les angles ayant la plus grande influence sur lesdits phénomènes.

La figure 16 illustre, dans le système de référence outil en main, les trois angles principaux d'un outil.

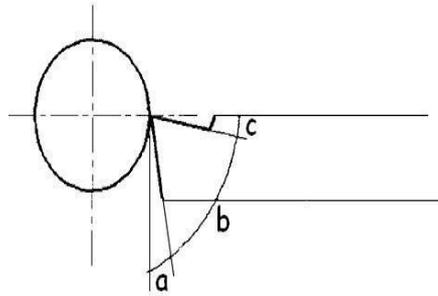


Fig. 16 Angles principaux.

L'outil sera affûté en tenant compte principalement de 3 angles :

- L'angle de dépouille (a): qui évite le talonnage et favorise la pénétration de l'outil dans la pièce.
- L'angle tranchant (b): c'est la partie de l'outil qui pénètre dans la matière et procède à la séparation et au cisaillement du copeau.
- L'angle de d'attaque (c): sert à l'évacuation du copeau.

I.2.5.2 Outils a plaquettes

Les outils les plus répandus sont constitués d'une plaquette amovible montée sur un corps d'outil.

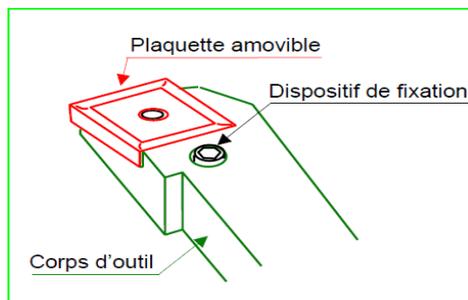


Fig. 17 Outil a plaquettes.

a. Formes de plaquettes

On utilise principalement des plaquettes de formes carrées, rondes, rectangulaires et triangulaires. La forme de la plaquette est choisie en fonction des surfaces à obtenir et du cycle de travail.

Si plusieurs formes conviennent on choisira celle qui donne la meilleure résistance mécanique.

Si le critère résistance n'est pas prépondérant, on choisira la plus économique, c'est-à-dire celle qui permet de disposer du maximum d'arêtes utilisables (plaquette carrée).

b. Matières des plaquettes

Les principales matières utilisées pour les outils de tournage modernes sont les suivantes : Carbures revêtus (GC); Carbures non revêtus (C); Cermets (CT); Céramiques (CC); Nitrures de bore cubiques (CB) et diamants poly cristallins (CD).

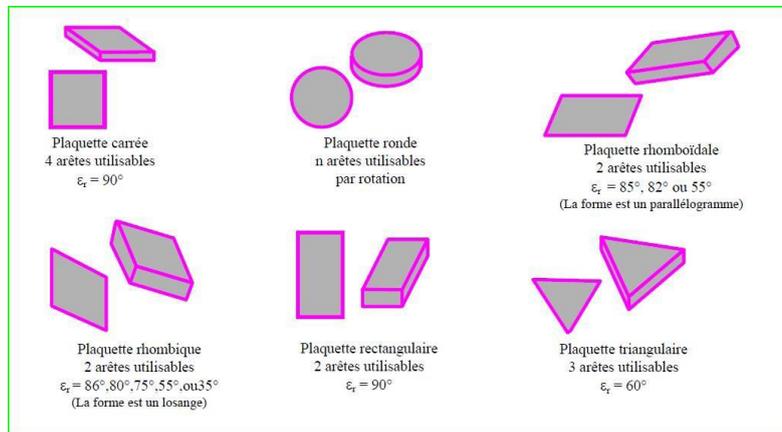


Fig. 18 Différents types de plaquettes.

I.3 Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil qui porte plusieurs arêtes de coupe, ce dernier est animé d'un mouvement de rotation, Fig. 19.

Le mouvement de rotation de la fraise entraîné par la broche de la machine est dit mouvement de coupe M_c . La pièce qui est fixée sur la table de la machine a un mouvement de translation rectiligne dit mouvement d'avance M_a .

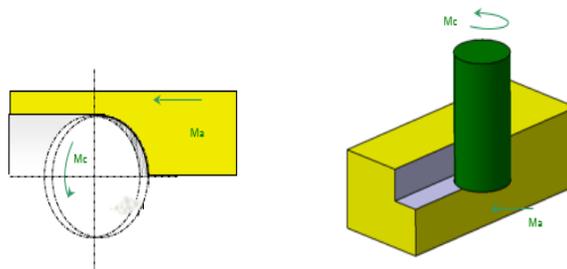


Fig. 19 Mouvements de coupe et d'avance.

I.3.1 Fraiseuses

Les fraiseuses sont des machines destinées à l'usinage de surfaces planes obliques et même des poches ou des contourage. Elles sont divisées en deux catégories, conventionnelles et machines à commandes numériques. Pour la première catégorie, il existe trois types de machine, verticales, Fig.20, horizontale, Fig.21 et universelle, Fig. 22. Pour la deuxième catégorie, les machines sont de types, trois et cinq axes.



Fig. 20 Fraiseuse verticale.



Fig. 21 Fraiseuse horizontale.

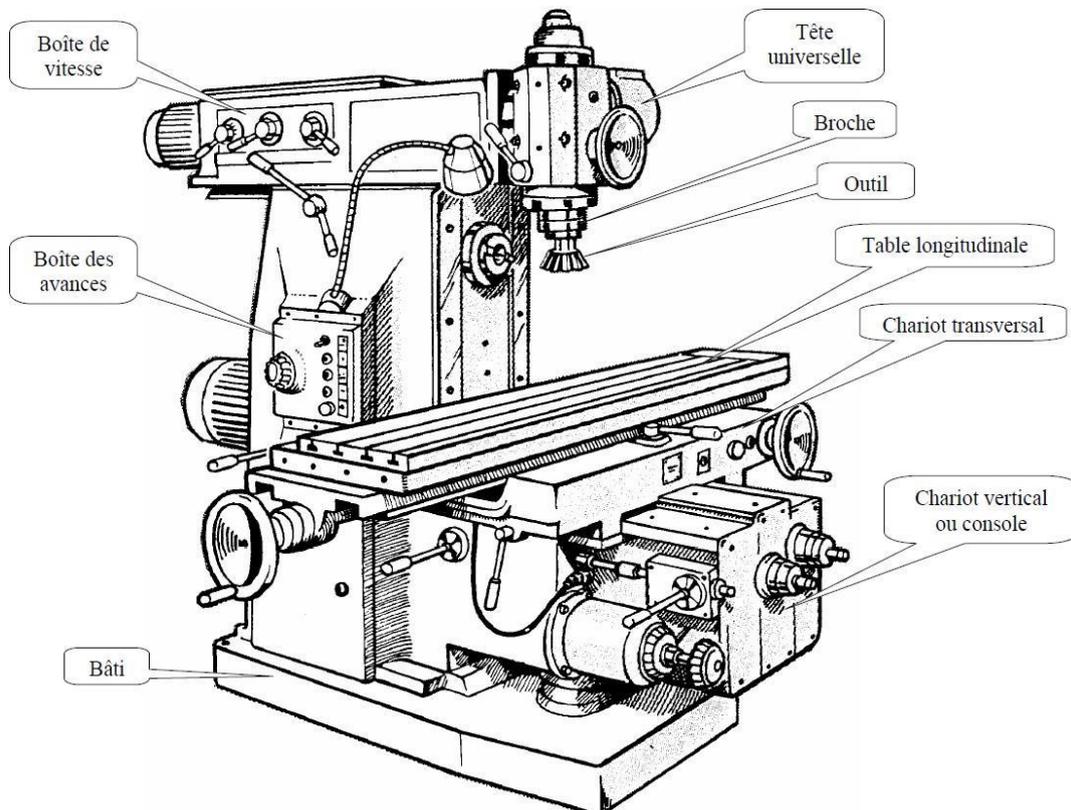


Figure. 22 Fraiseuse universelle.

I.3.2 Modes de travail en fraisage

La transformation du mouvement de rotation généré par le moteur en mouvement de translation au niveau du système qui gère le mouvement de la table se fait par le billet d'un dispositif vis-écrou. Ce dispositif possède un jeu interne. Pour éviter qu'il y ait un brusque rattrapage de ce jeu lors de l'usinage, il faut veiller à ce que l'effort exercé par la fraise sur la pièce soit opposé à la vitesse d'avance de la pièce par rapport à la fraise. On dit qu'il faut travailler toujours en opposition et pas en concordance, Fig.23.

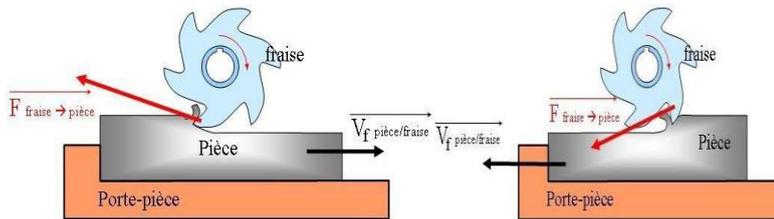


Fig.23 Modes de fraisage, (a) en opposition, (b) en concordance.

I.3.3 Types de fraisage

En fraisage, il existe deux types de fraisage, en bout et en roulant, Fig.24. Pour le fraisage en bout, La surface usinée est obtenue par l'enveloppe de la trajectoire de la pointe d'outil (le bout), tandis que pour le fraisage en roulant, La surface usinée est obtenue par le profil de la fraise qui se déplace et génère un plan (travail de forme). Ca veut dire s'il y aurait un défaut sur l'arête coupante il sera reporté directement sur la surface. Alors on préférera toujours le fraisage en bout.

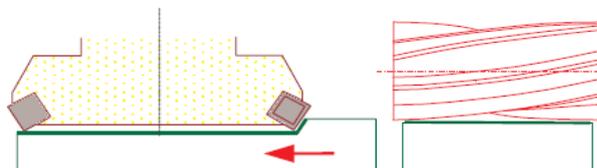


Fig.24 Types de fraisage, (a) en bout, (b) en roulant.

I.3.4 Angles d'outil

En fraisage l'outil de coupe est à arête multiple. La fraise peut être un outil monobloc en acier rapide supérieur, Fig. 25(a). Lorsqu'un outil de cette nature est usé, il peut être affuté.

Les parties actives de la fraise peuvent aussi être en carbure métallique, Fig.25(b). On parle alors de plaquettes qui sont positionnées et fixées sur le corps porte plaquettes. Une plaquette comporte en général plusieurs arêtes de coupe. Lorsque toutes les arêtes sont usées la plaquette est jetée.

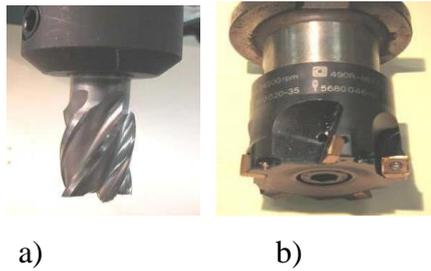


Fig. 25 Types de fraises, (a) Fraise en acier rapide, (b) Fraise avec plaquettes en carbure métalliques

Les angles principaux dans une fraise cylindrique sont : l'angle d'hélice λ_s , l'angle de coupe α et l'angle de dépouille γ , Fig. 26.

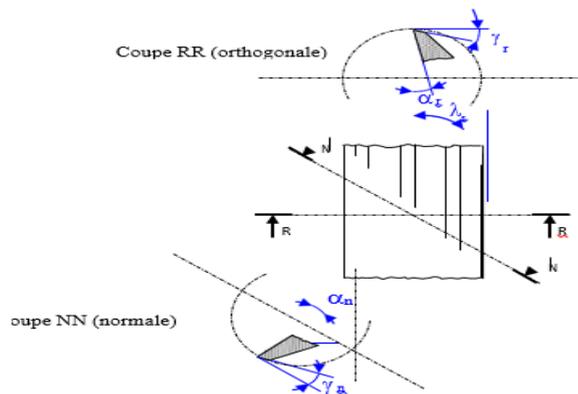
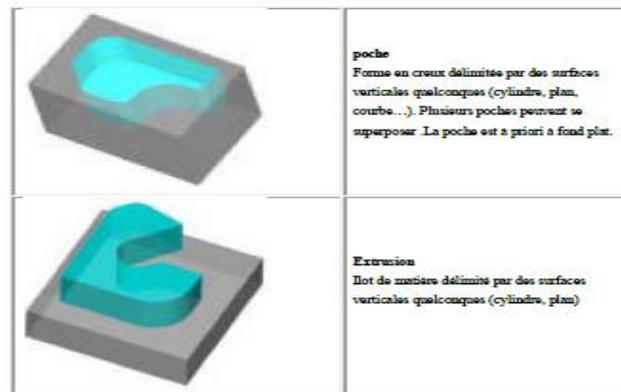


Fig. 26 Principaux angles d'une fraise cylindrique.

I.3.5 Opérations de fraisage

Différentes opérations peuvent être réalisées en fraisage.

Forme	Opérations:
	Surfaçage Fabrication d'un plan par une fraise.
	plans épaulés (épannelant) Association de 2 plans perpendiculaires.
	Raisinage Évidement de faible largeur. Les parois sont verticales et peuvent suivre un contour.



I.3.6 Conditions de coupe en fraisage

Le mouvement de coupe est obtenu par la fraise tournante. Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de la pièce Fig.27.

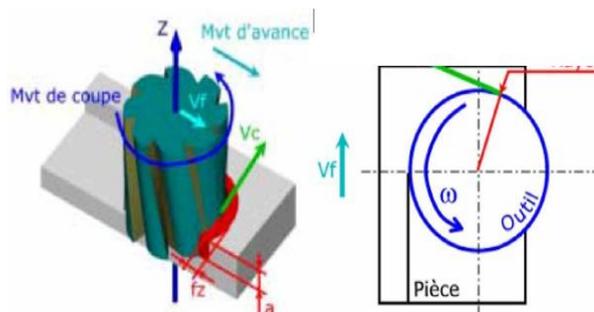


Fig. 27 Conditions de coupe en fraisage.

I.3.6.1 Vitesse de coupe

C'est la vitesse à laquelle l'arête de coupe est en contact directe avec la surface à usiner. C'est un paramètre de coupe très important du fait qu'il dépend de la matière de l'outil coupant et la matière de la pièce à usiner ainsi que la nature de l'opération à réaliser et qui a pour objectif de garantir que l'opération doit s'effectuer dans les meilleures conditions d'efficacité par l'outil concerné. La vitesse de la broche (N en tr/min) est le nombre de tours que l'outil de fraisage monté sur la broche de la machine-outil effectue par minute. La vitesse de la broche, le diamètre de l'outil et la vitesse de coupe sont naturellement liés par la formule suivante, avec D_f : le diamètre de la fraise.

$$N \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \times V_c \text{ (m/min)}}{\pi D_f \text{ (mm)}}$$

I.3.6.2 Vitesse d'avance

La vitesse d'avance (v_f en mm/min) est l'avance de l'outil en direction de la pièce, exprimée en unités de distance par unité de temps. L'avance par dent (f_z en $mm/dent$) est un important paramètre en fraisage, il indique la distance linéaire parcourue par l'outil alors qu'une certaine dent est engagée. L'avance par dent représente donc la distance couverte entre la pénétration de deux dents successives dans la pièce. Elle peut donc être exprimée en fonction du nombre d'arêtes de l'outil (z) et de l'avance par minute selon l'équation suivante

$$N \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \times V_c \text{ (m/min)}}{\pi D_f \text{ (mm)}}$$

Profondeur de passe

La profondeur de passe a (mm) (Fig. 27) correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce.

Détermination du temps de coupe

Nous déterminons ici le temps de coupe dans le cas de fraisage en bout et le cas de fraisage en roulant.

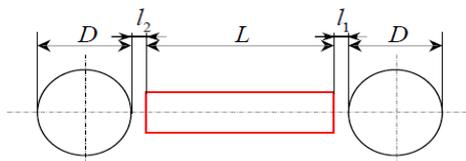
a. Cas de fraisage en bout

$$t_c = \frac{(D + L + l_1 + l_2)}{1000 f_z z v_c}$$

L : Longueur a fraisé.

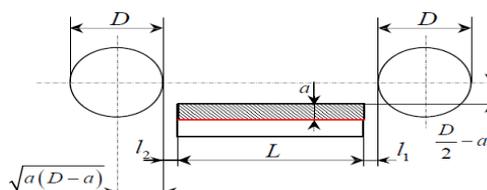
l_1 : Longueur d'approche.

l_2 : Longueur de dégagement.



b. Cas de fraisage en roulant

$$t_c = \frac{(2\sqrt{a(D-a)} + L + l_1 + l_2) \pi D}{1000 \sqrt{f_z z v_c}}$$



c. Effort de coupe

Les difficultés que l'on éprouve à interpréter correctement les actions de coupe en fraisage conduisent à envisager, pour le calcul des efforts et des puissances, l'hypothèse dite de Hulle.

- **Hypothèse de Hulle**

On placera l'outil dans les conditions de coupe suivantes : une seule arête de coupe, enlevant une section droite ($S=ap$) de matière uniquement par avance de l'outil à la vitesse v_f et sans rotation.

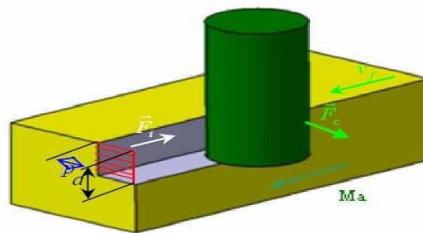


Fig. 28 Force de coupe en fraisage.

I.4 Perçage

Le terme de perçage recouvre toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage. Tous ces procédés ont en commun d'utiliser en combinaison un mouvement rotatif et un mouvement d'avance linéaire, Fig. 29. Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à cette différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage.

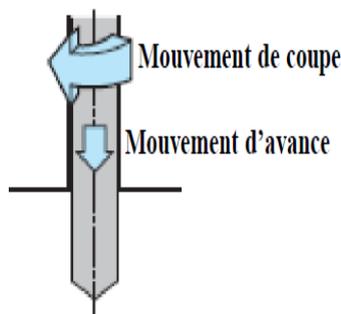


Fig. 29 Mouvements de coupe et d'avance en perçage.

I.4.1 Types de perceuses

La perceuse est la machine qui a été conçue pour réaliser un perçage, mais le tour ou encore la fraiseuse, peuvent réaliser cette opération d'usinage. On peut classer les perceuses selon plusieurs types :

Les perceuses sensibles, les perceuses à colonne, les perceuses radiales et les machines portatives à air comprimé ou électrique.



Fig. 30 Types de perceuses, (a) à colonne, (b) sensible d'établi, (c) radiale

I.4.2 Les conditions de coupe

En perçage, les deux mouvements principaux sont décrits par l'outil (rotation plus translation).

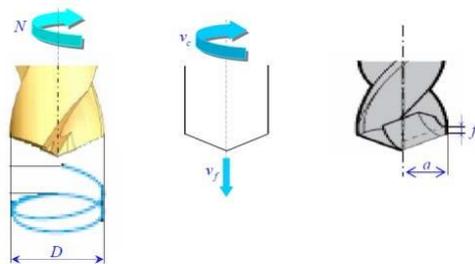


Figure. 31 Conditions de coupe en perçage

I.4.2.1 Vitesse de coupe

La vitesse de coupe V_c (m/min) est déterminée, en perçage, par la vitesse périphérique de l'élément en rotation et peut être calculée par la même formule déjà présentée en tournage et fraisage.

I.4 .2.2 La vitesse d'avance ou de pénétration

La vitesse d'avance ou de pénétration v_f (mm / min) correspond au déplacement de l'outil par rapport à la pièce, exprimé en longueur par unité de temps. Elle est également désignée sous le nom d'avance.

L'avance par tour f (mm / tr) exprime le mouvement effectué par l'outil à chaque tour.

L'outil de perçage étant muni de plusieurs arêtes de coupe z , l'avance par dent f_z ($mm / dent$) :

$$f_z = \frac{f}{z} (mm/arete)$$

I.4.3 Foret hélicoïdal

Le foret hélicoïdal est un outil de coupe à lèvres en bout, et qui sert à pratiquer des trous dans la plupart des matières. Il est constitué de trois parties : le corps, la pointe, et la queue, Fig. 32.

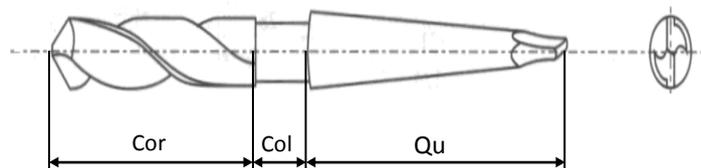


Fig. 32 Foret hélicoïdal.

○ Queue

Elle sert au centrage et à l'entraînement du foret et peut être :

- Cylindrique pour les forets de petits diamètres ($\phi \leq 10mm$) demandant faible un couple (fixation dans un mandrin à serrage concentrique).
- Conique, normalisée au cône morse avec tenon.

○ Corps

demandant un faible couple

Il comporte deux goujures hélicoïdale disposées symétriquement par rapport à l'axe. Elles déterminent les forces d'attaques des tranchants et permettent le passage du fluide de refroidissement et l'évacuation des copeaux des trous, ainsi que des listels de guidage appartenant à la même surface, rectifiée légèrement conique vers l'arrière du corps.

○ **Pointe**

La pointe d'un foret hélicoïdal comporte l'arête centrale, les arêtes de coupe, et les faces en dépouille, Fig. 33.

L'arête centrale (âme) est constituée par l'intersection des deux surfaces en dépouille.

L'arête centrale est sensiblement rectiligne, et l'angle qu'elle forme avec l'arête tranchante vaut 55° pour le foret hélicoïdal normal.

Les arêtes tranchantes sont des déterminées par l'intersection des surfaces hélicoïdales des goujures avec les surfaces en dépouille sur lesquelles s'exécutent l'affûtage.

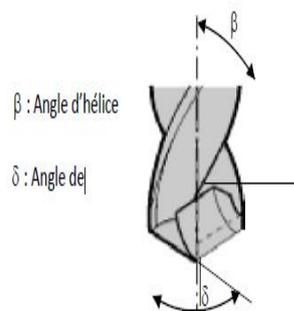


Fig. 33 Géométrie d'un foret hélicoïdal.

IV.4.3 Détermination du temps de coupe

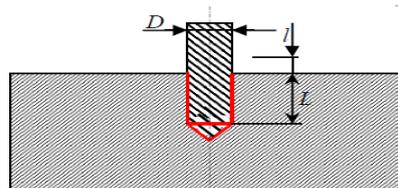


Fig. 34 Représentation de l'opération de perçage.

I.5 Brochage

I.5.1 Définition

Le brochage est un procédé d'usinage qui consiste à enlever la matière par coupe à l'aide d'un outil à dents multiples étagées qui se déplace parallèlement à la surface à usiner. L'outil utilisé est appelé broche et la machine est appelée brocheuse.

L'opération de brochage est effectuée généralement en une seule passe rectiligne dans laquelle sont incluses les opérations d'ébauche et de finition. Le temps de coupe est relativement court. Les broches sont des outils de formes constituées d'une série de dents travaillant successivement, chaque dent à son arête de coupe décalée de la précédente d'une distance de

l'épaisseur du copeau, Fig.35. Le brochage permet d'effectuer tous les usinages intérieurs à cannelures, les rainures de clavettes, etc., et même les rainures hélicoïdales ainsi que des profils extérieurs.

L'ensemble des dents génère le profil fini à partir du profil brut, par le passage de la broche, au travers de la pièce (broche d'intérieur) ou devant la pièce (broche d'extérieur) suivant le mouvement de coupe rectiligne.

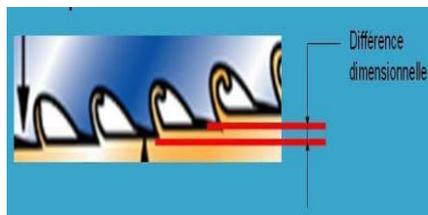


Fig.35 Représentation des dents de la broche.

I.5.2 Brochage intérieur

Le brochage s'effectue par le passage de broche dans le trou d'ébauche.

L'effort de coupe plaque et maintient la pièce sur son appui perpendiculaire au mouvement de coupe. L'effort de coupe plaque et maintient la pièce sur son appui perpendiculaire au mouvement de coupe.



Fig. 36 Représentation du brochage intérieure

I.5.2.1 Broches d'intérieur

Elles sont constituées de l'attelage, du guide, de la denture, de la queue Fig. 37. La denture des broches d'intérieur sont de type axiale.

□ *Dents d'ébauche*

Les arêtes de coupe, pouvant comprendre des brise-copeaux, ébauchent la forme à obtenir.

□ *Dents de demi-finition*

Elles profilent la forme désirée.

□ *Dents de finition*

D'un nombre réduit à quelques dents, elles calibrent la forme au profil final.

□ *Dents de réserve*

Généralement au nombre de cinq, elles sont de la forme du profil final, augmentant la durée de vie des broches, après des affûtages successifs.

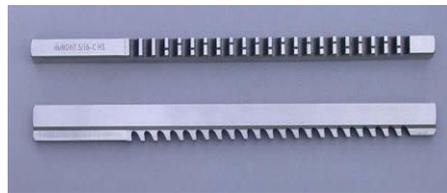


Fig. 37 Outils de Brochage.

I.5.2.2 Brochage extérieur

Le brochage s'effectue généralement à partir de l'ébauche du profil brut (moulage, etc.). Il est simultané pour un groupe de formes associées sur une pièce.

La ou les pièces sont à maintenir efficacement pour s'opposer à la poussée latérale.



Fig. 38 Représentation du brochage extérieur.

I.5.3 Conditions de coupe

I.5.3.1 Vitesse de coupe

Elles sont faibles pour éviter une rupture et une usure prématurée des dents de la broche. Le temps d'usinage est court, la forme à obtenir étant réalisée durant la course allée de la broche.

Les vitesses de retour de broche sont de 10 à 50m/min.

I.5.3.2 Epaisseur du copeau

C'est la différence dimensionnelle entre deux dents consécutives, Fig.35.

La progression sera constante pour l'ensemble des dents d'une broche devant effectuer essentiellement une opération de finition.

I.5.4 Types de machines à brocher

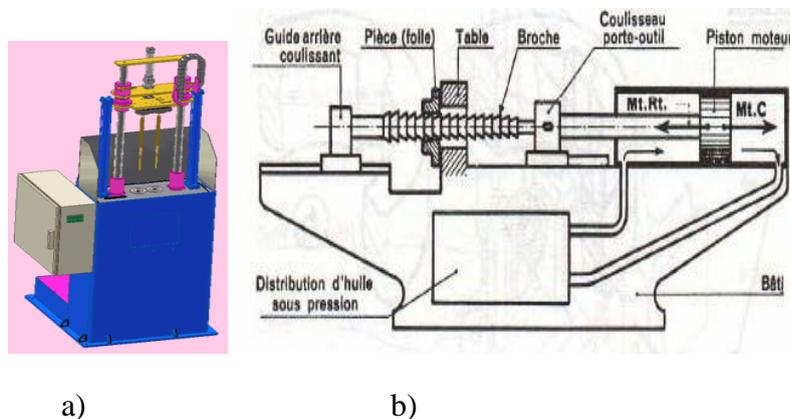


Fig. 39 Machines à brocher, (a) vertical, (b) horizontale.

I.5.5 Lubrification

Elle doit être aisée, avec une huile de coupe entière ; visqueuse, adhérente permettant un fortement anti-usure. Elle doit assurer au maximum la protection des arrêtes de coupe et l'obtention d'un état de surface de qualité.

Pour protéger les arêtes coupantes, il faut effectuer au préalable :

- Un dressage* de la face attaquée par les dents pour supprimer le contact arête de coupe/surface brute.
- Un chanfrein d'entrée* qui évite également un éventuel ébavurage



Fig. 40 Lubrification en Brochage.

I.5.6 Utilisation

Le brochage n'est souvent envisagé en dehors de l'industrie automobile, que pour résoudre des problèmes de rainures de clavettes ou de cannelures. Cependant il offre par rapport aux autres méthodes d'usinage de nombreux avantages.

L'opération de brochage est une opération d'un coût unitaire faible. Les frais d'outils et d'outillages sont peu élevés pour le brochage intérieur et relativement plus important pour le brochage extérieur. Cependant ils sont rapidement amortis dès que les séries atteignent quelques milliers de pièces.

I. 6 Rectification

I. 6.1 Définition

La rectification est un procédé d'usinage à enlèvement de copeaux. Il se fait par un outil rotatif à tranchants multiples appelé meule (bande abrasive) constituée de particules coupantes agglomérées par un liant, chaque particule enlève un petit copeau quand l'une de ses arêtes se présente sur la pièce. Il s'agit de rectifier donc d'approcher une surface d'une forme parfaite (en général : plan, cylindre de révolution ou cône).

Cette opération se fait généralement à grande vitesse ou le copeau est de très petite section, il n'est pas tranché mais gratté. L'amélioration de l'état de surface est obtenue en utilisant des abrasifs de plus en plus fins. L'opération de rectification se réalise sur une machine dite, rectifieuse.

I. 6.2 Structure de la rectifieuse

Selon les besoins industriels et les tâches de chaque pièce mécanique, les rectifieuses sont aussi nommées selon le type de tâche qu'elles accomplissent. Les plus couramment utilisées sont : rectifieuse plane, Fig.41, rectifieuse cylindrique, Fig. 44, affuteuse d'outils.

I. 6.3 Rectification plane

Lors de la rectification plane, l'effort de l'enlèvement des copeaux est principalement fourni par les grains sur la périphérie de la meule. Le diamètre et la largeur de la meule doivent être

aussi grands que possible afin de faire participer un nombre maximal de grains à l'enlèvement de copeaux, Fig.41. De préférence, la largeur de la meule correspond à la largeur de la pièce.

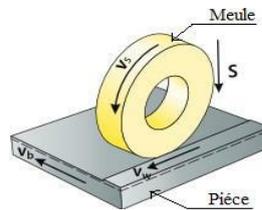


Fig.41 Représentation directe de l'opération.

Prendre une petite profondeur de passe combinée à une grande avance latérale engage un maximum de grains de la périphérie de la meule, permet d'éviter une usure importante des arêtes et un échauffement local en plus d'un état de surface miroir (rugosité de l'ordre de $R_a = 0,1$ mm et la précision des cotes aussi de l'ordre de 1 mm).

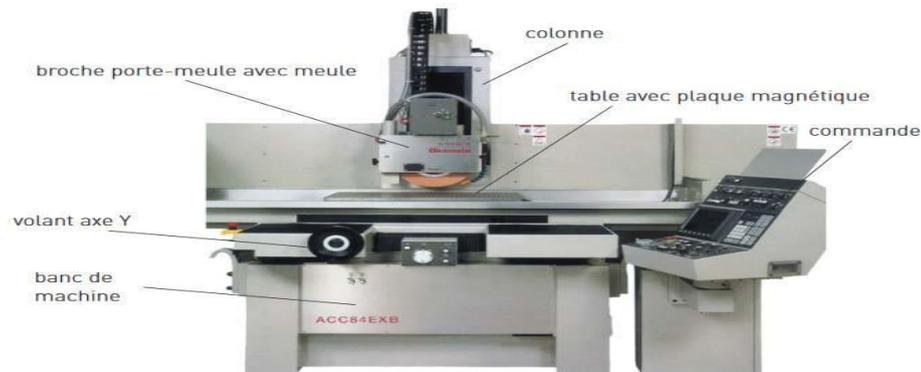


Fig.42 Représentation d'une rectifieuse plane

I. 6.4 Rectification de surfaces cylindriques

La rectification cylindrique peut se faire de l'extérieur ou à l'intérieure d'un cylindre, Fig. 43a et b. Pour la rectification de l'extérieur, la pièce est déplacée le long de la meule par l'avance longitudinale du banc. Sur les pièces qui sont cylindriques de bout en bout, il est conseillé de déplacer la meule à chaque passe jusqu'à ce qu'elle dépasse complètement la pièce pour éviter que le diamètre en bout soit plus grand. Les pièces longues et fines fléchissent sous la pression de la meule et doivent être soutenues par des lunettes.

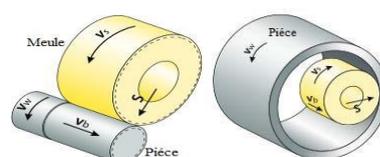


Fig. 43 Rectification cylindrique, (a) extérieure, (b) intérieure

Pour la rectification interne, les surfaces de contact dans les alésages entre meule et pièce sont très grandes à l'inverse de la rectification cylindrique extérieure. Il en résulte des copeaux fins et longs et un refroidissement défavorable. Afin d'éviter de saturer les accès et de diminuer le diamètre de la meule par une usure importante, le diamètre de la meule doit être de 6/10 à 8/10 du diamètre de l'alésage, alors les meules tendres, ouvertes avec de gros grains s'avèrent les plus avantageuses.



Fig.44 Représentation d'une rectifieuse cylindrique.

I.6.5 Conditions de coupe

La vitesse de coupe et la vitesse de rotation sont aussi gouvernées par la formule précédente : Sur la plupart des rectifieuses, la vitesse de rotation ne peut pas être modifiée. Cela signifie que la rectification se fait avec des fréquences de rotation constantes.

Pour la rectification plane, la vitesse d'avance V_f correspond à la vitesse de la table, Tandis que pour la rectification cylindrique, elle correspond à la vitesse périphérique de la pièce.

I. 6.6 Différents types de meules

- Corindon à base de Al_2O_3 (fritté), nitrure de Bore Cubique (abréviation : CBN). , Diamant.

Dans chaque cas elle se différencie par : la variété du grain (oxyde d'aluminium, carbure de silicium, diamant, etc.). La grosseur du grain, l'espace entre chaque grain. Le liant, le diamètre et la largeur

I. 6.7 Avantages de la rectification

- Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs.
- Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001 mm).
- Obtenir un état de surface poussé ($< 0,1 Ra$).

II Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

Introduction

Les procédés de mise ayant une incidence directe sur les caractéristiques morphologiques et mécaniques des pièces, il est nécessaire de connaître les principes physiques et technologiques de ceux-ci afin de concevoir efficacement nos produits. Le choix d'un procédé de mise en forme est fonction du matériau retenu et des caractéristiques produit. En effet, chaque procédé dépend d'une famille de matériaux et impose ses règles de tracé. De la même manière, les caractéristiques pièces peuvent imposer un procédé.

Exemple:

- Le procédé de forgeage est retenu pour la fabrication d'essieu de camion car il améliore les caractéristiques mécaniques du matériau.
- Le procédé d'injection plastique est retenu pour la fabrication de coque de téléphone portable car il permet de grande cadence de production à faible coupe.

D'autre part, les procédés peuvent être associés:

Exemple :

- Une obtention de pièce en fonderie, puis une reprise en usinage.
- Une obtention de pièce en frittage laser métal puis rectification.

II.1 Réalisation par moulage

Le principe de ces procédés est de couler le matériau à l'état liquide ou pâteux dans un moule, et après solidification d'ouvrir ou de détruire le moule afin de récupérer la pièce. On peut mouler tout type de matériaux (plastique, métallique, résine).

Ces procédés nécessitent la réalisation d'un moule, et sont donc réservés à la fabrication de pièce en série, mais les techniques de prototypage rapide peuvent être utilisées afin d'optimiser l'utilisation des ces procédés.

Les moules peuvent être:

- *Permanent* : Dans ce cas le moule est en plusieurs parties et s'ouvre pour libérer la pièce.
- *Non permanent* : Dans ce cas, le moule est détruit pour récupérer la pièce.

Suivant le matériau à mouler et le nombre de pièce souhaité, les moules sont réalisés en silicone, en plâtre, en sable ou en acier.

Certains procédés utilisant des modèles perdus permettent la réalisation de pièces de grande précision et de grande complexité.

Les organes et pièces constituant les machines et appareils proviennent de sources diverses de fabrication tels que forgeage, usinage, estampage, fonderie etc.

La technique de fonderie est la plus souvent utilisée car elle est non seulement économique mais :

- Elle permet de produire des pièces de formes complexes (difficilement réalisables par usinage ou par d'autres procédés).
- La série des pièces est identique.
- Obtention de pièces massives telles que bâtis, volants etc.

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces métalliques brutes. Le moulage proprement dit consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir), le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule. Fig.45.

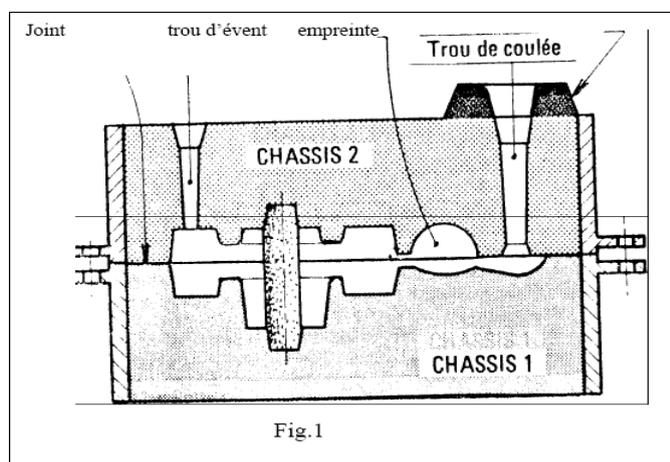


Fig. 45 Moule en sable ou en métal.

Dans la spécialisation de la fonderie, on distingue pratiquement les fonderies suivantes :

a. Selon la nature des métaux et alliages

Fonderie de fonte.

Fonderie d'acier.

Fonderie de cuivre, bronzes, laitons etc...

b. Selon l'utilisation

Fonderie d'art.

Fonderie d'ornement (bijoux).

Fonderie de mécanique industrielle.

c. Selon le procédé de moulage

Moulage en sable (manuel ou mécanique).

Moulage en carapaces.

Moulage à la cire perdue.

Moulage en coquilles (moule permanent).

Dans ces procédés le moule peut-être permanent ou non permanent (destructible). Le moule non permanent est utilisé qu'une seule fois, pour extraire la pièce, il faut le détruire, l'empreinte est obtenue par moulage du matériau constitutif autour d'un modèle réalisé en bois ou en métal. Le moule permanent peut servir un grand nombre de fois, il est réalisé en plusieurs parties pour faciliter l'extraction de la pièce. Il est utilisé surtout lorsque la quantité de pièces à couler est importante.

Le choix des procédés de moulage dépend du métal à couler. En général la température de fusion du métal coulé doit- être inférieure à la température de fusion du matériau constituant le moule.

METAUX ET TEMPERATURES DE FUSION	MOULAGE EN SABLE	MOULAGE EN COQUILLE
Fontes : 1100°C a 1250°C Aciers : 1200°C a 1500°C	1. Moulage en sable avec ou sans noyau. 2. Moulage en carapace : procédé Croning. 3. Moulage a la cire perdue.	Moulage impossible sans détériorer les coquilles.
Cuivre et ses alliages : Laiton :940°C Aluminium et ses alliages : Alpax : Zamack : environ 610° C	1. Moulage en sable : pour les grosses pièces. <i>Exemples :</i> - cloches en bronze - hélices de bateaux pour les petites séries.	Moulage en coquilles: - pour les grandes séries. - avec ou sans pièce (prisonnier) insérée au moulage. - par gravitation ou sous pression ex. - carter de boîte de vitesses (alpax) • corps de carburateur (zamack)

Tab.1 Métaux et leurs différentes températures de fusion.

Comme il a été déjà cité, le moulage est généralement très économique, mais les caractéristiques d'un alliage coulé sont plus faibles que celles du même alliage forgé. Les défauts de fonderie, fréquents dans les pièces moulées, diminuent encore leur résistance globale, certains de ces défauts, dus aux gaz occlus ou à la contraction du métal au refroidissement, peuvent être évités par un tracé judicieux des formes.

II. 1.1 Moulage en sable

Le moulage en sable consiste à couler le métal en fusion dans l'empreinte du moule en sable, réalisée d'après un modèle ayant la forme de la pièce à obtenir. Le moulage en sable est le procédé le plus ancien et convient presque pour tous les métaux et alliages de moulage. Il s'adapte bien aux petites séries de production et surtout pour les pièces de grandes dimensions.

Un moule simple est constitué de deux parties:

- La partie supérieure.
- Et la partie inférieure.

La figure .46 représente un moule en sable avec les différentes parties essentielles. Le métal en fusion est coulé à travers le trou du système de coulée, en traversant les canaux jusqu'à remplissage de l'empreinte. Après refroidissement et solidification, la pièce est sortie pour subir les différentes opérations de finition. L'ensemble des opérations de moulage en sable est donné par le schéma ci- dessous :

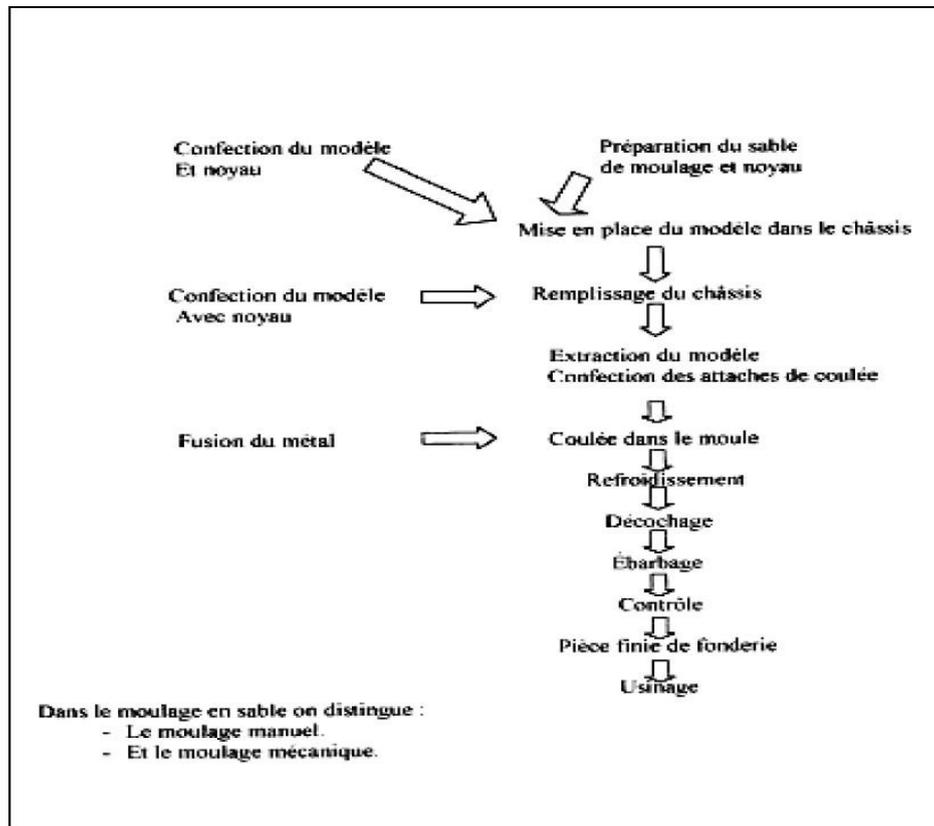


Fig. 46 Schéma de différentes étapes de moulage.

II.1.1.1 Sable de moulage

Le sable de moulage doit être infusible (résister à la température de coulée du métal), résistant (Résister à l'érosion du métal liquide) et poreux (ne peut s'opposer au passage des gaz produits au moment de la coulée), et se compose en général :

- a. de sable quartzeux (86-96%) pratiquement infusible en contact avec le métal liquide.
- b. d'argile (bentonite) (3-10%) qui lie les grains de silice entre eux et empêche le moule de se détériorer après enlèvement du modèle.

II.2.1 Forgeage

Le forgeage consiste à exercer un effort important sur un lopin de métal chauffé ou non pour le contraindre à prendre la forme désirée. On distingue plusieurs techniques: estampage, matriçage, extrusion, laminage, forgeage libre. Le principal avantage du forgeage sur les autres techniques est d'améliorer les caractéristiques mécaniques du métal mis en œuvre. En effet, sous l'effet de la pression, les particules de métal vont se déformer et les « grains » de matière vont s'orienter suivant certaines directions. Il en résulte un fibrage de la pièce forgée, qui aura donc de meilleures caractéristiques dans ces directions, notamment une meilleure tenue en fatigue (efforts alternés et répétés).

II.2.1.1 Forgeage libre

C'est la plus ancienne des techniques de forgeage, qui consiste à frapper avec un sur un lopin de métal chauffé posé sur une enclume. La forme de la pièce sera obtenue en ajustant la position de la pièce sous le marteau. Il n'y a pas d'outillage spécifique ce qui permet de réaliser des pièces en petites séries ou à l'unité. Cette méthode est parfois utilisée pour réaliser rapidement des bruts destinés à être usinés, en tirant profit des caractéristiques mécaniques du métal forgé.



Fig. 47 Réalisation d'un brut en forge libre.



Fig. 48 Pièces forgées.

II.3 Estampage- Matriçage

Le lopin de matière chauffé est placé sur une matrice, puis soumis à une pression importante pour le contraindre à prendre la forme souhaitée. Selon les cas (matière, forme, qualité souhaitée), l'opération peut se dérouler en 2 ou 3 phases. Contrairement au forgeage libre, la matrice a ici la forme de la pièce désirée. Les coûts d'outillages sont donc plus élevés, ce qui réserve cette technique à des productions en séries importantes.



Fig. 49 Pièce d'acier en cours de laminage.

II.4 Laminage

Le laminage consiste à réduire progressivement l'épaisseur d'un bloc de métal chauffé en le faisant passer entre deux rouleaux. Suivant les profils à réaliser le métal chauffé va passer dans une série de plusieurs laminoirs (jusqu'à plus de 30) dans lesquels la section va être progressivement réduite, et la vitesse accélérée (jusqu'à plus de 100m/s en sortie). Cette technique est utilisée pour la réalisation de tôles, poutrelles et fils en très grande quantité.

Autres méthodes

D'autres méthodes existent pour le formage à chaud ou à froid : filage, tréfilage, extrusion. Ces procédés sont réservés à de la production en très grande série.

III Usinage par procédés non conventionnels

III.1 Classification

Procédés à action mécanique

- Jet d'eau et jet d'eau abrasif
- Usinage ultrasonique

Procédés électrochimiques

- Usinage électrochimique
- Ebavurage et rectification électrochimiques

Procédés thermiques

- Electroérosion
- Laser, plasma

Procédés chimiques

III.2 Jet d'eau et jet d'eau abrasif

Le découpage au jet d'eau est un procédé de fabrication qui utilise un jet d'eau hyperbare pour découper la matière (Plastique, organique, métallique, composite, etc.).

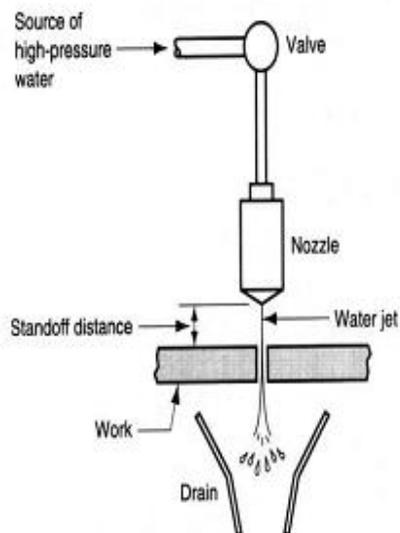


Fig.50 Schéma de principe.

Paramètres

- pression de 800 à 4000 bars.
- ajout de particules abrasives (silicates, alumine) pour la découpe de l'acier et du béton.
- buse d'injection en saphir diamètre d'injection de 0,075 à 0,5 mm.
- vitesse du jet : 1000 m/s.
- vitesse de coupe : 1m/min pour des épaisseurs jusqu'à 100mm.
- découpe à sec due à la grande pression.

Avantages

- coupe à froid sans influence thermique.
- inusable et facilement réglable.
- précis (quelques 1/100èmes de mm).
- coefficient d'utilisation optimal de la matière grâce à la réduction maximale des distances entre les pièces.
- usinage non polluant et propre sans émanation de gaz de fumées toxiques.
- productivité élevée grâce aux installations à plusieurs têtes de découpe.

Inconvénients

- limitation quant à la forme et à la profondeur de pénétration.
- durée de vie des buses (200 heures sous 4000 bars).
- coût de l'installation (filtration et adoucissement de l'eau).

Utilisations

- mousse, carton ondulé, contreplaqué, éponge.
- bois, glace, cuir, plaques d'amiante, verre.
- marbre, divers matériaux de construction.
- céramique, acier, aluminium, acier inoxydable, composites.
- plastique

III.2.1 Jet d'eau

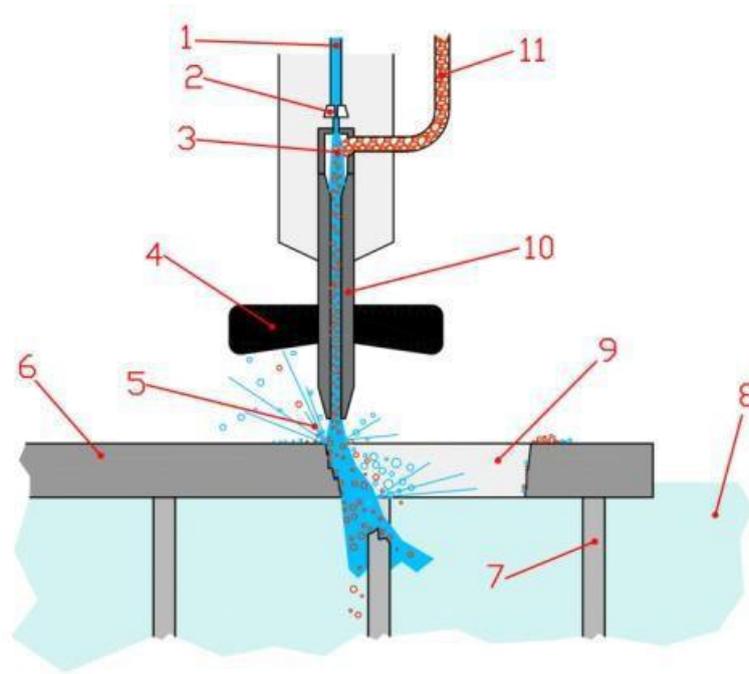


Fig. 51 Découpe jet eau.

- *jet d'eau pure* pour les matériaux tendres. buse de coupe de 0,08 mm à 0,30 mm (sertie d'un saphir industriel).
- permet la découpe de matériaux ductiles ou de composites.
- le débit d'eau est fonction de la pression et du \varnothing de la buse.

III.2.2 Usinage avec jet abrasif

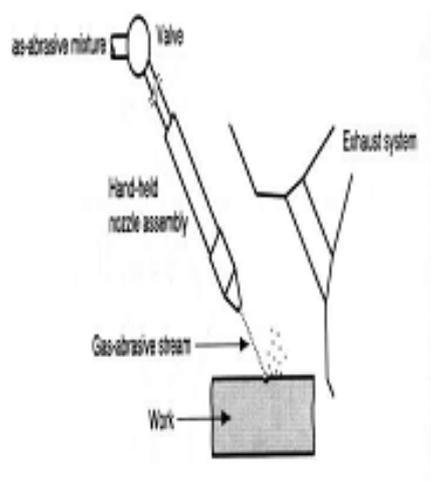


Fig.52 Jet d'eau abrasif.

Paramètres

→ Jet d'eau abrasifs: Al_2O_3 , dioxyde de silicium.

diamètre de l'orifice = 0.25 à 0.63 mm

→ gaz + abrasifs

gaz = air, azote, hélium, dioxyde de carbone

pression de 0.2 à 1.4 Mpa

diamètre orifice : 0.075 à 1.0 mm

distance orifice-pièce = 3 à 75 mm

utilisé pour les matériaux les plus durs et les plus épais.

buse de coupe de 0,20 mm à 0,40 mm (sertie d'un saphir ou d'un diamant industriel)

Applications

→ finition, ébavurage, nettoyage, séparation des pièces, coupe des matériaux durs: céramiques, pierres.

Système d'injection pour usinage par jet d'eau abrasif

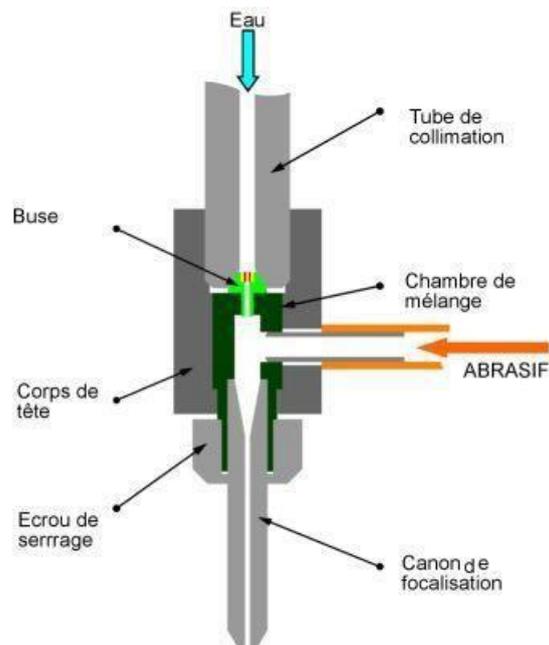


Fig. 53 système de découpe à l'abrasif.

Le système de découpe à l'abrasif comprend :

- un injecteur d'abrasifs,
- un doseur d'abrasifs,

Les abrasifs utilisés sont caractérisés par :

- leur dureté.
- leur dimension granulométrie,
- la matière : composition.
- leur forme.

III.3 Usinage ultrasonique

L'usinage par ultrasons est un procédé de reproduction de forme par abrasion particulièrement adapté à l'usinage des matériaux durs, fragiles et cassants (verres, céramiques, quartz, pierre précieuse, semi-conducteur...).

Il s'appuie sur trois phénomènes physiques pour enlever la matière :

- Le cisaillement,*
- L'érosion,*
- L'abrasion.*

Ainsi cette méthode consiste à projeter des particules abrasives très dures sur la pièce à usiner, à l'aide d'une **sonotrode**, vibrant à fréquence ultrasonore.

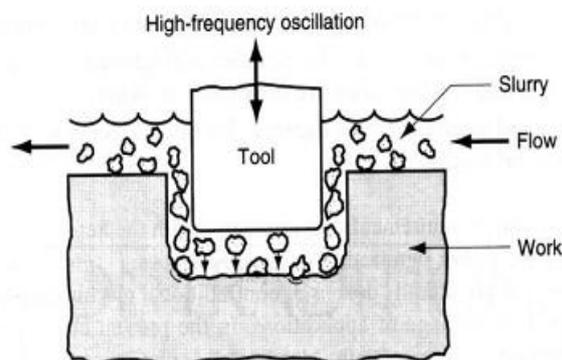


Fig. 54 Principe de l'abrasion ultrasonore.

Les particules sont amenées dans la zone de travail par un fluide porteur (par ex. l'eau). Un flot constant assure l'évacuation des copeaux et le renouvellement des grains abrasifs.

On a donc ainsi trois phénomènes :

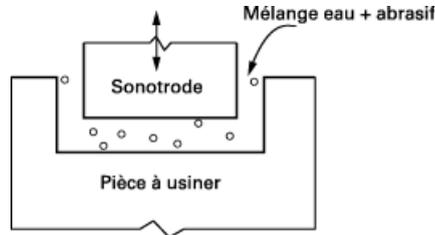


Fig. 55 Phénomène de l'abrasion ultrasonore.

Plus l'amplitude de vibration est grande plus le débit de matière enlevé est grand

- Une action mécanique due à la projection et au martèlement des grains abrasifs contre la surface de la pièce.
- Une érosion de cavitation due aux variations de pression au sein du liquide, engendrées par les variations de la sonotrode.

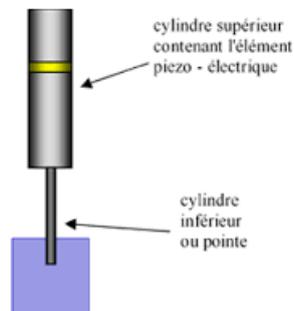
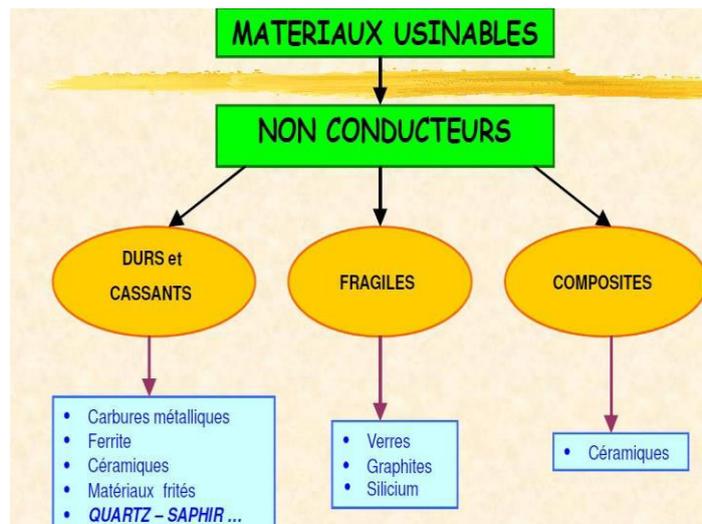


Fig. 56 Sonotrode.

- Une action chimique due au fluide porteur : cette action est le plus souvent inutilisée



Fig. 57 Machine d'usinage à ultrason.



Performances de l'usinage ultrasonique

Le procédé peut être caractérisé par trois **critères** principaux (performances):

- débit de matière ;
- usure relative de la sonotrode ;
- état de surface.

Les performances dépendent essentiellement :

- du matériau à usiner ;
- du matériau de la sonotrode ;
- du matériau des grains abrasifs ;
- d'autres paramètres (Concentration, paramètres ultrasonores, charge statique).

III.4 Usinage électrochimique

La pièce métallique qui sert d'anode (+) est raccordée à un courant continu, l'outil sert de cathode (-), le tout arrosé par une solution d'eau salée injectée sur les surfaces à usiner attirant les ions de métal de la pièce

- L'outil est l'électrode.
- Ce procédé est plus rapide que le chimique mais il y'a dégagement d'hydrogène et d'oxygène.
- Recyclage des boues dangereuses ($4\text{Fe}(\text{OH})_3$).
- L'outil ne s'use que par contact avec l'électrolyte.

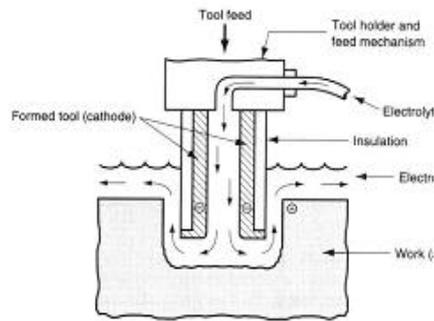


Fig. 58 Machine d'électrochimique.

Applications

- usinage des matériaux conducteurs d'électricité (Al, Cu, Fe, Ni, aciers).
- usinage des matériaux frittent.
- usinage Matériaux durs ou difficiles-à-usiner ou pour des géométries complexes.
- formes irrégulières et complexes des moules.
- perçage des trous non ronds.
- ébavurage.
- rectification plane ou cylindrique.
- usinage de matrices ou moules, ébavurage, affûtage.
- possibilités : précision 0,01 mm en rectification et 0,1 mm en défonçage.

Avantages

- pas de contact, peu de dommage à la pièce.
- pas ou peu d'usure de l'outil.
- pas de bavures.
- l'absence d'opération d'ébauche.
- le perçage avec des rapports profondeur/diamètre très importants (< 200) ;
- l'usinage de parois minces par usinage simultané des deux côtés de la pièce, par exemple pour les aubes de turbomachines ;
- vitesse d'usinage de 0,1 à 2 mm/min. (10 fois plus rapide que l'électro érosion à enfonçage).
- les qualités de surface de l'électrode sont reproduites à valeur identique.
- rugosité pouvant atteindre $Ra\ 0,03\mu m$.

→ pas de contrainte mécanique sur la pièce.

Inconvénients

- coûts du système électrique.
- coûts de traitement de l'électrolyte.
- problèmes de corrosion ;
- difficultés inhérentes à l'électrolyte ;
- a l'existence de pressions hydrauliques élevées ((inférieures à 25 bar).
- aux études et à la mise au point de(s) l'outil(s).

III.5 Usinage par électroérosion

Des décharges électriques (étincelages) produisent des T° très élevées qui fondent ou évaporent le métal au voisinage de l'électrode.

Pas de contact ; dureté de la pièce n'influence pas la coupe.

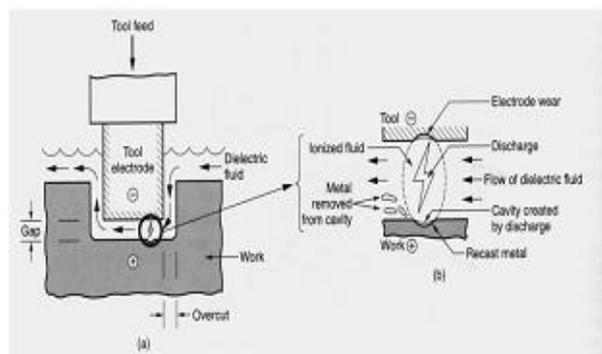


Fig. 59 Usinage par électroérosion.

III.6 Autres procédés

a/ usinage laser

Découpe jusqu'à 10mm d'épaisseur maxi.

Puissance de 20 à 25kW dans l'industrie (contre quelques mW dans le médical).

Possibilité d'usiner dans des zones difficiles d'accès.

Soudage de matériaux différents.

Mauvais rendement (20%).

Nécessite des protections importantes.

Applications principales

- Le soudage.
- Le découpage.
- Le traitement de surface.
- Le marquage (identification de pièces...).

b/ Usinage par faisceau d'électrons

Usinages par faisceau d'électrons : (vitesse : 2/3 de la vitesse de la lumière)

Avantage

- Outil immatériel, inusable et facilement réglable.
- Soudures de qualité avec des joints étroits.
- Faibles déformations (économie de matière).
- Soudage de matériaux facilement oxydables (car sous vide).
- Soudage d'épaisseurs importantes : 250mm maxi.
- Bonnes conditions de travail (pas de bruits ni fumées).
- Soudure de matériaux différents.

Inconvénients

- Faire un vide poussé : 10^{-2} à 10^{-4} Torr ; 1Torr =1mm de Hg.
- Émission de rayons X (enceinte en acier ou en plomb).
- Faisceau sensible, déviation du faisceau (on ne peut pas souder de plastiques 19

Exercices Corrigés

Exercices

Exercice 1

1. Définir les termes suivants :

Environment, entreprise, biens, services.

2. Pourquoi une entreprise est considérée comme une entité sociale ?
3. Présenter, l'effectif de personnel comme un critère de classification des entreprises.

Exercice 2

1. Définir les termes suivants :

Branche, secteur.

2. Quelle est la différence entre le secteur primaire et le secteur secondaire ?
3. Quels sont les composants de secteur tertiaire ?
4. Quelle est la différence entre les entreprises privées et les entreprises publiques ?
5. Quelle est la différence entre les entreprises individuelles et les entreprises sociétales ?
6. Classer les activités ci-dessous dans un des trois secteurs du tableau.

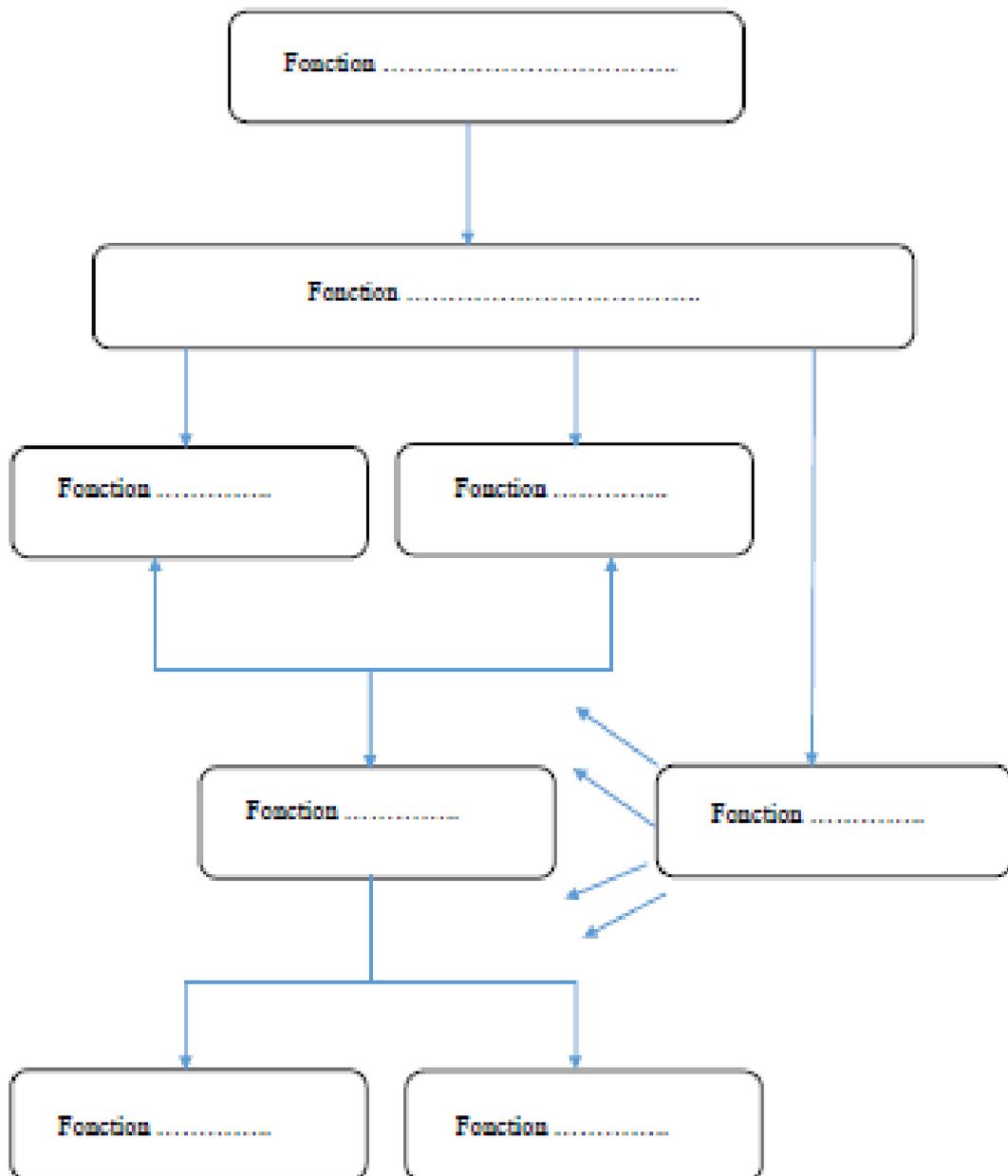
Elevage – Banque – Transport – Commerce – Pêche – Mécanique (Industrie et réparation) – Textile – Assurance – Chimie – Sylviculture – Métallurgie.

S. Primaire	S. Secondaire	S. Tertiaire
-	-	-
-	-	-
	-	-

Exercice 6

Compléter l'organigramme ci-dessous par la fonction d'entreprise correspondante.

Organigramme et structures des entreprises



Exercice 7

- ✚ Une entreprise dispose des services et des responsables : Sachant que l'entreprise dispose de 8 fonctions :

<i>F. Direction</i> <i>F.1</i>	<i>F. Financière</i> <i>F.2</i>	<i>F. Approvisionnement</i> <i>F.3</i>	<i>F. Personnel</i> <i>F.4</i>	<i>F. Production</i> <i>F.5</i>	<i>F. Commerce</i> <i>F.6</i>	<i>F. Logistique</i> <i>F.7</i>	<i>F. Administration</i> <i>F.8</i>
-----------------------------------	------------------------------------	---	-----------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--

- ☞ Partir de la liste déterminer les fonctions auxquelles appartient chaque tâche :

<i>N° :</i> <i>Fonction</i>	<i>Les tâches</i>
	Réaliser les achats : recherche et choix des fournisseurs, détermination des produits à commander (normes qualité, quantité et prix).
	Prévoir : fixer les objectifs en fonction des moyens financiers, matériels, techniques et humains.
	Service méthodes : méthodes de travail, normes de production des ateliers, gammes opératoires, analyses des temps, productivité des postes... satisfaction des exécutants : nature des tâches et cadences de travail.
	Conception des "outils" et techniques de fabrication.
	Organiser : structure interne de l'entreprise.
	Coordonner : harmoniser les actions des différents services.
	La communication interne : Journal d'entreprise, campagnes d'information, séminaires, formations du management.

	Maintenance du matériel : outillages légers et lourds, nettoyage des locaux, sécurité des hommes et des matériels.
	Service qualité : contrôle/ audits des gammes opératoires procédures certification – qualité.
	Services planification / ordonnancement / lancement plan de production.
	La formation technique et générale : cours de formation technique selon le métier exercé, culture générale (bibliothèque interne...).
	Le recrutement du personnel : mise en œuvre des méthodes de recrutement, visite médicale d'embauche, puis annuelles, Adaptation rapide du personnel (livret accueil, visite entreprise, ...).
	Employer les fonds : effectuer les dotations budgétaires, affecter les fonds aux divers emplois possibles (stocks, investissements, placements, ...).
	Les modifications dans l'affectation du personnel : les mutations et promotions, les congés (payés, maladie, maternité, sabbatiques, ...), les départs (démission, retraite, ..).
	Service médical : premiers soins en cas d'accident, suivi des visites annuelles.
	Gestion économique de stocks.
	Recherche et choix des fournisseurs.
	Publicité sur différents supports : promotion des ventes, animation des réseaux de ventes (marché intérieur / exportation).

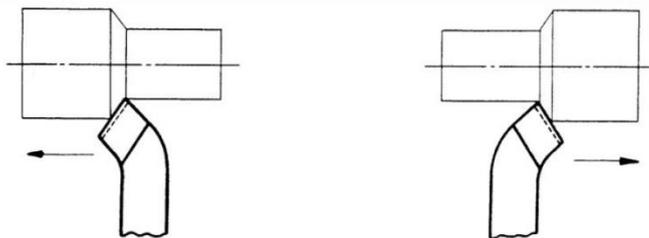
	Contrôle de progression du travail.
	Application des législations du travail et sociale en liaison avec : l'inspection du travail, les délégués du personnel, le comité d'entreprise, les syndicats.
	Collecter les fonds : chercher les fonds et les réunir après examen des divers moyens de financements possibles.
	Définition des circuits de distribution et des niveaux de prix.
	Informatique de gestion : logiciels de comptabilité, de finances, de gestion des ressources humaines (paix, formation), de facturation.
	Gérer les fonds : remplacer un financement par un autre, rapports avec les prêteurs et emprunteurs.
	La discipline : règlement intérieur, contrôle de l'exactitude, de l'assiduité, sanctions et récompenses.
	Sécurité : prévention accident sur les personnes, protection des biens surveillance jour et nuit, incendie, entretien préventif.
	Service courrier : réception, distribution, expédition du courrier.
	Gestion des stocks produits finis.
	Comptabilité analytique : détermination des coûts, prix de revient, résultats analytiques d'exploitation.
	Création des supports de vente et des argumentaires, des manifestations.

	Sécurité des hommes et des matériels
	Commander : ordres et directives, établir les règlements pour réaliser les objectifs.
	Etudes de marché, de motivations d'achat, de natures de clients.
	Service de caisse : journaux de caisse, banque ...
	Gestion des stocks (matières).
	Distribution des produits finis.
	Service clients (ou après-vente) : relations avec les clients, entretien, réparations, échanges, et remontées d'informations relatives au produit.
	Surveillance et entretien, enseignement, traitement de la voix, de l'image, télécommunications, jeux vidéo.
	Service administration des ventes : suivi des commandes, facturation.
	Préparation de commandes.
	Opérations de dédouanements.
	Conditionnement transport.
	Service de contrôle : inspection des ventes.
	Le contrôle de gestion : mesurer et analyser les activités d'une organisation et de sa rentabilité : au sens vérification et pilotage.

	Service technico-commercial : aide aux vendeurs et démarrages.
	Détermination des marchés potentiels et des segments de clientèle.
	Contrôle de quantité et de qualité.
	Sécurité informatique : mise en place des outils de sécurité informatique, contrôle de maintenance de ces outils.

Exercice 8

1. Citez les types de montage des pièces sur un tour.
2. Quelles sont les opérations d'usinage réalisées sur un tour.
3. Citer les organes principaux d'un tour.
4. Expliquez le principe d'enlèvement de matière en usinage.
5. Comment on définit le sens de l'outil de coupe de tournage
6. Pour générer une surface élémentaire, il est nécessaire de combiner deux mouvements générateurs :
 - Le mouvement de.....
 - Le mouvement d'.....
 - Indiquer les deux mouvements sur les schémas suivants :



- Le mouvement de rotation de la pièce **Mc**, s'exprime en
- Le déplacement rectiligne de l'outil **Ma**, s'exprime en

Correction

Correction d'exercice 1

1- **Environnement** : est l'ensemble des variables et d'acteurs qui influent d'une manière directe ou indirecte la vie de l'entreprise, on peut distinguer entre 3 types d'environnement :

- Macro-environnement : Etat collectivités locales.
- Micro –environnement : fournisseur client, banque, assurance...
- Méso-environnement : la localisation : géographique de l'entreprise
- **Entreprise** : est un agent économique qui combine des facteurs (K.W) de production pour produire des biens et des services qui vont être vendus sur le marché afin de réaliser le bénéfice.
- **Biens** : quelque chose utilisable pour combler un besoin ou un désir, un bien est touchable, stockable et transportable.
- **Service** : est une partie de produit qui est non touchable, non stockable et non transportable, le client participe avec acuité dans la production du service, une fois le service est consommé il est détruit.

2- l'entreprise est considérée comme une entité sociale pour deux raisons :

- Elle participe au bien être de la société par la production des biens et des services dont il a besoin.
- Elle fait travailler des salariés pour lesquels elle verse des salaires afin d'acheter des biens et les services dont ils ont besoin.

3- l'effectif du personnel c'est le nombre des salariés d'une entreprise :

- des petites entreprises fonctionnent de 1 à 9 salariés.

- les moyennes entreprises fonctionnent de 9 à 500 salariés.
- les grandes entreprises fonctionnent plus.

Correction d'exercice 2

1- **Branche** : est l'ensemble des entreprises qui produisent le même produit.

- **Secteur** : est ensemble d'entreprises ayant la même activité principale

2- La différence entre le secteur primaire et le secteur secondaire c'est que :

- Le secteur primaire : concerne la collecte et l'exploitation des ressources naturelles. Exemple le secteur agricole.
- Le secteur secondaire : implique les industries de transformation de matière première en produit fini. Exemple le secteur industriel.

3- le secteur tertiaire regroupe les opérations commerciales, les opérations bancaires et les opérations d'assurances.

4- l'entreprise privée : elle a un but lucratif et le capital appartient à une seule personne.

L'entreprise publique : elle a un but non lucratif et le capital appartient à l'état.

5- l'entreprise individuelle est une entreprise soumise au pouvoir de direction et de décision d'une seule personne.

- L'entreprise sociétaire : est un contrat par lequel deux ou plusieurs personnes mettent en commun leurs argent, leurs moyens et leurs objectifs afin de partager le bénéfice et de supporter les pertes ou les risques.

6-

S. Primaire	S. Secondaire	S. Tertiaire
- Elevage - Pêche - Sylviculture	- Mécanique industrie - Textile - Chimie - Métallurgie	- Banque - Transport - Commerce Mécanique réparation - Assurance

Correction d'exercice 3

1- **Organisation** : c'est une entité sociale, un groupement humain pour la réalisation des objectifs communs.

- **Organisation de l'entreprise** : c'est l'arrangement des moyens humains, matériels et financiers et d'information dont dispose l'entreprise, c'est une manière de répartition des hommes, des tâches et des moyens.
- **Cycle d'exploitation** : c'est l'ensemble des opérations réalisées au sein de l'entreprise
- **Structure** : elle permet de visualiser les différents services et la relation qui les relie ainsi que la responsabilité des différents intervenants

2- La structure de l'entreprise consiste à déterminer :

- Les services à constituer et répartir les moyens, établir les tâches de chaque service, préciser les relations entre les services dans un cadre représentatif.

3- Les objectifs d'un organigramme sont :

- Besoin d'information des personnels et des tiers.
- Besoin de diagnostic.
- Besoin de prévoir des services à créer et des postes de travail à développer.

4- Les missions de la fonction approvisionnement sont :

- Recherche des fournisseurs.

- Détermination des produits à commander.
- Passation de commande.
- Réception et contrôle de commande.
- Suivie administrative des commandes.

Correction d'exercice 4

1- L'organigramme : le schéma représentatif de la structure de l'entreprise

- Environnement : l'ensemble des acteurs et variables qui influencent d'une manière directe ou indirecte la vie de l'entreprise.

On distingue 3 types d'environnement : micro-environnement , macro-environnement , méso-environnement

- Organisation : une entité sociale, un groupement humain pour la réalisation des objectifs communs

2- L'organigramme répond à un triple besoin :

- besoin d'information du personnel et des tiers.
- besoin de diagnostic, il permet d'analyser les structures, les liaisons, les procédures et en faire d'étude critique.
- besoin de prévoir des services à créer et des postes de travail à pourvoir.

3- les caractéristiques des régies sont :

- Constitués d'un établissement géré par des fonctionnaires de l'état.
- Elles n'ont ni personnalité morale ni budget autonomie.
- Elles fournissent leur bien à un prix couvrant le coût de la production et de la vente.

- La vente de la production les distingue des administrations qui fournissent à titre gratuit leurs services.
- 4- Les missions des coopératives sont :
- La suppression de motif de profit : l'objectif n'est pas le profit mais la satisfaction des besoins de leurs membres au meilleur prix.
 - L'objectif de la coopérative est les services rendus aux adhérents.
 - Les coopératives ont des droits égaux : un coopérateur = une voix.
- 5- Les entreprises publiques ont un but non lucratif, le capital appartient à l'état.

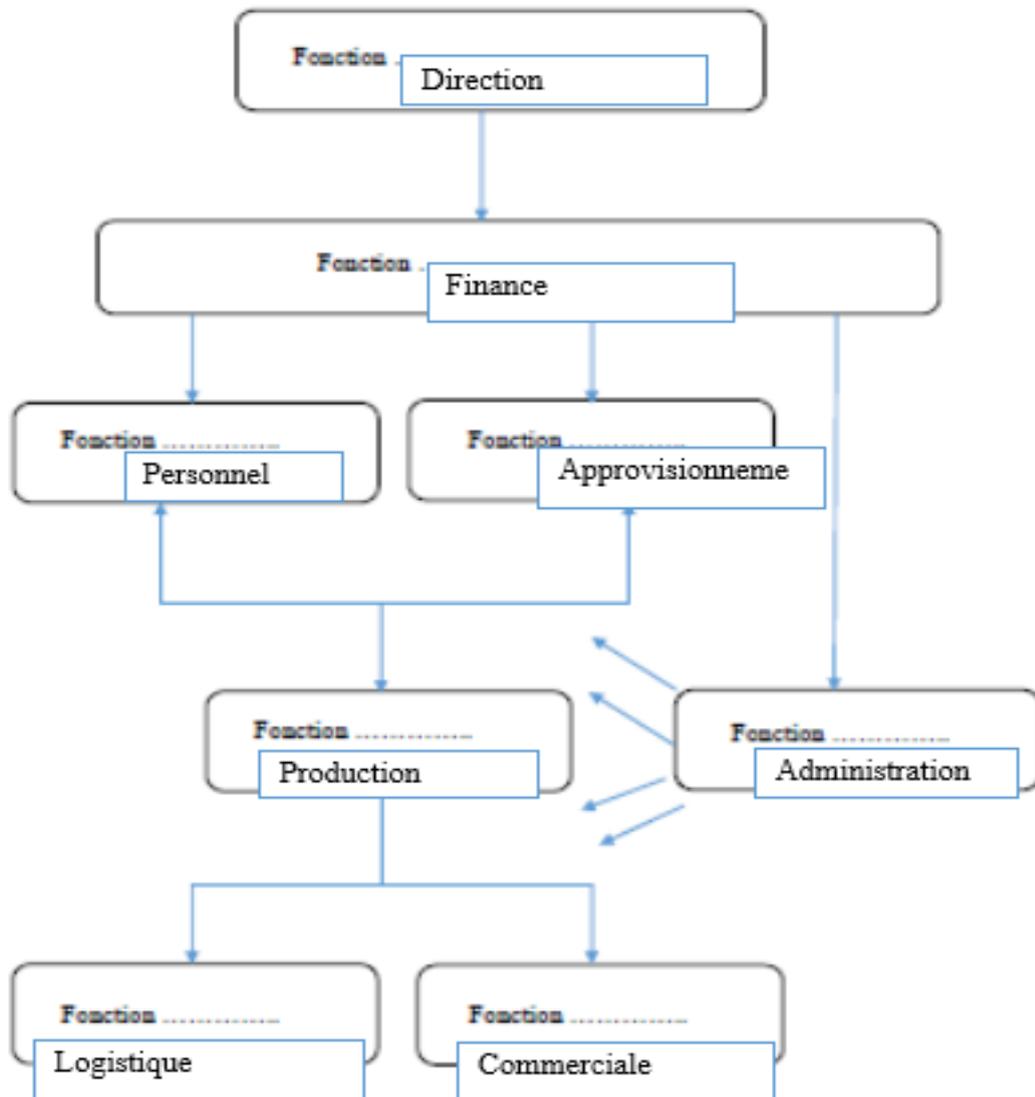
Les entreprises privées ont un but lucratif, et ils peuvent être entreprises individuelles caractérisées par :

Entreprises individuelles caractérisées par : le capital de la création est composé par des parts sociales, les personnes qui sont responsables devant la loi.

Correction d'exercice 5

- 1- Système : ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé en fonction d'un but.
- Chaque système est composé par un ensemble de sous système entre les quels il y a des relations de feed back et d'effets en retour.
- Système d'information : un système utilisateur machine qui produit l'information pour assister les êtres humains, les fonctions d'exécution, de gestion et de prise de décision.
 - Flux : l'échange, le transfert et les mouvements réalisés entre l'entreprise et les autres variables de l'environnement.
 - Stratégie : un ensemble de décisions prises par l'entreprise en vue d'atteindre un ensemble d'objectifs par la mobilisation d'un ensemble des moyens en prenant en considération les changements et les évolutions de l'environnement.

Correction d'exercice 6



Correction d'exercice 7

<i>N° : Fonction</i>	<i>Les tâches</i>
<i>3</i>	Réaliser les achats : recherche et choix des fournisseurs, détermination des produits à commander (normes qualité, quantité et prix).
<i>1</i>	Prévoir : fixer les objectifs en fonction des moyens financiers, matériels, techniques et humains.

5	Service méthodes : méthodes de travail, normes de production des ateliers, gammes opératoires, analyses des temps, productivité des postes... satisfaction des exécutants : nature des tâches et cadences de travail.
5	Conception des "outils" et techniques de fabrication.
1	Organiser : structure interne de l'entreprise.
1	Coordonner : harmoniser les actions des différents services.
4	La communication interne : Journal d'entreprise, campagnes d'information, séminaires, formations du management.
5	Maintenance du matériel : outillages légers et lourds, nettoyage des locaux, sécurité des hommes et des matériels.
5	Service qualité : contrôle/ audits des gammes opératoires procédures certification – qualité.
5	Services planification / ordonnancement / lancement plan de production.
4	La formation technique et générale : cours de formation technique selon le métier exercé, culture générale (bibliothèque interne...).
4	Le recrutement du personnel : mise en œuvre des méthodes de recrutement, visite médicale d'embauche, puis annuelles, Adaptation rapide du personnel (livret accueil, visite entreprise, ...).
2	Employer les fonds : effectuer les dotations budgétaires, affecter les fonds aux divers emplois possibles (stocks, investissements, placements, ...).
4	Les modifications dans l'affectation du personnel : les mutations et promotions, les congés (payés, maladie, maternité, sabbatiques, ...), les départs (démission, retraite, ..).

8	Service médical : premiers soins en cas d'accident, suivi des visites annuelles.
7	Gestion économique de stocks.
3	Recherche et choix des fournisseurs.
8	Publicité sur différents supports : promotion des ventes, animation des réseaux de ventes (marché intérieur / exportation).
5	Contrôle de progression du travail.
4	Application des législations du travail et sociale en liaison avec : l'inspection du travail, les délégués du personnel, le comité d'entreprise, les syndicats.
2	Collecter les fonds : chercher les fonds et les réunir après examen des divers moyens de financements possibles.
6	Définition des circuits de distribution et des niveaux de prix.
8	Informatique de gestion : logiciels de comptabilité, de finances, de gestion des ressources humaines (paix, formation), de facturation.
2	Gérer les fonds : remplacer un financement par un autre, rapports avec les prêteurs et emprunteurs.
4	La discipline : règlement intérieur, contrôle de l'exactitude, de l'assiduité, sanctions et récompenses.
8	Sécurité : prévention accident sur les personnes, protection des biens surveillance jour et nuit, incendie, entretien préventif.
8	Service courrier : réception, distribution, expédition du courrier.
7	Gestion des stocks produits finis.

8	Comptabilité analytique : détermination des coûts, prix de revient, résultats analytiques d'exploitation.
6	Création des supports de vente et des argumentaires, des manifestations.
5	Sécurité des hommes et des matériels
1	Commander : ordres et directives, établir les règlements pour réaliser les objectifs.
6	Etudes de marché, de motivations d'achat, de natures de clients.
8	Service de caisse : journaux de caisse, banque ...
7	Gestion des stocks (matières).
7	Distribution des produits finis.
6	Service clients (ou après-vente) : relations avec les clients, entretien, réparations, échanges, et remontées d'informations relatives au produit.
8	Surveillance et entretien, enseignement, traitement de la voix, de l'image, télécommunications, jeux vidéo.
6	Service administration des ventes : suivi des commandes, facturation.
7	Préparation de commandes.
7	Opérations de dédouanements.
7	Conditionnement transport.
6	Service de contrôle : inspection des ventes.

8	Le contrôle de gestion : mesurer et analyser les activités d'une organisation et de sa rentabilité : au sens vérification et pilotage.
6	Service technico-commercial : aide aux vendeurs et démarrages.
6	Détermination des marchés potentiels et des segments de clientèle.
5	Contrôle de quantité et de qualité.
8	Sécurité informatique : mise en place des outils de sécurité informatique, contrôle de maintenance de ces outils.

Correction d'exercice 8

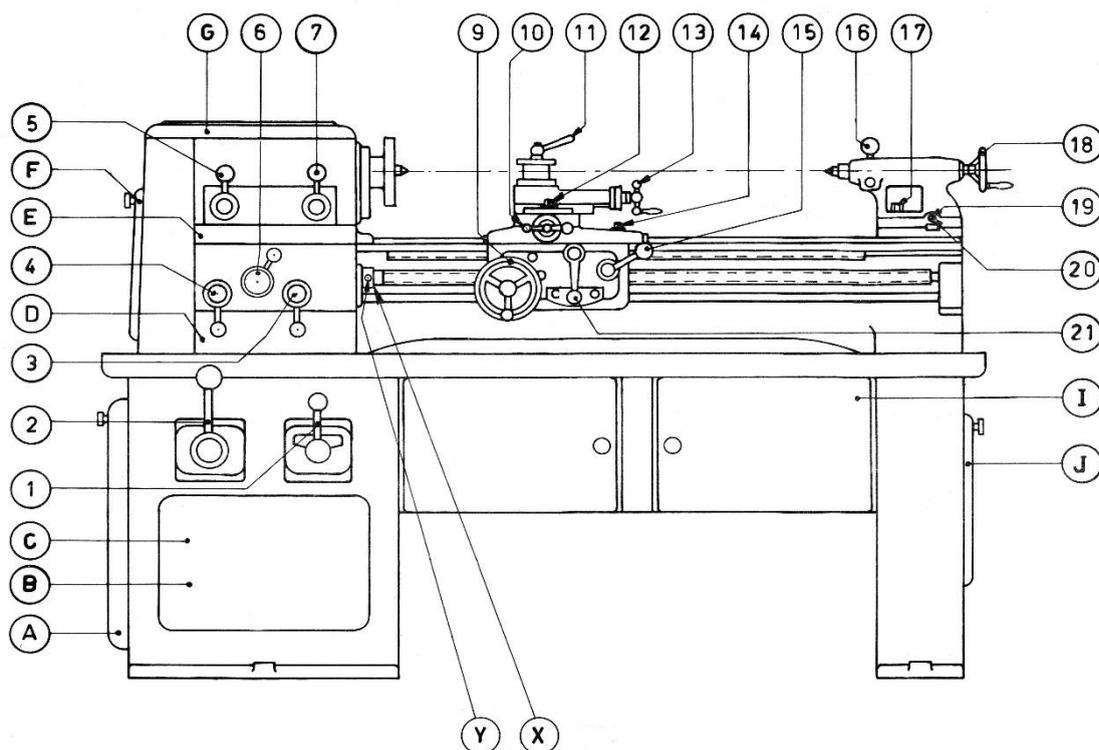
1. Type de montage des pièces sur un tour

- Montage en l'air.
- Montage mixte.
- Montage entre pointes.

2. Les opérations d'usinage réalisées sur un tour sont :

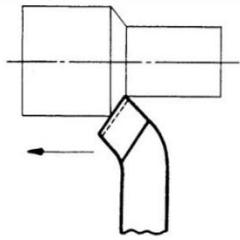
- Dressage.
- Chariotage.
- Chauffreinage.
- Perçage.

3. Les organes d'un tour

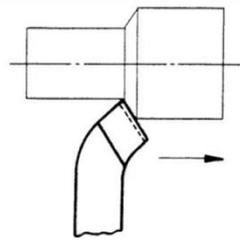


1	Levier de commande (inverseur et commutateur) du moteur	17	Écrou de blocage de la contre-pointe sur le banc
2	Levier de commande de la boîte de vitesse	18	Volant de commande du canon de la contre-pointe
3	Levier d'inversion du sens de rotation (tringle - vis mère)	19	Vis de désaxage de la contre-pointe
4	Levier de sélection des filetages et avances	20	Contre-vis de désaxage de la contre-pointe
5	Levier donnant (position harnais) les mouvements lent et rapide	21	Levier d'embrayage des mouvements automatiques longitudinal et transversal des chariots
6	Levier baladeur de sélection des filetages et avances	A	Couvercle d'accès à la poulie d'entrée de la boîte de vitesse
7	Levier donnant à la poupée les vitesses à la volée ou au harnais	C	Accès au moteur principal
9	Volant de commande à la main du chariot longitudinal	D	Couvercle d'accès à l'inverseur
10	Commande à la main du chariot transversal	E	Couvercle d'accès au graissage de la boîte « norton »
11	Levier de blocage de la tourelle porte-outils	F	Porte d'accès à la tête de cheval
12	Vis (deux) de blocage de l'orientation du chariot porte-outils	G	Couvercle de la poupée fixe
13	Commande à la main du chariot porte-outils	I	Portes des armoires à outils
14	Vis de blocage du chariot longitudinal	J	Couvercle d'accès au dispositif de lubrification
15	Levier commandant les demi-écrous de la vis mère (filetage)	X	Manchon
16	Levier de blocage du fourreau de la contre-pointe	Y	Vis

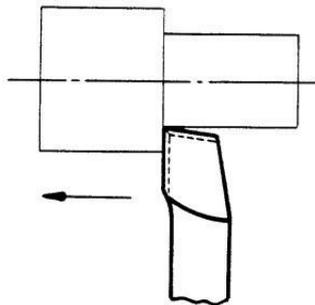
4. L'enlèvement de matière est obtenue par une :



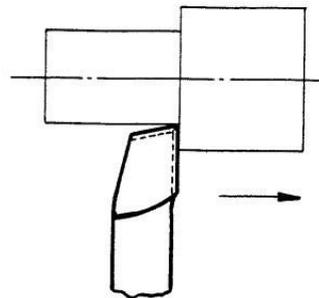
Outil à charioter à droite



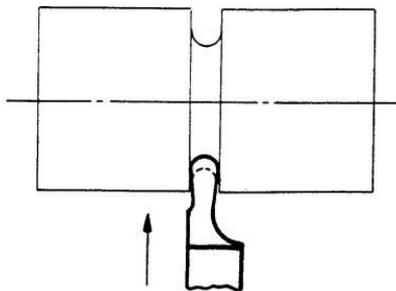
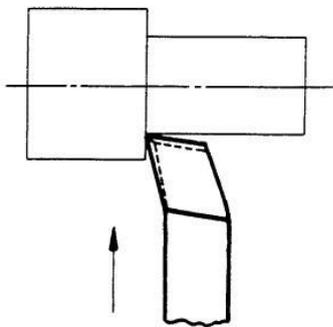
Outil à charioter à gauche



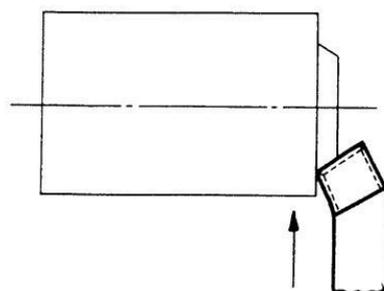
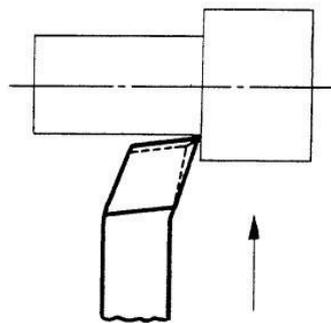
Outil couteau à droite



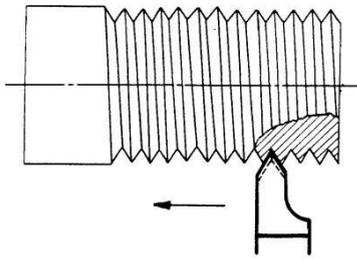
Outil couteau à gauche



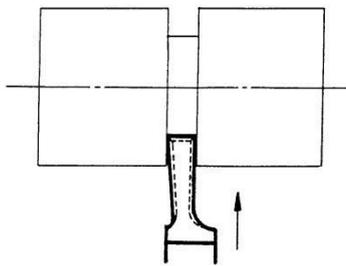
**Outil à surfacer à droite
Outil à gorge**



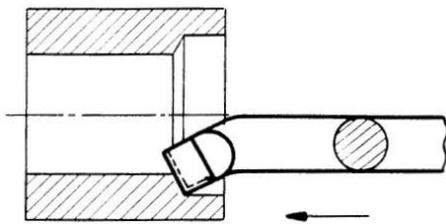
**Outil à surfacer à gauche
Outil à charioter et à surfacer**



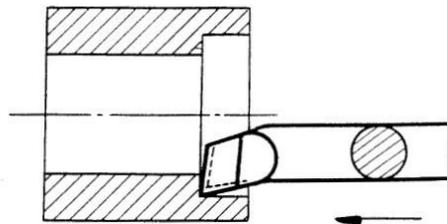
Outil à fileter extérieur



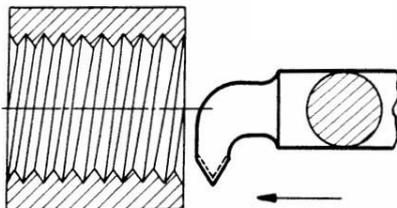
Outil à tronçonner



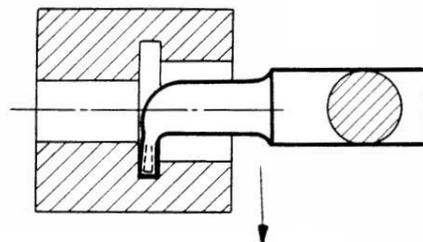
Outil à aléser normal



Outil à aléser d'angle



Outil à fileter intérieur



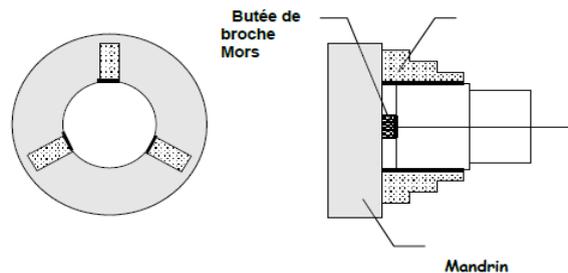
Outil à chambrer

Mise en place de la pièce sur la machine

Montage en l'air

- Pour l'exécution de petites ou de grosses pièces,
- Pour des pièces de petites longueurs.

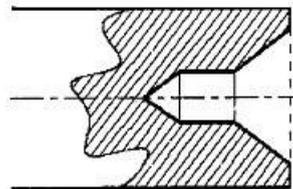
Le porte pièce utilisée ici est un mandrin trois mors à serrage concentrique auquel on a joint également une butée de broche



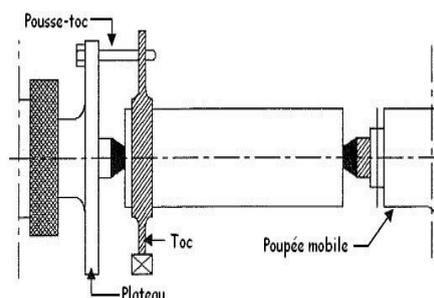
Montage entre-pointes

- Utilisé pour l'usinage des pièces longues,
- Diminue le démontage de la pièce.

La pièce sera soutenue par deux pointes. La pointe fixe (**poupée fixe**) et la pointe mobile (**poupée mobile**).



La pièce sera entraînée, par un toc, fixé lui-même à l'extrémité de la pièce côté poupée fixe de manière à ce que le pousse-toc fixé lui sur le plateau, entraîne dans sa rotation, la pièce à usiner.

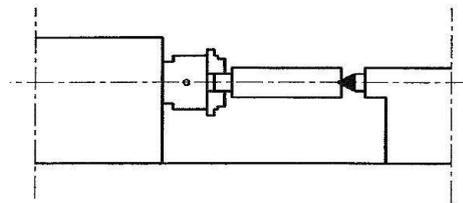




Montage Mixte

Pour l'exécution de grosses pièces et longues.

La pièce sera soutenue à gauche, dans un mandrin et à droite, par la contre-pointe.



Les outils

Les outils sont des morceaux d'acier affûtés d'une certaine manière plus durs que le métal à usiner et ce pour permettre l'usinage de ces différents métaux.

Morceaux d'acier, soit :

- acier rapide.
- carbure métallique.
- céramiques.



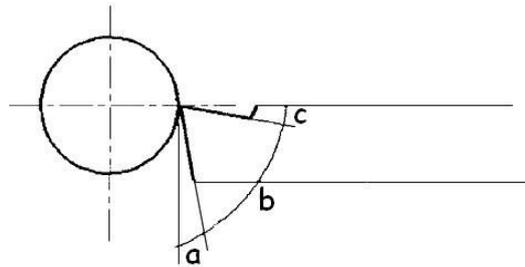
Outil en acier rapide supérieur (ARS)
carbure métallique



Outil avec plaquette en

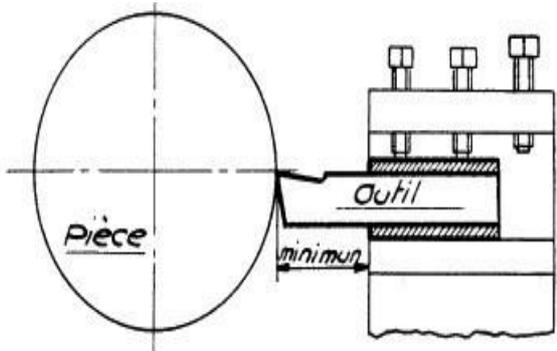
L'outil sera affûté en tenant compte principalement de 3 angles :

- L'angle de dépouille (a) : qui évite le talonnage et favorise la pénétration de l'outil dans la pièce.
- L'angle tranchant (b) : c'est la partie de l'outil qui pénètre dans la matière et procède à la séparation et au cisaillement du copeau.
- L'angle de d' attaque (c) : sert à l'évacuation du copeau.



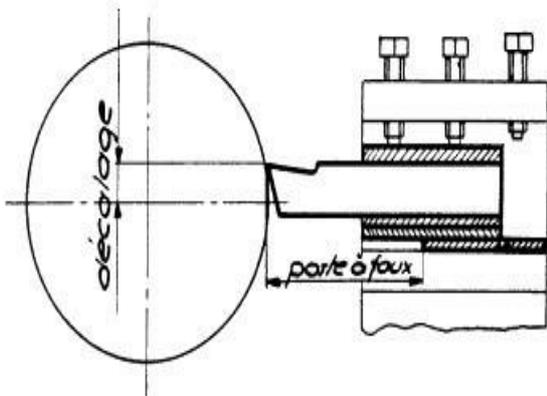
Ces angles varient en fonction de la matière à usiner et leur somme vaut toujours **90 °**

Matière à usiner	Angle de dépouille (a)	Angle tranchant (b)	Angle d'attaque (c)
Acier doux (R = 40 daN/mm ²)	6 °	58 °	26 °
Acier demi-dur (R = 70 daN/mm ²)	6 °	61 °	23 °
Acier dur (R = 100 daN/mm ²)	6 °	74 °	10 °
Fonte grise ordinaire	6 °	68 °	16 °
Fonte en coquille	6 °	84 °	0 °
Bronze	6 °	79 °	5 °
Laiton	6 °	80 °	4 °
Cuivre	10 °	45 °	35 °
Aluminium	10 °	45 °	35 °



Outil réglé correctement

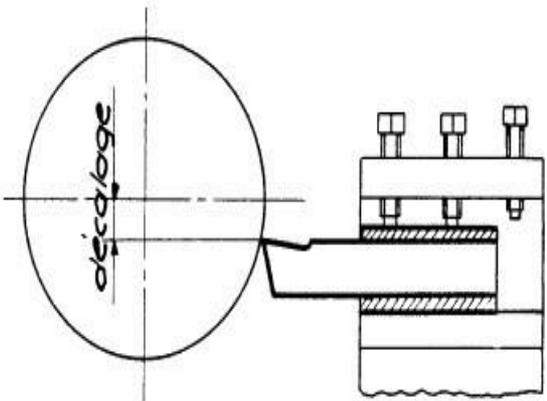
L'outil est réglé en hauteur à l'aide d'une ou plusieurs cale(s). De plus, il doit être protégé par une cale.



Outil mal réglé

Plus haut que le centre. Dans ce cas, il faut limiter le nombre de cales.

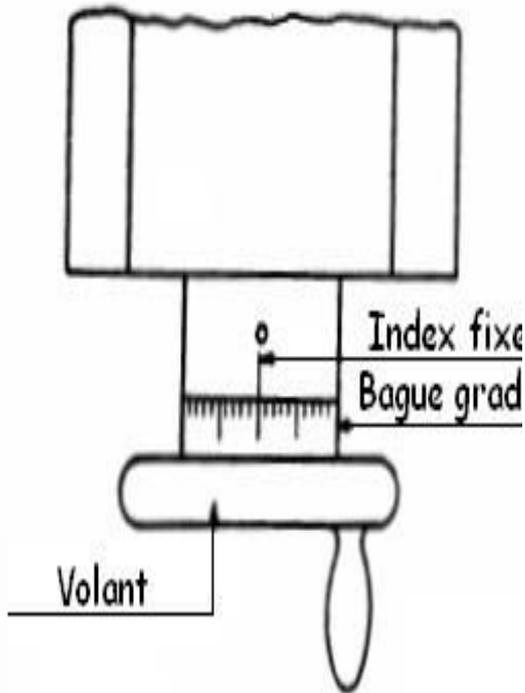
Les cales doivent être toutes sur un même plan.



Outil mal réglé

Plus bas que le centre. Dans ce cas, il faut ajouter une ou plusieurs cale(s).

Réglages des chariots



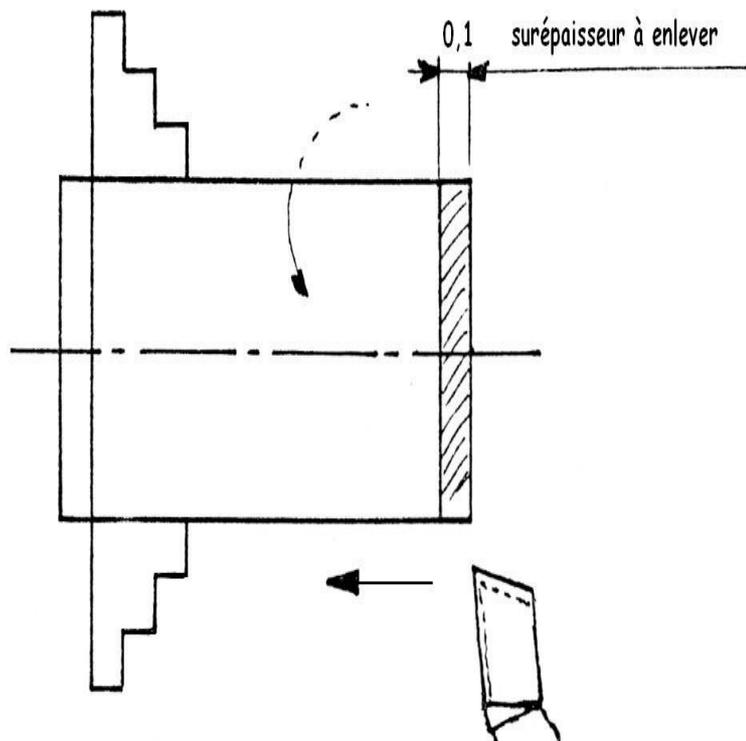
La vis est solidaire du volant dont le tambour gradué est partagé en plusieurs divisions

Exemple:

Tambour gradué en 80 divisions. Si le pas de la vis du chariot vaut **4 mm** et que l'on fait tourner le volant de **1 tour (80 divisions)**, le chariot se déplacera d'une quantité égale au pas de la vis (**soit 4 mm**).

Si l'on fait tourner le tambour d'une division, soit 1/80 ème de tour, le chariot se déplacera de :

Mise à longueur



$$\frac{4 \times 1}{80} = 0,05 \text{ mm}$$

8
0

Vis chariot porte-outil : pas = 2,5 mm

Tambour gradué = **100 divisions**

Pour avancer l'outil de **2,5 mm** dans le sens de la flèche, je dois tourner le tambour de : **1 tour ou 100 divisions**

d'où :

$$2,5 \text{ mm} = 100 \text{ divisions}$$

$$1 \text{ mm} = \frac{100}{2,5}$$

$$0,1 \text{ mm} = \frac{100 \times 0,1}{2,5} = 4 \text{ divisions}$$



Vitesse de coupe

La vitesse de coupe correspond au chemin parcouru en mètres par un point pris sur la circonférence de la pièce et ce pendant une minute. L'unité de la vitesse de coupe est **m/min**

$$V_c = \frac{\pi \times d \times N}{1000}$$

- V_c : vitesse de coupe en m/min
- d : diamètre en mm au point d'usinage
- N : vitesse de rotation de la pièce en tours par minute
- En permutant les termes de la formule précédente, on obtient la fréquence de rotation de la pièce en **trs/min** :

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

Références Bibliographiques

GEORGES J., 2003, Pratique de la gestion industrielle, organisation, méthodes et outils, L'usine nouvelle, Dunod, Pp 635.

MASCLE C, WYGOWSSKI W., 2012, Fabrication avancée et méthodes industrielles, Du dossier produit au dossier fabrication, Tome 1, Presses internationales polytechnique, Pp 425.

MASCLE C, WYGOWSSKI W., 2013, Fabrication avancée et méthodes industrielles, Du dossier produit au dossier fabrication, Tome 2, Presses internationales polytechnique, Pp 491.

ALOUI A., 2011/2012, Système d'informatique-Etude- analyse-conception de SIs, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa, Faculté des sciences exactes, département d'informatique, Polycopié pédagogique, Pp. 84.

BERKANI K., 2012/2013, Supervision de la production dans un atelier flexible, Université Hadj Lakhdar de Batna, Faculté de technologie, Département de génie industriel, Mémoire de magister, Pp. 82.

OULMAS Y, YAHI F., 2017, L'analyse du processus de production au sein d'une entreprise Industrielle-Cas : Entreprise Algérienne de Textile Industrielle et Technique de Draa Ben Khedda, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des sciences économiques de gestion et sciences commerciales, Département des sciences de gestion, Mémoire de master, Pp. 142.

BAHLOUL E H., 2017/2018, Techniques de fabrication conventionnelles et avancées, Université de Batna 2, Faculté de technologie, Département de génie mécanique, Polycopié de cours, Pp. 84.

BENNACER N., 20019/2020, Création d'entreprises et entrepreneuriat, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa, Faculté des sciences économiques, Département des sciences commerciales, Polycopié pédagogique, Pp. 111.