

Ecole Nationale Polytechnique
d'Oran - MAURICE AUDIN

Département De Génie Mécanique



Analyse et

Méthodologie de Fabrication

Présenté Par : MOKHTARI Mohamed

(Maître de Conférences A)

Année universitaire 2021 / 2022

Avant-propos

Le terme « analyse et méthodologie » désigne le domaine qui étudie et pratique tous qui est moyens, chronologie, technique et procédure afin d'améliorer la productivité des entreprise en matière de coût et délais et permet aussi d'optimiser les paramètres de fabrication. Elle touche également l'organisation des entreprises et leur gestion de production.

Ce manuscrit constitue un support de cours à l'attention des étudiants de quatrième année et aussi un rappel pour les étudiants de cinquième année ingénieurs en productique mécanique.

Ce travail a pour objectif de leur offrir une documentation d'appui de cours qui donne sur tous qui relie l'analyse et la méthodologie de fabrication. Le document est en cours d'actualisation avec la nouvelle notion d'intelligence artificielle, mais les étudiants y trouveront un nombre important de données qui sont utiles pour résoudre les problèmes proposés en séances de travaux dirigés.

Ils y trouveront une partie qui apporte un éclairage sur les entreprises, du point de vue classification, typologie et logistique. La gestion de stock suivant le modèle de WILSON, le concept d'analyse fonctionnelle et celui de l'analyse de valeurs sont aussi présentés. Par la suite l'analyse de fabrication est également abordée dans un style clair et facile à comprendre par les étudiants.

La dernière partie de ce document traite les montages d'usinage.

Table des matières

Chapitre 1 : **Entreprise et organisation industrielle**

1- Définition	2
2- Organisation des entreprises	3
3- Organisation industrielle	4
3-1- Définition	4
3-2- Avantages de la logistique	4
3-3- Mode et typologie de production	4
3-4- Types de fabrication	5
3-5- La fonction production	5
3-6- La gestion des stocks	6
3-7- Définition de la Gestion de stock	11
3-8- Le suivie des stocks	11
3-9- Etude du temps de travail	12

Chapitre 2 : **Gestion de stock suivant le modèle de WILSON**

1- Objectifs de la gestion de stock	14
1-1- Financier	14
1-2- Sécurité	14
2- Les enjeux de la gestion de stock	14
2-1- Une quantité élevée de stocks	14
2-2- Une quantité trop faible de stocks	14
3- Modèle de Wilson	14
4- Exemples d'applications	17

Chapitre 3 : **Analyse de Valeurs et Analyse Fonctionnelle**

1- Définition	19
2- Analyse de valeurs	19
2-1- Objectifs de l'analyse de valeurs	20

2-2- Les étapes de l'analyse de valeurs	20
3- Analyse fonctionnelle	21

Chapitre 4 : Analyse d'usinage (Gamme et contrat de phase)

1- Définition	28
1-1- Ordre des phases et des opérations d'usinage	28
1-2- Choix des outils et des machines-outils	28
1-3- Les étapes de préparation	28
2- La mise en position isostatique	29
3- La cotation de fabrication	29
4- Elaboration de la gamme de fabrication	30
4-1- Le choix des surfaces de référence	30
4-2- Le choix des surfaces de départ	31
5- La conduite de l'usinage	31
6- Classement de L'association des surfaces à usiner	32
7- Contraintes de traitement thermique	33
8- Interaction gamme de fabrication/gestion de la production	33
9- Automatisation des Gammes d'usinage	34
9-1- L'ensemble des informations manipulé par le gammiste	34
9-2- Automatiser la gamme	35
9-3- Quelques notions sur les gammes d'usinage	35

Chapitre 5 : Outils de coupe

1- Introduction	37
2- Différents matériaux d'outils	37
2-1- Aciers rapides supérieurs (ARS)	37
2-2- Carbures	38
2-3- Cermets	38
2-4- Céramiques	38
2-5- Nitrure	38
2-6- Diamant	39
3- L'affûtage des outils	39
4- Usure des outils	40

4-1- Usure par effet mécanique	40
4-2- Usure par effet physico-chimique	40
5- Les outils tranchants	41
5-1- Les forêts à centrer	41
5-2- Les forêts	41
5-3- Les fraises	43
5-4- Outils de tour	44

Chapitre 6 : **Montages d'usinage**

1- Généralités	47
2- Étude et dessin d'un montage d'usinage	48
3- Déformations Mécaniques	50
4- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de fraisage	51
4-1- Les efforts de coupe : fraisage	52
4-2- La puissance de coupe	54
4-3- Optimisation économique des conditions de coupe	57
5- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de tournage	61
6- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de perçage	64
7- Étudier et dessiner un montage de contrôle	68
8- Optimiser le coût d'un montage d'usinage	71
9- Applications	73

Références bibliographiques	75
------------------------------------	-----------

Chapitre I

Entreprise et
Organisation industrielle

Entreprise et Organisation industrielle

1- Définition :

Une entreprise est une unité économique du fait que l'activité production est une activité économique. Elle possède des lois interne pour quelle puisse gérer le personnel vis-à-vis les droit et les devoir ainsi la gestion de ces équipements, elle est organisée pour quelle puisse assurer la croissance, la pérennité, le développement et la concurrence, ces facteurs sont liés les uns au autre, du fait qu'elle ne peut pas être pérenne que lorsqu'elle assure une certaine croissance, et elle ne peut pas être concurrentielle que lorsqu'elle assure un certain développement.

L'entreprise doit satisfaire le besoin soit de prestation pour un individu ou publique, soit de production d'un produit durable ou non durable marchand ou non marchand (marchand lorsque le prix de vente dépasse strictement le prix de revient d'un produit).

On trouve des entreprises de production et autres de prestation. L'entreprise de production se trouve dans le secteur soit primaire comme l'élaboration des matériaux, ou secondaire comme la transformation des matériaux ou encore tertiaire comme l'usinage et assemblage. Dans une entreprise de production il y a deux facteurs dit facteur de production celle du capitale et de travail. Ces facteurs sont substituable ou complémentaire, donc on peut trouver une entreprise a fort intensité de travail comme en peut trouver une entreprise à forte intensité du capital, c'est à l'entreprise de voir quelle relation entre ces facteurs de production ; si ils sont en complémentaire ça ne pose aucun problème mais dans le cas où ils sont en substituable l'entreprise prend en considération : le rendement, la compétitivité et le prix relative.

On trouve deux différents type de rendement, le rendement d'échelle qui explique la variation de productivité lorsqu'on ajoute en même temps les deux unités de production avec ou pas de même quantité. Au départ il y a une croissance jusqu'à la stabilité a une certaine valeur de productivité, Et on trouve aussi le rendement décroissante qui explique la variation de productivité lorsqu'on ajoute l'une de ces deux unités de production, au départ il y a une croissance ensuite une décroissance dans la productivité.

La productivité de l'entreprise prend deux images ; production au temps avec bas couts ou la production d'avantage avec le même cout. Et pour le prix relative on distingue le prix fixe telle que le payement des salarier ou des locations, le prix variable telle que la consommation de l'énergie, plus de production plus de consommation d'énergie et donc plus de dépense.

N'importe qu'elle entreprise si elle n'assure pas une certaine force de vente elle ne peut pas survivre, cette force de vente est baser sur trois principaux paramètres celle de coût, délais, et qualité. Dans la plus part du temps l'entreprise est connue par le rapport cout et qualité tandis que pour des grandes constructions le paramètre du délai est important.

Le prix du vent d'un produite dans une entreprise concurrentielle est conditionner par le prix du marché et donc pour pouvoir augmenter le bénéfice de l'entreprise elle doit penser à la réduction du prix de réalisation du produite c'est une tache des ingénieurs de bureaux d'étude et celle du bureau de méthode. Idem pour les délais de réalisation qui devons être conditionné aussi par le délai concurrentiel du marché.

2- Organisation des entreprises :

Plusieurs facteurs conditionne l'organisation de l'entreprise, on cite : La en premier lieux la taille de l'entreprise qui est conditionner par soit le nombre de salariés, pour un 0 employé c'est micro-entreprise, pour 1 jusqu'à 9 employé c'est une très petit entreprise TPE, et au-delà de 10 jusqu'à 499 employé c'est petite et moyen entreprise PME. Ou bien la taille de l'entreprise est conditionnée par le chiffre d'affaire. En effet le chiffre d'affaire c'est la toute des biens vendue, et le bénéfice c'est la différence entre le chiffre d'affaire et les charges. Il se calcule périodiquement hors taxe et par produite, c'est un paramètre qui permettre de comparer entre deux entreprise de la même activité, et c'est un indicateurs avec le bénéfice d'une performance de l'entreprise, pour progresser ce chiffre d'affaire il faut augmenter le nombre de client et ou le volume de production et ou le prix du produit. On note par la suite que plus l'entreprise est grande dans ca taille plus la responsabilité est décentralisée.

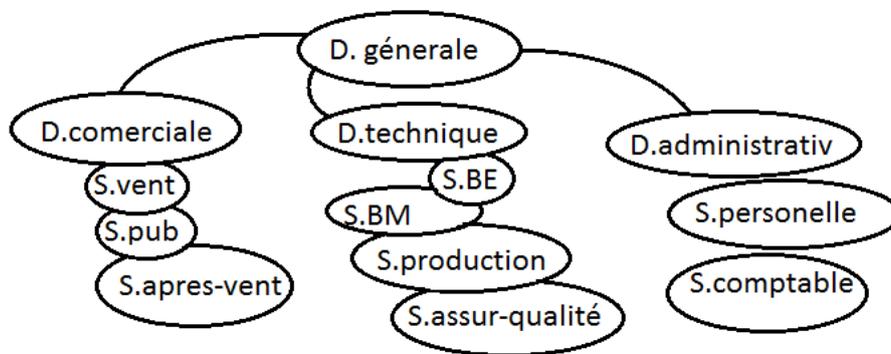


Fig. 1 : les différents services de l'entreprise

*L'**assurance qualité** est l'ensemble des actions d'entreprises pour garantir aux clients, distributeurs Ou partenaires,..) Un niveau de **qualité** minimum. Attesté par une norme ISO

****Service après-vente** accompagne la vie d'un équipement de production, assurant la prise en charge De l'installation, de la mise en route, de l'entretien, des dépannages et autres réparations

L'organisation suivre aussi la valeur technologique du produit et le lieu où se trouve l'entreprise. On cite aussi le propriétaire de l'entreprise, publique ou privé, aussi bien leur statut juridique individuelle ou sociétaire, le cadre d'activité prestation ou de production.

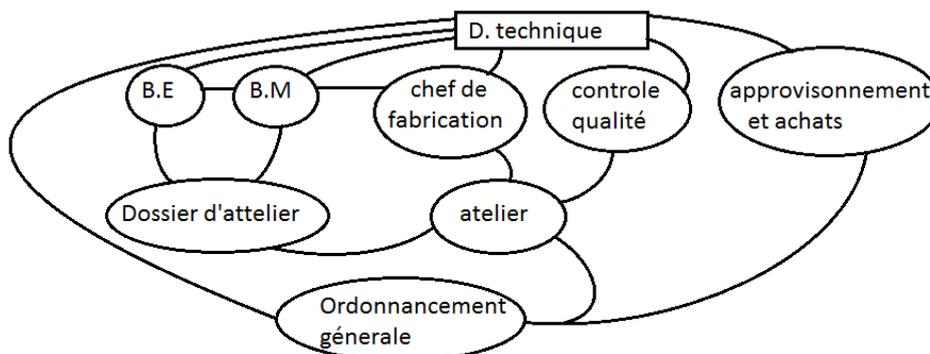


Fig. 2 : les différents services de la direction technique d'une entreprise de production

*****Ordonnement** c'est l'organisation des diverses phases d'une fabrication. Surveiller La charge des services et de contrôler l'avancement des commandes.

3- Organisation industrielle

3-1- Définition :

D'une façon très large la logistique par l'existence d'une demande est l'ensemble d'activité qui met à la disposition un ensemble de produit avec un bas coût à un endroit et un moment donné. D'autres définissent la logistique comme un mouvement de marchandise dès la production jusqu'à la consommation. On ajoute la maîtrise du flux tout au long du cycle de production, d'où la précision qu'il existe deux niveau de logistique ; celle qui vise à l'optimisation d'un flux de production et l'autre qui vise à l'optimisation de l'utilisation des équipements de production, on appelle ça la logistique de soutien. Les fonctions de logistique dans une entreprise suivre le mouvement de produit dès l'approvisionnement jusqu'à la distribution de produit en passant par la production et le stock.

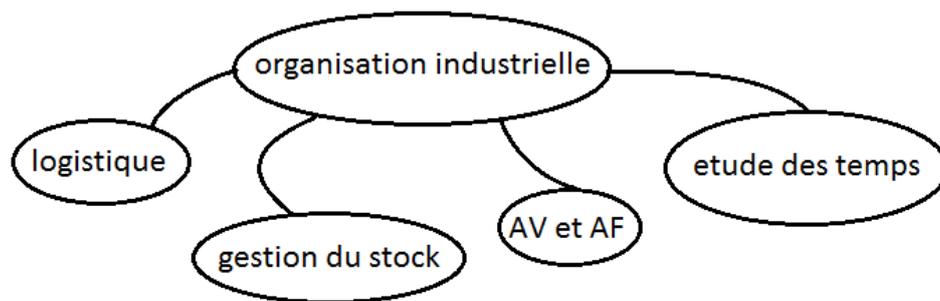


Fig.3. Service de l'organisation

******AV et AF** sont des démarches pluri- technologique basé sur des diagrammes Dite de bête à corne, de pieuvre et SADT et FAST.

3-2- Les avantages de logistique :

- La croissance par la maîtrise de ces problèmes
- Maîtrise du coût par la connaissance de chemin de produit
- L'externalisation, se concentré sur les marchés principale
- Diversification ; élargir ces gammes d'activités
- Flexibilité et rentabilité

3-3- Mode et typologie de production suivant sa structure et son volume de production

Production unitaire : pour les grands projets généralement complexes qui nécessite plusieurs spécialités qui intervient simultanément et séquentiellement.

Production continue : ce sont des produits qui sont soumis à une transformation continue par des opérations synchronisées avec des équipements hautement automatisés (raffinerie, cimenterie, aciérie)

Production de masse : pour des produits réalisés par fabrication ou assemblage, hautement automatisés, peut de variantes et très grande quantité.

3-4- les types de fabrication (unitaire, moyen, très grande série),

Le type de fabrication dépend de délais, du nombre et de la cadence, donc il faut choisir la machine, les outils et le personnel adéquat pour pouvoir assurer les conditions économiques.

Travail unitaire : c'est un travail d'une ou plusieurs pièces où le prix de revient soit le plus faible possible, donc utiliser les machines universelles, plus d'usinage sur même poste de travail, éviter le transfert et manipulation de la pièce, porte pièce standard afin d'éviter la fabrication du port pièce spéciale ou le prix n'est pas amorti, outil normaliser, opérateur qualifié.

Travail en moyen série : de 100 à 10 000, le travail doit être avec le temps le plus réduit que possible, et de poste à poste donc, utiliser des machines automatiques et semi-automatiques, port pièce et appareils spéciaux, le choix du machine outils se fait par le service de bureau méthode en tenant compte des temps.

Travail en série renouvelée (très grande série) : plus de 10 000, par exemple soit une réalisation de 200 pièces par mois pendant 5 ans, le choix de machine outils se fait par le nombre de pièces par lancement et pas le nombre total, du fait que la machine outils doit être réglée pour chaque lancement, le temps doit être réduit.

3-5- La fonction production :

C'est de produire en quantité et qualité et coût de revient minimal tout en optimisant les ressources de l'entreprise.

Temps voulu : une bonne gestion de production c'est de produire juste à temps ni trop tôt (immobilisation) ni trop tard (insatisfaction et pénalité)

Quantité demandée : qui nécessite l'amélioration de l'outil de fabrication.

Coût de revient : afin d'avoir un avantage concurrentiel, l'entreprise doit chercher le coût le plus faible possible de production.

Qualité du produit : à deux niveaux celle de conception qui doit répondre au besoin de client et au niveau d'élaboration (plus résistant).

Optimisation des ressources : ce n'est pas de réaliser le maximum mais de réguler le rythme de production (mauvaise utilisation et temps introductives).

Pérennité, développement et compétitivité : les paramètres cités sont liés donc pour une entreprise pérenne il faut qu'elle développe son outil de production et qui lui rende concurrentiel sur le marché.

3-6- La gestion des stocks

Le succès d'une organisation est déterminé, entre autres, par sa capacité de proposer le bon produit (ou service) au bon moment et au bon endroit. Un stockage intelligent contribue de manière décisive à cet objectif stratégique.

On distingue, en général, différents types de stockage :

- stocks de produits finis ;
- stocks d'entrants de fabrication (matières premières, pièces sous-traitées);
- stocks de pièces de rechange et de produits pour la maintenance des équipements de production ;
- stocks d'outillages et d'accessoires ;
- en-cours.

Rôles positifs :

- lissage de la production dans les cas nombreux où la demande subit des variations saisonnières ;
- robustesse par rapport à des indisponibilités de ressources de production ;
- réduction des délais de mise à disposition (dans le cas des stocks de produits finis).

Inconvénients :

- rigidification de la production
- immobilisation de moyens financiers importants (ils peuvent représenter 25 à 30 % du capital immobilisé)
- utilisation d'espace
- occultation d'insuffisances graves en matière de prévision et de gestion.

Vu l'investissement considérable et improductif que constituent les stocks, il est impératif, pour toute entreprise, de tenter de les minimiser. Cette minimisation très souhaitable implique :

- la diminution drastique (voire la disparition) des pannes de ressources ; ceci explique l'intérêt de plus en plus grand accordé aux problèmes de maintenance ;
- l'élimination des rebuts ; ceci justifie l'importance stratégique de la philosophie qualité dans l'entreprise ;
- la réduction de la taille des lots de fabrication ; ceci requiert des temps et coûts de changement de série (set up) aussi faibles que possible.

3-6-1- Notion de quantité économique

Le but de la gestion de stocks est de les minimiser en respectant un niveau de service donné. Le niveau de service est quantifié par la probabilité de rupture.

Si $e(t)$ et $s(t)$ représentent les débits d'entrée et de sortie d'un stock donné, le contenu instantané dudit stock correspond à :

$$c(t) = \int_0^t (e(t) - s(t)) dt + c(0)$$

Dans le cas un peu idéalisé d'une fonction $s(t)$ constante et d'une réception instantanée, on obtient l'évolution de la figure 4 :

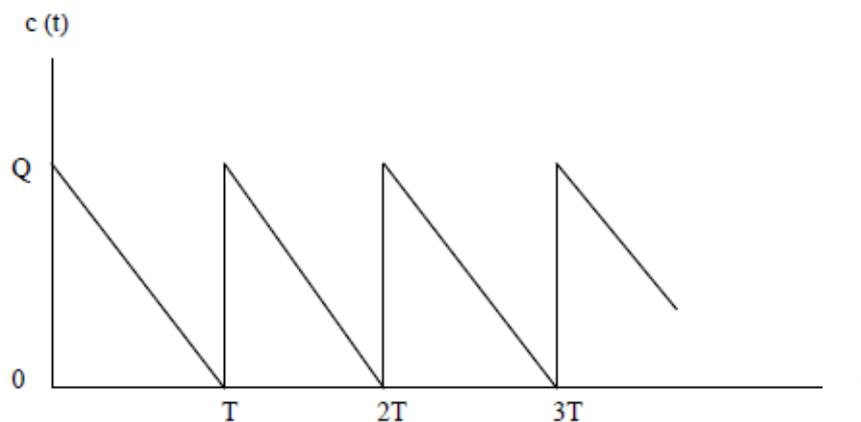


Fig. 4 : la périodicité dans la gestion du stock

Avec (réception instantanée) $e(t) = Q$ pour $t = nT$

$e(t) = 0$ pour $t \neq nT$

Le stock moyen est, donc, égal à $Q/2$.

Simplement minimiser ce stock moyen, et donc Q , n'est pas une bonne idée dans la mesure où le lancement d'un ordre d'achat ou d'un ordre de fabrication entraîne des coûts fixes (non proportionnels). Le calcul de la quantité optimale (dite économique) se fait en minimisant la somme du coût de stockage et du coût de lancement sur une base annuelle, par exemple.

Ce coût global est donné par:

$$C = C_{\text{stockage}} + C_{\text{lancement}}$$

Avec $C_{\text{stockage}} = p a Q/2$ où p = taux de possession annuel tenant compte de l'intérêt du capital immobilisé, de la détérioration éventuelle, des obsolescences et des frais divers (loyer, assurances, manutentions, taxes, ...); p peut valoir jusqu'à 30%. a = prix de l'article

$C_{\text{lancement}} = L N/Q$ où L = coût de lancement d'un ordre d'achat (écriture d'un bon de commande, préparation de spécifications, suivi et relance, traitement de factures, paiement) ou

de fabrication (setup, rebut de début de série). N = nombre d'articles commandés ou fabriqués par an.

L'équation $\partial C / \partial Q = 0$ nous donne la formule dite de Wilson :

$$Q_e = \sqrt{2NL / pa}$$

Cette formule suppose, entre autres, que les coûts de lancement sont purement fixes et que le prix de l'article est indépendant des quantités achetées ou fabriquées. L'hypothèse de réception instantanée est tout-à-fait justifiée dans le cas d'un ordre d'achat. Si l'article est produit intramuros (cas d'un ordre de fabrication), la réception ne sera probablement pas instantanée. L'évolution du stock se présente alors comme indiqué à la figure 5.

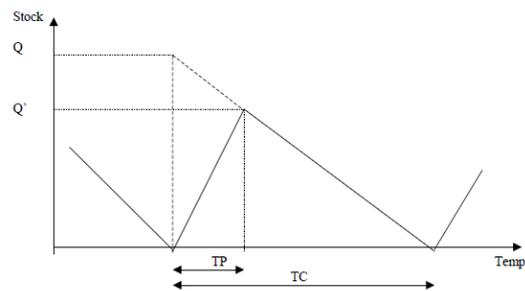


Fig.5 : l'évolution du stock suivant la production

TC : période de consommation ;

TP : période de production ;

PR : rythme de production = Q/TP ;

CO : débit de consommation = Q/TC .

$$C = LN/Q + paQ'/2$$

Avec $Q'/Q = (TC - TP)/TC = (1 - TP/TC)$.

On déduit que :

$$Q' = Q (1 - CO/PR).$$

Il vient :

$$C = LN/Q + paQ (1 - CO/PR)/2.$$

L'équation $\partial C / \partial Q = 0$ nous donne :

$$Q = \sqrt{2LN / (pa(1 - CO / PR))}$$

3-6-2-Notion de stock de sécurité

Le stock de sécurité permet d'absorber l'imprévisible et, par conséquent, d'éviter la rupture de stock. On peut, donc, considérer que le paragraphe précédent s'applique au stock disponible (stock physique - stock de sécurité) et non au stock physique.

3-6-3- Classification ABC

Cette analyse très classique permet de focaliser l'attention des gestionnaires sur les articles vitaux et de moduler la politique de gestion en fonction du caractère plus ou moins stratégique des divers articles en stock. Sont classés A, les 20% d'articles du stock qui correspondent aux valeurs annuelles (aN) les plus grandes. Sont classés B, les 40% d'articles qui suivent. Les 40% subsistants sont classés C. Il arrive fréquemment que les articles A correspondent à 80% de la valeur annuelle totale. Il va de soi que la plus grande attention doit être dévolue à cette catégorie d'articles.

3-6-4- Politiques de gestion

On peut imaginer diverses politiques de gestion. De la plus triviale à la plus sophistiquée, on trouve les méthodes suivantes.

3-6-4-1- La méthode de réapprovisionnement (dates fixes, quantités fixes)

Ce type de contrat prévoit de commander à date fixe (par exemple le 20 de chaque mois pour un article donné) une quantité fixe dudit article (voisine de la quantité économique). Il est évident qu'on étale dans le temps les ordres d'achat ou de fabrication correspondant à l'ensemble des articles.

3-6-4-2- La méthode de complètement (dates fixes, quantités variables)

A date fixe (par exemple le 20 de chaque mois), le responsable du stock lance un ordre visant à ramener le stock d'un article à son niveau maximum. A nouveau, les ordres correspondant à l'ensemble des articles sont étalés dans le temps. Un des inconvénients est que l'on est amené, à certains moments, à lancer des ordres pour des quantités très différentes de la quantité économique.

3-6-4-3- La méthode du point de commande (dates variables, quantités fixes)

C'est l'atteinte d'un certain niveau de stock (le point de commande) qui déclenche l'ordre d'achat ou de fabrication. Le point de commande est le niveau de stock nécessaire à la couverture des besoins (sans entamer le stock de sécurité) entre le lancement de l'ordre et la réception correspondante figure 6. La quantité commandée est la quantité économique.

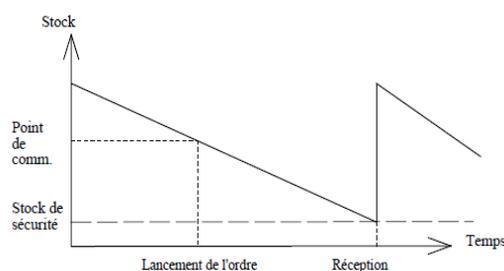


Fig.6 : stock et réception des commandes

Le point de commande PC est donc donné par :

$$PC = SS + C_{moy} * LT_{moy}$$

Où

SS : stock de sécurité ;

C_{moy} : consommation moyenne ;

LT_{moy} : lead time moyen pour la réception de l'article acheté ou fabriqué.

Il existe classiquement deux approches pour la détermination du stock de sécurité.

a) Approche statistique

C (consommation de l'article) peut être considéré comme une variable normale de moyenne C_{moy} et d'écart-type C_{sd}.

On a :

QC = C * LT_{moy} où QC est la quantité consommée pendant LT_{moy}.

Considérons la variable normale réduite Créd = (C – C_{moy})/C_{sd} .

Dans le cas d'un niveau de service exigé de 0.95 (probabilité de ne pas avoir de rupture de stock pour l'article considéré), il vient :

$$P(QC < PC) = 0.95$$

Si P (Créd < 1.65) = 0.95 , on en déduit :

$$P(C < C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) = 0.95 ,$$

$$P(QC < (C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) * LT_{moy}) = 0.95 \text{ et}$$

$$PC = (C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) * LT_{moy};$$

Cela correspond au stock de sécurité :

$$SS = 1.65 * C_{sd} * LT_{moy}.$$

b) Approche géométrique

On se place volontairement dans le cas le plus défavorable.

$$QC = C_{max} * LT_{max};$$

QC = PC correspond au stock de sécurité :

$$SS = C_{max} * LT_{max} - C_{moy} * LT_{moy}.$$

La figure 2.4 montre l'évolution d'un stock gouverné par une méthode de point de commande.

- Unité de temps : la semaine
- Taille des lots : 1000
- Délai : 2
- Stock de sécurité : 200
- Consommation moyenne : 325
- Point de commande : 850

Les données du calcul sont en grisé.

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Sorties		700	450	100	450	100	700	450	100	100	100
Stock	1400	700	250	1150	700	600	900	450	350	1250	1150
Réception				1000			1000			1000	
Lancement		1000			1000			1000			

3-7-Gestion de stock

C'est l'optimisation d'un écart de flux entré et sortie financière ou de produit sur un intervalle du temps, donc il joue un rôle nécessaire dans la régulation, mais il doit être juste nécessaire pour éviter le cumul des problèmes.

3-8- Le suivie des stocks :(Réception délivrance physique et comptable)

Pour la réception physique c'est une tache assurer par le magasinier, lorsqu'il s'agit des produits fabriquer, il vérifie le nombre pas le produit par un bon d'entré mais dans le cas de matière première, le magasinier vérifie la conformité du bon de commande avec le bon de livraison ensuite il rédige un bon d'admission en réactualisant les quantités. Pour la sortie du stock physique le magasinier établiras un bon de sortie à la base d'un bon de commande, pour le client c'est externe, et pour la production c'est interne.

Pour le suivie du comptable et dans le cas d'entré, ça se fait par une valorisation du mouvement d'entré fait au prix d'achat réalisé. Et dans le cas de sortie ça se fait par une valorisation de mouvement de sortie en imputant sur le client par trois techniques :

- First in first aout, qui impose une gestion séparé de différents lots,
- last in first aout, qui impose aussi une gestion séparé de différents lots seulement que cette technique permettre d'avoir des coûts plus proches.
- CMUP (le coût moyen unitaire pondéré) à chaque entré le comptable calcule CMUP on divise la nouvelle valeur du stock par la quantité totale du stock.

Donc pour l'état du stock, à tout moment le gestionnaire du stock doit être capable de fournir la situation détaillée du stock pour cela il faut faire l'inventaire (vérification des physique avec

la comptabilité) qui est législativement obligé, on distingue l'inventaire annuel et l'inventaire permanent et autre tournante par groupe.

3-9- Etude du temps de travail :

C'est de déterminer le contenu de travail par le calcul du temps en posant les questions suivantes : faire quoi (qualité) avec quoi (l'équipement) et comment (condition de travail), le calcul se fait par chronométrage, ou par observation instantané, et la gamme.

On distingue trois différents types de temps ; le temps productif c'est l'élaboration du produit, le temps improductif tous qui est travaux annexe (réglage et montage), le temps étranger c'est l'imprévisible de toute nature. Notre objectif qui nous ramène à faire le calcul du temps c'est pour :

Elaborer une gamme du temps des différentes opérations.

Comparer l'efficacité de différentes méthodes

Optimiser le temps et par la suite le coût

Equilibrer les tâches entre les postes de travail.

Chapitre II

Gestion de stock suivant
Le modèle de WILSON

Gestion de stock suivant Le modèle de WILSON

1- Objectifs de la gestion de stock

1- 1- Financier

La réduction du niveau des stocks permet de réduire les coûts de possession des stocks (exemples : coût de magasinage, coût du risque de détérioration ou de dévalorisation) et les coûts de gestion matérielle des stocks (exemple l'entretien des locaux, la rémunération du personnel magasinier).

1-2- Sécurité

Par la constitution de stocks, l'entreprise à minimiser le risque de rupture qui est source de problèmes : arrêts de la production, insatisfaction de la clientèle ce qui fait baisser le chiffre d'affaires et détérioration de l'image de marque de l'entreprise.

2- Les enjeux de la gestion de stock

Les responsables de la gestion des stocks doivent continuellement rechercher l'équilibre entre le niveau de satisfaction des consommateurs et les coûts engendrés par la constitution des stocks.

2-1- Une quantité élevée de stocks (sur stockage) peut provoquer :

- Des charges financières élevées. Des charges fixes (bâtiment, étagères, engins lourds de manutention ...) et des charges variables (Salaires du personnel, frais d'entretien, quittances d'électricité, pertes dues à la détérioration ou à la dévalorisation des produits stockés ...)
- Des immobilisations des capitaux. Chaque article qui entre en stock est valorisé et réduit ainsi les facilités de trésorerie ;

2-2- Une quantité trop faible de stocks peut provoquer :

- Une augmentation des risques de rupture de stocks, avec quelques fois des conséquences financières graves ;
- La désorganisation d'un système de production entier (goulots d'étranglement, augmentation des stockages intermédiaires) ;
- Une diminution des bénéfices de vente et une perte de la clientèle déçue par la mauvaise qualité de service (retard de livraison, disponibilités insuffisantes, ruptures ...).

3- Modèle de Wilson

Si on pose :

D : la demande d'approvisionnement sur l'année d'après les outils d'estimation de l'entreprise, c'est la consommation.

P : prix d'achat unitaire.

Q : c'est la quantité demandée c'est une fraction de quantité globale D.

t : taux de possession annuelle et par article.

cs : cout de possession par article et par unité du temps.

Θ : durée de gestion de stock.

$$P \cdot t = cs \cdot \Theta$$

Donc $N = D/Q$.

C : le cout de passation d'une commande.

$T = \Theta/N$ c'est la période d'approvisionnement.

Le C_t : coût total de gestion de stock soit minimale il faut arbitrer entre le cout de possession et le cout de passation, les variables d'action Q, N, T ; qui caractérise l'optimisation de la variété.

$$C_t(Q) = CS(Q) + CL(Q) + \dots + C_{ss}(Q) \quad (1)$$

$$C_t(N) = CS(N) + CL(N) + \dots + C_{ss}(N) \quad (2)$$

C_t est minimale quand $CS(Q) = CL(Q)$ et $CS(N) = CL(N)$.

Un exemple sur le stock de sécurité : soit un stock de 100 articles avec un prix unitaire de 50 DA et avec un taux de possession estimé à 5%.

Donc le $CS = 100 \cdot 50 \cdot 0.05 = 250$ DA, c'est très facile de calculer le cout de possession des articles que vous ne touchez pas.

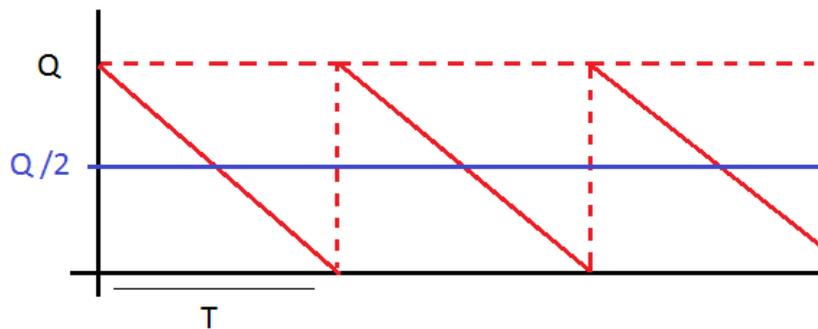


Fig. 7 : la quantité moyenne commandée en permanence.

$$CS(N) = (D/2N) \cdot P \cdot t$$

$$CL(Q) = C \cdot D/Q$$

$$CL(N) = C \cdot N$$

$$Ct(Q) = (Q/2)*P*t + C*D/Q \quad (3)$$

$$Ct(N) = (D/2*N)*P*t + C*N \quad (4)$$

Le cout total minimal c'est la dérivée de $Ct(Q) = 0$ ou bien la dérivée de $Ct(N) = 0$.

La dérivée de l'équation (3)=0 implique que : $(1/2)*P*t - C*D/Q^2=0$

Donc : Q_e (la quantité économique)= $(2*C*D/P*t)^{1/2}$

N_e (nombre de lancement économique)= D/Q_e

T_e (la période de lancement économique)= Θ / N_e

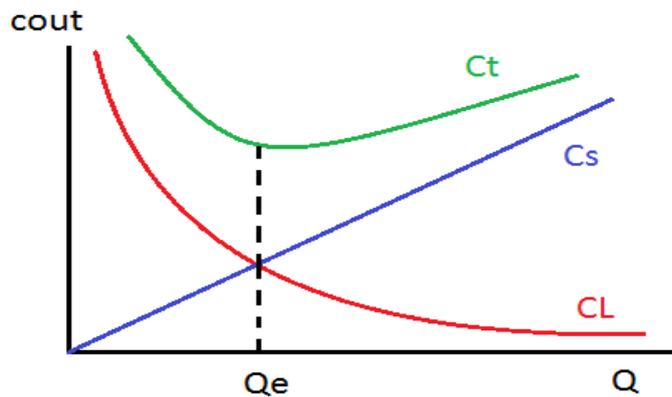


Fig.8 : le cout optimal de la gestion du stock sans pénurie.

Avec pénurie la quantité c'est toujours Q et le $T=T1+T2$

Ou $T1$ (stock actif) et $T2$ (stock de pénurie)

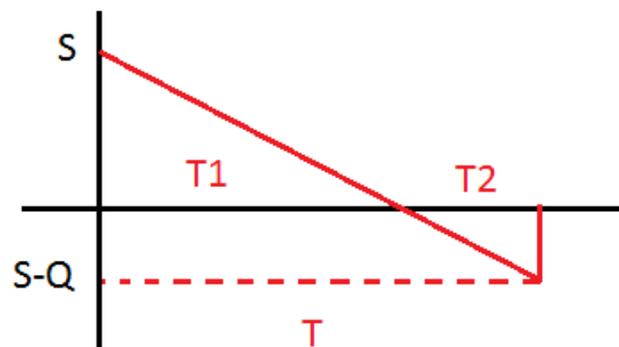


Fig.9 : quantité totale en fonction du période de passation d'une commande

ρ (taux de pénurie)= $cp / (cp + cs)$

Ou cp : est le cout de pénurie par article par unité de temps

Et cs : est le cout de possession par article par unité de temps

Après développement nous aurons donc les lois suivant :

$$Q_p = Q_e / (\rho)^{1/2}$$

$$N_p = D/Q_p = N_e * (\rho)^{1/2}$$

$$T_p = \Theta / N_p = T_e * (1/\rho)^{1/2}$$

$$C_{pt} = C_t * (\rho)^{1/2}$$

4- Exemples d'applications :

Exercice 1 :

Voici quelques informations relatives à la matière de tôle en acier.

- La consommation de cette matière est de 100kg par jour d'activité
- Le cout d'achat d'un kg est de 300DA
- L'ensemble des frais liés à l'exécution d'une commande est de 450 DA
- Les couts liés aux stockages représentent 5% par an de la valeur de stock
- L'activité de l'entreprise s'étale sur 300jours par an.

Actuellement les commandes sont passées deux fois par an.

Exercice 2 :

Prenons une consommation annuelle de 80000 article, le cout de passation d'une commande est de 90 DA, le cout de possession par article par jour est $C_s = 0.04$ DA, le cout de pénurie par article par jour $C_p = 0.071$ DA

- Calculer la quantité économique sans pénurie
- Si la pénurie est admise calculer Q_p et N_p

Exercice 3 :

Quelle est le cout de possession par article par unité du temps pour une gestion du stock étaler sur 260jours avec un taux de possession de 3% et un prix unitaire de 40DA, et quelle sera la périodicité si la quantité si la quantité total d'approvisionnement $D = 4000$ articles et le cout pour chaque lancement d'une commande est de $C = 20$ DA

Chapitre III

Analyse de Valeurs et
Analyse Fonctionnelle

Analyse de Valeurs et Analyse Fonctionnelle

1-Définition :

Dans un projet de réalisation, si vous avez la sensation que votre produit se présente en faiblesse vous allez le constaté soit : au niveau d'étude c'est-à-dire la conception et qui va être moins chère, ou bien au niveau des essais qui va couter un peu plus chère au précédente, soit à la fin après la vente qui va couter trop chère, donc à ce point l'entreprise va être ruiner vu qu'il y'avez des séries de produit qui sont lancer et que le client aussi peuvent faire jouer la garantie, donc à la fin toute l'intérêt c'est de donnée le maximum la matière grise au bureau d'étude.

2 - Analyse de valeurs

L'analyse de valeurs est une grandeur qui croitre quand la satisfaction de besoin augmente et ou le cout de produit diminue = (niveaux de satisfaction des fonctions par l'analyse fonctionnelle externe et interne)/cout de solution. Les différent cout de système sont définit par une approche analytique

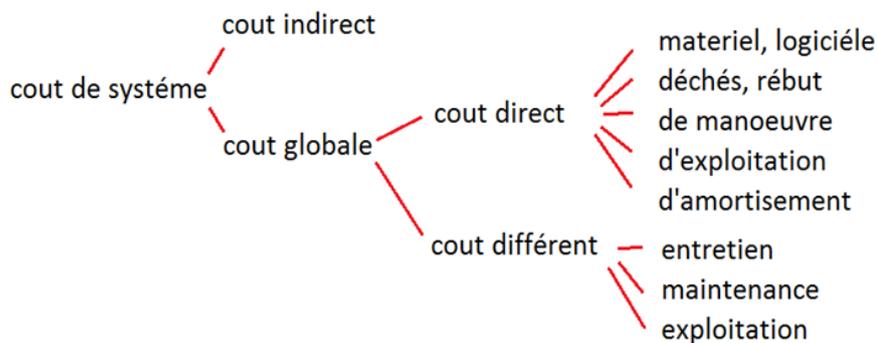


Fig 10. Classification des coûts

Cette ventilation peut être modifiée pour être collé à la réalité de système, à la fin pour calculer la valeur on divise le niveau de satisfaction globale de système par son cout globale calculé, pour quantifier le niveau de satisfaction on suivre les critères de : niveau d'utilité, de rareté, de l'estime, d'échange, d'usage, chaque critère peuvent prendre une valeur comprise entre (0) non applicable, (1) accessoire, (2) intéressant, (3) utile, (4) indispensable. D'autre peuvent être ajouté ou modifier par le responsable du projet, ça se répète pour chaque fonction, en note que le niveau globale est la somme de toute les fonctions et sous-fonction.

Cette méthode a été inventé par un ingénieur électricien américain quant 'il à résoudre le problème de peignerie de matière noble, il constate donc que dans un produit ce qui compte c'est la fonction qui existe quelle que soit la solution utiliser, cette méthode a été beaucoup amélioré en japon avant d'être importé à l'Europe dans les années 60 ans.

Une fonction est souvent raffiner et décomposée en plusieurs sous-fonction, en parle donc de l'analyse fonctionnelle externe et interne, la quantification de niveau de satisfaction des

fonctions est le premier élément importants de l'analyse de valeur, pour faire l'analyse fonctionnelle interne en utilise le diagramme SADT (plusieurs niveaux) ou autre qui vont être cité par la suite. Leurs domaine d'application est dans la recherche et développement, aéronautique et chimie, d'autre activité telle que la marquetions et gestion.

2-1- Objectifs de l'analyse de valeurs

- Produire au plus juste
- Satisfaire le client
- Optimisation de la conception de produite
- Faire du bénéfice.

2-2- Les étapes de l'analyse de valeurs

L'orientation de l'action qui consiste à définir l'objectif et délimité les champs et les degrés d'innovation et quelle serons les moyens accordée.

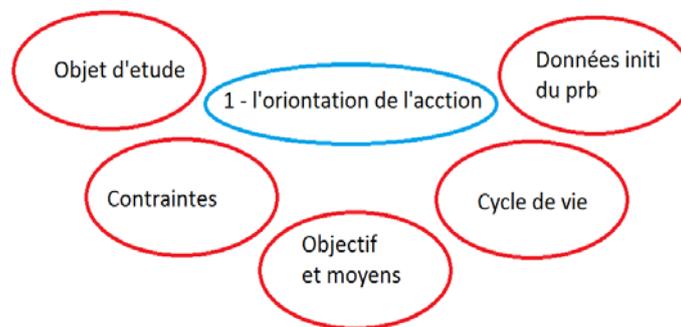


Fig.11 les éléments de la première étape de l'analyse de valeur

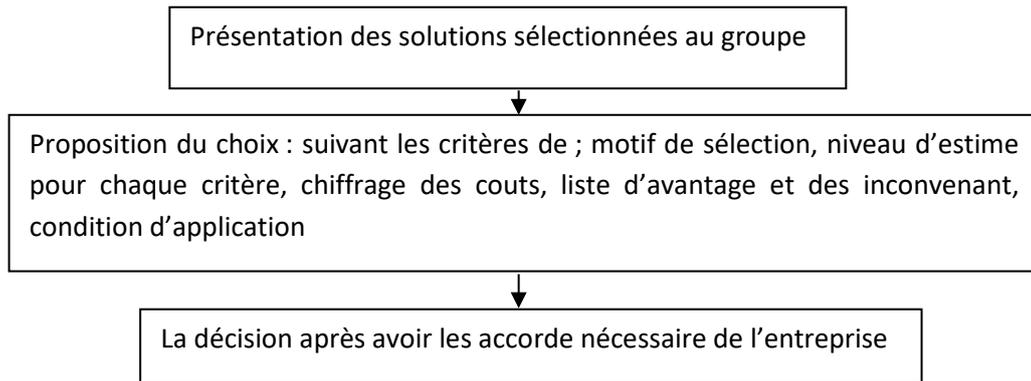
La recherche d'information : qui consiste à recensé et communiquer toute les informations nécessaire pour le bon déroulement : travail individuel, travail de groupe, l'inventaire des informations nécessaire, et classement des informations.

Analyse des fonctions et des couts : dans la partie suivant.

Recherche de solution :se fait par fonction, en utilisant les technique de créativité telle que examiner d'autre solution qui ont été utiliser dans des problèmes analogue en tenant compte les deux critères celle du cout et de délais, sélectionner à la fin la solution qui présente plus d'avantage.

Etude et évaluation des solutions : nombre de solution (toute les solutions possible), critère de choix (risque, faisabilité, cout,...), concordance avec les services opérationnelle de l'entreprise.

Bilan prévisionnelle et proposition du choix :



Suivi de la réalisation : cette étapes importante mai souvent négligeable, leur prévision ces de rendre compte à ce qui à provoquer la révision des anomalies relevée, en provoquant s'il y a lieu à des reprise partielle d'étude.

3 - Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle permettre de décrire un système plyritechnologique, c'est un outil de communication puisqu'il est basé sur des diagrammes structuruelles, elle se faite par l'utilisation des diagrammes, on distingue quatre outils de diagramme :

Diagramme bête à corne

Diagramme pieuvre

Diagramme SADT

Diagramme FAST

Le besoin c'est une nécessité exprimé par l'utilisateur, il peut être un nouveau objet ou une amélioration, ce besoin vas être rependu par un système matérielle, un procès : une méthodologie, ou un service : un savoir-faire.

Pour justifier la nécessité du besoin il faut répondre à trois questions :

A qui le produits rendre t'il le service : la plus part du temps c'est l'utilisateur

Sur qui ou sur quoi réagissent 'il

Dans quelle bute autrement dit : c'est la raison d'être

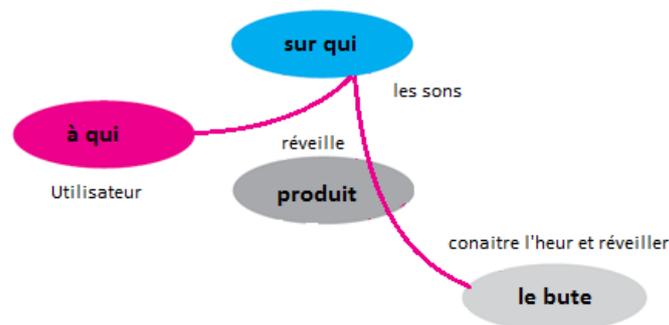


Fig.12 diagramme de bête à corne

Pour Les fonctions en distingue deux grandes classes : la principale c'est la raison de produit d'être, la deuxième c'est les fonctions contraintes ou fonctions secondaire sont ce qui va limiter l'imagination du concepteur avec le milieu extérieure et qu'ils n'appartiennent pas aux produits. En présente ces différentes fonctions par un diagramme pieuvre, en résumé en peut dire que l'analyse fonctionnelle est un diagramme pieuvre pour chaque situation de vie : maintenance, service,...

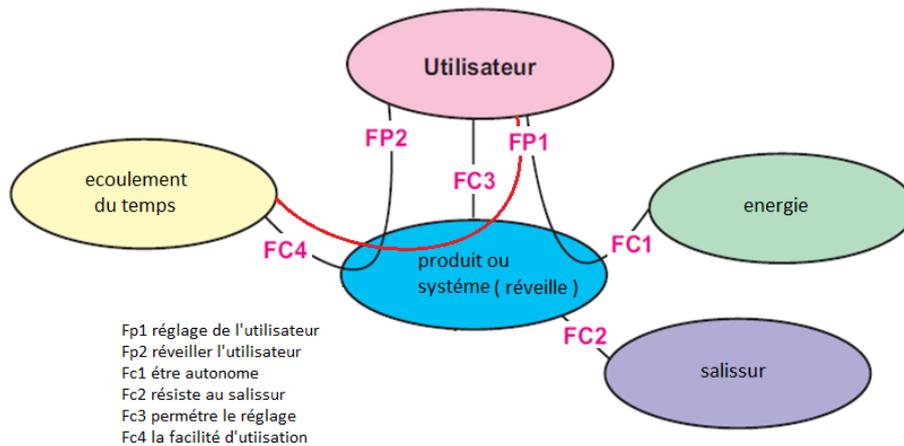


Fig.13 diagramme de pieuvre

La fonction principale relie deux ou plus de deux milieux extérieurs en passant par le produit. En revanche, les fonctions contraintes permettent une seule relation avec le produit, et plus je définis plus d'éléments de milieux extérieurs, plus j'impose des contraintes sur ma conception. On peut citer comme éléments de contraintes : sécurité, norme, maintenance, compatibilité, client.

Pour établir un cahier de charge fonctionnel (dit CDCF), il faut valider le besoin et recenser les fonctions à l'aide des deux outils : diagramme bête à corne et diagramme de pieuvre. Le CFCD est un document contractuel où on ne cite que les fonctions, pas les solutions, pour ne pas limiter l'innovation puisque l'on peut avoir plusieurs solutions pour une seule fonction. Le CFCD est donc un document qui suit le produit tout au long de sa réalisation et qui peut être un document de contrôle et de vérification.

Le CFCD passe par ces démarches : c'est d'examiner le besoin, ensuite recenser les fonctions et faire leurs caractérisations comme étapes suivantes, et à la fin en terminer avec une classification des fonctions. La caractérisation des fonctions est comme suit : pour le critère, c'est la définition de la fonction, pour le niveau, c'est le niveau de chaque critère, et pour la flexibilité, c'est la limite d'erreur de chaque niveau.

Le diagramme SADT (système analyse désigne technique) permet aussi de décrire un système complexe pluri-technologique.

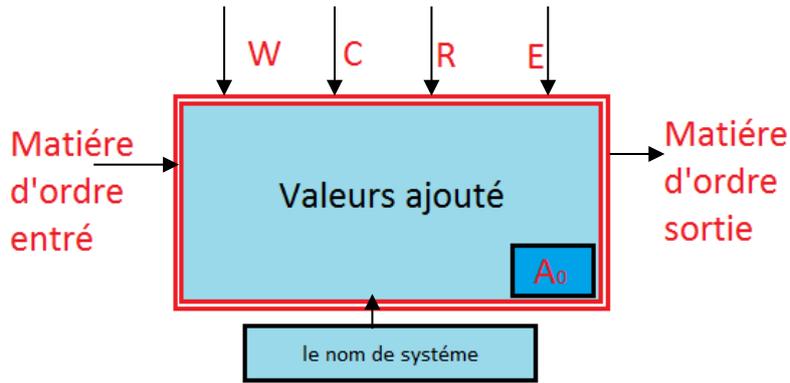


Fig.14 diagramme de SADT

C'est une méthode de zoom et détail des sous fonction. Les valeurs ajouté c'est la fonction principale au niveau A0, W : c'est l'énergie, R : c'est le réglage effectuer par l'utilisateur, C : c'est un paramètre régler par le fabricant il faut savoir seulement qu'il existe, E : c'est une contrainte d'exploitation pour faire fonctionner le système.

Le diagramme FAST (fonction analisis system technic) consiste à décomposé la fonction principale à des fonctions technique élémentaire et qui est associer à la fin d'une solution pour chaque sous fonction donc c'est un zoom dans le système

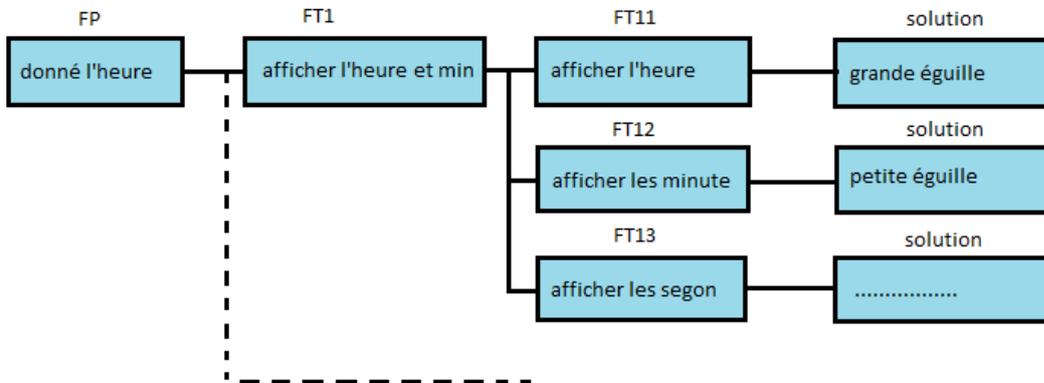


Fig.15 diagramme de FAST

Des exemples solutionnés



Fig.16 présentation d'une valve

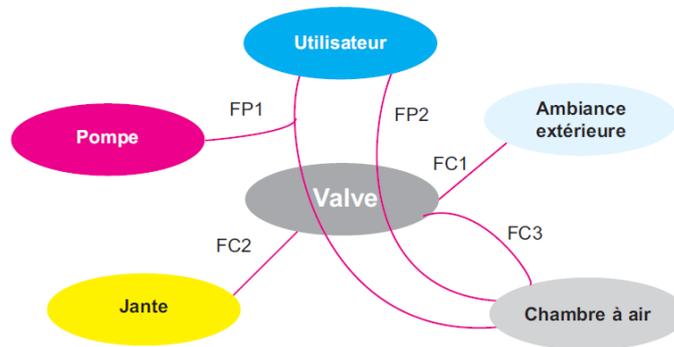


fig.17 diagramme de pieuvre

F.S	EXPRESSION DES FONCTIONS DE SERVICE
FP1	Permettre le gonflage
FP2	Permettre le dégonflage.
FC1	Résister au milieu extérieur.
FC2	S'adapter à la jante .
FC3	S'adapter à la chambre à air.

F.S	EXPRESSION	CRITERES D'APPRECIATIONS	NIVEAU FLEXIBILITE
FP 1	Permettre le gonflage.	Etanchéité Rapidité	Pas de fuite tolérée Moins de 4 mn
FP 2	Permettre le dégonflage.	Débit important	
FC 1	Résister au milieu extérieur.	Solidité Corrosion	Petits chocs Pas de corrosion tolérée
FC 2	S'adapter à la jante	Montage rapide Pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Moins de 10 sec.
FC 3	S'adapter à la chambre à air.	Etanchéité pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Pression 0,5 bars max

Démarches à suivre :

- Comparer et pondérer les fonctions de services, l'outil suivant appelé TRI CROISE permet de comparer les fonctions de service une à une et d'attribuer à chaque fois une note de supériorité allant de 0 à 3.

	FP2	FC1	FC2	FC3	Points	%
FP1	FP1 / 1	FP1 / 3	FP1 / 3	FP1 / 3	10	46
FP2		FP2 / 2	FP2 / 2	FP2 / 2	6	27
FC1			FC1 / 2	FC1 / 2	4	18
FC2				FC3 / 2	0	0
FC3					2	9
TOTAL					22	100

- 0 : pas de supériorité
- 1 : légèrement supérieur
- 2 : Moyennement supérieur
- 3 : nettement supérieur

Cinq fonctions à comparer :

- FP1 par rapport à FP2.....FP1 est légèrement supérieur (note1)
 FC1 par rapport à FC2.....FC1 est moyennement supérieur (note2)
 - Classer les fonctions de service par ordre d'importance

F.S	EXPRESSION	CRITERES D'APPRECIATIONS	NIVEAU FLEXIBILITE
FP1	Permettre le gonflage.	Etanchéité Rapidité	Pas de fuite tolérée Moins de 4 mn
FP2	Permettre le dégonflage.	Débit important	
FC1	Résister au milieu extérieur.	Solidité Corrosion	Petits chocs Pas de corrosion tolérée
FC3	S'adapter à la chambre à air.	Etanchéité Pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Pression 0.5 bars max
FC2	S'adapter à la jante	Montage rapide Pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Moins de 10 sec.

Autre exemple

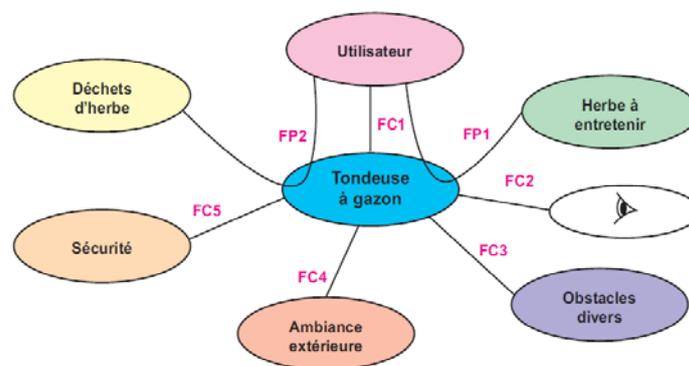


Fig. 18 diagramme de pieuvre

Hierarchiquement des fonctions de service

	FP2	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	Points	%
FP1	FP1 /1	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /2	15	30
	FP2	FP2 /2	FP2 /3	FC3 /2	FP2 /3	FC5 /1	8	16
		FC1	FC1 /2	FC3 /3	FC1 /3	FC5 /2	5	10
			FC2	FC3 /2	0	FC5 /3	0	0
				FC3	FC3 /3	FC5 /3	10	20
					FC4	FC5 /3	0	0
						FC5	12	24
						TOTAL	50	100

Formulation et caractérisation des fonctions de service :

F.S	EXPRESSION	CRITERES D'APPRECIATIONS	NIVEAUX - FLEXIBILITE
FP1	Permettre à l'utilisateur de diminuer la hauteur de l'herbe.	Hauteur Netteté de coupe	20 mm ± 5 mm Sans arrachement
FP2	Permettre à l'utilisateur d'évacuer les déchets de l'herbe.	Volume Temps Accès et facilité	1 / 8 m ³ ± 10 % 2 mn ± 10 %
FC1	Respecter l'environnement.	Bruit	60 dB ± 6dB
FC2	Plaire à l'œil	Couleur Forme	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur
FC3	Fonctionner malgré les divers obstacles	Efforts Poids	3daN ± 10% 15 Kg +0 -10%
FC4	Résister à l'ambiance extérieure	La corrosion	Pas de corrosion tolérée
FC5	Assurer la sécurité	Isolation Bruit	Norme 60 dB ± 6dB

Un exemple proposé à étudier :

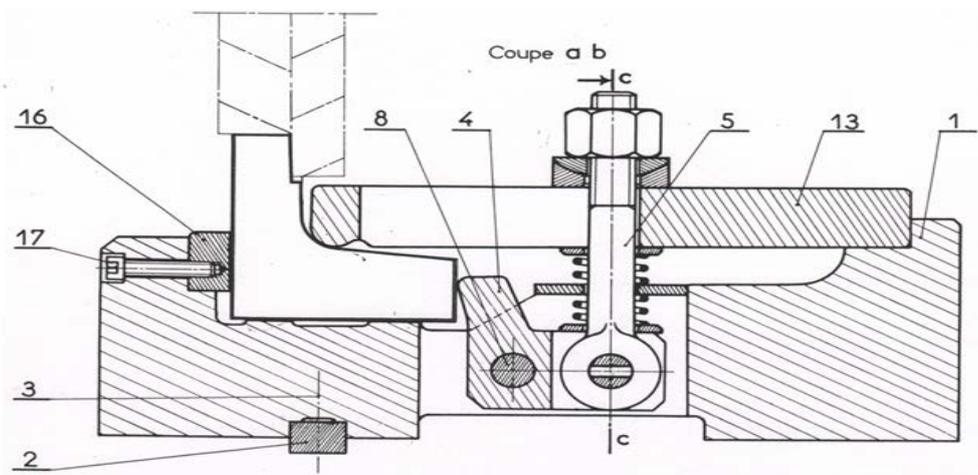


Fig.19 Montage spécial

Chapitre IV

Analyse d'usinage
(Gamme et contrat de phase)

Analyse d'usinage

(Gamme et contrat de phase)

1- Définition

L'analyse d'usinage est une discipline permettant de matérialiser et de visualiser les propositions techniques issues du bureau d'études et du bureau des méthodes.

Le méthodiste est dans ce cadre à la recherche des solutions permettant l'obtention de pièces bonnes au coût minimum, par la combinaison de l'ordre chronologique des opérations et de l'utilisation des moyens, de parc machines et d'outils, Il devra prendre des décisions concernant :

1-1 Ordre des phases et des opérations d'usinage

- des connaissances technologiques.
- l'initiative et l'imagination.
- la connaissance pratique de l'usinage, l'esprit scientifique.

1-2 Choix des outils et des machines-outils

- Connaissance des caractéristiques dimensionnelles de fixation.
- course utile et les vitesses d'avance.
- caractéristiques du porte-outil (vitesse de rotation, outils disponibles.
- évacuation des copeaux et éventuellement du système de lubrification.
- efforts de coupe, vibrations, de la température dégagée par la coupe.

- contrôle et réglage à faire
- le choix des conditions de coupe
- L'étude prévisionnelle de temps et de prix.

Il intégrera les contraintes liées aux données technico-économiques du produit et celles liées aux moyens de production disponibles dans l'entreprise pour analyser la fabrication et établir la documentation technique, notamment **l'avant-projet d'études de fabrication** et les **contrats de phase**.

1-3 Les étapes de préparation

La première étape de cette démarche consiste à décoder les spécifications imposées, pour pouvoir définir son processus d'élaboration. Les spécifications sont les différentes indications contenues sur le dessin de définition du produit, elles permettent de traduire le besoin initial en termes utilisables. On distingue deux grandes catégories de spécifications, les spécifications **dimensionnelles** (cotes) et les spécifications **géométriques** (de forme, orientation et position).

Au cours de la deuxième étape de l'analyse, le préparateur doit définir la mise en position isostatique ainsi les cotes de fabrication. Sur la base des éléments déterminés, il proposera l'avant-projet de fabrication : **gamme d'usinage**. Repose sur la réalisation des deux documents préalables, un qui porte sur l'établissement des cotes de liaison (et le regroupement par opération

selon des considérations technologiques évidentes) et d'autre sur une matrice des niveaux permettant d'hierarchiser ces opérations.

2- La mise en position isostatique

Au stade de l'avant-projet de fabrication le methodiste doit spécifier pour chaque opération à réaliser la mise en position isostatique de la pièce. On renseigne la façon dont on éliminera les degrés de liberté de la pièce (translations et rotations) sous forme symbolique.



Fig.20 présentation

Le symbole de base utilisé pour la mise en position isostatique

Chaque symbole de base élimine un degré de liberté. Pour une mise en position isostatique il faut éliminer les 6 degrés de liberté de la pièce : 3 translations et 3 rotations. On admet, pour les pièces de révolution travaillées en tournage, une mise en position de (5 degrés de liberté éliminés). Généralement on distingue, pour les diverses opérations d'usinage, deux catégories principales de pièces :

- pièces comportant des surfaces planes
- pièces comportant des surfaces de révolution (cylindriques, coniques, etc).

Selon les deux catégories la mise en position a été établie par conséquent.

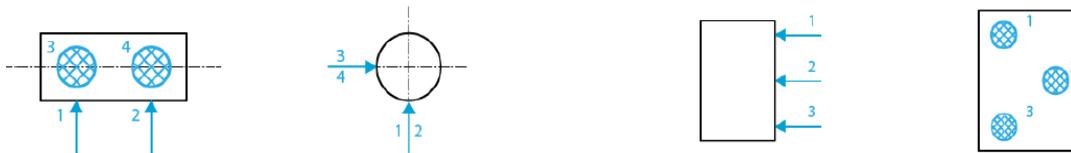


Fig.21 l'iso statisme

Représentation simplifiée pour la mise en position : a) d'un axe ; b) d'un plan Dans certaines situations on peut simplifier plus la représentation des normales, à condition qu'aucune ambiguïté d'interprétation n'existe.

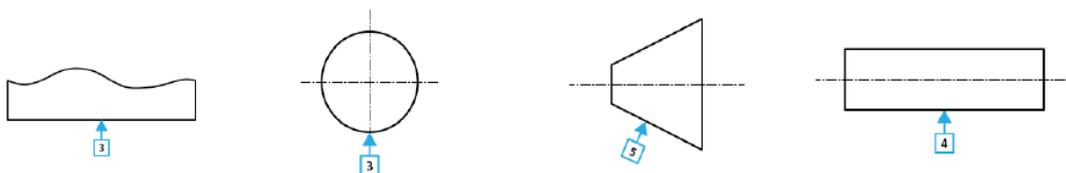


Fig.22 représentation simplifié

Représentation simplifiée : a) plan et sphère, 3 normales ; b) cône, 5 normales, c) cylindre, 4 normales.

3- La cotation de fabrication

Le dessin de définition d'un produit ne comporte que les cotes de la pièce finie et compte tenu des contrôles intermédiaires à prévoir durant le processus de fabrication il est nécessaire de mettre en place une cotation dite "de fabrication" concernant :

- la pièce brute
- les cotes intermédiaires (d'ébauche et de demi-finition)
- un transfert de cote imposé par la limitation des possibilités des machines et des outillages.

Le préparateur imposera des conditions complémentaires pour satisfaire aux exigences technologiques :

- de la coupe (copeaux minimums de finition)
- des procédés d'élaboration des bruts (copeaux minimums d'ébauche)
- des procédés d'usinage (surépaisseur maximum de rectification).

pour l'usinage, il faut garantir à l'outil, Une épaisseur minimum de matière, fonction de :

- La finesse de l'arrête du tranchant,
- du matériau,
- de l'arrosage

opérations	Cpm.
écroutage sur brut.	de 1,5 à 4
ébauche directe	1
ébauche après écroutage	0,5
demi - finition - F/2 -	0,5
finition - F -	0,2
finition par abrasion.	0,05

Si l'on n'assure pas à l'outil une épaisseur Minimum de matière, l'outil écroui la surface Et l'outil s'use de manière importante.

Pour effectuer les réglages des outils, les cotes de fabrication sont classées en trois catégories :

1-cotes-machines (Cm) définissent la forme et la position des surfaces usinées, entre la référentielle pièce et le plan de travail de l'outil (point générateur de l'outil) lorsque celui-ci est réglé par rapport au référentiel

2- cotes-appareillages (Ca) sont obtenues à partir d'un appareillage ou par un gabarit de copiage ou par l'association de plusieurs outils travaillant simultanément (train de fraises) et réglées par des cotes machines ou cotes appareillages

3- cotes-outils (Co) définissent la forme, la dimension, la précision des surfaces usinées données, par l'outil (foret, alésoir, fraise, etc.).

4- Elaboration de la gamme de fabrication

La production d'une série des pièces impose l'utilisation de différentes machines mises en œuvre successivement ; une gamme de fabrication est la description détaillée de cette chronologie.

4-1 Le choix des surfaces de référence

Selon le choix de la surface de référence SR (brute, usinée) on obtiendra des cotes dont la précision de l'intervalle de tolérance (IT) est différente. Parfois, pour diminuer le nombre de phases ou sous phase rentrant dans une gamme d'usinage en conservant certaines surfaces de référence on doit recourir au transfert de cotes TC.

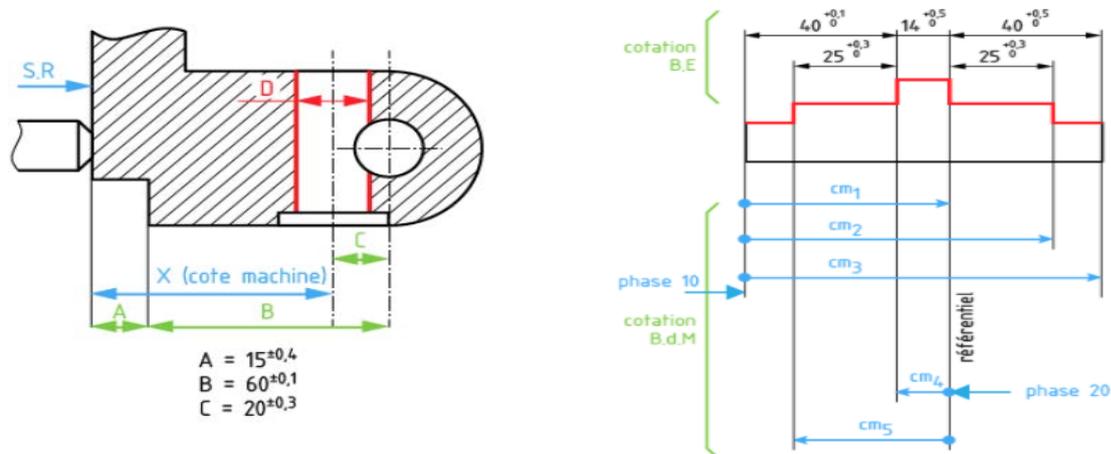


Fig .23 chaine de cotation

4-2 Le choix des surfaces de départ

C'est la première prise (brute) ou reprise (usiné) de la première phase. L'emplacement des points d'appui de la pièce est primordial pour assurer une mise en position correcte, lors du premier usinage, de ce choix dépend le balancement de la matière et la fidélité du résultat. Concerne le choix des surfaces de départ, la plus grande surface servira généralement pour l'appui, tandis que la plus grande longueur sera utilisée pour l'alignement. Le choix est guidé par les éléments (méthode d'obtention du brut, considérations liées aux impératifs fonctionnels, etc.).

5- La conduite de l'usinage

Les moyens à mettre en œuvre sont dépendants de l'importance de la série de pièces. Un autre critère pourra justifier certains choix technologiques est le prix de revient de chaque pièce

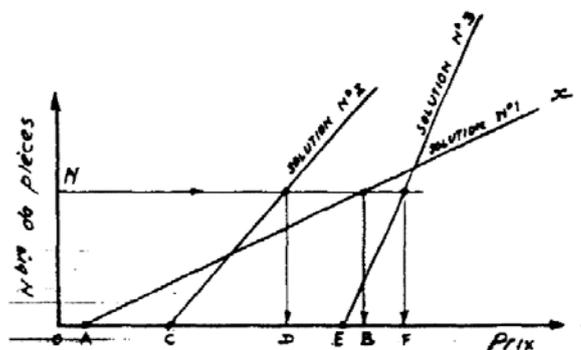


Fig.24 L'interdépendance Prix et nombre

L'association des surfaces à usiner

L'association des surfaces par type d'usinage est un critère majeur, Afin de supprimer la reprise pour des raisons économique ou technique difficilement réalisable telle que l'exigence relative (entre ces surfaces associées) qui peuvent être le parallélisme ou la co-axialité ou perpendicularité ou même de position. Les diverses incompatibilités pouvant apparaître toutefois peuvent être contournées par :

- l'exécution d'un montage d'usinage
- prévoir sur la pièce brute des surfaces de reprise.
- réaliser toutes les surfaces sans démonter la pièce

Pour le choix d'une solution, on se basse sur les considérations économique dans les situations où il n'existe pas d'ordre préférentielle à cause de la cotation ou des spécifications géométrique,

6- Classement de L'association des surfaces à usiner

Une **phase** représente le groupement de toutes les opérations réalisé sur une même machine. On désigne par **sous-phase** l'association des opérations réalisées sans démontage ou transfert de pièce vers d'autre machine. **L'opération** est tout travail élémentaire réalisé avec un seul outil ou simultanément avec plusieurs outils. L'association d'opérations d'usinage se fait en s'appuyant sur deux critères ; le premier est l'obtention d'un produit conforme à la demande, le deuxième consiste à l'obtenir avec le prix de revient le plus bas possible.

Les différents passes d'usinage sont :

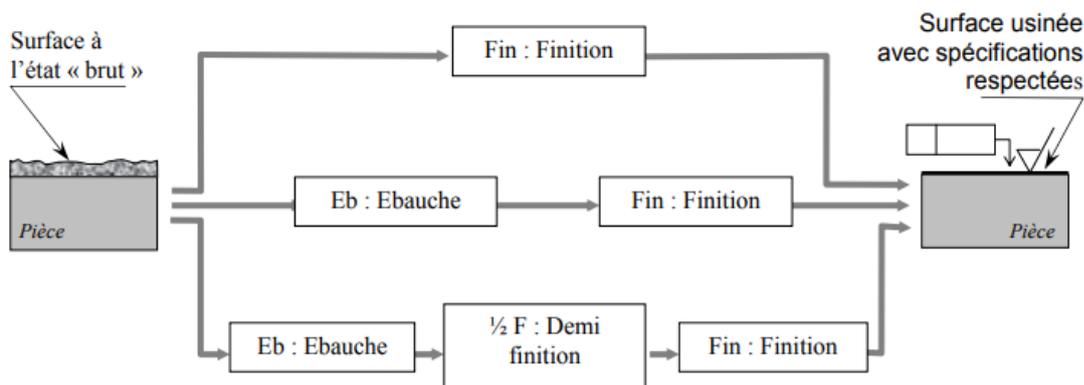


Fig .25 opération élémentaire

1. **Ebauche (E)** : permettre de retirer la plus grande partie de la surépaisseur d'usinage en une ou plusieurs passes. Paramètre de coupe : Vc minorée en ébauche, Vf ou fz majorée, $a \geq 2\text{mm}$.
2. **Demi-finition (F/2)** : corrigeant les défauts géométriques résultants d'une ébauche en plus quand l'indice de rugosité et que la précision sur la dimension, forme et position sont serrées. Même Paramètre de coupe de (F).
3. **Finition (F)** : Respecter toutes les spécifications imposées par le dessin de définition sur la ou les surfaces concernées par l'opération, Paramètre de coupe : Vc majorée en finition, Vf ou fz minorée en finition, $a = 0,2 \text{ à } 0,5\text{mm}$.

4. **Super finition (FS)** : par arrachement des particules au moyen de meules, poudre abrasive, elle permet de obtenir les tolérances dimensionnelles qualité 6, 5, 4,3, ainsi que l'indice de rugosité.

Remarque : Si la précision des spécifications augmente, le nombre d'opérations augmente.

Dimensionnelles :

Qualité	IT	Eb	½Fin	Fin
≥13	>0,5			
9-10-11	0,5>IT>0,05			
8-7	IT<0,05			

D'état de surface :

Rugosité	Eb	½Fin	Fin
≥ Ra3,2 ▽			
≥ Ra0,8 ▽			
≤ Ra0,4 ▽			

7- Contraintes de traitement thermique

Le traitement thermique suivre des conditions :

- D'usinabilité : réduire la dureté pour un maximum d'usinage.
- Performance : avoir bon fonctionnement la pièce et une durée de vie longue.
- De son application : avant – en coure – après, totale ou partielle.

- a. Pour la **trempe totale** en distingue 3 cas : avant, après, en coure entre ébauche et finition.

Avant : ce qui est **encore usinable** possible pour des pièces avec surépaisseur importante, et celle qui devient **difficilement usinable** usinage par abrasion (couteuse et peu employer).

En coure : ce qui est **encore usinable** suivie d'une finition à outil de coupe possible, **difficilement usinable** pièces avec finition par abrasion.

Après : solution convienne les pièces sans grand précision ou et des aciers dits non déformable

- b. Pour la **trempe superficielle** tous dépende des dimensions des pièces : moyen et grand par chalumeaux, petit et moyen par induction, pour les deux cas le traitement se fait entre ébauche et finition, mai particulièrement l'induction précède une rectification suivi par finition spéciale

8- Interaction gamme de fabrication/gestion de la production

La gamme de fabrication en petites et moyennes séries est réalisée par le bureau des méthodes elle contient la liste ordonnée des phases, de ressources et des temps associés. Elle est utilisée

par la gestion de production pour planifier les ordres de fabrication. Cependant le délai entre l'élaboration de la gamme et la réalisation de la série est plus ou moins long suivant :

- les contraintes de production ne sont pas directement prises en compte.
- La quantité de pièces peut être différente de celle initialement prévue.
- les ressources prévues peuvent être indisponibles.
- les coûts d'utilisation des ressources sont variables.

Dans une entreprise compétitif plusieurs variantes de gammes sont proposer, la gestion de la production assure un choix optimale suivant le coût, délai, charge, des coûts annexes (transferts, préparation des machines, réglages, montages pièces ou outillages...), et de la disponibilité des moyens.

Afin de choisir une gamme, suivant les critères d'optimisation d'une gestion de production, une approche par programmation, utilisée en recherche opérationnelle, peut s'avérer utile. À titre d'exemple pour une pièce simple, usinage en perçage et fraisage, les différentes gammes possibles triées suivant les critères sont : coût de fabrication ; temps de fabrication ; coût d'investissement des ressources utilisées. Et donc Pour une pièce unique ou une très petite série on choisira une machine unique pour réaliser toute la pièce : avec une durée relativement élevé, et un coût faible Par contre si on veut privilégier les délais, on choisira une machines performante, avec une durée faible et un coût élevée.

9- Automatisation des Gammes d'usinage

La planification est l'activité qui lie le système de conception (CAO) et le système de fabrication (FAO) est un élément essentiel pour la compétitivité d'une entreprise. L'objective c'est d'avoir une réponse rapide de devis de fabrication en optimisant les moyens, cela afin de prend une décision sur le lancement de la production.

L'automatisation de la gamme trouve une application très intéressante dans la formalisation et la capitalisation de ce savoir-faire, en formalisant les mécanismes de conception de gammes et en apportant un moyen de transmission de la connaissance.

9-1 L'ensemble des informations manipulé par le gammiste

- Les données de la pièce. Description géométrique de la pièce, les tolérances et les états de surface à obtenir.
- Les contraintes économiques (quantité, délai), type de production.
- Les contraintes techniques. Les règles générales de la fabrication.
- Les ressources à prendre en compte. machines-outils (type, puissance, courses, précision, capacité), les outils, les moyens de posage et de bridage (tables, éléments standards).

A partir de ces informations le gemmiste génère :

- La liste des posages. Pour chaque opération et les ressources pour les mettre en œuvre.
- Les conditions technologiques (conditions de coupe), les trajectoires d'outils l'estimation des temps et des coûts.

9-2 Automatiser la gamme

L'automatisation de la gamme conduit principalement à automatiser deux phases principales :

- 1- La récupération des données de la pièce. Il faut pouvoir passer du modèle CAO et les données de conception à un modèle orienté fabrication. Une partie de cette tâche concerne la reconnaissance automatique des entités d'usinage.
- 2- L'automatisation du processus de raisonnement du gemmiste. Les premières recherches ont démontré que ceci est impossible, du fait que La gamme repose sur le savoir-faire et l'expérience, pas de technique éprouvée, pas de norme à suivre. alors on ne parle pas de génération automatique, mais semi-automatique.

L'application des techniques d'Intelligence Artificielle (IA) tels que les algorithmes génétiques, les réseaux de neurones artificiels, la logique floue, gagnent plus l'attention parmi les chercheurs. En éliminant l'intervention humaine entre la conception et la fabrication. En raison du développement rapide des technologies de calcul, les techniques d'IA se sont avérées très appropriées à différentes étapes de la conception de gammes.

9-3 Quelques notions sur les gammes d'usinage

Liaisons au brut.....Le choix des surfaces d'appui doit permettre la réalisation directe des liaisons au brut.

L'accessibilité de l'outilPour chaque définition d'appui, il faut repérer les surfaces accessibles et les surfaces inaccessibles à l'outil

Dégrossissage et finitioneffectuer d'abord le dégrossissage des différentes surfaces avant de procéder à la finition afin d'éviter la déformabilité de pièce.

Quelque définition à retenir.

Elément de travail.....fraction de travail regroupant une suite logique d'intervention susceptible de se reproduire identiquement dans différent travaux.

Poste de travail.....centre d'activité (outil et machine-outil) pour réaliser une phase.

Procédé.....mode d'exécution élaborer correspond à une technologie de réalisation.

Processus.....enchaînement d'un procédé.

Mode opératoire.....les interventions ordonnées à la réalisation d'opération dans un poste de travail.

Chapitre V

Outils de coupe

Outils de coupe

1- Introduction

Les contraintes de fabrication nous amènent à choisir des outils qui présentent des caractéristiques importantes :

Résistance : aux efforts de coupe (résistance à la rupture) ;
à l'abrasion (résistance à l'usure) ; à la température élevée (conservation de la dureté).

Dureté : la partie active de l'outil doit être plus dure que la matière à usiner.

Qualité dimensionnelle, géométrique et état de surface : la réalisation de pièce de grande précision impose l'utilisation d'outil précis.

2- Différents matériaux d'outils

Toutes les matières à usiner ne présentent pas les mêmes contraintes structurelles notamment en ce qui concerne leur dureté ; ce qui impose par conséquent l'utilisation de matériaux d'outil offrant une dureté adaptée :

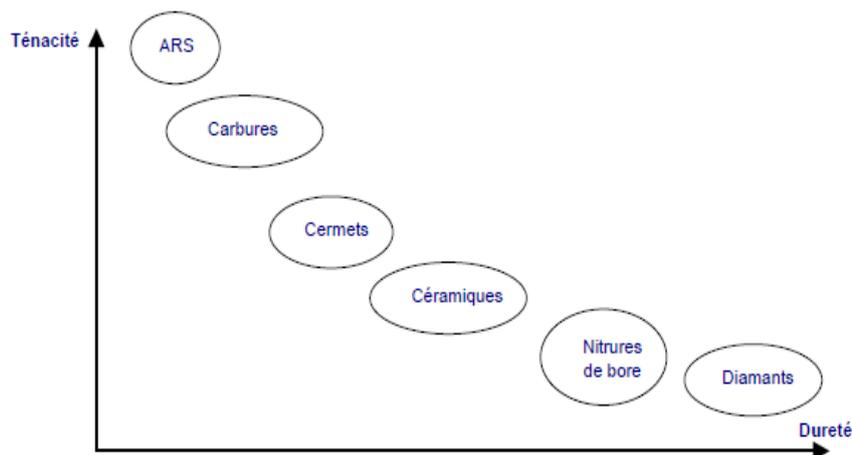


Fig 26. Présentation des outils de coupe

2-1 Aciers rapides supérieurs (ARS)

Ce sont des aciers fortement alliés par des éléments (Tungstène, chrome, molybdène, vanadium) le cobalt aussi qui a pour rôle d'augmenter la dureté à chaud. Il existe un grand nombre de combinaisons possibles de ces alliages, en retient 16 dans la norme NF A 35-590, Ils ont la propriété après trempe, une dureté très élevée, et de la conserver jusqu'à une température de l'ordre de 600 °C. Ils ne permettent pas des conditions de coupe élevées : $V_c = 60$ à 80 m/min pour un alliage d'aluminium. $V_c = 40$ à 60 m/min pour un acier. Et pour des matériaux de dureté <30 HRc.

Il existe 2 familles d'outil ARS : - les outils monoblocs : outil constitué d'un seul matériau. Exemple : Taraud, alésoir, foret, fraise.

Les outils brasés : outil composé de 2 matériaux différents soudés par brasage. Exemple : Outil couteau ARS : Le corps est en acier non allier C40 à C55. Et La partie active est une plaquette plus dure brasée sur le corps.

2-2 Carbures

Sont plus durs qu'un outil ARS et plus utilisés en commande numérique, ils se présentent sous forme de plaquettes obtenues par frittage. Le Procédé de Frittage : - Mélange de poudre de carbure. - Compactage à la presse. - Chauffage (lier les poudres et obtenir la dureté). - Calibrage (précision de la géométrie) Il existe plusieurs nuances de plaquettes selon : le type de travail réalisé (ébauche ou finition).et selon : le type de matière usinée : P pour acier (bleu). M pour inox (jaune). K pour fonte et alliage léger (rouge). On peut différencier 2 types d'outil carbure : les carbures non revêtus et les carbures revêtus : plus résistant à l'usure (finition).

2-3 Cermets

Un cermet est un matériau composite à matrice métallique et renfort en céramique (Cer) conçu pour avoir les propriétés optimales à la fois d'une céramique, telles que la dureté, la résistance à l'abrasion et aux températures élevées, et celles d'un métal, tel que l'aptitude à subir une déformation plastique (ductilité). Les métaux les plus utilisés sont le nickel, le molybdène et le cobalt. Les céramiques les plus utilisées sont les carbures, les borures, Les cermet utiliser dans le blindage, outil de coupe , et quelque pièce de turbine à gaz(travail à haut température), Bon état de surface (la rectification peut être supprimée)Usinage à sec, Vitesse de coupe importante, temps d'usinage réduit usinage sans bavure Coûts d'outils réduits Bonne durée de vie d'outil.

2-4 Céramiques

Les céramiques se présentent sous forme de plaquettes obtenues par frittage. Peuvent usiner des matériaux jusqu'au une dureté de 72 HRc.

Il existe plusieurs types de céramique :

- Céramiques "blanches" : fonte et acier en finition
- Céramiques "marron foncé" : acier trempé et superalliage en finition
- Céramiques "grises» : fonte en ébauche
- Céramiques renforcées ou **WHISKERS**(*) : pour matière très dure

(*) Les céramiques à **WHISKERS** contiennent de carbure de silicium (SiCw) qui renforce considérablement leur ténacité et autorisent l'utilisation d'un arrosage. Ils sont idéals pour l'usinage des alliages à base de nickel.

2-5 Nitrure

Le nitrure de bore est un des matériaux de coupe les plus durs (dureté supérieure aux céramiques et aux carbures). Il s'agit de particules de nitrure de bore (***) et une matière liante céramique. Il se présente généralement sous la forme d'une pointe qui est basée sur un support de carbure. Il peut également être fritté sur chaque pointe du support carbure, Une nuance additionnée de

nitruure de titane, très dure, est principalement utilisée en finition pour les aciers trempés, les aciers cémentés et pour les fontes trempées.

(**) Le **nitruure de bore** est un composé chimique du bore et de l'azote, de formule chimique brute BN Il existe sous plusieurs formes (qui présente avec des structure différente suivant la pression et la température), dont l'une est analogue au diamant et l'autre au graphite. Les abrasifs à base de nitruure de bore se lie facilement avec des métaux

2-6 Diamant

D'origine naturelle ou synthétique, sont le plus dur que l'on connaisse, réservés pour les travaux de finition (bonne rugosité et une grande précision), leur utilisation est limité à cause de leur prix, Il se présente sous la forme de :

- poudre collée sur un support en fonte pour les meules destinées à l'affûtage des outils carbures
- d'un grain brasé sur un corps pour les outils à tranchant unique (outil à charioter, grain d'alésage ...)

Les matières de base sont les suivantes :

1. support
2. couche du liant de base
3. grains
4. couche du liant supérieur

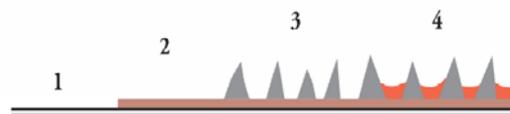


fig.27 les couches d'une meule

3- L'affûtage des outils

- L'outil sera affûté en tenant compte principalement de 3 angles :
- L'angle d'incidence (a) : qui 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 dépouille (c) : sert à l'évacuation du copeau.

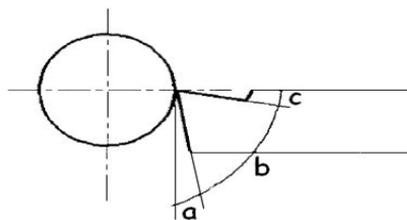


Fig. 28. Les angles d'un outil

Ces angles varient en fonction de la matière à usiner et leur somme vaut toujours 90° .
Voici un tableau montrant la variation de l'angle tranchant en fonction de la matière à usiner

Matière à usiner	Angle d'incidence (a)	Angle tranchant (b)	Angle de dégagement (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 °

4- Usure des outils

4-1 Usure par effet mécanique

Usure adhésive (régie par l'équation de Burwell et Strang). Soit « Ar » surface réelle de contact, « Aa » surface apparente de contact, on peut avoir $A_r/A_a=10^{-5}$. Les pressions de contact sont donc très grandes et le risque d'avoir adhésion important.

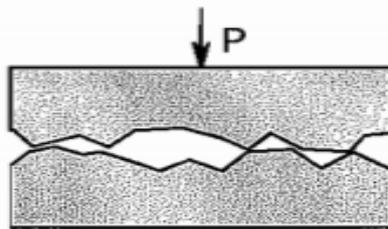


Fig 29. Usure par effet mécanique

Usure abrasive (à sec) : les particules de métal se glissent entre l'outil et la pièce.

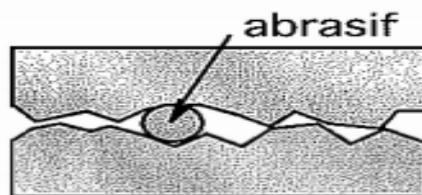


Fig 30. Usure abrasive

Usure érosive : même phénomène que précédemment, en présence d'un lubrifiant.

4-2 Usure par effet physico-chimique

Usure corrosive : au contact de l'air, d'un lubrifiant, à haute température. Transfert des particules de l'outil vers le copeau.

Usure par diffusion : apparaît pour des vitesses élevées.

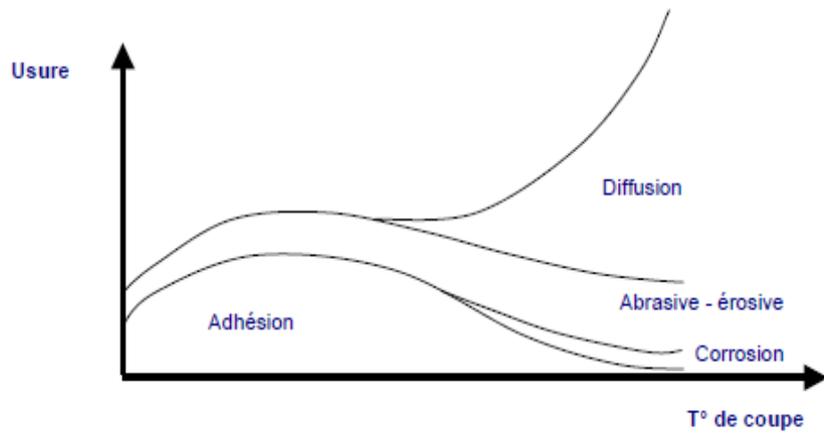


Fig 31. Les différentes usures

5- Les outils tranchants

5.1. Les forêts à centrer

- Forêt à centrer normal
- Foret avec chanfrein
- Foret a centré curviligne

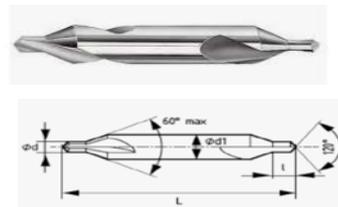


Fig 32. Forêts à centrer

5.2. Les forêts

- à queue cylindrique de série :
Courte Ø0.5 à 20, Normale Ø0.5 à 13
Longue Ø1 à 30
- à queue conique cône de morse Ø3 à 100



Fig 33. Forêts

Les forets aléseurs

- à queue conique trois ou quatre lèbres cône de morse coupe à droite Ø3 à 20.



Fig 34. Forêts à queue conique

- à queue cylindrique trois ou quatre lèbres coupe à droite Ø3 à 100



Fig 35. Forêts à queue cylindrique

Forêts étagés

Forêt étagé simple ou double hélice en ARS ou mise en carbure queue conique et queue cylindrique



Fig 36. Forêt étagé

Alésoir machine

Alésoir en bout hélice coupe à droite avec queue conique ou queue cylindrique Ø5 à 60



Fig 37. Alésoir machine

Alésoirs creux

Ebaucheurs et finisseurs à taille droite de Ø20 à 100



Fig 38. Alésoir creux

Les alésoirs étagés

Alésoir étagé simple à mise en carbure queue conique cône de morse Ø25 à 76.2.



Fig 39. Alésoir étagé

Alésoir conique

Conicité de 2% à 10% avec queue conique et cylindrique



Fig 40. Alésoir conique

Tarauds

Forêt taraud M5 à M80 et taraud machine M3 à M30.



Fig 41. Taraud

5.3. Les fraises

Diamètres	Fraise 1T à surfacer à denture hélicoïdale	Nbr de dents (Z)
63		6(12)
80		8(14)
100		10(16)

Fig 42. Fraise 1T

Fraise 2T à alésage taraudé ou lisse

A alésage taraudé		A alésage lisse	
Diamètre	nbr des dents(Z)	Diamètre	nbr des dents(Z)
63	6(12)	40	7
80	8(14)	50	8
100	10(16)	63	8
63	6(12)	80	9
80	8(14)	100	10
100	10(16)	125	12
63	6(12)		
100	10(16)		



Fraise 2T à alésage taraudé



Fraise 2T à alésage lisse

Fraise 2T à rainurer (2-3-4-dents) : queue cylindrique diamètre 2 jusqu'à 32.
Queue conique diamètre 32 jusqu'à 45.



Fig 42. Forme des Fraise

- Fraise conique deux tailles queue cylindrique $\alpha=45^\circ$ jusqu'à 70° grand diamètre 16 à 25 hauteur 4 à 11.
- Fraise conique et biconique une et deux tailles : conique $\alpha=45^\circ$ à 70° , $\varnothing 30$ à 100 hauteur 10 à 50, biconique $\alpha=55^\circ$ à 80° , $\varnothing 50$ à 100.

- Fraise concave et convexes de profilage constante \varnothing 45 à 145 largeur 5 à 80 r de 0.75 à 25.
- Fraise trois tailles denture double hélice alterné \varnothing 50 à 200 largeur 4 à 32

Diamètre	nbr des dents(Z)	e
63	18	4 à 32
80	20	
100	22	
125	26	
160	30	
200	34	14 à 32
250	40	



- Fraise une taille plate pour rainure \varnothing 50 à 200 épaisseurs 4 à 32.
- Fraise une taille scie \varnothing 20 à 300 épaisseurs 2 à 6
- Fraise a mis en carbure : a surfacer \varnothing 80 à 500 Nbr 6 à 26
a surfacer et dresser \varnothing 50 à 250 Nbr 4 à 15
- fraise disque 2T et 3T \varnothing 80 à 200 : 2T épaisseur 24 à 60 Nbr 6 à 12
3T épaisseur 10 à 16 Nbr 6 à 12



5-4 Outils de tour

La figure 43 représente quelques outils de tournage.



Fig 43. Forme des outils de tournage

- 1- Outils à fileter d'extérieure à droite et à gauche ; section de 10x10 jusqu'à 32x32.
- 2- Outils à aléser cylindrique et conique ; section de corps d'outil : 10x10 jusqu'à 32x32.
- 3- Outils coudés à charioter et chanfreiner à droite et à gauche ; section de 10x10 jusqu'à 40x40.
- 4- Outils à saigner, tronçonnage, rainures, gorge et dégagement section de 10x10 jusqu'à 40x40.
- 5- Outils de finition : pour finition retouche et copiage ; section de corps d'outil : 10x10 jusqu'à 32x32.
- 6- Outils couteaux et dressage ; section de corps d'outil : 10x10 jusqu'à 40x40.
- 7- Outils à fileter intérieur outils rond 12 à 22 carrée de 10x10 jusqu'à 32x32.
- 8- Outils à chambrer section de corps d'outil : 10x10 jusqu'à 25x25.

Chapitre VI

Montages d'usinage

Montages d'usinage

1- Généralités

Quelles sont les Caractéristiques de MO ?

- Connaissance des caractéristiques dimensionnelles de la table ou plateau porte-pièce (forme et largeur des rainures, trous de fixation) ;
- course utile de la table, vitesses d'avance ;
- caractéristiques du porte-outil (vitesse de rotation, outils disponibles) ;
- évacuation des copeaux et éventuellement du système de lubrification ;
- efforts de coupe, vibrations, de la température dégagée par la coupe.

Quelles sont Les Types de Montages spéciaux ?

- a- montage d'usinage : perçage, fraisage, rabotage, etc. ; d'une pièce sur machine-outil ;
- b- montage de reproduction : usinage de surface de révolution quelconque par rapport à un gabarit de profil ;
- c- montage de compensation : positionnement angulaire d'axes, plans et prismes par rapport au plan de la table ou de la broche de la machine-outil (perçage angulaire,...) ;
- d- montage de vérification : contrôle, mesure, classement par triage et appairage des pièces usinées en série ;
- e- montage d'accélération : alimentation automatique et repositionnement automatiques des pièces sur la machine-outil (trémie, goulotte d'alimentation)
- f- montage de substitution : usinage d'une pièce sur une machine qui n'est pas originellement destinée à celui-ci (rabotage ou tournage sur fraiseuse, tournage sur aléseuse, rectification cylindrique sur rectifieuse Plane, etc.) ;
- g- montage de découpage et emboutissage : découpage de flans, emboutissage, cambrage, etc.

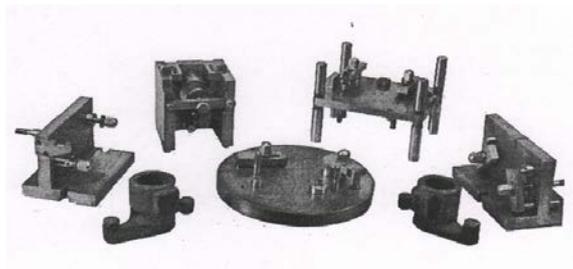


Fig 44. Appareillage du montage

Dispositifs principaux d'un montage d'usinage ?

- 1-Logement de la pièce.
- 2-Sa fixation (serrage).
- 3-Guides des outils en acier très dur.
- 4-Le corps du montage. Rigide, robuste (fonte ou acier). On trouve....

- Construction moulée** : porte pièces de grosses dimensions, bâti sollicité aux efforts de compression, porte pièce pour travaux précis.
- Mécano-soudés** : porte pièces de moyennes dimensions, bâti sollicité aux efforts de traction ou flexion.
- Éléments assemblés** : porte pièces de dimensions réduites, porte pièces pour travaux précis, en présence de faibles efforts de coupe.

Qualités que doivent remplir les montages d'usinage ?

A .Précision : Aux cotes et tolérances imposées sans pièce mauvaises. Le contrôle peut parfois être supprimé

b. Fiabilité : Le montage d'usinage doit assurer un service sans défaillance avec un temps respecté

L'outillage doit donc être robuste Les pièces qui s'usent doivent être facilement interchangeables.

Les divers éléments doivent être largement dimensionnés.

c. Sécurité : Pour un cycle de travail automatisé il faut : Aucun danger pour l'opérateur : prévoir des dispositifs de protection. Localisation et la fixation : prévoir des contacteurs de sécurité.

Qui fait la réalisation du montage ?

La responsabilité des BE et ateliers d'outillages. La tâche principale est confiée au dessinateur d'outillage, spécialisé sur les montages spéciaux, et qui doit disposer de certaine compétence :

- les connaissances technologiques ;
- l'initiative et l'imagination ;
- la connaissance pratique de l'usinage, l'esprit scientifique ;
- certaines connaissances particulières, telles les vibrations d'usinage, l'usinage de paroi mince;

Le dessinateur aura accès à certaines instructions :

- le dessin de la pièce et l'usinage à réaliser ;
- le nombre et le cadencement des pièces à réaliser en série ;
- la gamme d'usinage ;
- les caractéristiques de la machine-outil et ses outillages universels ;
- des indications sur le montage : schémas, points de serrage, éléments standards (embases, systèmes de blocage, guides de perçage, etc.) ;
- certaines données sur l'atelier d'usinage en série : source électrique, pneumatique, hydraulique ;
- ergonomie du poste de travail.

Après l'étude Le dessinateur fournira....

- le dessin d'ensembles et tous les détails du montage ;
- liste des outils de coupe (standards ou non) ;
- la notice technique d'utilisation (positionnement et fixation de la pièce à usiner, consignes de sécurité, évacuation des copeaux, nettoyage, etc.)
- la notice d'entretien du montage (nomenclature des éléments standards).

2- Étude et dessin d'un montage d'usinage

Dans le cas général L'étude d'un montage d'usinage dépend :

- De l'importance de la série.
- De la cadence de renouvellement.
- De l'état de la pièce avant l'opération d'usinage à réaliser.
- Des qualités dimensionnelles, de surfaces et géométriques exigées.
- Des possibilités de réalisation, suivant les machines et les outillages dont dispose les ateliers.

Une étude complète doit comprendre :

- L'étude du mode opératoire.
- L'étude du Porte pièce ou montage.
- L'étude du Porte outil.
- L'étude de l'outil.
- L'étude des vérificateurs.

LES DEFORMATTONS Parasites

Les écarts dimensionnels sur produits ont deux causes :

- Défauts dus aux machines et outils : défauts géométriques de construction, d'usure ou de mauvais réglage.
- Variations de position relative, entre pièce et outil, par effets mécaniques ou thermiques : extérieurs (bridage déformation, échauffement dû à la coupe) ou intérieurs (tensions déséquilibrées).

La précision des montages spéciaux

Exige une tolérance faible pour les surfaces fonctionnelles du montage (IT du montage a 0,1 IT des pièces à fabriquer). La précision durable est conditionnée par la permanence de qualité des surfaces en contact :

- entre pièce - montage ;
- entre montage – machine-outil.

Position relatives

La position correcte de cette surface coupée est le résultat de plusieurs éléments géométriques : position relative des organes porte-pièce et des organes porte-outil (par exemple perpendicularité entre table et broche d'une fraiseuse) ;

- position relative des divers éléments du porte-pièce, c'est à-dire entre : table et porte-pièce --
-----porte-pièce et pièce ;
- position relative des divers éléments du porte-outil, c'est à-dire entre : support et porte-outil -
-----porte-outil et outil.

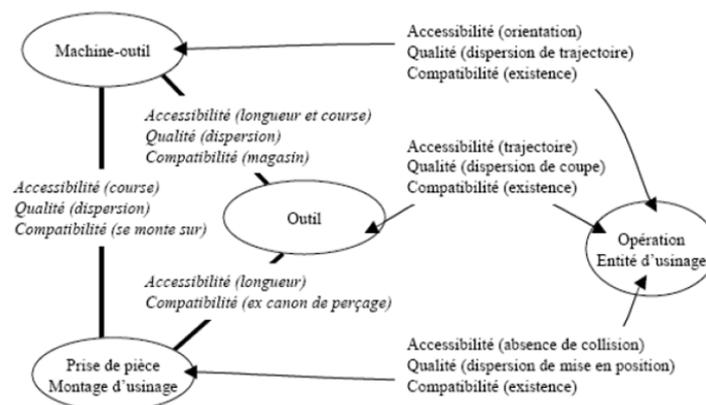


Fig 45. Interaction entre différents partie de montage

3- Déformations Mécaniques

Tout dispositif d'ablocage doit maintenir la pièce en contact (sans déformation) avec les appuis et butées du montage spécial. Un ablocage trop faible n'interdit pas le déplacement de la pièce soumise à effort de coupe, à la pesanteur et parfois à des forces d'inertie ; un ablocage trop puissant peut détériorer superficiellement ou déformer ; un ablocage d'intensité variable en cours de travail peut également engendrer des défauts. L'ablocage est obtenu mécaniquement soit en amplifiant un effort manuel (vis, cames, Leviers) soit en utilisant une source d'énergie extérieure (effets hydraulique, pneumatique, ou magnétique). Les efforts de coupe et d'ablocage peuvent créer des contraintes d'allongement, compression, flexion, torsion (simples, Alternées ou combinées) génératrices de déformations élastiques ou permanentes, Les déformations élastiques sont calculables. Voici deux exemples :

Avec un rendement 0.33 de la vis

Flexion en porte à faux. On a $f = pl^3/3EI$

Avec ; f (la flèche), p (charge au effort exercer par la vis),

L (longueur en porte à faux), E (module d'élasticité)

I (moment d'inertie).

Application numérique : $p = 20 \times 120 \times 2\pi \times 0.33 / 3 = 1658 \text{ kgf}$

$f = 1658 \times 27000 / 3 \times 20000 \times 28125 = 0.026 \text{ mm}$

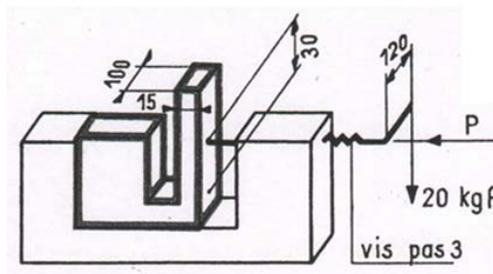


Fig 46. Flexion de la pièce par serrage

Allongement en compression. On a $\Delta = FL/ES$

Δ (allongement de compression, L (longueur sous charge

en mm), p (charge en Kgf), S (section sous charge en mm^2),

E (module d'élasticité en Kgf/mm^2).

Application numérique : $\Delta = 60 \times 7000 / 50 \times 5 \times 20000 = 0.08 \text{ mm}$

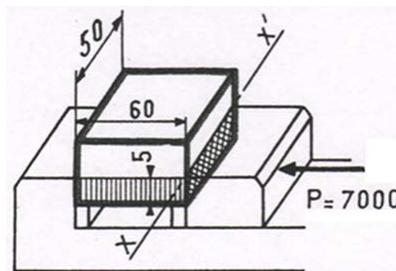


Fig 47. Compression de la pièce par serrage

L'effort de coupe.

L'effort total de coupe dépend principalement du matériau

En œuvre et de la section de coupe. On approximativement :
 $F_t \text{ Kgf} = K \text{ Kgf/mm}^2 \times S \text{ mm}^2$, ou S (section de coupe a.p (mm²),
 Et K (résistance spécifique de coupe (Kgf/mm²)).
 Cette relation convient dans le cas de travail avec un outil à
 Seul tranchant ; s'il s'agit de fraisage,
 Remplacer $S = a.p$ par l'expression

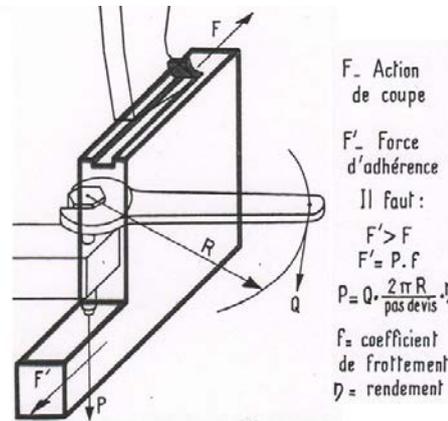


Fig 48. Présentation de l'effort de coupe

$S_{\text{effective}} = p \cdot l \cdot A/v$, avec p (profondeur de passe mm),
 l (largeur de passe mm), A (avance de coupe (m/mn)),
 v (vitesse de coupe m/mn). La résistance spécifique à la
 Coupe K Est égale au produit de la résistance à la traction
 $R \text{ Kgf/mm}^2$ du matériau coupé par un coefficient α qui varie
 Suivant la section du coupeau coupé.

4- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de fraisage

- Le montage doit toujours être localisé et fixé sur la table de la fraiseuse.
- dans le cas de l'utilisation d'un étau, La localisation se fait à l'aide de 2 languettes (ou « lardons ») aussi éloignés que possible l'une de l'autre et situées dans la même rainure té de la table.
 - La fixation se fait par 2 boulons spéciaux à tête en té ou par 2 tasseaux vissés sur des goujons.
 - Les languettes sont généralement vissées sous la semelle du montage.
 - Les dispositifs de fixation appartiennent à l'outillage de la machine et ne sont donc pas à représenter sur le montage.
 - Les rainures à té des tables ainsi que les diamètres des boulons et goujons sont normalisés.
- Quelque exemple de liaison du montage sur la table de la fraiseuse

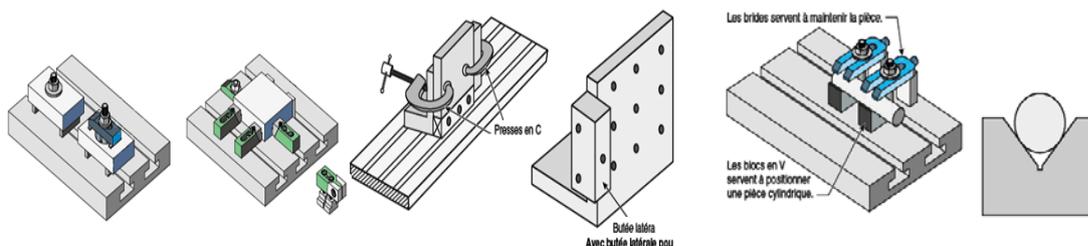


Fig 49. Montage sur table de la fraiseuse

L'étude doit se faire en 2 étapes :

1er étape : Recherche préliminaire des éléments essentiels du montage.

2ème étapes : Étude proprement dite (mise au net).

- | | |
|---|---|
| 1- Présenté la pièce dans sa position d'usinage | 6- interprété les éléments essentiels étudiés en 1 ^{er} temps au mieux de chaque vue |
| 2- Etudier schématiquement les éléments Essentielle du montage : mise en position- Maintien en position-orientation éventuell | 7- la pièce dessinée en traits fins |
| 3- En déduire la forme du corps | 8- la cotation doit se limiter aux celle caractéristiques de condition d'assemblage et encombrement |
| 4- Choix des vues, lequel doit permettre D'exprimer le fonctionnement de disposit | 9- présentation générale suivant les règles de la normalisation |
| 5- La vue de face doit être de préférence, Celle correspondant à la position d'utilisa Du montage | |

4-1 Les efforts de coupe : fraisage

La situation des efforts pour une dent en prise est identique à celle du tournage. L'effort tangentiel de coupe s'exprime de la même façon. La valeur du coefficient K_c dépend également de l'épaisseur du copeau. Ce paramètre étant variable, comme le montre la figure, la démarche de recherche de ce coefficient nécessite de déterminer une épaisseur moyenne de copeau, hm ; cette estimation se fait conformément aux cinq étapes décrites ci-dessous.

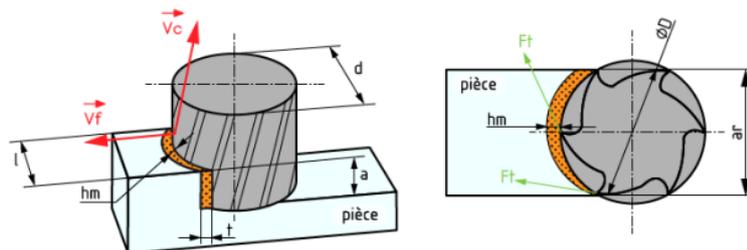


Fig 50. Surface découper en fraisage

Étape 1 : Déterminer K_c par rapport à la matière à usiner ; le tableau ci-après donne les valeurs de K_c pour les matériaux couramment utilisés en construction mécanique.

Matière	K_c	Matière	K_c	Matière	K_c	Matière	K_c
XC10	275	Z200C12	350	10NC6	320	Ft20	140
XC35	300	Z85W	410	35CD4	390	Ft40	180
XC80	330	Z8C17	320	FGS 400	150	MP 60-3	200
A70	260	90MV8	675	FGS 700	225	Alliage Alu	95

Étape 2 : Corriger la valeur calculée de K_c en fonction de l'angle de coupe γ . On applique une correction de 1,5% par degré de changement d'angle. Un angle de coupe plus grand (positif) donnera donc un K_c réduit et inversement. Donc : $K_c \text{ provisoire} = k_c \text{ corrigé. } (= k_{cp} \pm \%k_{cp})$

Étape 3 : Déterminer la valeur de l'épaisseur moyenne de copeau, en fonction de l'avance par dent.

Épaisseur moyenne de copeau hm [mm]									
Avance par dent en mm									
ar/D	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
1/10	0,05	0,1	0,19	0,29	0,38	0,48	0,58	0,77	0,96
2/10	0,05	0,1	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,76	0,95
3/10	0,05	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47	0,56	0,75	0,94
4/10	0,05	0,09	0,19	0,28	0,37	0,47	0,56	0,74	0,93
1/2	0,05	0,09	0,18	0,28	0,37	0,46	0,55	0,74	0,92
6/10	0,04	0,09	0,18	0,27	0,36	0,44	0,53	0,71	0,89
7/10	0,04	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,51	0,70	0,87
8/10	0,04	0,08	0,16	0,25	0,33	0,41	0,49	0,66	0,82
9/10	0,04	0,08	0,15	0,23	0,31	0,39	0,46	0,62	0,77
1	0,0	0,07	0,12	0,18	0,24	0,31	0,37	0,49	0,61

Étape 4 : Rechercher (utiliser le tableau suivant) la valeur de correction fh en fonction de hm.

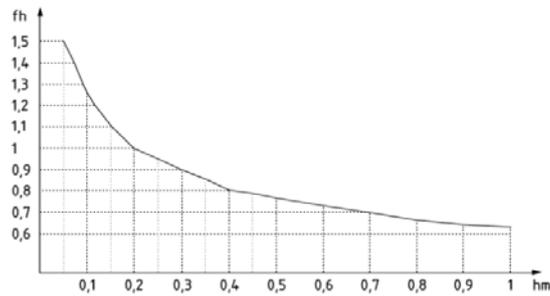


Fig 51. Courbe hm-fh

Étape 5 : Calculer la valeur du coefficient spécifique de coupe pour l'opération considérée en appliquant la formule : $k_c = k_c \text{ provisoire} \cdot F_h$

Exemple d'un Montage de fraisage

- Séries de 500 pièces renouvelables.
- E24 étiré, débité et mis à longueur.
- Sur fraiseuse verticale.

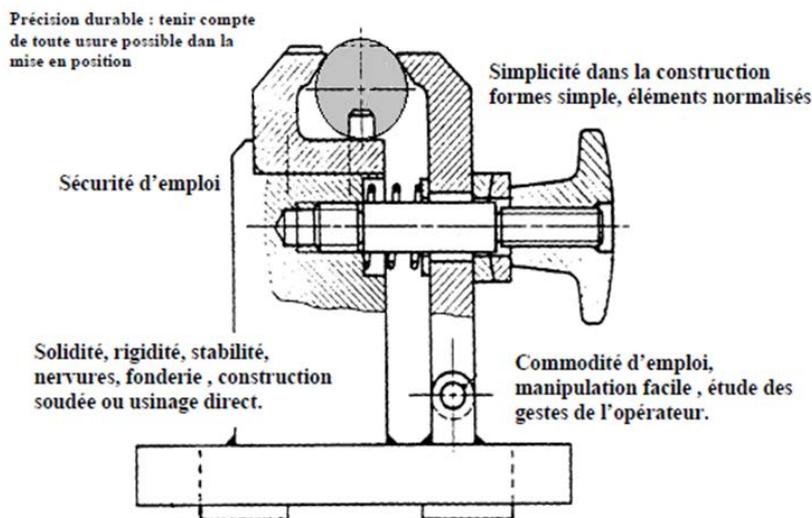


Fig 52. Proposition d'un montage

- Matière : MB 35-5.

- Etat brut : moulée.
- Quantité : 100. Par séries renouvelables.

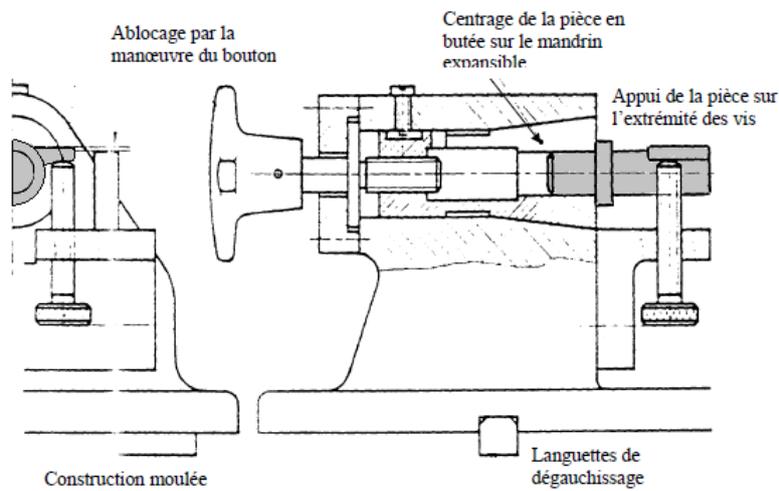


Fig 53. Proposition d'un montage

4-2 La puissance de coupe

La puissance p [watts] est égale au produit de la force F [newtons] par la vitesse V [m/s] : $P=F*V$. On distingue généralement deux puissances :

- la puissance de coupe (P_c), qui dépend principalement de la vitesse de coupe (V_c) et de l'effort tangentiel de coupe (F_c);
- la puissance au moteur (P_m), absorbée par la machine. Elle est fonction du rendement η de la chaîne cinématique : $P_m=P_c/\eta$. Elle varie également en fonction de l'angle de coupe et de la direction de l'arête.

Pour le **tournage** et dans le cas d'un outil à charioter coudé, on a la relation suivante pour la puissance de coupe : $P=(F_c*V_c)/60$ où : $P=(K_a*f*p*V_c)/60$

- En **fraisage**, la puissance nécessaire à la coupe est sensiblement proportionnelle au débit de matière enlevée : $P=K*Q$ avec $Q=L*P*A$

Matière	K	k
Aciers $R \leq 600$ MPa	11	1 000
Aciers $R > 600$ Mpa	11,5	1 200
Aciers inoxydables	15	1 300
Aciers au nickel-chrome	14	900
Aciers au chrome-molybdène	13	1 600
Fontes grises	8	700
Fontes GS	7,5	1 100
Laitons	3,5	800*
Alliages d'aluminium	5	850
Valeurs données à titre de première estimation		

Nota : Pour les utilisations courantes, les faibles puissances mises en jeu ne justifient pas de calcul.

Avec (K) un coefficient déterminé expérimentalement (donné dans le tableau), le débit de copeau Q exprimé en : Suivant les données disponibles pour le calcul du débit, on a plusieurs expressions pour calculer la puissance : $P = k \cdot l \cdot P \cdot f \cdot z \cdot N$ où $P = (k \cdot l \cdot P \cdot f \cdot z \cdot V_c \cdot 1000) / (\pi \cdot d)$ et $P = k \cdot l \cdot P \cdot A$

(L) représente la largeur de coupe, (Z) le nombre de dents, (N) est la fréquence de rotation [tour/min] et $A = f \cdot z \cdot N$; la vitesse d'avance [mm/min] de la fraise.

- Pour le **perçage**, La puissance nécessaire à la coupe pour ce type d'opération se calcule à l'aide de la relation : $P = K \cdot f \cdot d \cdot V_c$

Par les **abaques** on peut calculer la puissance et déterminer :

- soit la puissance de la machine, si les paramètres de coupe sont déjà déterminés ;
- soit un des paramètres de coupe, si la machine est imposée.

Lorsque la puissance calculée est supérieure à la puissance disponible, on peut réduire la vitesse de coupe et l'avance préconisées. Toutefois, pour conserver une bonne formation de copeau, il vaut mieux abaisser la vitesse de coupe que l'avance. Pour les fraises à plaquettes amovibles il peut être intéressant d'enlever une plaquette sur deux. Un outil usé consomme environ 25% de puissance en plus qu'un outil neuf.

Exemple pour le solutionner

a = 2 mm

f = 0,4 mm/tr

$V_c = 20$ m/min

$K_c = 100$ daN/mm²

Angle d'attaque : 90°

Rendement : 0,7

$\alpha < 0$ (angle de coupe)

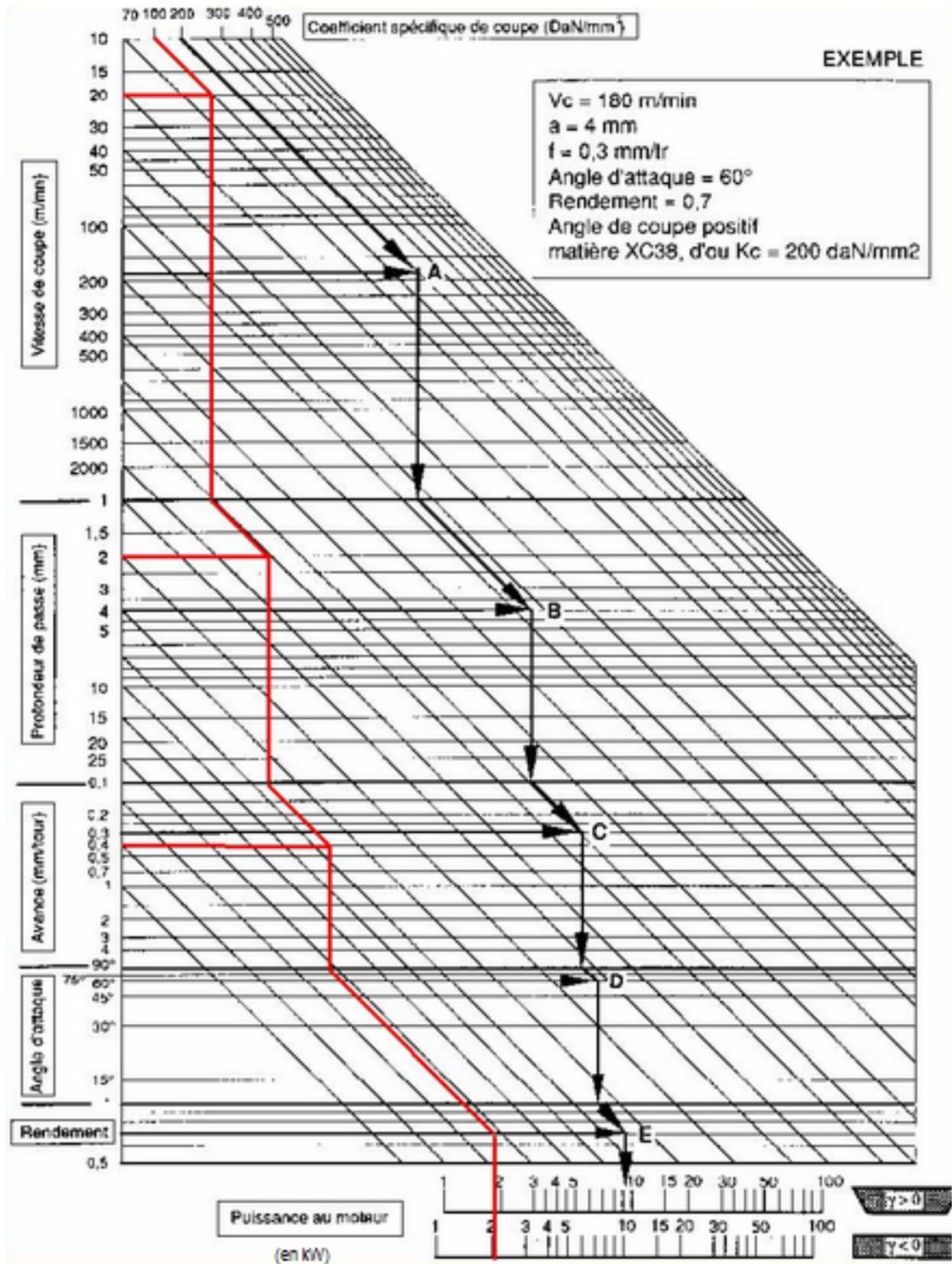


Fig 54. Abaque de détermination des paramètres en tournage

$K_c = 260 \text{ daN/mm}^2$

$a_r = 80 \text{ mm}$

$V_c = 20 \text{ m/min}$

Fraise de diamètre : 100 mm (8 dents)
 Angle de coupe γ est de -1°
 L'avance de 0,2 mm/dent/tr
 Pénétration est de 1mm

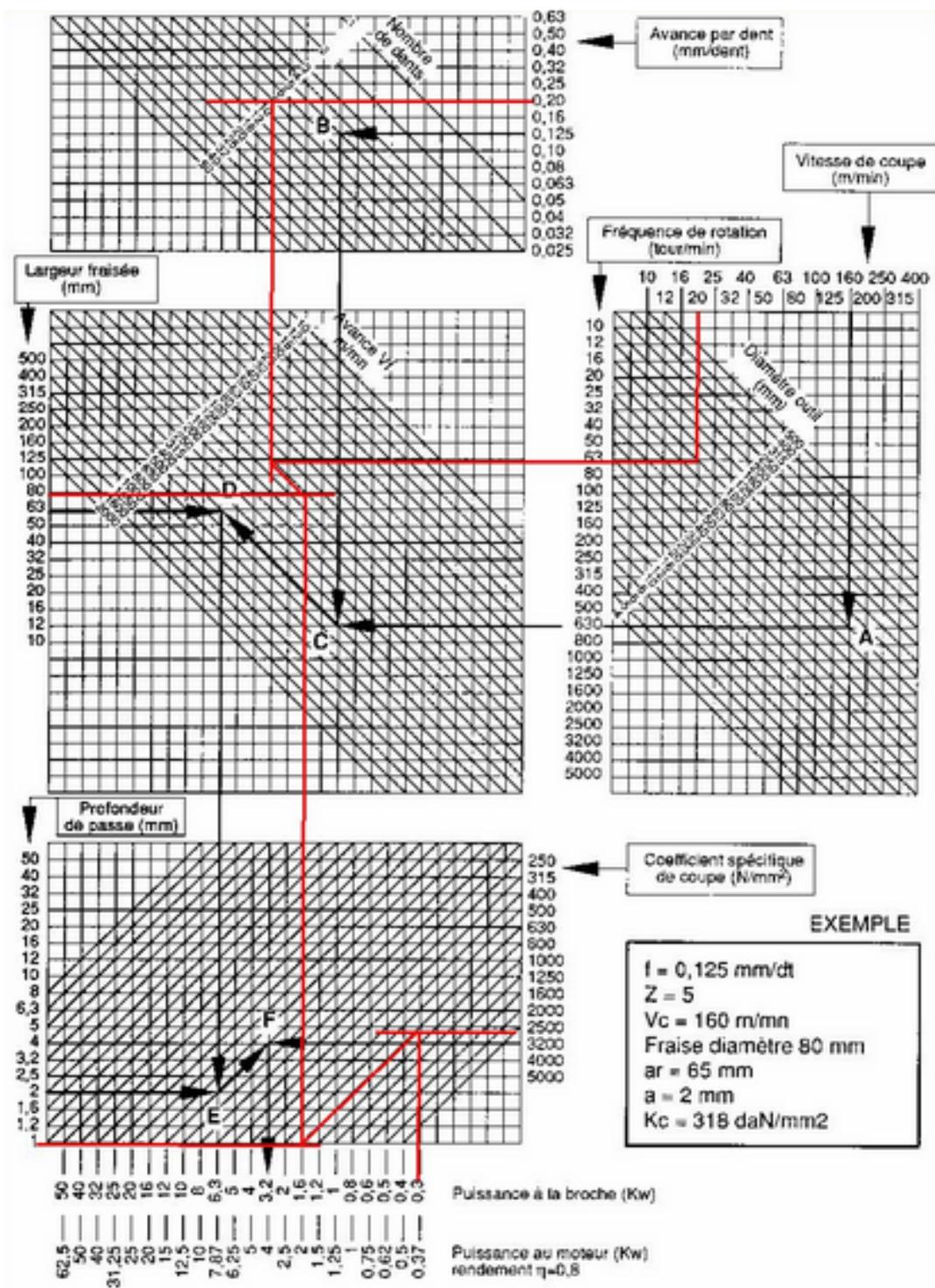


Fig 55. Abaque de détermination des paramètres en fraisage

4-3 Optimisation économique des conditions de coupe

L'optimisation des conditions de coupe a pour but la minimisation :

- du coût de l'usinage ;
- des temps de production ;
- du nombre d'outils nécessaires.

Si la vitesse de coupe augmente, le temps d'usinage diminue, le temps d'occupation également, donc le coût machine diminue. En même temps, avec l'augmentation de la vitesse de coupe l'usure de l'outil est plus rapide ; il en résulte une consommation plus importante d'outils et un changement plus fréquent de ceux-ci, d'où un coût outil qui augmente. A ces coûts variables s'ajoutent des frais fixes (frais de lancement, frais d'étude, etc.) indépendants des conditions de coupe.

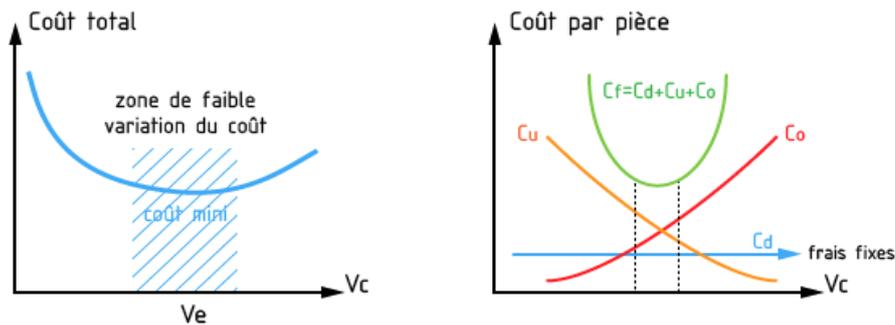


Fig 56. Courbe explicatif du coût

Coût de fabrication par pièce

Le coût des temps de montage et de démontage (noté Cd) est fonction de la machine et des commodités de mise en place de la pièce, il est indépendant de la durée de l'usinage et peut être négligé. Par contre, la durée de l'usinage influe sur le coût de production et sur l'amortissement de l'outillage.

- durée de coupe entre 2 changements d'arête T
- temps de changement t
- section de coupe S
- volume de matière enlevé sur une pièce d_0
- volume de matière (débit) enlevée entre deux changements d'arête $D_0 = V_c * S * T$
- coût de l'arête de coupe C_a

On peut exprimer le coût du temps d'usinage par pièce par la relation : $C_u = C_m \frac{T}{\left(\frac{D_0}{d_0}\right)} = \frac{C_m T d_0}{D_0}$

Respectivement le coût de l'outillage : $C_o = (C_m.t + C_a) * \left(\frac{D_0}{d_0}\right)$

Nous avons pour le coût de fabrication : $C_f = C_d + C_u + C_o$ donc :

$$C_f = \left(\frac{C_m T d_0}{D_0}\right) + (C_m.t + C_a) * \left(\frac{D_0}{d_0}\right)$$

Détermination de la durée de vie et de la vitesse de coupe économiques (T_e and V_e)

En appliquant la loi de Taylor on peut écrire : $V_c = \frac{D_0}{S T}$ ou $V_c = \frac{D_0 T^{-1}}{S}$ soit ; V_c

$$T^n = \left(\frac{D_0}{S}\right) T^{n-1} = C S T$$

Il résulte que : soit encore : $D_0 = C_{st} * S * T^{1-n}$ et $C_f = \left(\frac{C_m T^1 d_0}{C_{st} S T^{1-n}} \right) + (C_m \cdot t + C_a) * \left(\frac{d_0}{C_{st} S T^{1-n}} \right)$

$$C_f = \left(\frac{C_m T^n d_0}{C_{st} S} \right) + (C_m \cdot t + C_a) * \left(\frac{d_0 T^{n-1}}{C_{st} S} \right)$$

Cf qui est fonction du T, passé par un minimum pour $T = T_e$, valeur pour laquelle la dérivée est nulle, soit : $C_f' = \left(\frac{C_m n T^{n-1} d_0}{C_{st} S} \right) + (C_m \cdot t + C_a) * \left(\frac{d_0 (n-1) T^{n-2}}{C_{st} S} \right)$

$$\text{d'où : } C_m n T = (C_m t + C_a) (1-n) \text{ et } T = T_e = \left(\frac{C_m t + C_a}{\frac{C_m}{1-n}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Pour exprimer le résultat final on pose $F_u = C_m t + C_a$ (frais d'usinage et coût de l'arête de coupe)

avec T_e : étant la durée économique entre deux changements d'arête on aura : $T_e = \left(\frac{F_u}{\frac{C_m}{1-n}} \right)^{\frac{1}{n}}$

La durée de vie économique d'un outil repose sur son amortissement, sur les frais de main d'œuvre engagés et sur les frais de machine-outil. Elle permet de rechercher la vitesse économique V_e qui doit se situer à l'intérieur des limites préconisées par le fabricant d'outils, en connaissant la vitesse de coupe V_c et T : $V_e = V_c \left(\frac{T}{T_e} \right)^n$

Détermination des paramètres de coupe.....

On se place dans le cas où le critère d'optimisation est celui du coût total minimum vu précédant. Les données de base sont :

- le matériau usiné,
- la vitesse de coupe économique,
- la forme de la plaquette et du porte-plaquette

La démarche de recherche des paramètres de coupe doit conduire à l'obtention : avance, profondeur de passe, nombre de passes et rayon de bec de l'outil, et deuxièmes de la géométrie du brise-copeau et de la nuance de carbure de la plaquette.

Etape 1 : Recherche de l'influence de la forme usinée sur le rayon de bec de l'outil

Si une limitation est imposée pour les raccordements entre surfaces (figure), cela impose une valeur maximale au rayon de bec, on aura donc : rayon de bec < valeur du rayon de raccordement, et s'il n'y a pas de limitation, dans ce cas l'étape n'est pas déterminante.

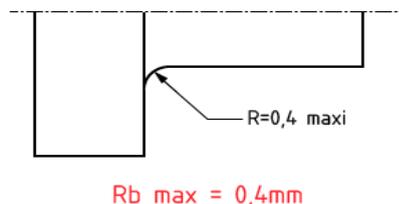


Fig 57. Dimension du raccord à respecté

Etape 2 : Détermination de couple rayon de bec-avance

Le type d'opération (finition ou ébauche) est l'élément fédérateur des décisions.

a) opération de finition

L'état de surface est dans ce cas de figure prioritaire. Pour le garantir, si le rayon de bec est déterminé, le tableau ci-dessous, mettant en relation trois paramètres, impose le choix de l'avance.

Sinon on choisira l'avance maximale possible permettant d'obtenir la rugosité demandée et on prendra le rayon de bec correspondant.

État de surface Valeur de Ra	Rayon de plaquette en mm					
	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
0,6	0,05	0,07	0,1	0,12	0,14	0,17
1,6	0,08	0,12	0,16	0,2	0,23	0,29
3,2	0,12	0,16	0,23	0,29	0,33	0,40
6,3	.	0,23	0,33	0,4	0,47	0,57
8	.	.	0,4	0,49	0,57	0,69

b) opération d'ébauche

L'obtention d'un copeau fragmenté va être l'élément prioritaire. Si le rayon de bec est imposé on choisit l'avance maximum possible $f_{max} = 2/3R_b$. Sinon, on choisit une avance compatible avec un rayon de bec courant. Pour une vitesse de coupe donnée on peut considérer que, à partir d'une valeur d'avance $f=0.3\text{mm/tr}$ l'incidence d'une augmentation d'avance sur la diminution du coût est faible. Cette valeur correspond à l'emploi d'un rayon de bec de 0,8 mm

Etape 3 : Recherche de la valeur du coefficient spécifique de coupe KC

Elle se fait conformément aux indications présentées précédemment pour les principales catégories d'opérations d'usinage : tournage, fraisage, perçage.

Etape 4 : Recherche de la profondeur de passe maximale admissible

En finition, les profondeurs de passe étant faibles, la puissance de la machine n'entraîne pas en général de limitation. En ébauche il est souvent nécessaire d'effectuer plusieurs passes. Afin de limiter le temps d'opération il faut limiter leur nombre donc utiliser les machines au maximum de leur puissance. Les schémas d'utilisation des abaques, donnés ci-après, permettent de déterminer la profondeur de passe en fonction des paramètres précédents et de la puissance de la machine prévue. Si la profondeur possible est inférieure à la passe totale, on en déduit le nombre de passes.

Si l'écart est faible, il est possible d'effectuer une seule passe en diminuant la valeur de la vitesse de coupe. En effet, la courbe du coût total étant « aplatie » au niveau du point de rebroussement, la variation autour de ce point de la valeur de la vitesse de coupe n'engendre pas de surcoût significatif. Dans chaque situation (fraisage ou tournage) la -

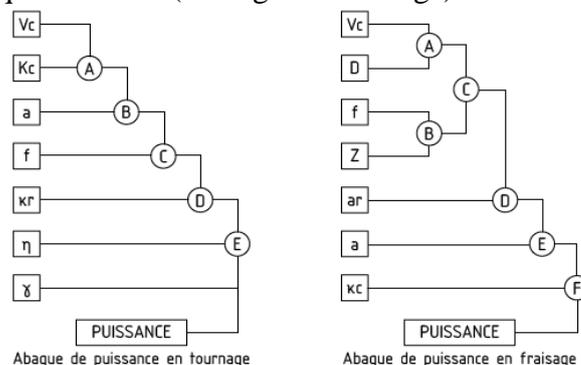


Fig 58. Schémas des étapes à suivre

Connaissance de la puissance de la machine permet bien d'aboutir par construction à la seule valeur manquante à ce stade du calcul, qui est la valeur de la profondeur de passe.

Etape 5 : Choix de la géométrie du brise-copeau et de la nuance de carbure

L'avance et la profondeur de passe permettent de déterminer à la fois la géométrie et la nuance du carbure. On devra vérifier à l'aide de diagrammes fournis par les constructeurs que les copeaux obtenus sont bien fragmentés.

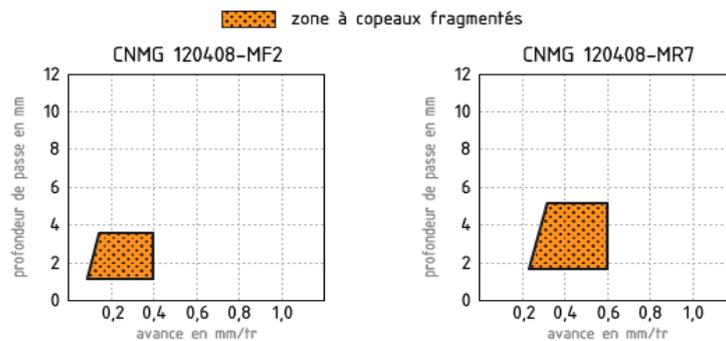


Fig 59. Les paramètres à respecter pour un bon fonctionnement

5- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de tournage

Les efforts de coupe : tournage

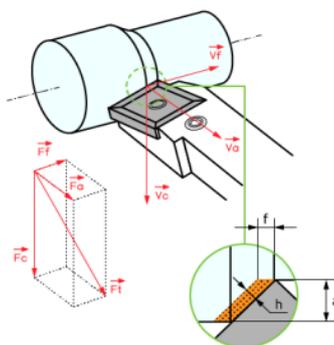


Fig 60. Les efforts de coupe

F_c : effort tangentiel de coupe, dû à la coupe

F_t : effort tangentiel d'avancement, dû à l'avancement

F_a : effort de poussée, dû à la profondeur de passe

La plus importante composante est l'effort tangentiel de coupe (figure ci-contre) donné par la relation : $F_c = K_c \cdot a \cdot f$, avec :

K_c (daN/mm^2) est la pression spécifique de coupe ; ce paramètre dépend de l'épaisseur de copeau h et du matériau de la pièce (voir, pour le choix des valeurs de K_c , le tableau ci-dessous), a est la valeur de la profondeur de passe (en mm), f est la valeur de l'avance (en mm/tr).

Type d'outil	Matériau usiné	Fa	Fp		
Outil à chariotier coudé à 45°	Acier	2/5 F _C	2/5 F _C		
	Fonte	1/3 F _C	1/3 F _C		
Outil couteau	Acier	2/3 F _C	1/10 F _C		
	Fonte	2/3 F _C	1/10 F _C		
		Ka [daN/mm ²]			
Matière		Avance			
		0,1	0,2	0,4	0,8
Aciers ordinaires	A-33 - E 26	360	250	190	140
	E 36	400	290	210	150
	A-60	420	300	220	150
	A-70	440	315	230	165

Aciers alliés	Acier au manganèse	470	340	245	180
	Acier au nickel-chrome	500	360	250	185
	Acier au chrome molybdène	530	380	275	200
	Acier inoxydable	520	375	270	190
Fontes	Ft 10 - Ft 15	190	136	100	70
	Ft 20 - Ft 25	290	210	150	110
	Fonte alliée	325	230	170	120
	Fonte malléable	240	175	125	90
Alliages de cuivre	Laiton	160	115	85	60
	Bronze	340	245	180	130
Alliages d'aluminium	Alliage d'alu (%Si < 13%)	140	100	70	50
	Alliage de moulage (R _r < 19)	115	85	50	45
	Alliage de moulage (19 < R _r < 27)	140	100	70	50
	Alliage de moulage (27 < R _r < 37)	170	122	85	55

Le montage de tournage assure la localisation et la fixation de la pièce avec le tour et permet la réalisation de surfaces planes ou de révolution, il est souvent possible d'utiliser un mandrin, dans les cas contraires le montage se présente sous des formes diverses :

Porte-pièce « plateau-disque », Porte-pièce « plateau-équerre », Porte-pièce « lanterne ».

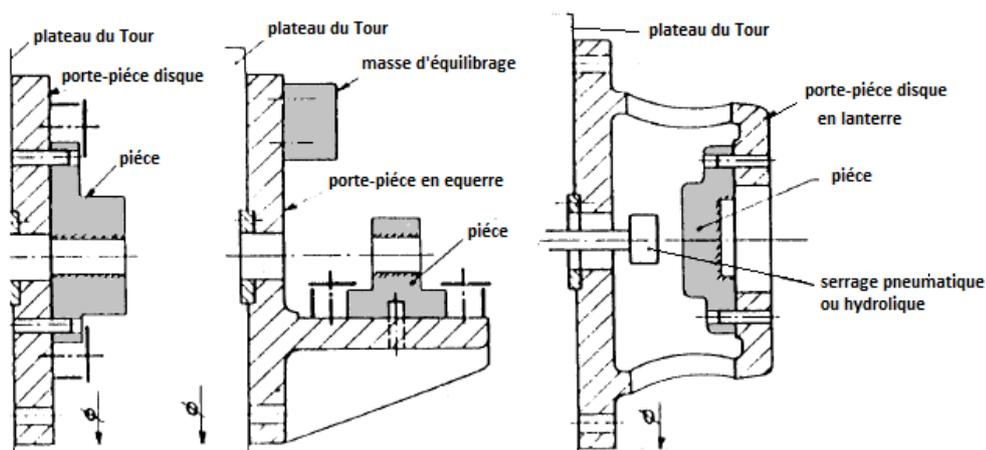


Fig 61. Montage de tournage

Les conditions pour un montage de tournage

- Le montage doit être centré sur le plateau du tour.
- Équilibrer le montage, soit à l'aide d'un contrepoids soit par des trous d'allègement.
- IL faut éviter les parties faisant saillie et prévoir un carter de protection.
- Pour les opérations d'alésage à la barre, prévoir un guidage de la barre.
- Le réglage des outils se fait à l'aide de touches placées sur le montage.

Evaluation des efforts de coupe et de fixation

Les montages de tournage doivent être très rigides, le corps de montage en lanterne est préférable au plateau-équerre, Il faut veiller aux effets de la force centrifuge qui peuvent provoquer :

La déformation du plateau, implique la réalisation de pièces hors tolérances. Et le desserrage de la pièce, d'où le risque d'accidents graves.

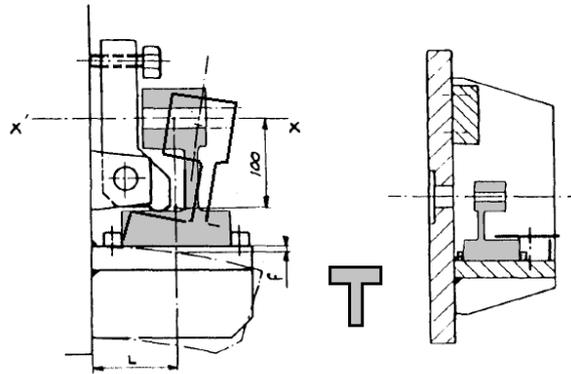


Fig 62. Les efforts de la coupe sollicitée par le montage

Soit à exécuter sur la pièce en acier xc 38, la finition de l'alésage. La pièce est fixée sur une équerre, l'ensemble a une masse de 20 kg et son centre de gravité est situé en G à 100 mm de l'axe x' x. La vitesse de coupe est de 300 m/mn. La Force d'inertie= MV^2/R la flèche= $FL^3/3EI$faite le calcul.

Dans l'**équilibrage statique** le problème consiste à ramener le centre de gravité sur l'axe de rotation à l'aide d'une ou plusieurs masses d'équilibrage convenablement disposées. Et dans l'**équilibrage dynamique** pendant la rotation, l'ensemble soumis à l'action des forces d'inertie, doit rester en équilibre autour des axes xx'

Liaison du montage sur la machine peut être par : soit par l'intermédiaire d'un mandrin ou d'un plateau de tour, soit directement sur le nez de la broche. Dans tous les cas, le montage doit être centré avec précision. Montage du porte-pièce sur le plateau du tour, porte-pièce sur un plateau à mors indépendants

TYPE A : la localisation entraînement et fixation du faux-plateau se fait par....

TYPE CAMLOCK : le système de fixation et d'entraînement et localisation est assuré par...

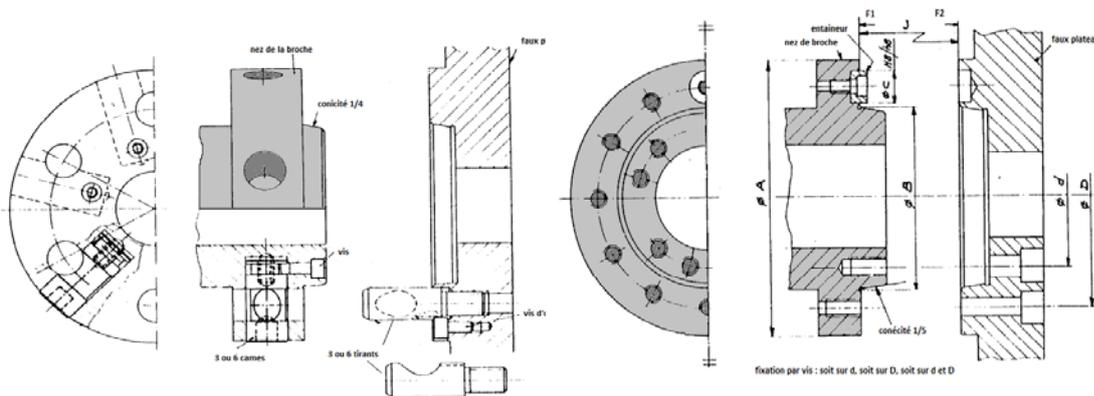


Fig 63. Montage du porte pièce en tournage

Désignation et Repère : Élément d'articulation

Matiere : A-S13 G.

Quantité : 250, par séries renouvelables

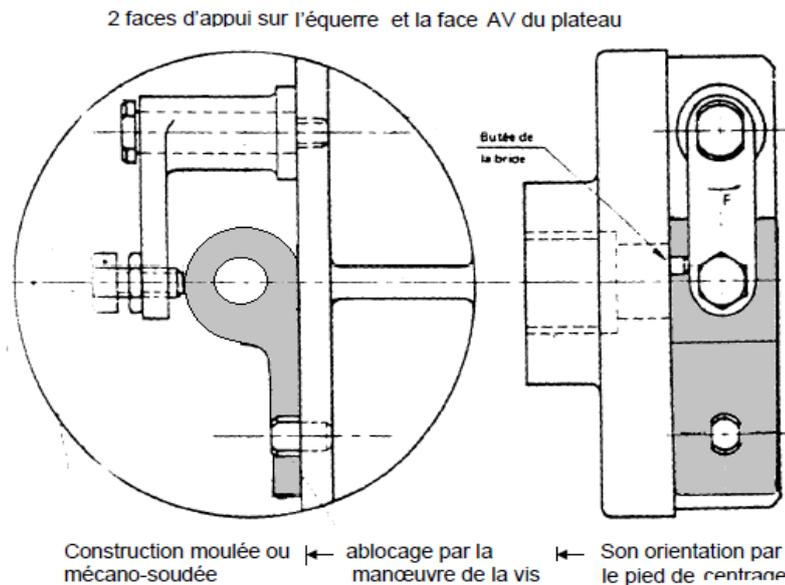


Fig 64. Proposition d'un montage

6- Étudier et dessiner un montage d'usinage pour une phase de perçage

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

- Des plaques ou gabarits de perçage pour pièces longues et plates.
- Des montages ouverts.
- Des montages fermés en forme de boîte.
- Des montages rotatifs simples.
- Des montages diviseurs...

Les efforts de coupe en perçage

La figure ci-dessous donne une représentation schématique de la situation des efforts s'exerçant sur chacune des arêtes. On observe que la résultante des efforts de coupe s'exerçant sur une arête de coupe admet trois composantes :

- f_c , l'effort tangentiel de coupe,
- f_p , l'effort de pénétration,
- f_a , l'effort d'avance.

Si le foret est parfaitement affûté et si le matériau de la pièce est homogène on a $f_c = f'c$, $f_p = f'p$ et $f_a = f'a$. Les composantes de l'effort de pénétration égales et pratiquement opposées s'annulent, la résultante de l'effort d'avance $F_a = 2f_a$ est portée par l'axe du foret et les forces f_c , $f'c$, constituent le couple résistant au perçage. On peut donc s'apercevoir de l'importance d'un bon affûtage : en effet une dissymétrie des arêtes provoquerait un écart entre les efforts F_a sur chacune d'elles et par là même occasion une déviation de la trajectoire. Pour le calcul de l'effort d'avance on utilise la relation $F_a \approx k.f.d$, avec k un coefficient déterminé expérimentalement (voir le tableau suivant), f l'avance et d le diamètre du foret.

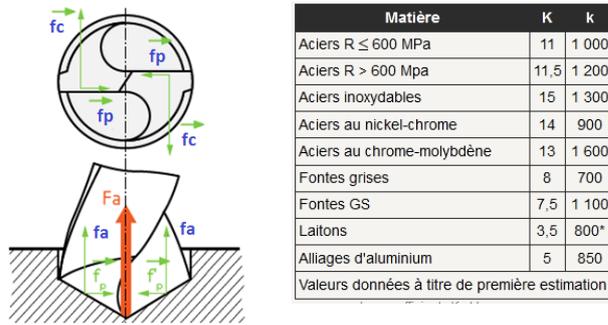


Fig 65. Les efforts de la coupe sur un foré.

Les outils sont généralement guidés par des canons. Ces derniers sont choisis de préférence dans des séries normalisées, ce qui permet un approvisionnement plus facile. Les canons sont liés au montage de façon permanente ou sont démontables. Ils assurent une fabrication de qualité dimensionnelle constante, d'où nécessité d'un usinage de haute précision du montage. Les entraxes des trous à percer seront obtenus sur machine à pointer. Les tolérances de position (perpendicularité, parallélisme, concentricité) seront à préciser sur le dessin du montage.

Canons de perçage fixes

Ces canons de perçage sont à employer s'il n'y a pas lieu de les démonter – pour un petit nombre de trous à percer, par exemple - ou lorsque leur remplacement est exceptionnel. Canons de perçage fixes NF E 21-001.

Pour toute les canons de perçage fixe. À simple entrée (type C) à double entrée (type D) à embase (type E) nous avons deux séries haute - symbole : H. basse- symbole : B. exemple : canon de perçage C 12 H - NF E 21-001.

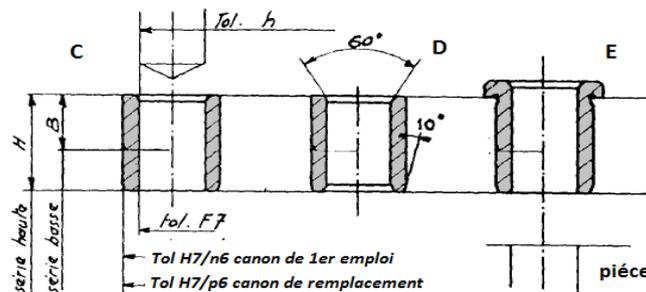


Fig 66. Canons de perçage fixes

Canons de perçage amovible

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

- dans les travaux de grande série, où leur usure rapide demande un remplacement facile ;
- pour le perçage de trous coaxiaux (opération de perçage, suivie d'un lamage, par exemple) ;
- pour le taraudage (on perce, puis on enlève le canon pour tarauder). Le canon amovible se monte dans un canon fixe afin d'éviter l'usure de l'alésage qui le reçoit.

Canons de perçage **amovibles** NF E 21-002 (type M). Pour série haute le symbole : H. série basse le symbole : B, canon de perçage amovible pour perçage à droite(D) ou pour perçage à gauche(G). Ces canons sont montés soit « bloqué » soit « mobile » Désignation, par exemple : canon de perçage M 12 BG NF E 21-002.

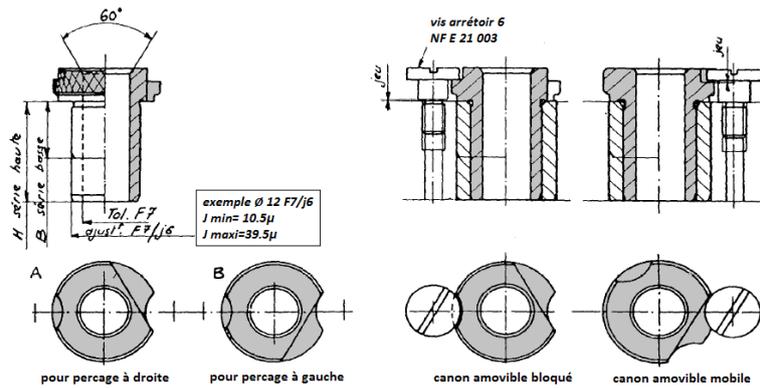


Fig 67. Canons de perçage amovible

Pour **diamètres** de perçage < 10 ; nous avons les aciers de nitruration (*) 40 CAD 6-06 Trempé à l'huile 9000 Revenu 7000 Nitruré HRC 63 à 65, nous avons aussi les aciers fondu XC 65 f Trempé - Revenu - HRC maxi.

Pour **diamètres** de perçage > 10 ; nous avons les aciers de cémentation (**) 10 NC 6 Cémenté Trempé à l'eau 850° Rev. 200° HRC 63.

(*)(**) : **Cémentation** est un traitement thermique (réaction chimique provoquer par) consiste de faire pénétrer superficiellement du carbone dans un acier ou le pourcentage est faible afin de le rendre susceptible d'être trempé. **Nitruration** est un traitement thermochimique (provoquer par température) consiste à faire pénétrer de l'azote superficiellement dans un acier qui va prendre les zone interatomique créant une couche de protection qui bloque par la suite l'oxygéné.

Cas particuliers

L'accès à la pièce impose parfois l'emploi d'un canon très long, il est nécessaire de limiter les portées. Aussi dans Le cas de perçage de 2 trous très rapprochés nécessite l'emploi d'un canon double, le canon amovible est monté « bloquer» dans un canon fixe, un pied pour repérage angulaire précis est nécessaire.

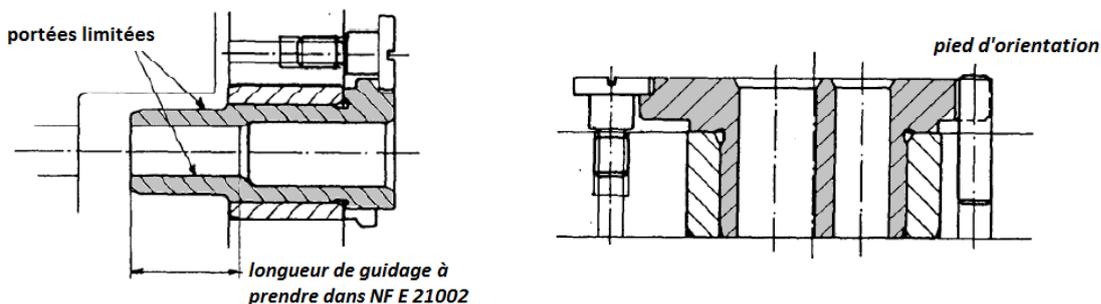


Fig 68. Canons de perçage amovible

Montage d'indexage

Les dispositifs d'indexage permettent de repérer la position d'une pièce, lors d'usinages identiques décalés angulairement ou linéairement. Les indexages à trous sont de fabrication simple. La meilleure précision est obtenue avec une extrémité de broche conique. Toutefois, si les indexages sont soumis à des sollicitations répétées, relativement importantes, les trous

s'ovalisent. Pour ces applications, on préfère les indexages à crans. Les indexages à bille sont simples et standardisés mais ils ne permettent pas un repérage précis.

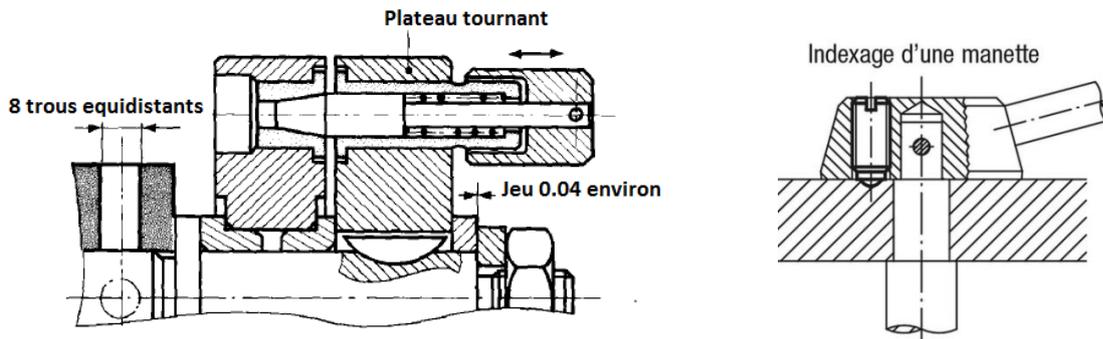


Fig 69. Présentation d'un montage d'indexation

Précision et Intervalle entre canon et pièce à percer

On admet, soit un jeu très faible entre le canon et la pièce : $0,1 < J1 < 0,2$ mm et dans ce cas les copeaux s'évacuent par le canon ou $0,5 D < J2 < 1 D$: dans ce second cas, l'évacuation des copeaux se fait sous le canon.

Évaluation de la tolérance de position :

$$\text{Diamètre canon } D_c = 20 \text{ F7} = 20^{+0.041}_{+0.020}$$

$$\text{Diamètre forêt } D_f = 20 \text{ h8} = 20^0_{-0.033}$$

$$BE = \frac{D_c \text{ maxi} - D_f \text{ mini}}{2} = \frac{0.041 - 0.033}{2} = 0.004, \quad \frac{CF}{BE} = \frac{AC}{AB} \text{ d'où } CF = \frac{AC \cdot BE}{AB} = \frac{18 \cdot 0.004}{8} = 0.009$$

$$DG = \frac{AD \cdot BE}{AB} = \frac{48 \cdot 0.004}{8} = 0.024 \quad \text{Tolérance de position du trou } \varnothing 0.444$$

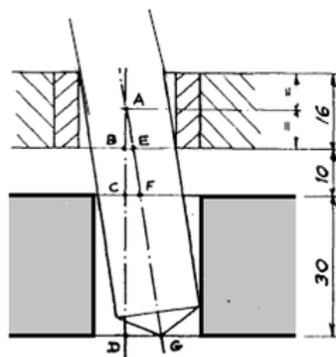


Fig 70. Prestions entre canon et pièce à percer

Exemple d'un Montage de perçage

- Désignation : Bague entretoise
- Matière : E24.
- Quantité : 500, par séries renouvelables.

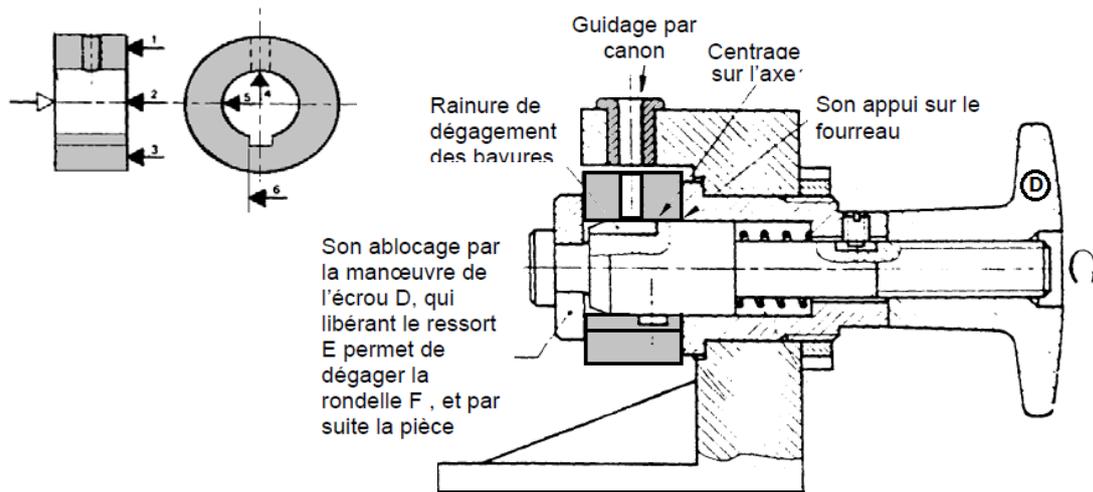


Fig 71. Proposition d'un montage

7- Étudier et dessiner un montage de contrôle

Les cotes et tolérances imposées par le dessin de définition doivent pouvoir être contrôlées rapidement et facilement ; dans ce but, on est souvent amené à réaliser des montages remplaçant ou complétant la gamme d'instruments de mesure qui existe déjà. Ces montages peuvent être classés en 3 catégories :

- montages à aiguille indicatrice,
- montages porte-comparateur,
- calibres.

Tous ces appareils doivent être construits avec des tolérances très serrées ; il convient de rechercher des moyens simples, d'éviter la création de pièces nécessitant entre elles des jeux de fonctionnement néfastes à la précision de l'ensemble.

1. Montage à aiguille indicatrice

Pour le Contrôle d'un profil, des palpeurs montés sur articulations élastiques réalisées dans un même bloc, permettent ici le contrôle d'un profil. Ces articulations évitent la création d'axes et de ressorts de rappel donc éliminent des jeux et simplifient la construction.

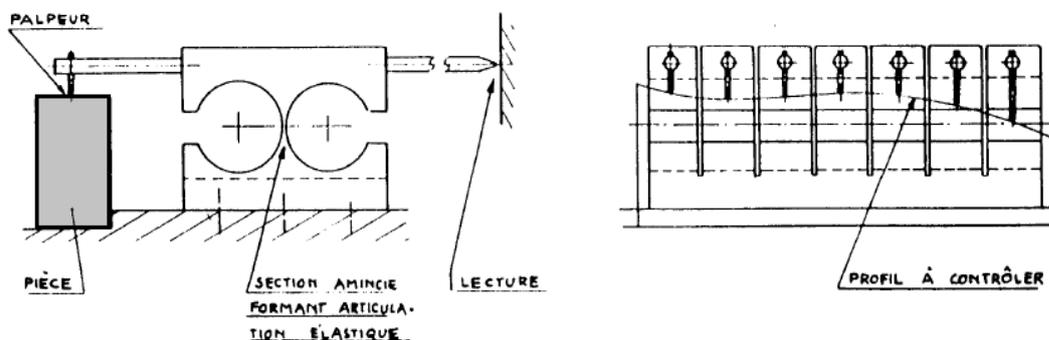


Fig 72. Montage indicatrice

2. Montages porte-comparateur

Le **premier exemple** le Banc de contrôle : Ce banc, avec pointes, permet la vérification du parallélisme, de la concentricité et du voilage de pièces cylindriques. **Deuxième exemple** contrôle du parallélisme entre 2 axes. L'écart de parallélisme A entre les axes x'x et y'y est lu par déplacement du comparateur sur la longueur de mesure L.

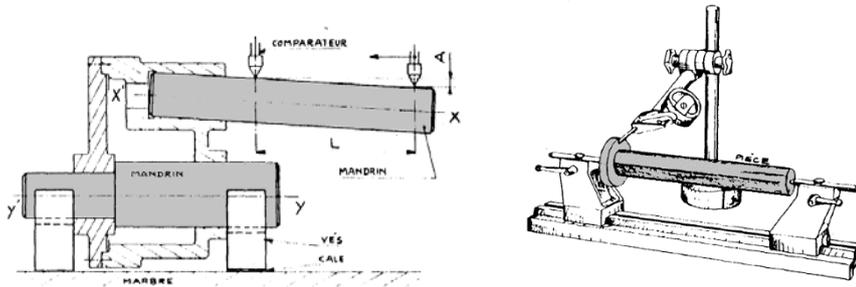


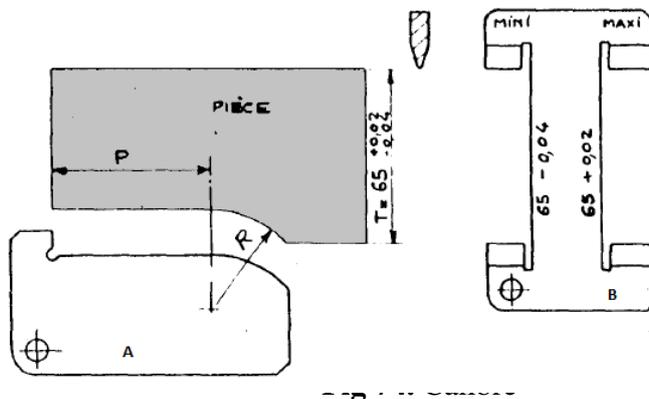
Fig 73. Montage porte-comparateur

3. Calibres

Les calibres permettent le contrôle de formes ou de limites de dimensions, par comparaison, sans qu'il y ait mesure de la cote. On admet pour leur construction une tolérance de fabrication égale à 1/10 de la tolérance de la cote à contrôler. Température de référence : 20°C. La cote ainsi que le numéro de la pièce à contrôler sont gravés sur le corps du calibre.

Première exemple Calibre à rayon, pour le contrôle d'un congé de raccordement R et de position p.

Deuxième exemple Calibre mini-maxi pour le contrôle d'une cote tolérancée.



Exemple d'un Contrôle de la concentricité de deux cylindres.....

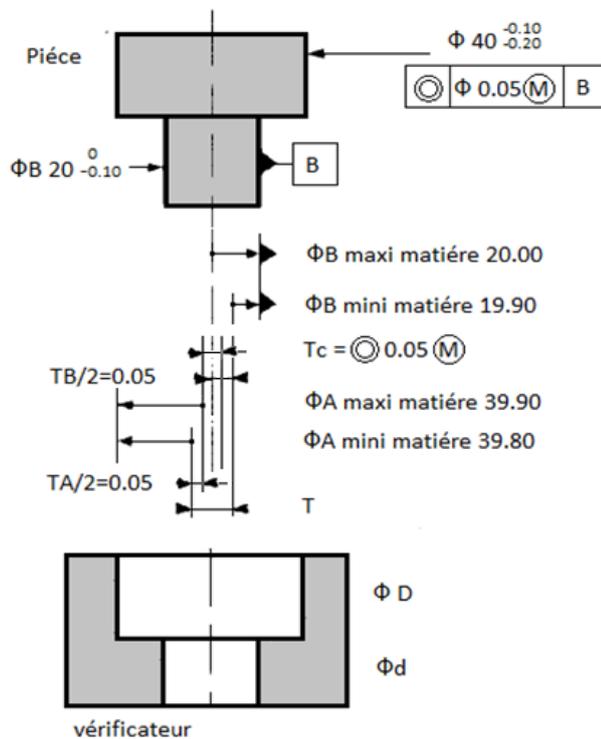


Fig 75. Concentricité

Contrôle des diamètres :

- Les dimensions correspondant au minimum de matière sont vérifiées **séparément** soit : pour $\Phi A > 39,80\text{mm}$ et Pour $\Phi B > 19,90\text{ mm}$

- Contrôle de la concentricité, à l'aide d'un vérificateur « passe » matérialisant l'état limite au maximum de matière possible des éléments de la pièce, augmenté de la tolérance de concentricité

0,05 (pour le diamètre qui est affecté de cette tolérance).

$\Phi d = 20\text{ mm}$

$\Phi D = 39,95\text{ mm}$ ($\Phi D = 40 - 0,10 + 0,05$).

- la tolérance maximale de concentricité T, est $T=0,125\text{mm}$ ($T=TA/2+ TB/2+TC/2$)

TA : intervalle de tolérance de ΦA

TB : intervalle de tolérance de ΦB

-Côtes du vérificateur : Les cotes de fabrication du vérificateur seront : $\Phi d = 20$ et $\Phi D= 39,95$

Exemple d'un Contrôle de symétrie d'un alésage par rapport à un plan.....

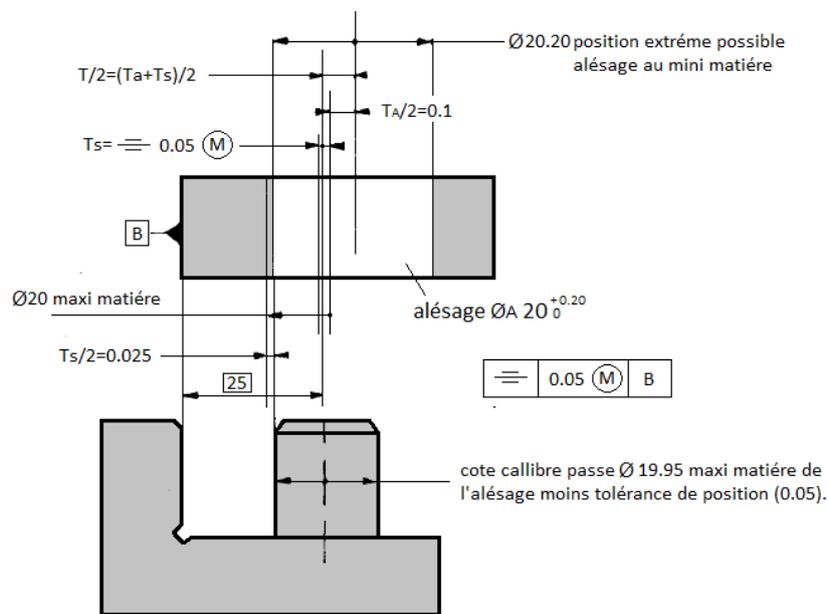


Fig 76. La symétrie

- **Contrôle du diamètre de l'alésage.** La dimension correspondant au minimum de matière est vérifiée **séparément** à l'aide d'un tampon, soit $\Phi < 20,20\text{mm}$.
- **contrôle de la symétrie**, à l'aide d'un vérificateur « passe » matérialisant L'état limite au maximum de matière possible de l'alésage de la pièce ($\Phi 20,00$), diminué de la tolérance de symétrie T_s . $\Phi \text{ tenon} = 19,95\text{mm}$ ($\Phi \text{ tenon} = \Phi 20,00 - T_s = 20 - 0,05$).
- valeur maximale de la tolérance de symétrie «T». $T = 0,25\text{mm}$ ($T = T_A + T_S$)
- côtes du vérificateur. Les cotes de fabrication du vérificateur seront 25mm, $\Phi 19,95$

8- Optimiser le coût d'un montage d'usinage

Le Coût d'un montage se compose de trois éléments principaux :

- Le coût de la main d'œuvre directe. (Préparation au bureau d'outillage et réalisation à l'atelier.)
- Le coût des matières directes.
- Les frais généraux.

Le coût de la main d'œuvre directe se compose de l'ensemble des salaires brutes payés au personnel ayant participé à la conception et la réalisation du montage.

Le coût des matières directes se compose des matières premières, des produits semi-ouvrés, des visseries et des fournitures directes qui font partie du montage. Éventuellement les traitements thermiques ou de surfaces, exécutés à l'extérieur de l'entreprise sont portés dans le compte des matières directes.

Pour les frais généraux nous avons : **Frais généraux fixes** : Amortissement (***), assurances,...

Frais généraux variables sont les frais d'entretien, fournitures indirectes, énergies, frais de transports.

(***) **Amortissement** : est l'action de répartir un investissement dans la durée et de l'incorporer dans le prix de revient du montage. **Investissement** : acquisition de tout bien, en propriété, par l'entreprise, la **durée de l'amortissement** est conditionnée par : type de production. la durée de vie de l'outillage. de l'investissement.

Valeur de l'amortissement = valeur de l'investissement x coefficient multiplicateur

Le coefficient multiplicateur se calcule en divisant la durée totale de la durée de vie du montage par la durée de l'amortissement.

Durée de vie (1)	Durée amortissement (2)	Coef appliqué = (1) / (2)
3 ans	1 ans	3
3 ans	1.5 ans	2
3 ans	2 ans	1.5
3 ans	3 ans	1

Soit l'exemple de percer 2 trous dans une pièce pour une quantité de N.

1er solution : On envisage la fabrication d'un montage simple et l'emploi d'une perceuse sensitive. Le prix du montage est « A ». La droite représente le prix des pièces utilisées sur ce montage en fonction du nombre ; le prix pour cette quantité N de pièces à réaliser est donc lu en « B ».

2ème solution : Un montage à serrage pneumatique utilisé avec une perceuse équipée d'une tête à 2 broches est envisagé. Le prix de l'outillage devient « C ». Le prix pour la même quantité N est donné en « D ».

3ème solution : On envisage enfin l'emploi d'une machine spéciale équipée d'une unité d'usinage munie de 2 broches avec alimentation automatique des pièces. Le prix de l'outillage devient « E » et « F » représente le prix pour la quantité N.

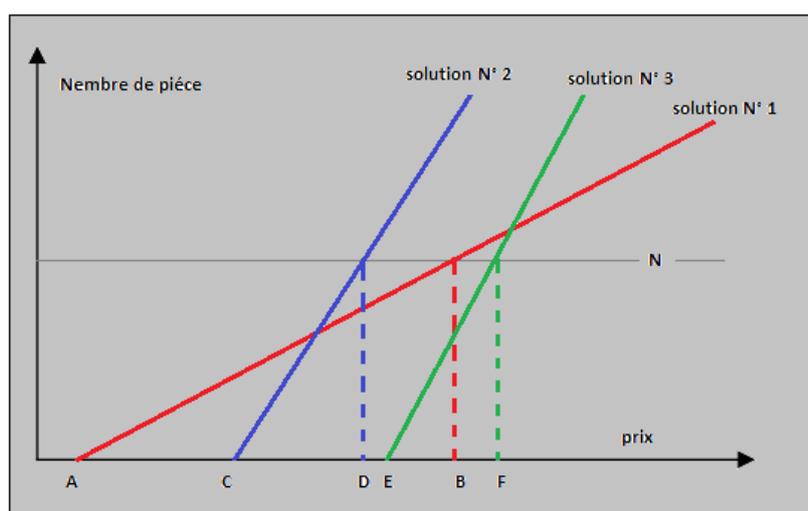
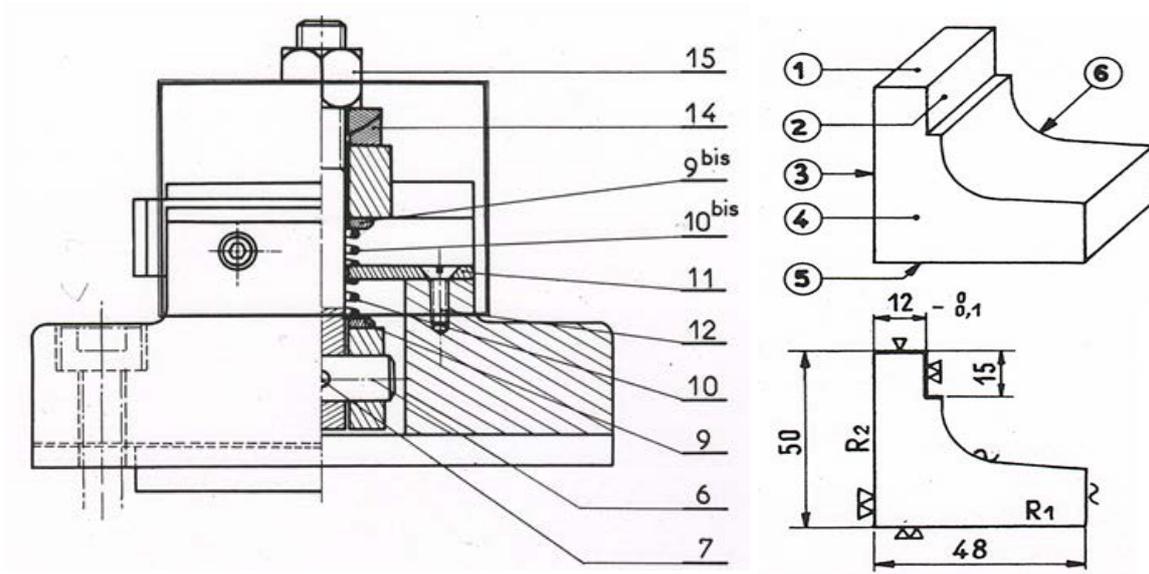


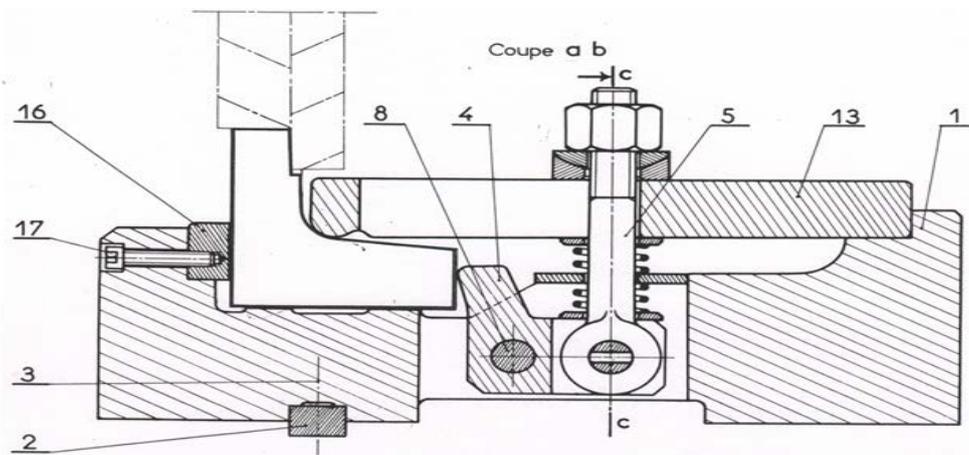
Fig 77. Montage et quantité de pièce à réaliser

9- Applications :

Donnez l'explication de chaque mécanisme.



17	2	Vis de fixation de la butée.	XC38	
16	1	Butée.	XC12	C.T.R.
15	1	Ecrou haut.	XC38	
14	1	Rondelle.	XC38	
13	1	Bride plate.	XC38	
12	2	Vis de fixation de la plaquette d'appui (F/90 4.12).	C20	
11	1	Plaquette d'appui.	XC18	
10	10 ^{es}	Ressorts	4858	
9	9 ^{es}	Rondelles M10.	XC18	
8	1	Axe d'articulation de la bride d'équerre.	XC48	Stubs
7	1	Goupille.	C20	
6	1	Axe d'articulation de la tige à œil.	XC48	Stubs
5	1	Tige filetée à œil.	XC38	
4	1	Bride d'équerre articulée.	XC38	
3	2	Vis de fixation des languettes 2.	C20	
2	1	Languette d'orientation.	XC12	C.T.R.
1	1	Corps de montage.	F118	
Rep. Nb.		Désignation	Matériau	Renseign. divers



Références

Bibliographiques

Références bibliographiques :

- [1] J. Jacob, Y. Malesson, D. Ricque, Guide pratique de l'usinage – Tournage, Hachette Technique, Paris, 1992.
- [2] A. Chevalier, J. Bohan « Guide du technicien en productique », hachette technique, Paris, 2004.
- [3] A. Chevalier, « Guide du dessinateur industriel », hachette technique, Paris, 2011.
- [4] D. Duret, Qualité de la mesure en production, Editions Eyrolles, 2008.
- [5] R. Butin, M. Pinot, Fabrications Mécaniques – Technologie, Editions Foucher, 1981.
- [6] Collectif AFNOR, Précis/Construction mécanique - Tome 2 - Projet méthodes, production, normalisation, Edition Nathan, 2006.
- [7] R. Dietrich, D. Garsaud, S. Gentillon, M. Nicolas, Précis de méthodes d'usinage, Méthodologie, production et normalisation, Edition Nathan, 1991.