

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

## **Projet de Fin d'Etudes**

Processus d'usinage d'un disque de  
frein ventilé

**Lieu : FLOQUET MONOPOLE**

**Référence : 07/16GI**

**Préparé par :**

-MRABTI LAMIAE

- IDRISSI BOUYAHYAOUI YASMINA

**Soutenu le 8 Juin 2016 devant le jury composé de :**

-Pr. Kabbaj Hassane(Encadrant FST)

-Pr. A. Chafi (Examineur)

-Pr. M. Cherkani (Examineur)

-Mr. Gaou Abdelfettah(Encadrant Société)

**« Ce n'est pas dans la connaissance qu'est le bonheur, mais dans l'acquisition de la connaissance »**

*Edgar Allan Poe*

# *Dédicace*

*On dédie ce mémoire,  
à tous ceux et toutes celles qui nous ont accompagné  
et soutenu durant cette période de stage.*

# *Remerciements*

On tient à remercier notre tuteur enseignant, Mr **Kabbaj Hassane** qui, par son expérience, son amabilité et sa tolérance, a guidé notre projet durant toute la période de notre stage. On le remercie aussi pour sa qualité d'écoute, ses conseils professionnels et personnels, sa disponibilité, sa patience et sa bonne humeur.

On adresse également nos remerciements à l'ensemble du personnel de l'entreprise *Floquet Monopole*, pour son accueil et son ambiance, particulièrement Mr **Gaou Abdelfettah**, notre maître de stage avec qui on a partagé des moments d'échanges si sincères qu'ils nous ont permis, à partir de la confiance développée, de mieux comprendre nos objectifs respectifs au service bureau d'études.

Enfin, on tient à remercier nos familles qui nous ont toujours soutenues, et, en particulier, nos parents, par leur discernement et leur soutien inconditionnel.

## Sommaire :

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b><u>CHAPITRE I :</u> ENTREPRISE D'ACCUEIL ET GENERALITES</b>	
<i>PARTIE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE .....</i>	<i>2</i>
<b>I - GENERALITES SUR L'ENTREPRISE FLOQUET MONOPOLE .....</b>	<b>2</b>
<b>II- FICHE DE PRESENTATION .....</b>	<b>3</b>
<b>III- ORGANIGRAMME .....</b>	<b>4</b>
<b>IV- ORGANISATION TECHNIQUE DE FLOQUET MONOPOLE .....</b>	<b>5</b>
<i>PARTIE II :DEFINITION DU SYSTEME DE FREINAGE ET DES MACHINES OUTILS ..</i>	
<b>I - SYSTEME DE FREINAGE .....</b>	<b>7</b>
I-1- DEFINITION.....	7
I -2- LES FREINS A DISQUES .....	7
I-3- DESCRIPTION D'UN DISQUE .....	8
I-4- DIFFERENCE ENTRE DISQUE PLEIN ET VENTILE .....	8
<b>II - LES MACHINES-OUTILS .....</b>	<b>9</b>
II -1- DEFINITION .....	9
II -2- TOURNAGE.....	9
II -2- 1- TOURNAGE EXTERIEUR ET INTERIEUR.....	10
II -2- 2- PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT DU TOUR .....	10
II -3- PERÇAGE.....	11
<b><u>CHAPITRE II :</u> LES ETAPES DE REALISATION DU PROCESSUS D'USINAGE DU</b>	
<b>DISQUE DE FREIN VENTILE</b>	
<i>PARTIE I : DOSSIER DE FABRICATION .....</i>	
<b>I - INTRODUCTION.....</b>	<b>12</b>
I-1- MATIERE PREMIERE.....	12
I-1- CALCUL DE LA CADENCE .....	13
I-1- DESSIN DE DEFINITION SUR LE LOGICIEL CATIA .....	13
<b>II - LES DEMARCHES D'ELABORATION DU PROCESSUS .....</b>	<b>15</b>
<u>II-1- ETAPE 1</u> .....	15

II -1- 1- DETERMINATION DES SURFACES A USINER .....	15
II -1- 2- GENERALITES SUR LA MISE ET LE MAINTIEN EN POSITION.....	16
II -1- 3- MISE, MAINTIEN DU DISQUE ET LE CHOIX DU MANDRIN .....	17
<b>II -2- ETAPE 2</b> .....	20
II -2- 1- N'OMBRE D'OPERATION POUR REALISER UNE SURFACE .....	20
II -2- 2- TABLEAUX D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE....	24
<b>II -3- ETAPE 3</b> .....	25
II -3- 1- GAMME D'USINAGE .....	25
II -3- 2- CHOIX D'OUTILS .....	27
<b>A-OUTILS DE TOURNAGE</b> .....	27
1- SOLUTIONS D'ATTACHEMENT .....	28
2- NOMBRE DE PLAQUETTES NECESSAIRES .....	28
3-DEFINITION DES SYSTEMES D'OUTILLAGES .....	29
4- CHOIX DES PLAQUETTES .....	30
5- REFERENCE D'OUTILS .....	31
<b>B-OUTILS DE PERÇAGE</b> .....	33
I -3- 3- PARAMETRES DE COUPE ET D'AVANCE.....	33
<b>I-4- ETAPE 4</b> .....	35
I-4- 1- CONTRATS DE PHASE .....	36
I-4- 2- TEMPS DE CYCLE.....	37
<i>PARTIE II : IMPLANTATION DES MOYENS DE PRODUCTION</i> .....	40
<b>I - CHOIX D'IMPLANTATION</b> .....	40
<b>II - DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE DE TYPE FLOW-SHOP</b> .....	41
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	43

## Figures :

<b>FIGURE 1</b> : SCHEMA DU SYSTEME DE FREINAGE.....	7
<b>FIGURE 2</b> : PRINCIPAUX ELEMENTS DE FREIN A DISQUE .....	8
<b>FIGURE 3</b> : COMPOSANTS DE DISQUE .....	8
<b>FIGURE 4</b> : DISQUE PLEIN .....	9
<b>FIGURE 5</b> : DISQUE VENTILE .....	9
<b>FIGURE 6</b> : INTERIEUR TOUR CNC .....	11
<b>FIGURE 7</b> : VUE EN 3D DU DISQUE DE FREIN VENTILE (ETAT BRUT).....	13
<b>FIGURE 8</b> : VUE EN 3D DU DISQUE DE FREIN VENTILE (ETAT USINE) .....	13
<b>FIGURE 9</b> : DRAFTING SUR CATIA DE QUELQUES VUES DU DISQUE DE FREIN(BRUT).....	14
<b>FIGURE 10</b> : DRAFTING SUR CATIA DE QUELQUES VUES DU DISQUE DE FREIN (USINE)..	14
<b>FIGURE 11</b> : COUPE REALISEE SUR CATIA DU DISQUE DE FREIN VENTILE (ETAT USINE)	15
<b>FIGURE 12</b> : COUPE REALISEE SUR CATIA DU DISQUE DE FREIN VENTILE(ETAT BRUT)..	16
<b>FIGURE 13</b> : DESSIN DE SURFACE DE REFERENCE .....	18
<b>FIGURE 14</b> : MIP ET MAP DE LA 1ERE OP .....	18
<b>FIGURE 15</b> : MANDRIN A 3 CLAVETTES .....	18
<b>FIGURE 16</b> : MIP ET MAP DE LA 2EME OP.....	18
<b>FIGURE 17</b> : MANDRIN A 3 MORS .....	18
<b>FIGURE 18</b> : MIP ET MAP DE LA 3EME OP.....	19
<b>FIGURE 19</b> : MIP ET MAP DE LA 4EME OP .....	19
<b>FIGURE 20</b> : MANDRIN EXPANSIBLE .....	19
<b>FIGURE 21</b> : SCHEMA D'UNE SURFACE DE L'ETAT BRUT A L'ETAT USINE .....	20
<b>FIGURE 22</b> : DESSIN DEMONTRANT LES COTES A USINER DE LA 1ERE PHASE .....	21
<b>FIGURE 23</b> : DESSIN DEMONTRANT LES COTES A USINER DE LA 2EME PHASE .....	22
<b>FIGURE 24</b> : DESSIN DEMONTRANT LES COTES A USINER DE LA 3EME PHASE.....	23
<b>FIGURE 25</b> : OUTIL A PLAQUETTE .....	27
<b>FIGURE 26</b> : DEMONSTRATION DE L'OPERATION DE CHAQUE PLAQUETTE(1ERE OP) ....	28
<b>FIGURE 27</b> : DEMONSTRATION DE L'OPERATION DE CHAQUE PLAQUETTE(2EME OP)....	28
<b>FIGURE 28</b> : DEMONSTRATION DE L'OPERATION DE CHAQUE PLAQUETTE(3EME OP)....	29
<b>FIGURE 29</b> : LES NUANCES DES PLAQUETTES SELON SANDVIK .....	30
<b>FIGURE 30</b> : TYPE DE FORET SELON SANDVIK.....	33

## *Tableaux :*

<b>TABLEAU 1</b> : NOMBRE NECESSAIRE D'OPERATIONS AU DEPEND DES TOLERANCES .....	21
<b>TABLEAU 2</b> : DENOMINATION DE LA 1ERE PHASE .....	21
<b>TABLEAU 3</b> : DENOMINATION DE LA 2EME PHASE.....	22
<b>TABLEAU 4</b> : DESIGNATION DES TOLERANCES .....	23
<b>TABLEAU 5</b> : VALEUR ET OUTILLAGE DE CHAQUE CARACTERISTIQUE(1ERE OP) .....	24
<b>TABLEAU 6</b> : VALEUR ET OUTILLAGE DE CHAQUE CARACTERISTIQUE(2EME OP).....	24
<b>TABLEAU 7</b> : VALEUR ET OUTILLAGE DE CHAQUE CARACTERISTIQUE(3EME OP).....	25
<b>TABLEAU 8</b> : VALEUR ET OUTILLAGE DE CHAQUE CARACTERISTIQUE(4EME OP).....	25
<b>TABLEAU 9</b> : REFERENCE DES OUTILS .....	32
<b>TABLEAU 10</b> : CHOIX DES FORETS.....	33
<b>TABLEAU 11</b> : CALCUL DES PARAMATRES DE COUPE ET D'AVANCE DE L'OP20.....	35
<b>TABLEAU 12</b> : TEMPS DE CYCLE OP20.....	37
<b>TABLEAU 13</b> : TEMPS DE CYCLE OP30.....	38
<b>TABLEAU 14</b> : TEMPS DE CYCLE OP40.....	38
<b>TABLEAU 15</b> : TEMPS DE CYCLE OP50.....	39

## Liste des abréviations, sigles :

**OP** : opération

**S** : surface

**MAP** : maintien en position

**MIP** : mise en position

**EB** : ébauche

**FI** : finition

**t.q** : tel que

// : déjà mentionné

**Id** : identification

**CNC** : commande numérique à calculateur

## Introduction générale :

L'industrie automobile marocaine a enregistré une croissance remarquable au cours des dix dernières années. Une progression fulgurante qui n'est pas près de s'arrêter, puisque le Maroc est en train de se hisser parmi les plus grands constructeurs d'automobiles du monde. Les regards des investisseurs se tournent vers le royaume, plateforme idéalement située pour inonder les marchés africains et européens.

Dans cet égard, on pourra citer l'exemple du constructeur automobile français Renault-Nissan qui a ratifié une convention de 5 ans avec l'entreprise *Floquet Monopole* pour la fabrication des éléments de frein à disque à partir du mois de Septembre prochain.

Dans ce cadre, la société marocaine des fonderies du nord nous a proposé un sujet qui nous a permis d'entrevoir en quoi consiste la profession d'ingénieur dans les services « bureau d'études », « bureau de méthode » ainsi que le service « production ».

Ce stage, qui a duré 2 mois, a porté essentiellement sur la recherche *d'un processus d'usinage d'un disque de frein ventilé* qui pourra être adapté au sein de *Floquet Monopole* tout en respectant un critère très important qui est **la cadence**. Notre projet se constituera de deux chapitres.

***Le premier chapitre*** est réservé à la présentation de l'entreprise d'accueil et ses services, Ainsi qu'une définition du système de freinage tout en détaillant ses composants spécialement le disque de frein sur lequel portera notre projet.

***Le deuxième chapitre*** décrit toutes les étapes suivies afin de réaliser le processus, en commençant par l'analyse du dessin de définition et la détermination de la mise et le maintien en position de la pièce.

La l'estimation de nombres d'opérations nécessaires ainsi que l'élaboration de la gamme opérationnelle nous ont permis de concevoir la gamme d'usinage qui englobe toutes les phases du processus.

Une étude portée sur les outils de coupe adéquats pour notre usinage et leurs paramètres de coupe et d'avance, a été ensuite menée, pour réaliser les contrats de phases et alors calculer le temps d'usinage de chaque phase.

Une fois les solutions définitives choisies, on devra effectuer l'implantation des moyens de production en se basant sur le temps de cycle qui déterminera la capacité de nos machines de réaliser la quantité de disque de frein commandée.

# **CHAPITRE 1**

## *Entreprise d'accueil et généralités*

## PARTIE I : Présentation de l'entreprise

### **I. Généralités sur l'entreprise Floquet Monopole :**

Equipementier Automobile Marocain premier rang, concepteur, développeur et fabricant de pistons et chemises pour moteur à Essence et Diesel, Floquet Monopole a été créée en 1981 dans le quartier industriel Sidi Brahim, Rue 813 Fès-Maroc avec un capital de 21,8 millions de DH. Les sites de production localisés à Fès couvrent une superficie de 10,600 m<sup>2</sup>, dont 6.500 m<sup>2</sup> couverts.

Floquet monopole est unique dans son genre d'activité au Maroc, Maghreb, Afrique et Moyen Orient. Elle a une production qui varie en fonction des années, en effet leur production a atteint une valeur de plus de 600 000 pistons au cours de ces derniers décennies.

Floquet Monopole est l'une des premières entreprises de la région à avoir décroché une certification ISO 9001. La certification, obtenue en 1997, a été reconduite, une deuxième fois, le 6 juin 2000, pour une période de trois ans.

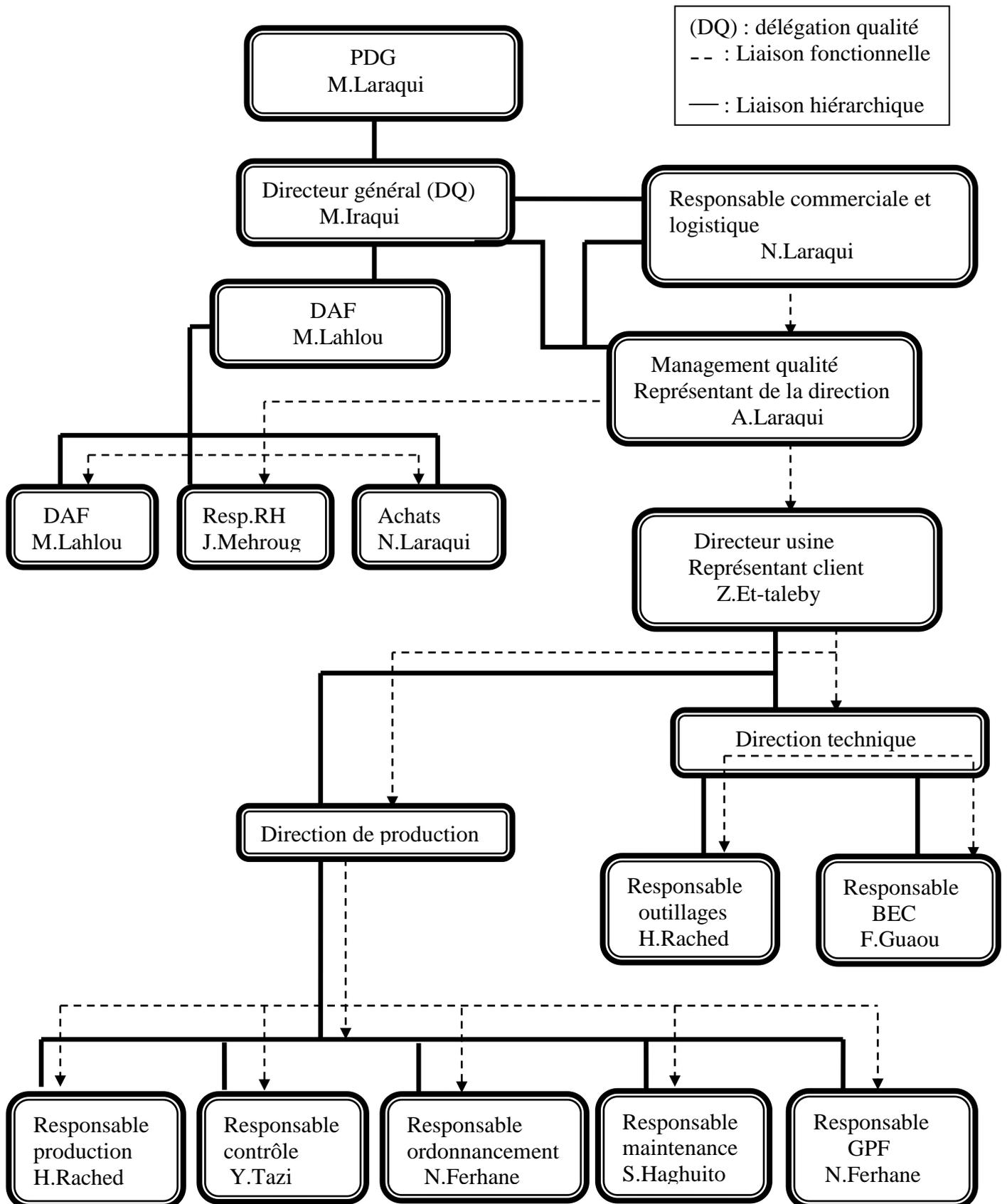
## II. Fiche de présentation :

---

<b>Raison sociale :</b>	Société Marocaine des Fonderies du Nord (SMFN) : Floquet Monopole (FM).
<b>Forme :</b>	Société anonyme
<b>Date de création :</b>	1981
<b>Siège :</b>	Quartier Industriel Sidi Ibrahim, Lot 59, Rue 813 Fès-Maroc.
<b>Activité (antérieure):</b>	Fabrication par moulage des pistons en alliage d'aluminium.
<b>Activité (future) :</b>	Fabrication des éléments de frein à disque.
<b>Production (antérieure):</b>	Plus de 600.000 pistons par an.
<b>Capital :</b>	20.800.000 DHS
<b>Chiffre d'affaire :</b>	80 millions DHS
<b>Email :</b>	<a href="mailto:fm@floquetmonopole.co.ma">fm@floquetmonopole.co.ma</a> <a href="mailto:sales@floquetmonopole.co.ma">sales@floquetmonopole.co.ma</a>
<b>Téléphone :</b>	05 35 64 26 91 05 35 64 28 69 05 35 64 26 42

---

### III. Organigramme :



#### IV. Organisation technique de FM :

Elle est constituée de plusieurs services qui assurent le bon déroulement des procédés de fabrication et de contrôle. Parmi ces services on trouve :

➤ Bureau de méthode :

Il consiste à étudier et à préparer la fabrication, donc à prévoir, préparer, lancer puis superviser le processus d'usinage permettant de réaliser des pièces conformes au cahier des programmes de production donné, dans un contexte technique, humain et financier déterminé.

➤ Bureau d'étude et de développement :

Il sert à étudier un mécanisme, à concevoir le fonctionnement, choisir les matériaux constitutifs, préciser les formes, les dimensions et l'agencement en vue de la fabrication.

Cette étude se concrétise par l'exécution des dessins accompagnés de spécifications précises ne laissant place à aucune ambiguïté.

➤ Section fonderie :

Elle est responsable de la production fonderie tant au niveau de la qualité, que la quantité et elle est chargée de faire respecter les procédures et les règles de sécurité dans le travail.

➤ Service maintenance :

C'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou d'assurer un service déterminé.

Il comporte une maintenance préventive qui est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire les problèmes techniques éventuels, et une maintenance corrective qui est effectuée après défaillance, ainsi qu'une maintenance systématique qui a pour fonction de remédier sur-le-champ

➤ Service qualité :

C'est un service qui assure le bon fonctionnement grâce à ses caractéristiques qui lui donnent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.

Ces besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences pour la qualité.

➤ Service métrologie :

Ce service a pour rôle de contrôler, l'action de mesurer, d'examiner, d'essayer, de passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou d'un service et de les comparer aux exigences spécifiées en vue d'établir leur conformité.

A chaque stade de fabrication des contrôles rigoureux de qualité et de conformité sont effectués sur chaque pièce. Ces contrôles sont réalisés à l'aide des moyens et des matériels de contrôle très sophistiqués et performants.

➤ Service production :

C'est un service qui s'occupe du positionnement réel dans le temps, des dates de début et de la fin des opérations afin de tenir les détails de fabrication. Ces états sont utilisés lors du lancement.

➤ Service ressources humaines :

Il occupe une grande importance au sein de la société SMFN. Il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine.

➤ Atelier mécanique :

Il est chargé de réaliser les outillages fonderie/usinage unitaires en référant aux dessins de définition fournis par le bureau d'étude, et les pièces de rechange demandées par le service maintenance en se basant sur les plans établis par le service méthode.

➤ Service de conditionnement et stockage :

Ce service s'occupe des travaux de conditionnement, d'emballage et de stockage final avant l'expédition chez le client. L'exportation représente une part très importante de l'activité du centre de distribution. Les commandes en provenance de plus de 50 pays sont traitées à l'aide d'un système informatisé qui permet de satisfaire l'ensemble des commandes dans les meilleurs délais.

## PARTIE II : Définition du système de freinage et des machines outils

### I. Système de freinage

#### I-1- Définition:

Le système de freinage est un système permettant de ralentir, voire d'immobiliser, les pièces en mouvement d'une machine ou un véhicule en cours de déplacement.

Son fonctionnement repose sur la dissipation de l'énergie cinétique du véhicule en énergie thermique. Le frein est un système d'absorption de chaleur, son efficacité est liée à la capacité de ses constituants d'absorber la chaleur et d'y résister.

Les freins constituent un organe de sécurité important sur les véhicules, ils permettent de réguler la vitesse, et de s'arrêter.

Les essentiels composants sont : les freins à disque et les freins à tambour.

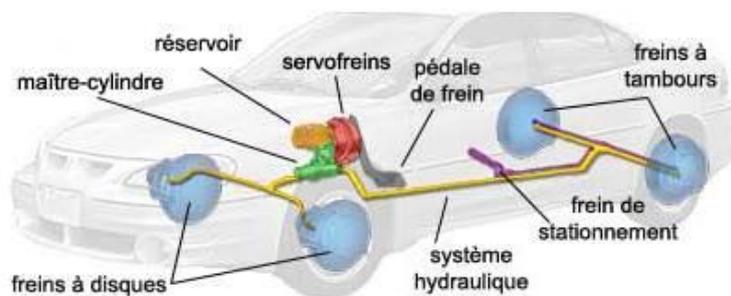


Figure 1 : Schéma du système de freinage

#### I-2- Les freins à disques :

Le frein à disque est un système de freinage performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol : automobile, avion, train, etc. et pour diverses machines. Ce système transforme l'énergie cinétique du véhicule en chaleur. Le frein à disque (Figure 2) est composé de :

- Un disque généralement en fonte lié à la roue par l'intermédiaire du moyeu et qui lui est intérieur.
- Deux plaquettes de part et d'autre du disque, composées chacune d'une garniture en matériau.
- Un étrier en acier, solidaire de l'essieu qui supporte les plaquettes ; en forme de chape.

- Un piston hydraulique dans le cas d'un étrier flottant ou coulissant ou deux pistons dans le cas d'un étrier fixe posés contre les supports des plaquettes.

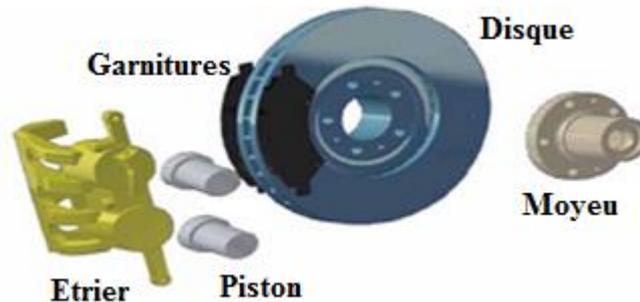


Figure 2 : Principaux éléments de frein à disque

### I-3- Description d'un disque

Le disque est constitué d'un anneau plein avec deux pistes de frottement (Figure 3), d'un bol qui est fixé sur le moyeu et sur lequel est fixée la jante, d'un raccordement entre les pistes et le bol. Les pistes de frottement sont dites extérieures quand elles se situent du côté de la jante et intérieures quand elles se situent du côté de l'essieu.

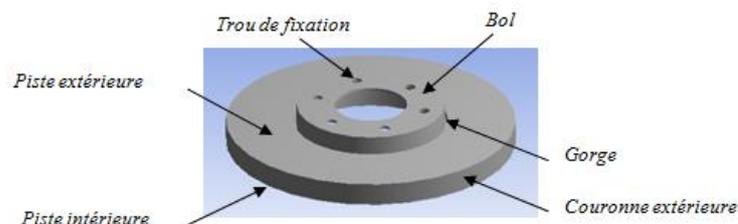


Figure 3 : Composants de disque



Il existe deux types de disque : les disques pleins et les disques ventilés

### I-4- Différences entre disque plein et ventilé:

- Les disques pleins, de géométrie simple et donc de fabrication simple, sont généralement placés sur l'essieu arrière de la voiture. Ils se composent tout simplement d'une couronne pleine reliée à un "bol" qui est fixé sur le moyeu de la voiture (Figure 4)

- Les disques ventilés, de géométrie plus complexe, sont apparus plus tardivement. Composés de deux couronnes – appelées flasques – séparées par des ailettes (Figure5), ils refroidissent mieux que les disques pleins grâce à la ventilation entre les ailettes qui, en plus, favorisent le transfert thermique par convection en augmentant les surfaces d'échange. Le disque ventilé comporte plus de matière que le disque plein ; sa capacité d'absorption calorifique est donc meilleure.



Figure 4 : Disque plein



Figure 5 : Disque ventilé

## II- Machines-outils :

### II-1-Définition :

L'usinage est une famille de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe de l'usinage est d'enlever de la matière de manière à donner à la pièce brute la forme voulue, à l'aide d'une **machine-outil**. Par cette technique, on obtient des pièces d'une grande précision. Une machine-outil est un équipement mécanique destiné à exécuter un usinage, ou autre tâche répétitive, avec une précision et une puissance adaptées. C'est un moyen de production destiné à maintenir un outil fixe, mobile, ou tournant, et à lui imprimer un mouvement afin d'usiner ou déformer une pièce ou un ensemble fixé sur une table fixe ou mobile.

Les principaux machines-outils de l'enlèvement de matière sont les suivants :

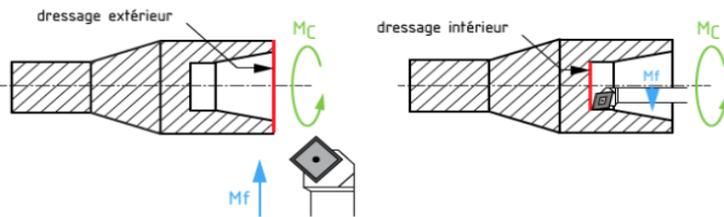
TOUR, PERCEUSE et FRAISEUSE.

### II-2-Tournage :

Le tournage est une technique d'usinage qui consiste à enlever, à l'aide d'outils coupants, de la matière sur une pièce initiale cylindrique pour obtenir une pièce finale.

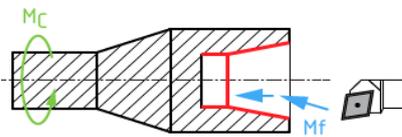
## II-2-1 - Tournage extérieur et intérieur :

### Dressage :



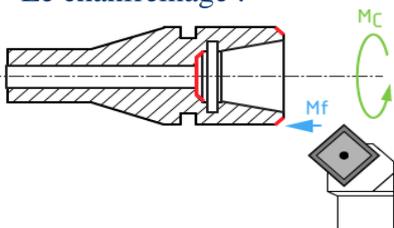
Le dressage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure ou intérieure) perpendiculaire à l'axe de la broche.

### L'alésage :



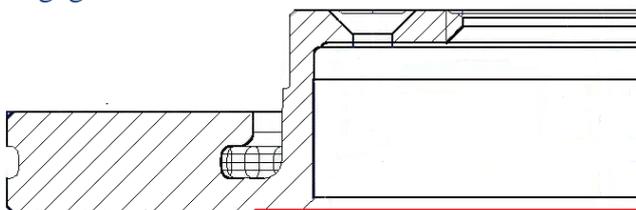
L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce.

### Le chanfreinage :



Le chanfreinage est l'opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension, de façon à supprimer un angle vif, ou réaliser un petit chanfrein d'entrée, permettant ainsi un bon emboîtement dans un alésage.

### Dégagement:



Usinage effectué dans le fond d'un angle pour assurer un bon contact ou pour faciliter un usinage.

## II-2-2- Principe de fonctionnement du tour :

Le tour est une machine-outil permettant de réaliser les opérations de tournage. Parmi les types du tour, on trouve : le tour conventionnel, le tour automatique et le tour CNC (à commande numérique). Ce dernier est le plus utilisé.

Le tour CNC est équipé d'une commande numérique qui pilote la machine en suivant un programme réalisé manuellement ou automatiquement.

La structure d'un tour CNC est plus complexe et dépend de la configuration de la machine. Figure 6. Les pièces à usiner sont placées dans les mandrins de la broche. La commande numérique gère la rotation de la broche, le choix des outils coupants (en commandant la rotation de la tourelle), les mouvements des outils coupants (en commandant les déplacements de la tourelle).

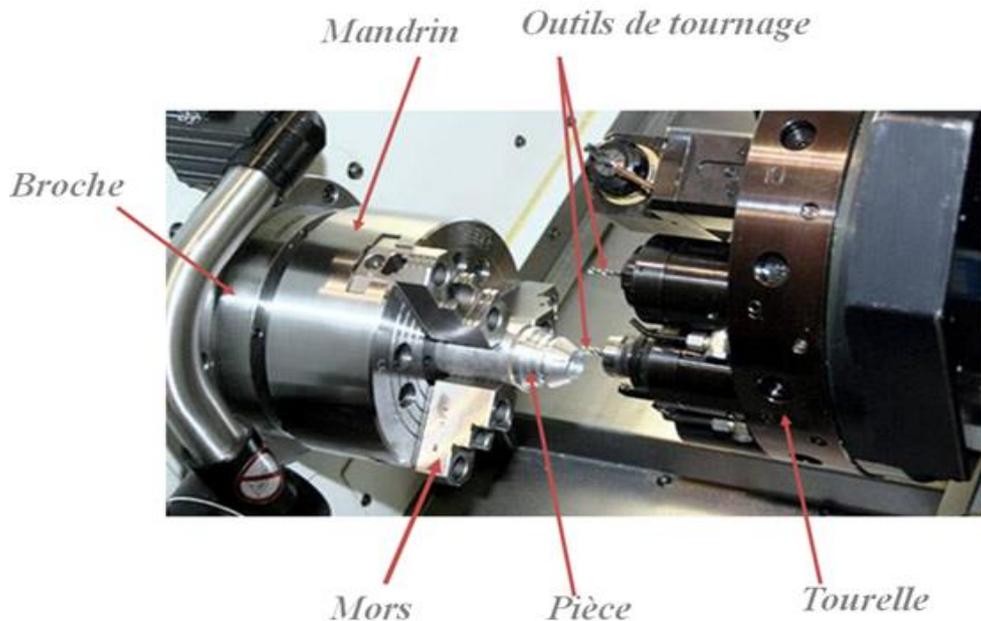
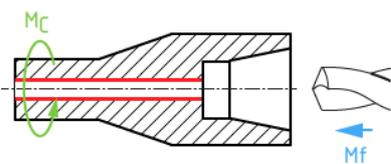


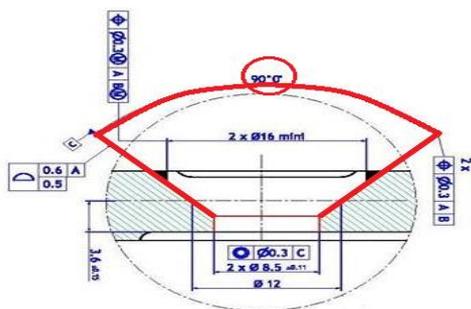
Figure 6 : Intérieur TOUR CNC

### II-3-Perçage :



Le perçage est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce à l'aide d'un foret. Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce.

Parmi les types de perçage le : **Fraisurage**



Une fraisure est un chanfrein réalisé sur l'arête débouchant d'un perçage.

## CHAPITRE 2

*Les étapes de réalisation du processus  
d'usinage du disque de frein ventilé*

## PARTIE I : Dossier de fabrication

### I-Introduction:

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce brute, vers un état final, représentatif du contrat de départ qu'est le dessin de définition. Les analyses morphologiques montrent qu'on peut séparer les pièces mécaniques en deux grands groupes :

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

Après avoir effectué une analyse morphologique sur les dessins de définitions proposés par le bureau d'études, il s'est avéré que le disque de frein est une pièce cylindrique car la géométrie générale et la majorité des surfaces comportent un axe de révolution.

De plus, on nous a fournis deux autres paramètres qui nous servirons à mieux élaborer notre projet : *La cadence et la matière première.*

#### **I -1- La matière première : Fonte à graphite lamellaire**

C'est un alliage de fer et de carbone sous forme de lamelles constituant des pièces d'utilisation courantes obtenues par procédé de moulage (fonderie).

La fonte grise à graphite lamellaire est la plus communément utilisée dans l'industrie automobile. En effet, la fonte est peu chère, se fabrique aisément et peut être coulée facilement. Elle présente également une bonne conductivité, une assez bonne résistance mécanique, et une faible usure.

## I -2- Calcul de la cadence

Demande du client	Nombre d'équipes	Nombre de mois de travail	Nombre de jours de travail
600000 pièces par an	3 équipes par 24h	11 mois par an	26 jours ouvrables par mois

Nombre de pièces par mois	Nombre de pièces par jour	Nombre de pièces par heure
62400	2400	100

## I -3- Dessin de définition sur le logiciel CATIA :

Afin d'avoir une vue en 3D du disque de frein ventilé étudié (état brut-état usiné), on a effectué à partir des dessins donnés un model décrivant toutes les cotations exigés sur le logiciel CATIA.

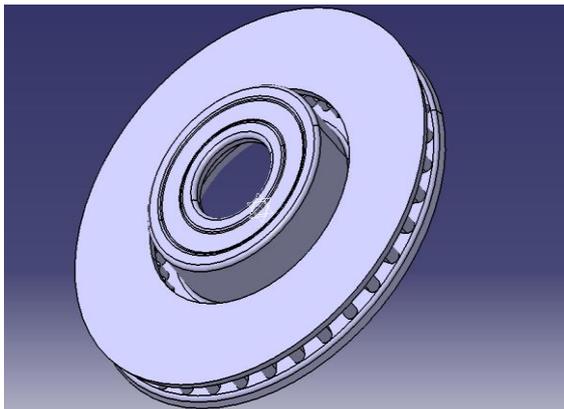


Figure 7 : Vue en 3D du disque de frein ventilé (état brut).

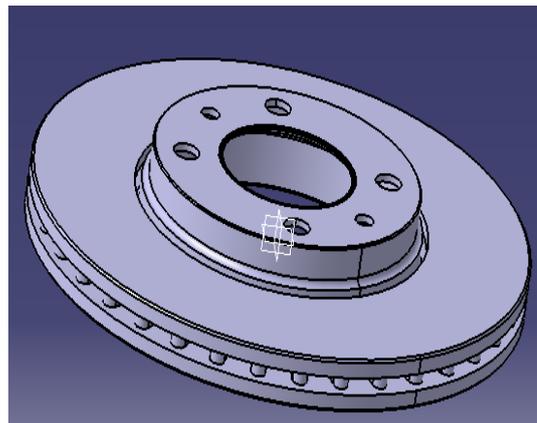
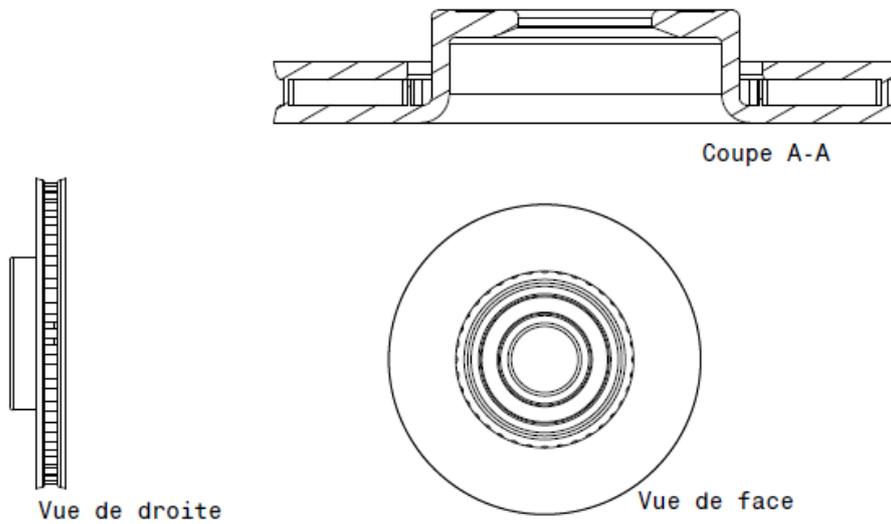


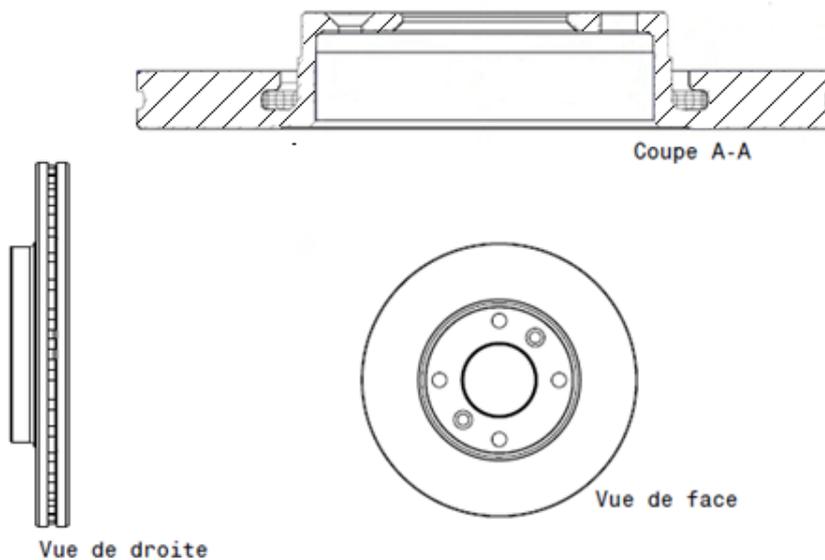
Figure 8 : Vue en 3D du disque de frein ventilé (état usiné).



SIZE	A4		Disque de frein brut
SCALE	1:1	WEIGHT (kg)	DESIGNED BY:
		0,91	L&Y
			SHEET
			1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

Figure 9 :Drafting sur Catia de quelques vues du disque de frein (BRUT).



SIZE	A4		Disque de frein usiné
SCALE	1:1	WEIGHT (kg)	DESIGNED BY:
		0,71	L&Y
			SHEET
			1/1

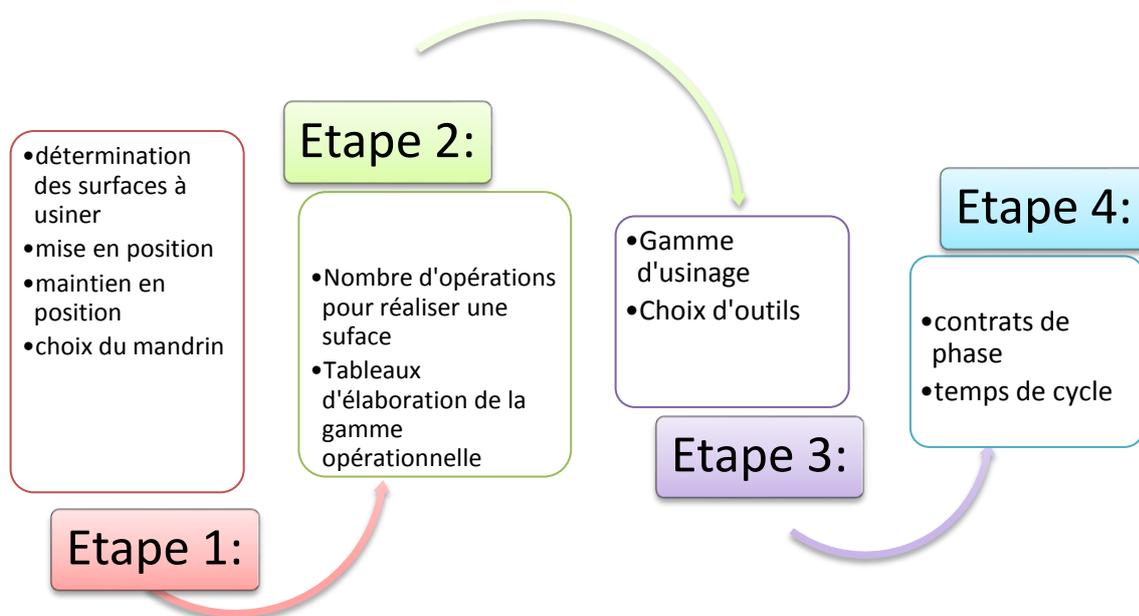
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

Figure10 : Drafting sur Catia de quelques vues du disque de frein (USINE).

## II-Les démarches d'élaboration du processus

L'étude de fabrication représente la recherche des solutions permettant l'obtention de pièces bonnes au coût minimum tout en respectant la cadence déjà calculé par la combinaison des informations relatives à l'ordre chronologique des opérations, à l'utilisation de main d'œuvre, de parc machines et d'outils déterminés.

Sa réalisation dépend de plusieurs étapes :



### II-1-Etape 1 :

#### II-1-1-Détermination des surfaces à usiner :

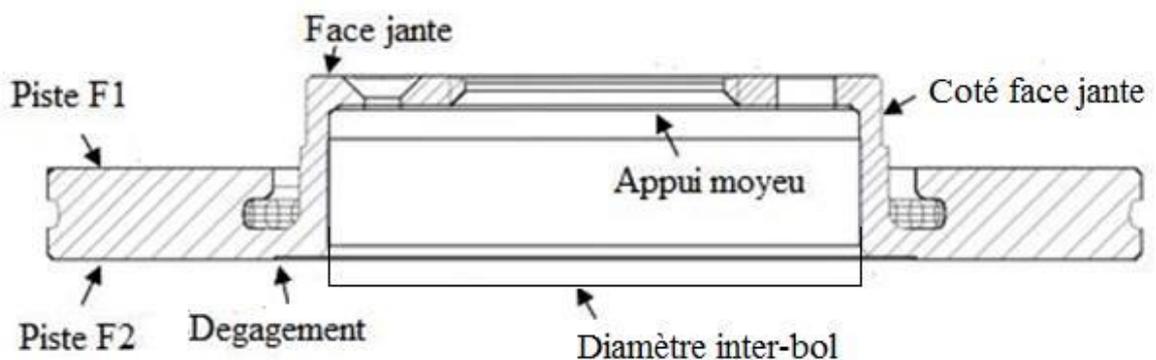


Figure11 : Coupe réalisée sur Catia du disque de frein ventilé (ETAT USINE).

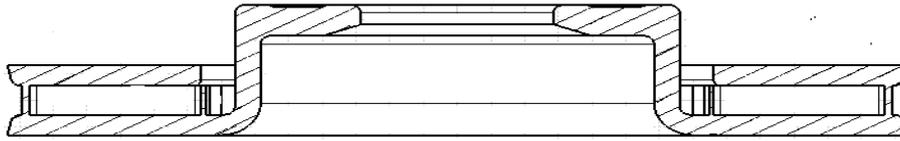
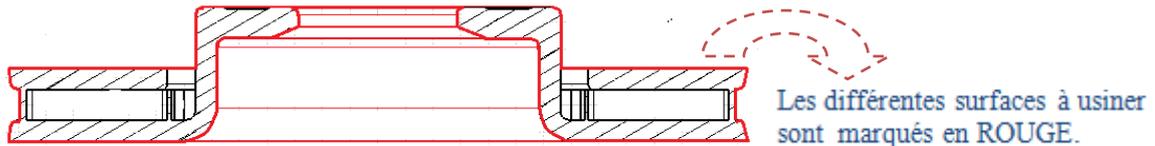


Figure 12: Coupe réalisée sur CATIA du disque à frein ventilé (ETAT BRUT).



- ✓ Après avoir déterminé les surfaces à usiner, on constate qu'ils existent deux opérations essentielles afin d'obtenir un disque de frein usiné. Ces deux opérations sont *l'enlèvement de la matière* et le *perçage*.

L'enlèvement de la matière se fait par deux machines outils : **TOUR – FRAISEUSE**. Puisque le disque de frein est une pièce de révolution, on a choisit comme machine d'outil le **TOUR**. Par ailleurs, le perçage s'effectuera à l'aide d'une **PERCEUSE**.

Mais la question qui restera ambiguë, «**quelle sera alors le minimum d'opérations qu'effectuera le TOUR et la PERCEUSE ?** »

### II-1-2- Généralités sur la mise et le maintien en position :

La mise en position permet de déterminer le nombre et le contenu des phases pour une pièce et une unité de production données. De plus, afin d'assurer la fabrication de pièce en série sur une machine, en respectant la cotation et les conditions de fonctionnement, il faut maintenir en position les pièces à fabriquer.

#### A - Mise en position :

Elle correspond à l'isostatisme qui est l'étude de la suppression des degrés de liberté d'un solide. D'ailleurs, le mouvement d'un solide dans l'espace se décrit suivant la combinaison de 3 translations et de 3 rotations. Ces 6 mouvements représentent les 6 degrés de liberté du solide. Pour notre cas, on étudie une pièce de révolution, on se contentera de supprimer 5 degrés de liberté car la rotation suivant Z est obligatoire.

CENTRAGE COURT et APPUI PLAN	CENTRAGE LONG et APPUI PONCTUEL
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Liaison linéaire annulaire (2 normales de repérage) + liaison appui plan (3 normales de repérage : 1,2 et 3)</li> <li>➤ Si <math>D &gt; 1.5 * L</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Liaison pivot glissant (4 normales de repérage : 1,2,3 et 4) + liaison ponctuel (1 normale de repérage : 5)</li> <li>➤ Si <math>D &lt; L &lt; 10D</math></li> </ul>



DISQUE DE FREIN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D=265.5\text{mm}</math>, <math>L=48\text{mm}</math>  <math>\checkmark 1.5 * L = 72 \implies D &gt; 72 \implies</math> <b style="color: blue;">CENTRAGE COURT et APPUI PLAN</b></li> </ul>

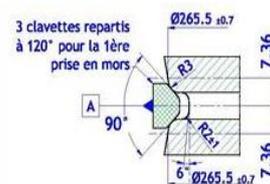
### B- Maintien en position :

C'est immobiliser temporairement une ou plusieurs pièces pendant la fabrication ou l'assemblage. Le maintien a pour but d'immobiliser par un effort de serrage le solide. Il se réalise dans le sens inverse des axes de référence. Le maintien se définit par des symboles (voir la Norme dans la partie Annexe).

#### II-1-2-Mise, Maintien en position du disque et choix du mandrin :

##### A- La 1<sup>ère</sup> surface à usiner :

Pour positionner la pièce afin de réaliser le premier usinage on ne dispose que des surfaces brutes et d'un référentiel :



Définition du referentiel

La définition du référentiel ci-dessus montre que la première prise de la pièce sera par 3 clavettes repartis à 120° positionnées sur la surface contenant les ailettes. En effet, on remarque que toutes les cotations du dessin de définition sont données à partir d'un axe de symétrie. Le choix de la 1<sup>ère</sup> surface à usiner dépendra donc d'une surface qui deviendra une référence pour les prochaines étapes d'usinage.

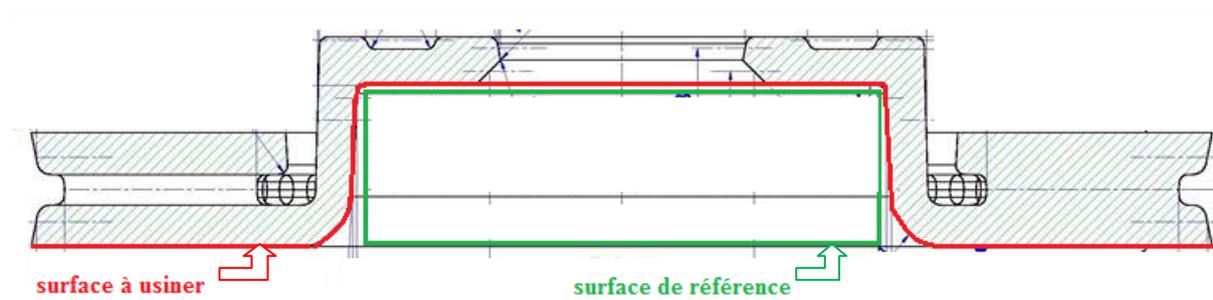


Figure 13 : Dessin de surface de référence

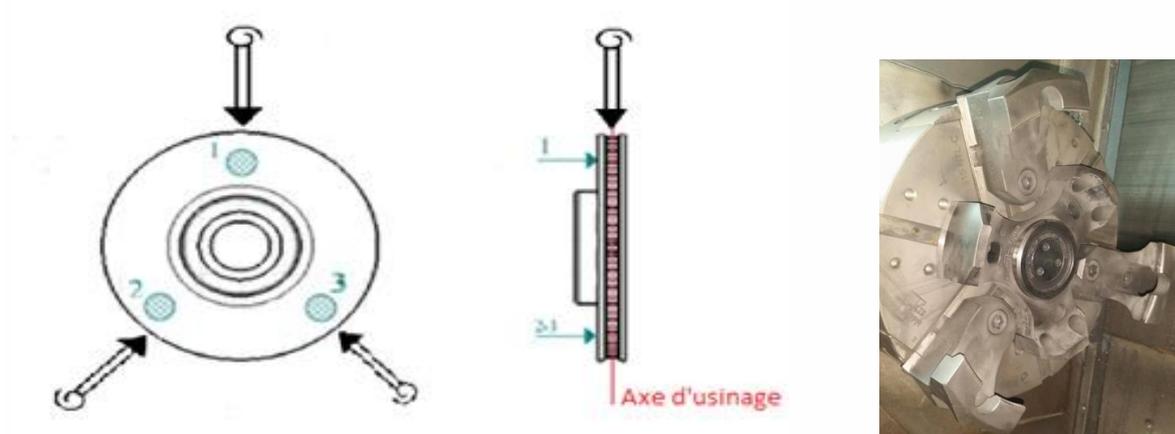


Figure 14 : MIP et MAP de la 1<sup>ère</sup> OP

Figure 15 : mandrin à 3 clavettes

### B- La 2<sup>ème</sup> opération :

Après avoir usiné la piste F2, il reste le bol, la piste F1 et les cotés des deux faces. Il faut trouver alors une position qui nous permettra de maintenir la pièce de façon à usiner ce qui reste.

On a proposé que la pièce soit maintenue par l'intérieur et serrée par un mandrin :

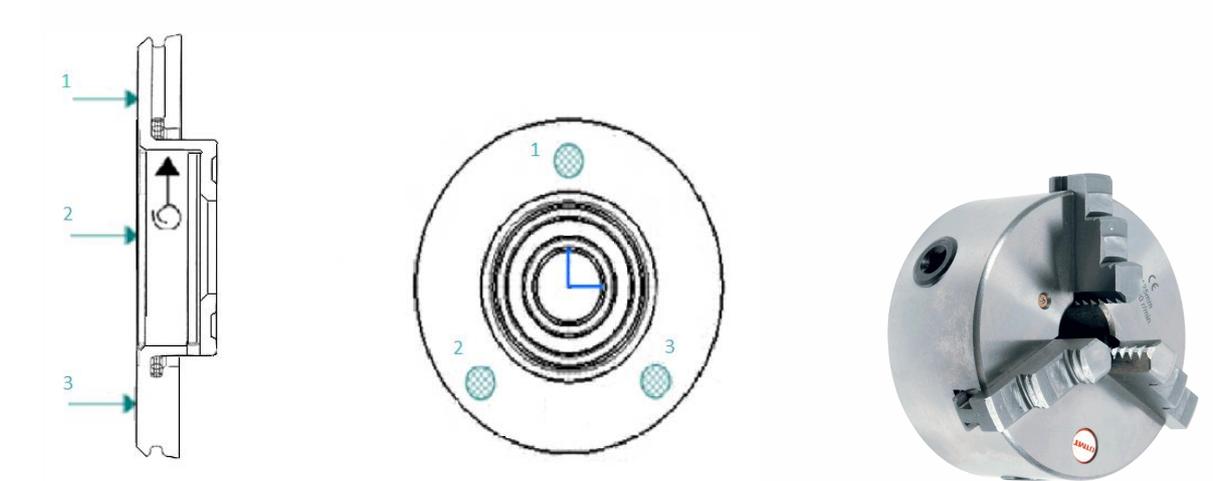


Figure 16 : MIP et MAP de la 2<sup>ème</sup> OP

Figure 17: Mandrin à 3 mors

### C- La 3<sup>ème</sup> opération :

Les spécifications géométriques portées sur le dessin technique, ont pour objet la maîtrise de la géométrie de la pièce à fabriquer.

En usinage, il est nécessaire d'ajouter une dernière étape de finition de certaines surfaces vu qu'elles comportent des tolérances géométriques. En effet, le démontage de la pièce d'une machine à une autre entraîne des déformations aux niveaux des tolérances déjà effectuées. Dans ce cadre, on est obligé d'ajouter une 3<sup>ème</sup> étape qui sera maintenue de la même façon que la deuxième afin d'usiner toutes les surfaces qui auront besoin d'une finition.

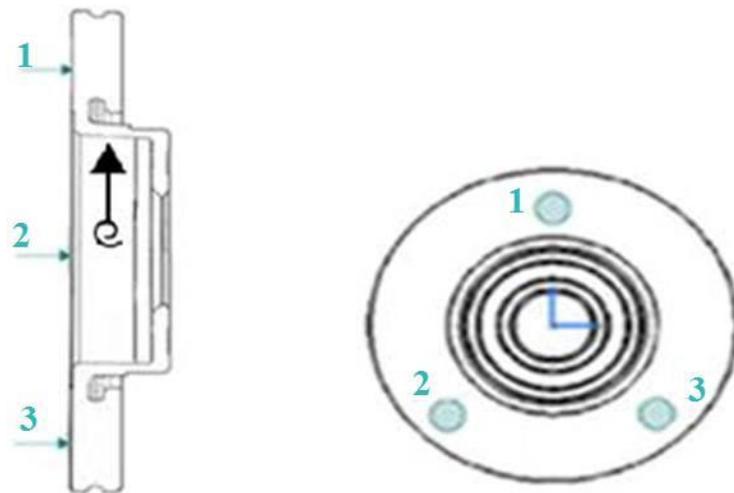


Figure 18 : MIP et MAP de la 3<sup>ème</sup> OP

### D- La 4<sup>ème</sup> opération :

En ce qui concerne l'opération de perçage, on utilisera un mandrin différent des précédents, celui-ci effectuera un serrage concentrique au niveau du diamètre centrage du bol. En parallèle, la broche de la perceuse serre la pièce de la face extérieure du bol.

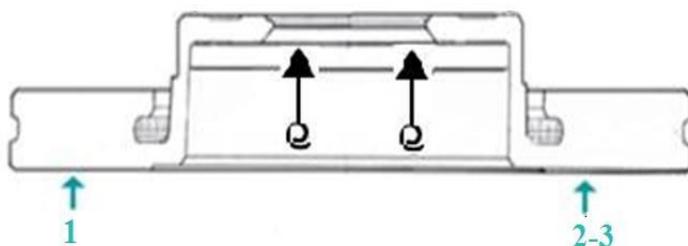
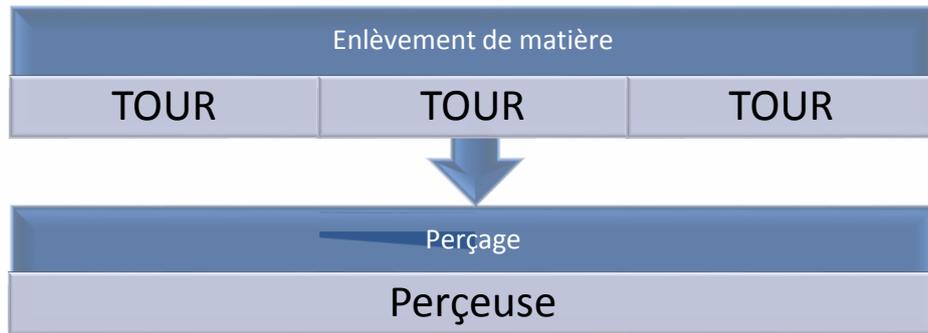


Figure 19 : MIP et MAP de la 4<sup>ème</sup> OP



Figure 20 : mandrin expansible

- **RESULTAT :**



## II-2-Etape 2:

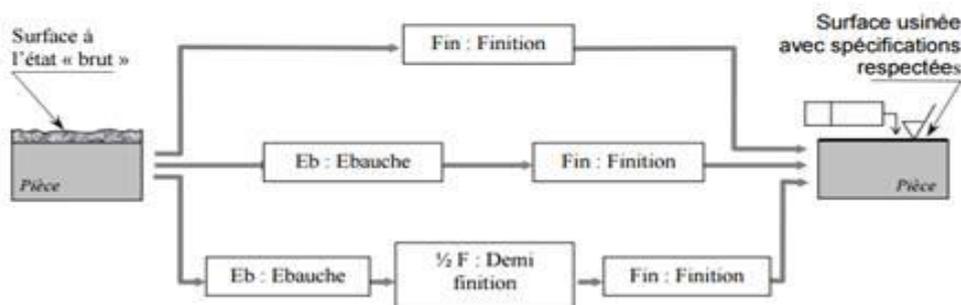
### II-2-1- Nombre d'opérations pour réaliser une surface en tournage :

En fonction de la valeur de la tolérance dimensionnelle, de la tolérance géométrique et de la tolérance de l'état de surface, une surface élémentaire est réalisée par une ou plusieurs opérations :

**L'ébauche** : Permet d'enlever un maximum de matière en un minimum de temps.

**La 1/2 finition** : Préparer une finition précise en corrigeant les défauts géométriques résultants d'une ébauche. Cela permet d'assurer une surépaisseur constante et faible en finition.

**La finition** est le dernier usinage d'une surface, son rôle est de respecter toutes les spécifications imposées par le dessin de définition sur la ou les surfaces concernées par l'opération.



**Cas particulier** : Lorsqu'un état de surface est trop précis pour être obtenu à l'outil coupant, la démarche se termine par une opération de superfinition (ex : rectification).

Figure 21 : Schéma d'une surface brute à une surface usiné



## B – 2<sup>ème</sup> phase:

On refait les mêmes étapes pour les opérations du 2<sup>ème</sup> tour :

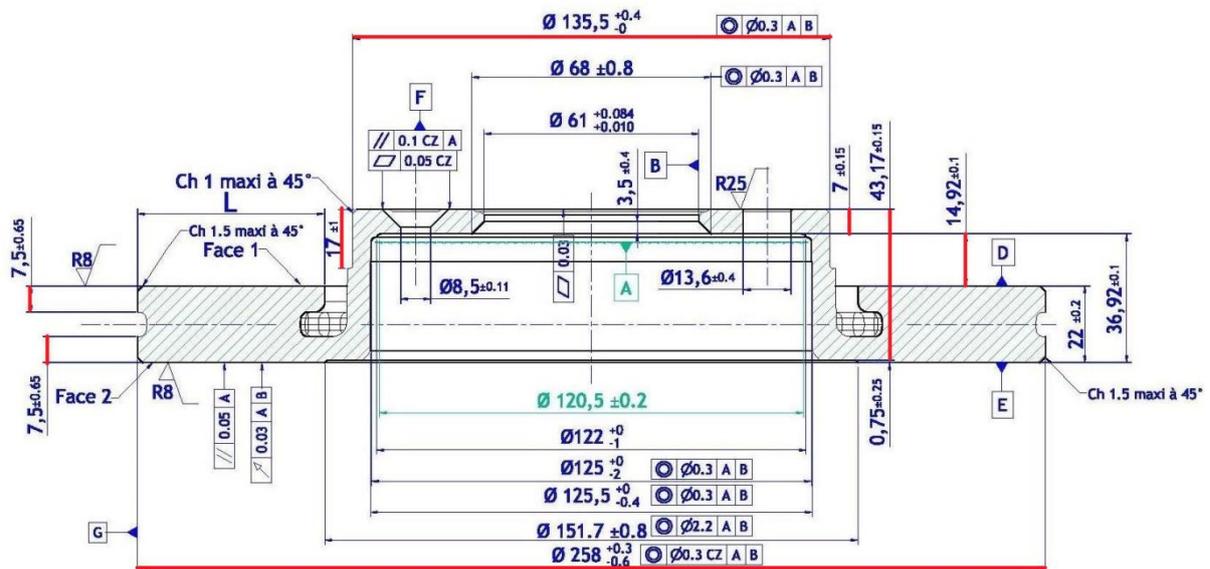


Figure 23 : Dessin démontrant les cotes à usiner de la 2<sup>ème</sup> phase

Cotations (mm)	Tolérances dimensionnelles (mm)	Nombre d'opérations	Dénomination
$135,5^{+0,4}_{-0}$	<b>0.4</b>	<b>1à2</b>	- Ebauche -Finition
$7,5 \pm 0,65$	<b>1.3</b>	<b>1</b>	Finition directe
$7 \pm 0,15$	<b>0.3</b>	<b>1à2</b>	- Ebauche -Finition
$43,17 \pm 0,15$	<b>0.3</b>	<b>1à2</b>	- Ebauche -Finition
$14,92 \pm 0,1$	<b>0.2</b>	<b>1à2</b>	- Ebauche -Finition
Ch 1.5 maxi 45°	<b>1.5</b>	<b>1</b>	Finition directe
$258^{+0,3}_{-0,6}$	<b>0.9</b>	<b>1</b>	Finition directe
Ch 1 maxi 45°	<b>1</b>	<b>1</b>	Finition directe

Tableau 3 : Dénomination de la 2<sup>ème</sup> phase

### C - 3<sup>ème</sup> phase :

Cette phase correspond à l'usinage des surfaces qui contiennent des tolérances géométriques. Le tableau 4 ci-dessous décrit ces tolérances et leurs définitions par rapport au dessin de la figure 24.

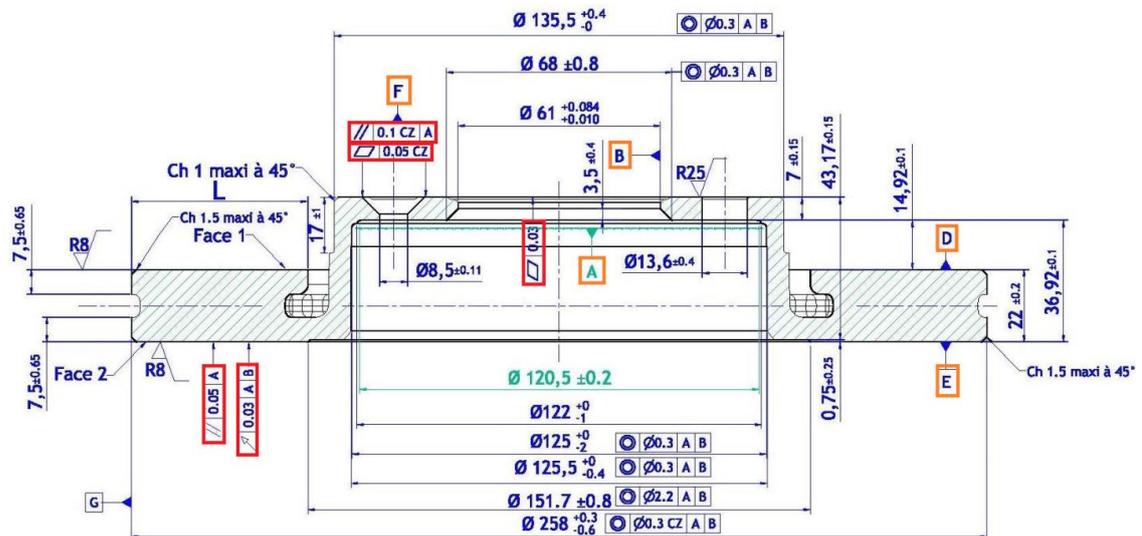


Figure 24: Dessin démontrant les cotes à usiner de la 3<sup>ème</sup> phase

Tolérances géométrique	Désignation	Tolérances géométrique	Désignation
	La face 2 doit être comprise entre 2 plans // distants de 0.05mm par rapport à la surface A.		L'axe de Ø251.7 doit être compris dans une zone de Ø 2.2mm coaxial à A et B.
	En tout point de la face B le battement axial (// à A) ne doit pas dépasser 0.03 pendant une rotation complète autour de A.		L'axe de Ø125.5 doit être compris dans une zone de Ø 0.3mm coaxial à A et B.
	La face F doit être comprise entre 2 plans // distants de 0.1 (Zone commune) par rapport à la surface A. CZ : Groupe d'éléments tolérancés, extraits, surfaces du skin model (non idéales) nominalement planes.		L'axe de Ø125 doit être compris dans une zone de Ø 0.3mm coaxial à A et B
	La surface F doit être comprise entre 2 plans // distants de 0.05mm.		La surface A doit être comprise entre 2 plans // distants de 0.03mm.

Tableau 4 : Désignation des tolérances

## II-2-2- Tableaux d'élaboration de la gamme opérationnelle :

Après avoir déterminé le nombre d'opérations nécessaires à l'obtention de la qualité souhaitée, on définira l'ensemble des opérations d'usinage qu'il convient d'effectuer pour arriver au produit final. On ajoutera aussi, les outils utilisés pour chaque surface.

### A - Tableau de la 1<sup>ère</sup> opération :

Caractéristiques à effectuer	Valeur (mm)	Outils
Chanfrein de la face 2, finition directe	1.5 Maxi à 45°	Outil coudé à charioter
Dressage de la face (2), ébauche	22.5( ±0.2)	Outil à dresser
DEGAGEMENT de la face (2), finition directe	151.7 (±0.8)	Outil à dresser
Alésage des diamètres inter bol, finition directe	- 125.5 <sup>+0</sup> <sub>-0.4</sub> - 125 <sup>+0</sup> <sub>-2</sub> - 122 <sup>+0</sup> <sub>-1</sub>	Outil à aléser
Dressage face appuie moyeu, ébauche	36.92(±0.1)	Outil à dresser
Chanfrein diamètre centrage coté face appuie moyeu, finition directe	68(±0.8)	Outil coudé à charioter
Alésage diamètre centrage, ébauche	60.5(±0.1)	Outil à aléser

Tableau 5 : Valeur et outillage de chaque caractéristique (1<sup>ère</sup> OP)

### B - Tableau de la 2<sup>ème</sup> opération :

Caractéristiques à effectuer	Valeur(mm)	Outils
Chanfrein de face (1), finition directe	1.5 Maxi à 45°	Outil coudé à charioter
Dressage de face (1), ébauche	21.95 (±0.1)	Outil à dresser
Diamètre extérieur bol, finition directe	135.5 <sup>+0.4</sup> <sub>-0</sub>	Outil à dresser
Chanfrein bol, finition directe	1.5 maxi 45°	Outil coudé à charioter
Dressage face jante, ébauche	44.42(±0.2)	Outil à dresser
Dressage dégagement de marquage coté face jante, finition directe	67	Outil à dresser
Chanfrein diamètre centrage coté face jante	1.5 maxi à 45°	Outil coudé à charioter

Tableau 6: Valeur et outillage de chaque caractéristique (2<sup>ème</sup> OP)

### C - Tableau de la 3<sup>ème</sup> opération :

Caractéristiques à effectuer	Valeur(mm)	Outils
Dressage de F1 et F2, finition	- 21.92±0.1 - 22±0.2	Outil à dresser
Dressage face jante, finition	43.92±0.2	Outil à dresser
Dressage face appui moyeu, finition	7±0.15	Outil à dresser
Alésage diamètre centrage, finition	61(+0.084,+0.01)	Outil à aléser

Tableau 7: Valeur et outillage de chaque caractéristique (3<sup>ème</sup> OP)

#### Remarque :

*A propos des surfaces effectuées en deux opérations (EB+FI), on élimine le maximum de matière pendant l'ébauche et on laisse 0.5mm au maximum pour la finition.*

### D - Tableau de la 4<sup>ème</sup> opération :

Caractéristiques à effectuer	Valeur (mm)	Outils
Perçage 4 trous	13.6±0.4	Foret
Perçage et fraisage des 2 trous	8.5±0.11	Foret étagé

Tableau 8: Valeur et outillage de chaque caractéristique (4<sup>ème</sup> OP)

## II-3-Etape 3 :

### II-3-1 Gamme d'usinage :

Le processus d'usinage englobe les quatre opérations traitées auparavant, en plus de d'autres opérations qui servent à améliorer l'état final du disque ventilé. Ces dernières vont être démontrées dans la gamme d'usinage.

La gamme de fabrication est un document d'archive qui précise clairement les différentes phases de fabrication du produit. Ce document englobe toutes les étapes réalisées auparavant.

## Gamme de fabrication

**Élément :** Disque ventilé

**Matière :** FONTE GL

**Cadence :** 100 disques/heure

N°	OPERATION	Machine-outil	Image correspondante	
10	Réception du disque brut			
20	Tournage	TOUR CNC		
30	Tournage	TOUR CNC	//	
40	Tournage	TOUR CNC	//	
50	Perçage	Perceuse multibroche		Réalisation de 6 trous de diamètres différents simultanément
60	Equilibrage	Machine à équilibrer		Enlever de la matière de la surface contenant les ailettes. Elle est programmée à faire une différence entre une pièce bonne et une pièce défectueuse.
70	Lavage	Machine de nettoyage		Dégraissage Lavage Séchage
80	Contrôle final	Machine de control		Contrôle de toutes les cotations
90	Protection peinture	Machine de peinture		Peindre des surfaces spécifiques pour protéger le disque du rouillage

## II-3-2 Choix des outils :

### A-Outil de tournage :

Il existe deux types d'outil de tournage :

- Outil carbure brasé et outil à plaquette.

En effet, notre choix portera sur les outils constitués d'une plaquette caractérisée par un rayon de bec et se limitant par deux arêtes montées sur un corps d'outil car ils sont les plus répandus.

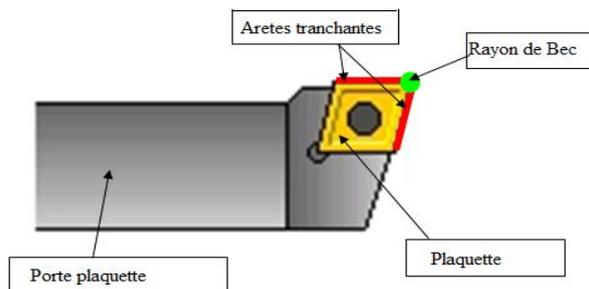


Figure 25 : Outil à plaquette

Ces outils sont choisis en se basant sur plusieurs critères définis par notre fournisseur SANDVIK COROMANT :

Présentation des solutions d'attachement :

- Outil Coromant Capto® ou à Manche

Définition du nombre de plaquettes pour chaque opération

Définition des systèmes d'outillage :

- Négatif
- Positif

Choix de la plaquette :

- Forme et Nuance.

## 1- Solutions d'attachements :

### Différences entre les solutions d'attachements

#### -Coromant Capto®

- ✓ Serrage/Desserrage en moins d'un demi-tour de clef
- ✓ Les tours standards s'adaptent facilement aux outils à changement rapide
- ✓ Taille et poids réduits, ce qui facilite leur manipulation



#### -Outil à manche

- ✓ Gros outils, très lourds et difficiles à manipuler ce qui rend le changement des outils très long.



Par ses avantages, Coromant Capto est l'outil qui nous convient le plus pour nos opérations d'usinage.

## 2- Nombre de plaquettes nécessaires pour chaque OP :

3-

### a- 1<sup>ère</sup> Opération :

La figure 26 montre le nombre nécessaires de plaquettes pour la 1<sup>ère</sup> opération.

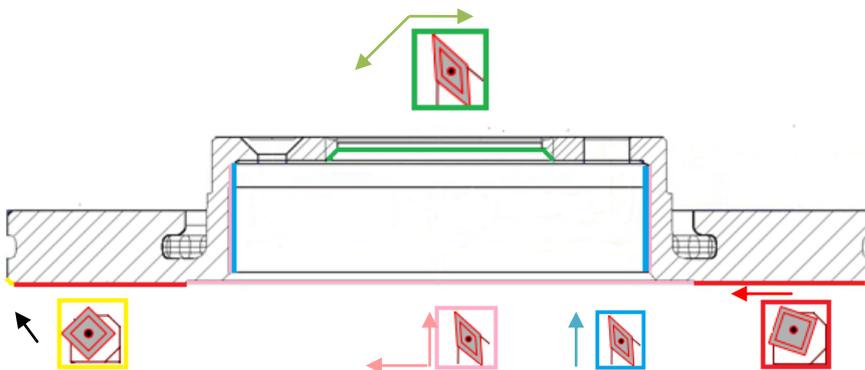


Figure 26 : Démonstration de l'opération de chaque plaquette (1<sup>ère</sup> OP)

### b- 2<sup>ème</sup> Opération :

La figure 27 montre le nombre nécessaires de plaquettes pour la 2<sup>ème</sup> opération.

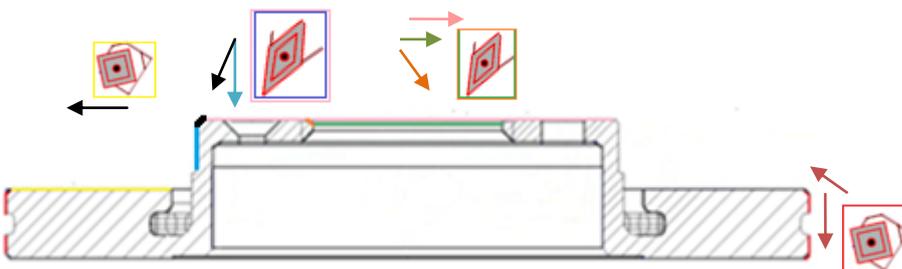


Figure 27 : Démonstration de l'opération de chaque plaquette (2<sup>ème</sup> OP)

c- 3<sup>ème</sup> Opération :

La figure 28 montre le nombre nécessaires de plaquettes pour la 3<sup>ème</sup> opération.

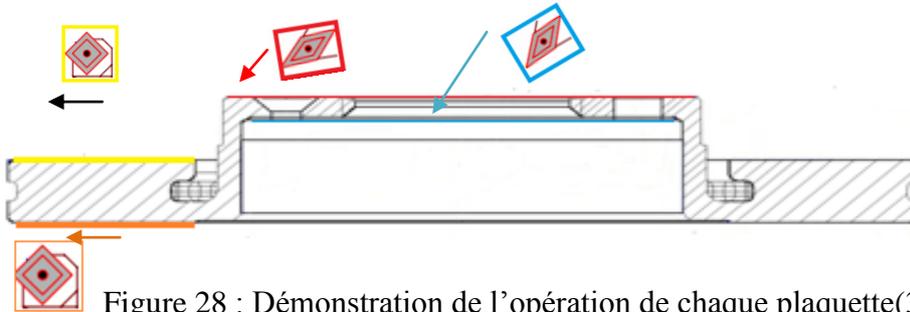
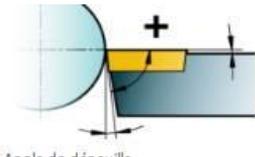
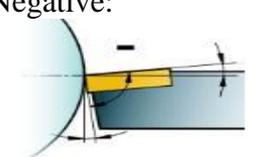


Figure 28 : Démonstration de l'opération de chaque plaquette(3<sup>ème</sup> OP)

↪ On a besoin donc de 5 plaquettes pour effectuer la 1<sup>ère</sup> OP et de 4 plaquettes pour la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> OP, d'après le catalogue du fournisseur Sandvik, nous aurons besoin de 5 outils pour la 1<sup>ère</sup> OP, 4 pour la 2<sup>ème</sup> et pour la 3<sup>ème</sup> OP. En effet, ce n'est pas une bonne solution vu que notre but ne porte pas juste sur l'usinage mais aussi sur la gestion du temps. Donc, la solution qui sera convenable c'est de commander auprès du fournisseur Sandvik des outils qui se constituent de deux plaquettes ou plus afin de diminuer le temps d'usinage.

#### 4- Définition des systèmes d'outillage

Types de plaquettes		
Positive	Négative	Positive :  Negative: 
Non réversible	Réversible ( <i>Elle peut être retournée sur son corps d'outil et voit le nombre de ses arêtes doublé, ce qui la rend particulièrement intéressante du point de vue économique</i> )	

➡ Par cette comparaison, on conclut que la forme des plaquettes négatives répond à nos besoins.

## 5- Choix de la plaquette :

### a-nuance :

Comme on l'a déjà mentionné, la matière du disque de frein est la fonte grise qui est difficile à usiner, donc on aura à faire à des outils de très grandes vitesses de coupe .Ainsi, la fonte devra être usinée à sec pour éviter la corrosion. Donc, les plaquettes choisies doivent supporter la chaleur résultée par les efforts de coupe. La nature de la matière des plaquettes d'après SANDVIK qui répond à ces critères : soit la CBN (nitrure de bore cubique) soit la céramique. On choisit la céramique car c'est la moins couteuse.

La nuance choisie est : CC6190

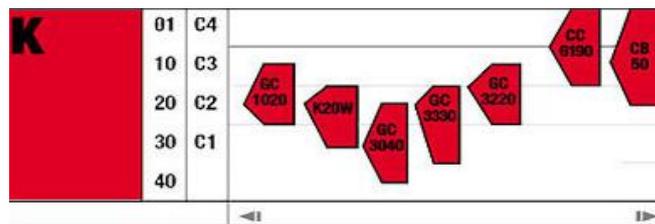
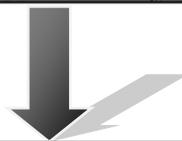


Figure29 : les nuances des plaquettes selon Sandvik

### b-Forme :

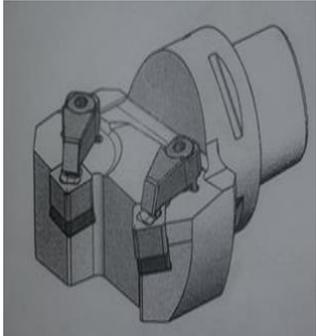
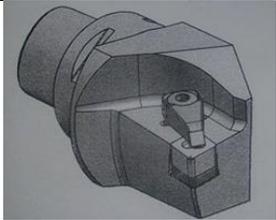
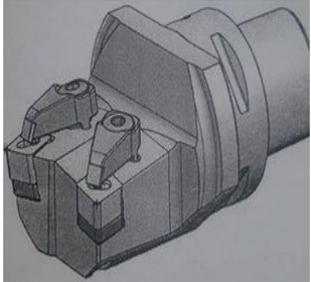
Rhombique 80°	Rhombique 55°	Ronde	Carré	Triangle	Rhombique 35°	Trigone 80°
80° <b>C</b>	55° <b>D</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	35° <b>V</b>	80° <b>W</b>



**Les plaquettes qui nous seront utiles sont :**

- la forme carrée : c'est la seule qui peut exécuter le chanfrein 45°.
- la forme rhombique 80° : elle a le maximum d'arêtes par rapport aux autres (8 arêtes).

## 6- Référence d'outil

N° de l'Opération	Id Outil	Nom de l'opération	Type de Plaquette	Référence	Outils
Opération 1	T1	❖ Chanfrein piste F2 (eb et fin)	Plaquette carrée (a)	<b>SNGN150716T02520</b> <b>S : Plaquette carrée</b> <b>N : Dépouille 0°</b> <b>G : Tolérance géométrique ±0.13</b> <b>N : Type de plaquette</b> <b>15 : Taille de logement</b> <b>07 : Epaisseur de la plaquette</b> <b>16 : Rayon de bec =1.6</b> <b>T : Chanfrein négatif</b> <b>25 : Largeur Chanfrein</b> <b>20 : Angle du chanfrein</b>	
		❖ Dressage piste F2(EB)	Plaquette carrée (b)		
	T2	❖ Alésage des diamètres inter-bols(EB)+dégagement (EB)	Plaquette Rhombique 80°	CNGN120716T02520	
T3	❖ Alésage diamètre centrage+chanfrein ❖ Finition des diamètres inter-bols+dégagement(FI) +Ebauche appui moyeau+finition chanfrein diamètre centrage	Plaquette Rhombique 80°(a)  Plaquette Rhombique 80°(b)	CNGN120716T02520		

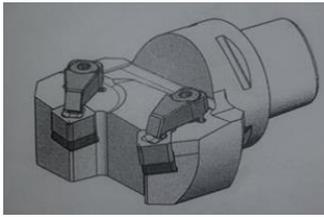
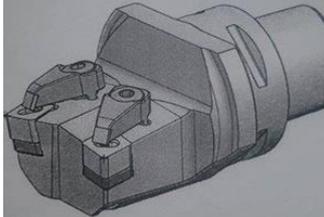
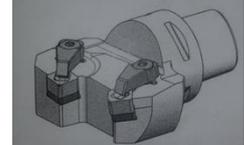
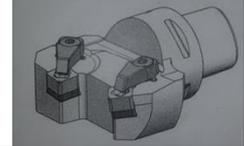
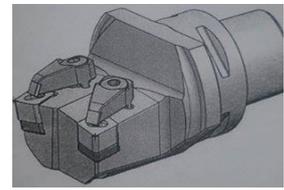
Opération 2	T1	❖ Chanfrein piste F1(EB)+Chanfrein piste F1 (FI)+Diamètre extérieur disque (EB)+Diamètres extérieur (FI)	Plaquette carrée(a)	SNGN150716T02520	
		❖ Dressage piste F1(EB)	Plaquette carrée(b)	SNGN150716T02520	
	T2	❖ Chanfrein extérieur bol (FI)+Diamètre extérieur bol	Plaquette rhombique(a)	CNGN120716T02520	
		❖ Dressage face jante (EB)+Dressage dégagement de marquage coté face jante(Fi)+chanfrein diamètre centrage coté face jante(Fi)	Plaquette rhombique (b)	CNGN120716T02520	
Opération 3	T1	Dressage piste F1(Fi)	Plaquette carrée	SNGN150716T02520	
	T2	Dressage piste F2(Fi)	Plaquette carrée	SNGN150716T02520	
	T3	❖ Alésage diamètre centrage (Fi)+ Dressage face appui moyeu(Fi)	Plaquette rhombique 80°	CNGN120716T02520	
❖ Appui jante(FI)		Plaquette rhombique 80°	CNGN120716T02520		

Tableau 9: référence des outils

### A-Outil de perçage :

L'offre du fournisseur Sandvik comporte trois solutions de perçage : forets carbure monobloc, forets à embout amovible et forets à plaquettes indexables. Le diamètre est le principal paramètre à prendre en compte dans le choix d'un foret.

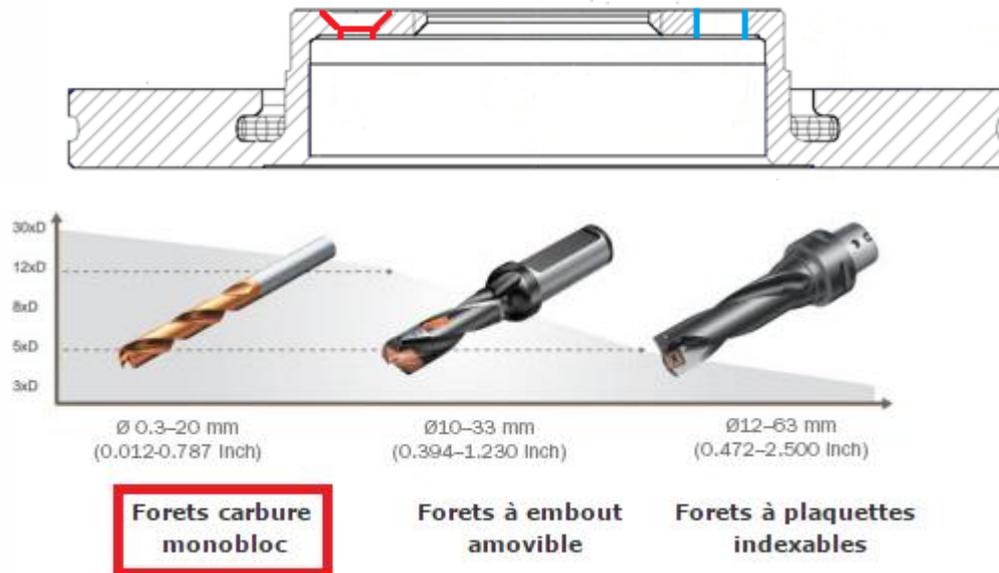


Figure 30 : types de forets selon Sandvik

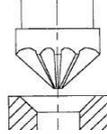
	Longueur (mm)	Diamètre (mm)	Foret choisi
<b>TROU EN BLEU</b>	7	13.6	 (voir annexe)
<b>TROU EN ROUGE</b>	3.6	D1=8.5 D2=12	 (Outil spécial, devra être commandé de chez Sandvik)

Tableau 10 : choix de forets

### II-3-3 Paramètres de coupe et d'avance :

Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de la matière est réalisé par la conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : Mouvement de coupe (vitesse de coupe) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance).

- La **vitesse de coupe** est la longueur du copeau enlevé exprimée en mètre par un outil de coupe en une minute. Elle est utilisée pour déterminer la fréquence de rotation (**Vitesse de Rotation n**)

Cette vitesse qui s'exprime toujours en mètres par minute (m/min) se calcule ainsi:

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

Avec :

- vitesse de coupe en **m/min**
- **d** : diamètre en mm au point d'usinage
- **n** : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en **tour/minute**
- La **vitesse d'avance Vf** c'est la vitesse du déplacement entre la pièce et l'outil. Cela correspond à la longueur d'usinage réalisé pendant la durée d'une minute.

Elle est définie par :

$$V_f = f \times n$$

**f** : avance en **mm/tour**

**Vf** : vitesse d'avance en **mm/min**

En effet chaque outil choisi est caractérisé par des conditions de coupe et d'avance donnés par le fournisseur Sandvik :

$$V_c = 700 \text{ m/min (490-750)}, f = 0.2 \text{ mm/tour (0.15-0.6)}$$

- Sans oublier de respecter ces deux relations de calcul d'avance :

**f(EBAUCHE)=0.4\*RAYON DE BEC**

**f(FINITION)=0.2\*RAYON DE BEC t.q : RAYON DE BEC=1.6 mm**

- **Longueur usinée L (mm)** : Distance parcourue par l'outil en usinant une surface.
- **Temps de copeaux T (min)** : Temps nécessaire qu'effectue l'outil en usinant la longueur.

$$T = \frac{L}{V_f}$$

- Ce tableau montrera les différentes vitesses choisies dépendant des opérations de la 1<sup>ère</sup> OP :

Opérations	Ebauche				Finition				Justification
	Vc	f	d	n	Vc	f	d	n	
Chanfrein piste F2	700	0,2	258	863	700	0,3	258	863	-1 <sup>ère</sup> Op effectuée sur la pièce brute $\Rightarrow$ Avance très faible.  -Chanfrein loin de l'origine de la pièce $\Rightarrow$ Vc importante
Dressage piste F2	680	0,6	106,3	2036					-F2 grande surface à usiner $\Rightarrow$ Avance augmentée -f augmentée $\Rightarrow$ Vc diminuée
Alésage des diamètres inter bol	700	0,6	125,5	1775	750	0,3	125,5	1902	//
Dressage face appuie moyeu	700	0,6	122	1826					
Alésage diamètre centrage	550	0,6	60	2801					L'approche de l'outil de l'origine de la pièce $\Rightarrow$ Vc diminuée
Chanfrein diamètre centrage	570	0,6	68	2668	550	0,3	68	2644	//

Tableau 11: calcul des paramètres de coupe et d'avance de l'op 20

Les mêmes démarches sont appliquées au niveau des deux autres opérations de tournage.  
(Ceci

est rédigé clairement dans les contrats de phase).

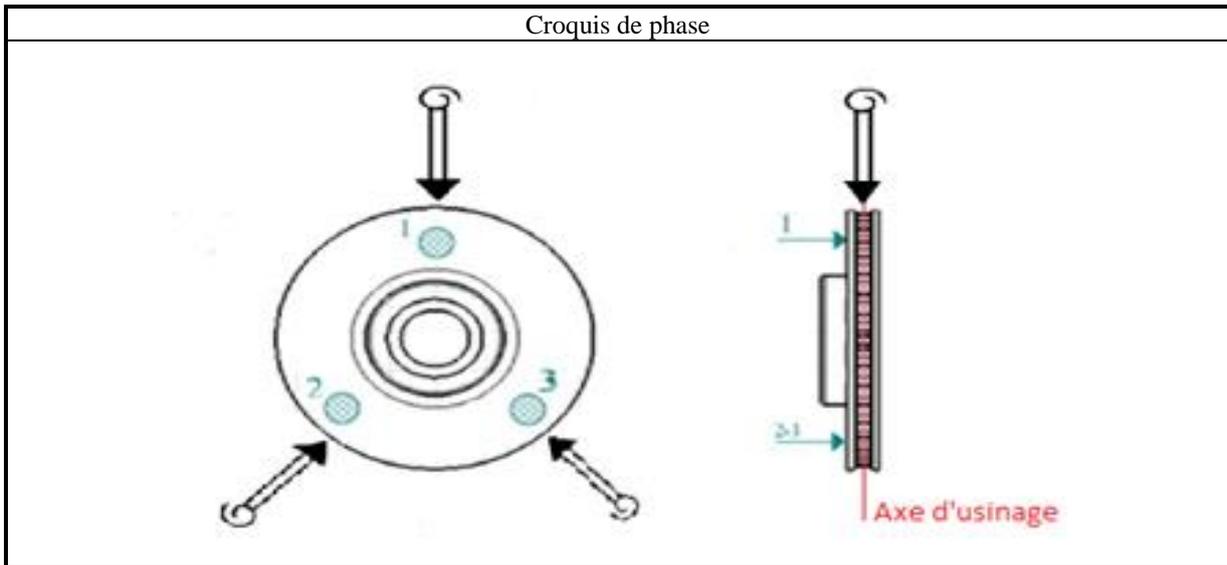
## II-4-Etape 4:

### II-4-1 Contrat de phase :

C'est un document qui peut être prévisionnel ou définitif. Il indique précisément pour chaque phase: la mise en position de la pièce avec les éléments technologiques et son maintien en position, la référence des outils avec leurs paramètres de coupe et de passe ainsi que les temps de coupe utiles. Le contrat de phase de l'OP 20 est le suivant (pour les autres OP, voir Annexe).

### Contrat de phase

Mode d'usinage : Tournage  Élément : Disque de frein ventilé  Phase : OP20	Matière : Fonte GL  Cadence :100 disques/ h  Machine :TOUR CNC
----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------



Désignation des opérations		Outillages	Éléments et conditions					
			Fabrication	De coupe			De passe	
		Vc		f	n	Vf	L	temps copeaux
1	Chanfrein piste F2(EB)	T1.a1	700	0.2	863	170	3	0.0176
2	Chanfrein piste F2(FI)	T1.a2	700	0.3	863	259	3	0.0110
3	Dressage piste F2 (EB)	T1.b	680	0.6	1069	641	51.64	0.0805
4	Dégagement (EB)	T2.a1	700	0.6	1575	945	11	0.0110
6	Alésage des diamètres interbol(EB)(RAPIDE SUR DEBUT )	T2.a2	700	0.6	1797	1078	24.17	0.0224
7	Alésage des diamètres interbol(EB)(RALENTISSEMENT EN FIN )	T2.a2	700	0.6	1797	718	7	0.0009
8	Alésage diamètre centrage (EB)	T3.a1	550	0.6	2800	1120	8.06	0.0064
9	Chanfrein diamètre centrage (EB)	T3.a2	570	0.6	2800	1120	6.73	0.0053
10	Dressage face appui moyeu (EB)	T3.a3	700	0.6	2424	1454	25.76	0.0177
11	Chanfrein diamètre centrage(FI)	T3.b1	560	0.3	2800	840	6.36	0.076
12	Alésage des diamètres interbol(FI)	T3.b2	750	0.3	1905	952	22.82	0.0240
13	Dégagement (FI)	T3.b3	750	0.3	1707	512	8.69	0.0170

Fonctions		Surfaces		Contacts			Éléments				
→ ⊗	Mise en position	→ →	Usinée	└┘	Plat	>	Pt fixe	→ →	Appui fixe	⊗ →	Concentrique
→ ⊗	immobilisation	→ →	Brut	~~~~	Strié	⊗	Tournante	⊗ →	Centrage fixe	√ →	Soutien irréversible

## II-4-1 Temps de cycle :

C'est le temps nécessaire à un article pour passer d'un point d'entrée à un point de sortie d'une gamme. Connaître le temps de cycle c'est connaître la cadence et donc savoir dimensionner les ressources nécessaires pour faire face à un besoin ou connaître la capacité de traitement d'un processus.

Le temps de cycle est composé de trois temps nécessaire :

Les Temps Manuels (T<sub>m</sub>): pour les tâches réalisées par un opérateur uniquement.

Les Temps Technologiques(T<sub>t</sub>) : pour les tâches réalisées par une machine seule.

Les temps masqués (T<sub>z</sub>) : c'est le temps correspondant à un travail manuel effectué pendant que la machine travaille. **Ce temps n'est donc pas pris en compte dans la durée du cycle.**

ETUDE DE PHASE		Pièce : disque de frein ventilé Machine : tour à commande numérique Phase :20			
		Désignation des opérations et éléments de travail		Temps en secondes	
		Tt	Tm	Tz	
1	Prendre et monter pièce dans montage		5		
2	Fermer le capotage		2		
3	Appuyer sur départ cycle		2		
4	Serrage de la pièce	2			
5	Mise en rotation de la broche	2			
6	Approcher outil 1 et avance rapide	2			
7	Usinage outil T1	6.7			
8	Reculer rapide et évoluer tourelle	2			
9	Approcher outil 2 et avance rapide	2			
10	Usinage outil T2	1.9			
11	reculer et évoluer tourelle	2			
12	Approche outil 3 et avance rapide	2			
13	Usinage outil T3	8,7			
14	Retour rapide	2			
15	Arrêt rotation de la broche	2			
16	Desserrage de la pièce	2			
17	Ouvrir le capotage		2		
18	Démonter la pièce		4		
19	Poser la pièce		5		
20	Nettoyer le montage		4		
21	Contrôler la pièce			20	
		Totaux	37,29	24	
		Temps total	<b>61,29 secondes</b>		

Tableau 12 : Temps de cycle OP 20

ETUDE DE PHASE		Pièce : disque de frein ventilé Machine : tour à commande numérique Phase :30		
Désignation des opérations et éléments de travail		Temps en secondes		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter pièce dans montage		5	
2	Fermer le capotage		2	
3	Appuyer sur départ cycle		2	
4	Serrage de la pièce	2		
5	Mise en rotation de la broche	2		
6	Approcher outil 1 et avance rapide	2		
7	Usinage outil T1	10,26		
8	Recul rapide et évoluer tourelle	2		
9	Approcher outil 2 et avance rapide	2		
10	Usinage outil T2	3,07		
11	Retour rapide	2		
12	Arrêt rotation de la broche	2		
13	Desserrage de la pièce	2		
14	Ouvrir le capotage		2	
15	Démonter la pièce		4	
16	Poser la pièce		5	
17	Nettoyer le montage		4	
18	Contrôler la pièce			20
		<b>Totaux</b>	29,33	24
		<b>Temps total</b>	<b>53,33 secondes</b>	

Tableau 13 : Temps de cycle OP 30

ETUDE DE PHASE		Pièce : disque de frein ventilé Machine : tour à commande numérique Phase :40		
Désignation des opérations et éléments de travail		Temps en secondes		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter pièce dans montage		5	
2	Fermer le capotage		2	
3	Appuyer sur départ cycle		2	
4	Serrage de la pièce	2		
5	Mise en rotation de la broche	2		
6	Approcher outil 1 et avance rapide	2		
7	Usinage outil T1	5,9		
8	Recul rapide et évoluer tourelle	2		
9	Approcher outil 2 et avance rapide	2		
10	Usinage outil T2	5,9		
11	reculer et évoluer tourelle	2		
12	Approche outil 3 et avance rapide	2		
13	Usinage outil T3	2,75		
14	Retour rapide	2		
15	Arrêt rotation de la broche	2		
16	Desserrage de la pièce	2		
17	Ouvrir le capotage		2	
18	Démonter la pièce		4	
19	Poser la pièce		5	
20	Nettoyer le montage		4	
21	Contrôler la pièce			20
		<b>Totaux</b>	34,55	24
		<b>Temps total</b>	<b>58,5 secondes</b>	

Tableau 14 : Temps de cycle OP 40

ETUDE DE PHASE		Pièce : disque de frein ventilé Machine : perceuse Phase :50		
Désignation des opérations et éléments de travail		Temps en secondes		
		Tt	Tm	Tz
1	Prendre et monter pièce dans montage		5	
2	Fermer le capotage		2	
3	Appuyer sur départ cycle		2	
5	La descente de la broche	4		
6	Serrage de la pièce	2		
7	Usinage	1		
16	Desserrage de la pièce	2		
8	Recul rapide de la broche	4		
17	Ouvrir le capotage		2	
18	Démonter la pièce		4	
19	Poser la pièce		5	
20	Nettoyer le montage		4	
21	Contrôler la pièce			20
		Totaux	13	24
		Temps total	<b>37 secondes</b>	

Tableau 15 : Temps de cycle OP 50

 Le temps de cycle de notre processus= $\text{MAX}(T(\text{OP}20), T(\text{OP}30), T(\text{OP}40), T(\text{OP}50))$   
=61.29 secondes.

## PARTIE II : Implantation

*Objectif de l'implantation* : Optimiser les flux physiques afin d'augmenter la productivité et la réactivité de l'entreprise.

### 1- Choix d'implantation :

Choix du type d'implantation	
<b>Repérage des flux :</b> - <i>Flux discontinus</i> : Produits variés en faible quantité  - <i>Production en continu avec des flux linéaires</i> : Produits de grande série	<b>Types d'implantation :</b> - <i>Implantation fonctionnelle</i> : Job-shop - <i>Implantation en ligne</i> : Flow-shop - <i>Implantation en îlots</i> : compromis entre : Job-shop et Flow-shop - <i>Implantation en chantier</i>

**Production journalière : 2400 disques de frein ventilé**



***Flow-shop*** : Organiser les postes de travail pour que les produits avancent de manière continue, sans retour en arrière ni croisement de flux. Le positionnement des machines est conditionné par les gammes de fabrication des produits.

## 2-Dimensionnement d'une ligne de type flow-shop :

### 2-1- Nombre de postes de travail nécessaires :

#### Données :

- Demande en produits/unité de temps :  $D = 2400$  par jour = 100 par heure = 100/3600 par secondes
- Cadence en unité de temps/produit (appelé aussi takt time):  $C = 1/D = 36$  secondes/pièce
- Rendement global de la ligne :  $R = 91\%$  (L'entreprise admet 9 pièces défectueuses/100)
- Temps opératoire de chacune des  $i$  opérations :  $Tu(i)$  avec  $i = 1$  à  $n$

$$Tu(20) = 61.29 \text{ secondes}$$

$$Tu(30) = 53.4 \text{ secondes}$$

$$Tu(40) = 58.5 \text{ secondes}$$

$$Tu(50) = 37 \text{ secondes}$$

#### Calculs :

- Temps de cycle maximal du poste goulet :  $Tc = R * C = 0.91 * 36 = 32.7$  secondes
- Nombre minimal de postes de travail :

$$N_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n Tu(i)}{Tc} = 6 \text{ postes}$$

### 2-2- Problèmes de l'équilibrage de ligne :

Algorithme d'équilibrage et calculs à appliquer pour chaque opération  $i$  :

- Si  $Tu(i) > Tc$  alors mettre  $Np$  postes en parallèle pour réaliser cette opération avec :

$$Np = \frac{Tu(i)}{Tc}$$

**N.B :** on retiendra pour  $Np$  la valeur entière immédiatement supérieure.

- Si  $Tu(i) < Tc$  alors grouper opérations adjacentes ( $i = i - 1$  ou  $i = i + 1$ ) jusqu'à ce que  $\sum Tu(i) \leq Tc$



Pour notre cas,  $Tu(i) > Tc$  :

$$Np1 = \frac{Tu(20)}{Tc} = 1.9 \cong 2$$

$$Np2 = \frac{Tu(30)}{Tc} = 1.8 \cong 2$$

$$Np3 = \frac{Tu(40)}{Tc} = 1.7 \cong 2$$

$$Np4 = \frac{Tu(50)}{Tc} = 1.1 \cong 1$$

Résultat:

$Np1=Np2=Np3=2$  donc on doit mettre 2 tours en parallèle pour l'OP 20, 30 et 40.

Par contre, pour l'OP 50,  $Np4=1$   
Il suffit de mettre une seule machine sur terrain.

• Indicateur de l'équilibrage de la ligne (doit tendre vers 1)

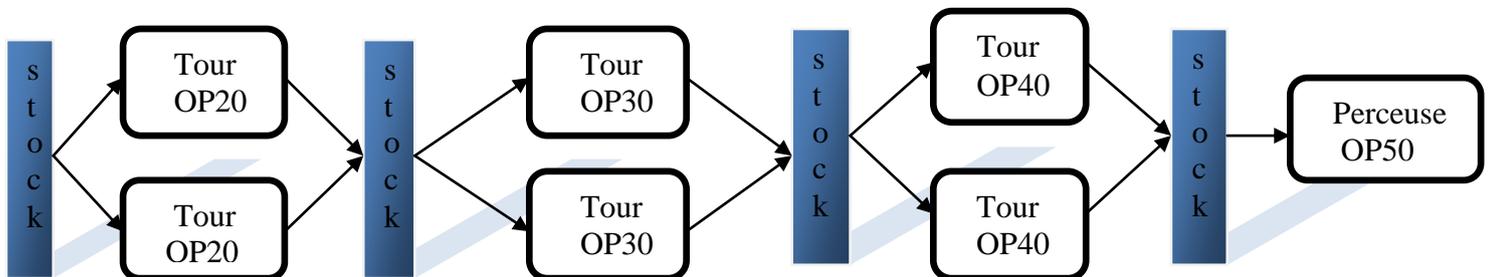
$$\text{Taux d'équilibrage} = \frac{\sum_{i=1}^k Tu(i)}{N * \text{Max}[Topé(j)]} = 0.91 \sim 1$$

Avec :

$N = \text{Nombre de postes de travail} = 7$

$\text{Max}[Topé(j)] = \text{Temps opératoire du poste goulet} = 32.7 \text{ secondes}$

2-3 Schéma qui englobe la ligne de production :



## Conclusion générale :

Pendant le déroulement de notre stage, on a eu l'opportunité de travailler sur un processus de fabrication d'un nouveau projet, qui n'est pas encore mis sur terrain.

Cela, nous a permis la bonne connaissance des procédés de production, ainsi la détermination des fonctions mise en position et maintien de la pièce sur un montage porte pièce. En plus le choix des machines, le choix des outils et des conditions de coupe, qui sont les éléments sur la base desquels l'industrialisation produit pourra être faite de manière optimale tout en respectant les exigences imposées par le client final.

L'étude de la mise et le maintien en position de la pièce nous ont permis de conclure que le nombre de phases nécessaires pour obtenir le disque usiné, est de 3 phases effectuées par un tour et une phase effectué par la perceuse.

Après le calcul des tolérances dimensionnelles du dessin de définition, on a déterminé le nombre d'opérations pour réaliser chaque cotation, celles qui s'effectuent en finition directe, et d'autres en deux opérations : ébauche et finition.

On a regroupé tous ces résultats afin de réaliser la gamme de fabrication qui décrit toutes les phases du processus accompagnées des machines choisies. Ainsi, afin de diminuer le temps d'usinage, on a choisit des outils de tournage qui contiennent deux plaquettes, qui ont une vitesse de coupe très élevés et une avance moyenne précisés par le fournisseur Sandvik, leurs valeurs se varient d'une opération à une autre.

Ensuite, on a calculé le temps d'usinage de chaque phase qui nous a permis de déterminer le temps de cycle de notre processus, qui est de 61,29 secondes et qui est supérieur au temps de cycle maximal du poste goulet. C'est pour cela qu'il a fallu doubler la ligne de production afin de pouvoir fabriquer 2400 disques de frein par jour. L'implantation finale de notre processus sera constituée de deux tours parallèles pour les trois premières phases et une seule perceuse pour la dernière opération.

Pour conclure, c'est une réelle opportunité pour nous d'avoir effectué ce stage, qui nous a permis de montrer pleinement nos compétences dans un domaine qui nous intéresse particulièrement pour notre carrière à venir. Ceci confirme nos envies de poursuivre dans le secteur de l'industrie automobile.

### Bibliographie :

Guide pratique de la productique  
A.Chevalier , J.Bohan , A.Molina  
*Hachette technique 2000*

Technicien en productique  
A.Chevalier , J.Bohan  
*Hachette technique 2000*

Catalogue général –Outils de coupe SANDVIK COROMANT-2009

Cours de l’implantation  
Mme Rzine - 2016- FST FES

### Webographie :

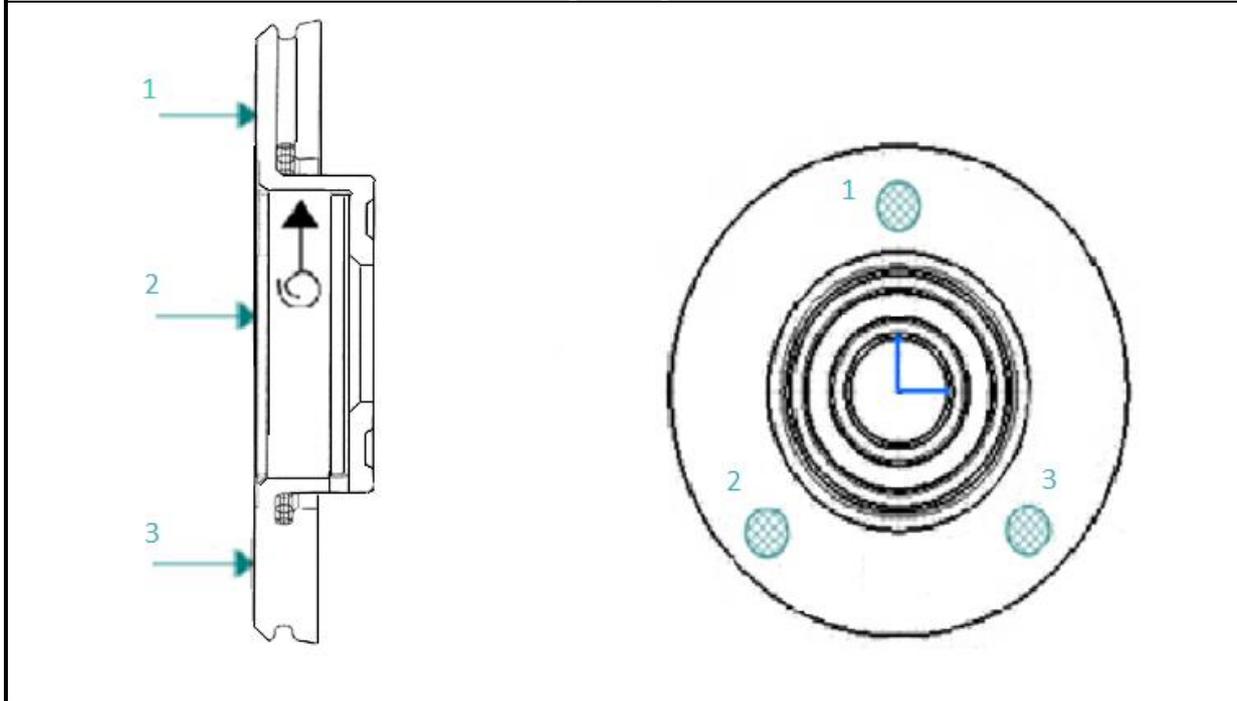
- [http://www.analyse-fabrication.univ-lille1.fr/co/001\\_MOG\\_web.html](http://www.analyse-fabrication.univ-lille1.fr/co/001_MOG_web.html)
- <http://www.institut-numerique.org/chapitre-i-etude-bibliographique-51835722d6480>
- <http://www.acheter-vendre-machines.fr/2008/07/2-principe-de-fonctionnement-dun-tour.html>
- <http://www.machine-outil.com/actualites/t325/a4257-rohm-a-developpe-une-nouvelle-gamme-de-mandrin-expansibles.html>
- <http://www.directindustry.fr/prod/cemb/product-7363-436950.html>
- <http://www.said-gmp.net/ch6-isostatisme.pdf>
- [http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/fr-fr/turning/turn\\_a.pdf](http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/fr-fr/turning/turn_a.pdf)
- <http://www.sandvik.coromant.com/fr-fr/pages/default.aspx>
- <http://bertrandvieille.free.fr/downloads/Poly-usinage.pdf>
- [http://perso.mines-albi.fr/~fontanil/elearning/Diaporama\\_Gipsi\\_M2\\_Implant\\_1.pdf](http://perso.mines-albi.fr/~fontanil/elearning/Diaporama_Gipsi_M2_Implant_1.pdf)
- [http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/fr-fr/rotating/rot\\_e.pdf](http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/fr-fr/rotating/rot_e.pdf)

## *Annexe :*

## Contrat de phase

Mode d'usinage : Tournage	Matière : FONTE GL
Elément : Disque de frein ventilé	Cadence :100 disques/h
Phase :OP 30	Machine :TOUR CNC

### Croquis de phase



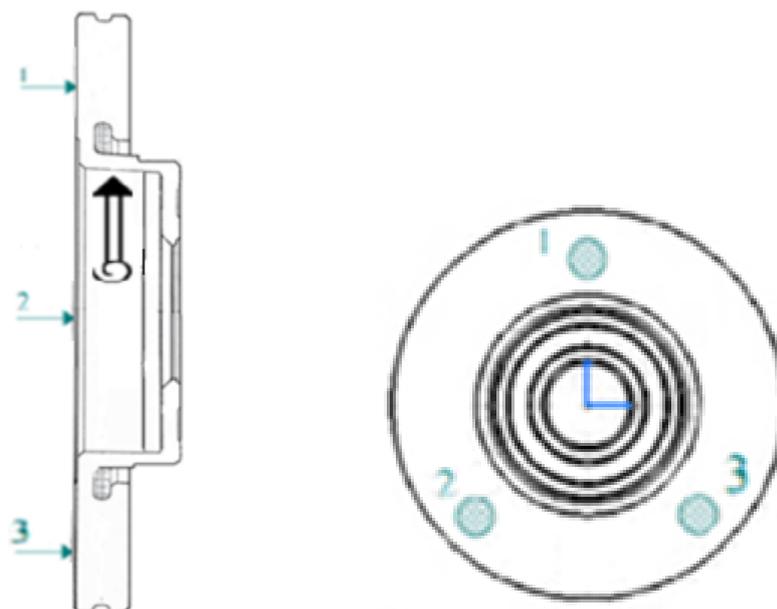
Désignation des opérations		Outils	Eléments et conditions					
		Fabrication	De coupe			De passe		
			V	f	n	Vf	L	temps
1	Chanfrein piste F1(EB)	T1.a1	700	0.2	859	257	3.70	0.0173
2	Chanfrein piste F1 (FI)	T1.a2	700	0.3	864	260	9.92	0.0328
3	Diamètre extérieur disque (EB)	T1.a3	700	0.6	851	510	7.76	0.0152
4	Diamètres extérieur (FI)	T1.a4	700	0.3	864	432	12.45	0.0262
5	Dressage piste F1(EB)	T1.b	680	0.6	1067	646	50.89	0.0795
6	Chanfrein extérieur bol (FI)	T2.a1	700	0.3	1670	501	5.87	0.01
7	Diamètre extérieur bol	T2.a2	700	0.3	1642	821	14.41	0.0175
8	Dressage face jante (EB)	T2.b1	650	0.6	2147	1073	21.4	0.02
9	Dressage dégagement de marquage coté face jante(Fi)	T2.b2	550	0.3	2800	1400	1.92	0.0014
10	chanfrein diamètre centrage coté face jante(Fi)	T2.b3	550	0.3	2800	840	2.12	0.0022

Fonctions		Surfaces		Contacts			Eléments				
→ ⊗	Mise en position	→ →	Usinée	└┘	Plat	>	Pt fixe	→ ⊞	Appui fixe	⊞ →	Concentrique
→ ⊗	immobilisation	⇒ ⇒	Brut	~~~~	Strié	⊙	Tournante	⊙ →	Centrage fixe	√ →	Soutien irréversible

## Contrat de phase

Mode d'usinage : Tournage Elément :Disque de frein ventilé Phase : OP 40	Matière : FONTE GL Cadence : 100 disques/h Machine : TOUR CNC
--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

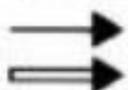
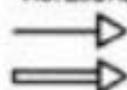
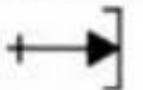
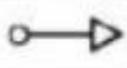
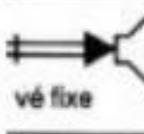
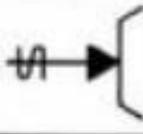
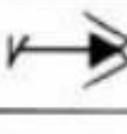
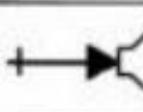
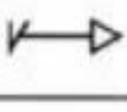
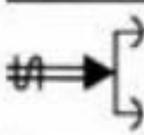
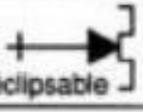
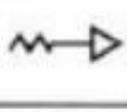
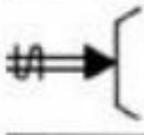
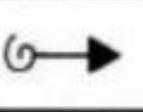
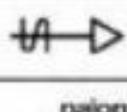
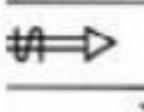
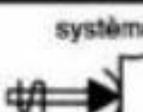
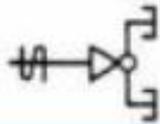
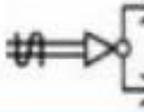
### Croquis de phase



Désignation des opérations		Outillages Fabrication	Eléments et conditions					
			De coupe			De passe		
			V	f	n	Vf	L	temps(s)
1	Dressage piste F1(Fi)	T1	750	0.3	1174	469.6	52	0.0984
2	Dressage piste F2(Fi)	T2	750	0.3	1174	469.6	52	0.0984
3	Dressage face appui moyeu (FI)	T3.a1	750	0.3	2533	760	26.25	0.0296
4	Diamètre centrage (FI)	T3.a2	650	0.3	3389	1016.7	1.95	0.0016
5	Appui jante (FI)	T3.b	750	0.3	2385	715.5	19.33	0.0147

Fonctions		Surfaces		Contacts			Eléments				
→⊗	Mise en position	→→	Usinée	┌┐	Plat	⊙	Pt fixe	→→	Appui fixe	⊕→	Concentrique
→⊗	immobilisation	⇒⇒	Brut	~~~~	Strié	⊙	Tournante	⊕→	Centrage fixe	√→	Soutien irréversible

<b>Mise en position rigoureuse</b> Départ de cotation      ou autre forme  		<b>Immobilisation, ou prélocalisation, ou opposition aux déformations ou aux vibrations</b>  	<b>Centreurs</b> complet      dégagé (locating)  		
Flèche double sur surface brute Flèche simple sur surface usinée					
<b>Symboles composés les plus courants</b>					
sur surfaces brutes		sur surface usinées			
	contact fixe bombé		appui fixe avec touche plate		précentrage
	mors strié à serrage concentrique ou coaxial		centrage fixe		pointe fixe
	vé fixe		cuvette axiale et serrage, réalisant un centrage court		contrepointe tournante
	vé mobile guidé et serrage		vé fixe		système de soutien irréversible
	2 ou 3 points guidés, touches bombées, avec serrage		contact éclipable		action réversible (élastique)
	cuvette axiale avec serrage, réalisant un centrage court		éclipable dégagé		serrage simple
	serrage simple		système concentrique ou coaxial	palonnier de serrage à 2 ou 3 touches plates 	
	serrage sur palonnier (articulé)	système symétrique 			

*Symboles de mise en position et de bridage (norme NF E 04013)*

## Aide au choix des outils

	CoroDrill® Delta-C Foret carbure monobloc					CoroDrill® 854 et CoroDrill® 856	Coromant Delta Foret au carbure brasé
Page	E38	E56	E60	E63	E55	E68	E83
$D_c$ mm	0.30-20.00	3.00-16.00	3.00-12.00	5.00-14.00	3.35-17.50	4.00-12.70	9.50-30.40
$D_c$ pouces	.0118-.787	.118-.630	.118-.472	.197-.551	.132-.689	.157-.500	.3740-1.197
						 	
	R840	R842	R846	R850	R841	854.1 856.1	R411.5
Profondeur de perçage	2 - 7 x $D_c$	2 - 5 x $D_c$	2 - 5 x $D_c$	2 - 7 x $D_c$	2 - 3 x $D_c$	4 - 5 x $D_c$	3.5 - 5 x $D_c$
Matière							

## Nuances pour le tournage général



Fontes, fontes en coquille, fontes malléables à copeaux courts.

### Nuances de base

**CB7525 (BN)** - K05 (K01-K10)

Nuance nitrure de bore cubique extrêmement dure. Ténacité d'arête élevée et une bonne résistance à l'usure. Nuance optimale pour la finition à grande vitesse des fontes grises avec conditions continues ou intermittentes.

**CC6190 (CN)** – K10 (K01 – K20)

Nuance céramique à base de nitrure de silicium pur offrant une bonne résistance à l'usure à haute température. Recommandée pour l'ébauche à la finition à grande vitesse des fontes dans de bonnes conditions. Elle peut supporter les coupes légèrement interrompues.

**GC1690 (CC)** – K10 (K05-K15)

Nuance céramique de nitrure de silicium revêtue par CVD. GC1690 est hautement recommandée pour les opérations d'ébauche légère, de semi-finition et de finition dans les fontes.

**GC3205 (HC)** – K05 (K01-K15)

Nuance carbure revêtue par CVD, constituée d'un revêtement épais, résistant à l'usure sur un substrat très dur. Recommandée pour le tournage grandes vitesses des fontes grises (GCI).

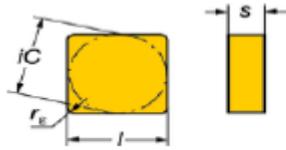
**GC3210 (HC)** – K05 (K01-K20)

Nuance de carbure revêtue CVD composée d'un revêtement épais, résistant à l'usure sur un substrat très dur. Recommandée pour le tournage grande vitesse des fontes nodulaires.

**GC3215 (HC)** – K05 (K01-K25) Nuance carbure revêtue CVD, composée d'un revêtement épais, résistant à l'usure, sur un substrat très dur. Capable de supporter des conditions de coupe intermittente exigeantes. Recommandée comme choix de base pour l'ébauche de toutes les fontes sous vitesses de coupe faibles à moyennes.

Plaquettes carrées

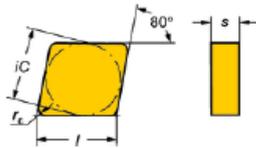
SNGN/SNG



	ISO	□	iC	K				N	S			H					
				CC	CC	CC	CB	CB	CC	CC	CC	CC	CC	CB			
				1690	6190	620	650	7925	CB50	CD10	6060	6065	660	670	650	670	CB50
	SNGN120412E	12	1/2								☆						
	SNGN120712E										☆						
	SNGN190724E	19	3/4								☆						
	SNGN 09 03 08T01020	09	3/8				☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 09 03 12T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 04 08T01020	12	1/2				☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 04 12T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 04 16T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 07 08T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 07 12T01020						☆			☆		☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 07 16T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 15 07 08T01020	15	5/8				☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 15 07 12T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 15 07 16T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 19 07 24T01020	19	3/4				☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 190716 T01020						☆					☆	☆	☆	☆		
	SNGN 12 04 08T02520	12	1/2				☆										
	SNGN 12 04 12T02520						☆						☆		☆		
	SNGN 12 04 16T02520						☆										
	SNGN 12 07 08T02520						☆										
SNGN 12 07 12T02520						☆						☆		☆			
SNGN 12 07 16T02520						☆											
SNGN 15 07 16T02520	15	5/8				☆											
SNGN 12 07 16T15015	12	1/2				☆						☆		☆			
SNGN 12 07 16K15015						☆						☆		☆			

CNGN/CNG

Dimensions: voir codification



	ISO	□	iC	I <sub>a</sub> pou-ces	K				S			H	ANSI		
					CC	CC	CC	CB	CC	CC	CC	CC			
					1690	6190	620	650	7925	6060	6065	660	670	650	670
	CNGN120408E	12	1/2								☆				CNG432A
	CNGN120412E										☆				CNG433A
	CNGN120708E										☆				CNG452A
	CNGN120712E										☆				CNG453A
	CNGN 12 04 08T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG432T0320
	CNGN 12 04 12T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG433T0320
	CNGN 12 04 16T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG434T0320
	CNGN 12 07 08T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG452T0320
	CNGN 12 07 12T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG453T0320
	CNGN 12 07 16T01020							☆		☆	☆	☆	☆	☆	CNG454T0320
	CNGN 16 07 08T01020	16	5/8					☆			☆	☆	☆	☆	CNG552T0320
	CNGN 16 07 12T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG553T0320
	CNGN 16 07 16T01020							☆			☆	☆	☆	☆	CNG554T0320
	CNGN 12 04 08T02520	12	1/2					☆							CNG432T0820
	CNGN 12 04 12T02520							☆			☆	☆	☆	☆	CNG433T0820
	CNGN 12 04 16T02520							☆							CNG434T0820
	CNGN 12 07 08T02520							☆							CNG452T0820
CNGN 12 07 12T02520							☆			☆	☆	☆	☆	CNG453T0820	
CNGN 12 07 16T02520							☆							CNG454T0820	
CNGN120412S02520M	12	1/2							☆					CNG433S0820M	
CNGN120416S02520M									☆					CNG434S0820M	

**Codification ISO des plaquettes de tournage :**

plaquettes, métriques

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-		-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9	12

Plaquettes, pouces

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-		-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9	12

Plaquettes - Matériaux de coupe de haute technologie, métriques

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-	<b>T</b>	<b>010</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

Plaquettes - Matériaux de coupe de haute technologie, pouces

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-	<b>T</b>	<b>03</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

<b>1 Formes de plaquettes</b>	
C	D
K	R
S	T
V	W
<b>2 Angle de dépouille de la plaquette</b>	
B	C
E	N
P	O Description spécifique

<b>3 Tolérances, métriques</b>		
Classe s	IC / MW	
G ±0.13	±0.025	
M ±0.13	±0.05 - ±0.15 <sup>1)</sup>	
U ±0.13	±0.08 - ±0.25 <sup>1)</sup>	
E ±0.025	±0.025	
1) Varie selon la valeur de IC. Voir tableau ci-dessous.		
Cercle Inscrit IC mm	Classe de tolérance M U	
3.97		
5.0		
5.56		
6.0	±0.05	±0.08
6.35		
8.0		
9.525		
10.0		
12.0	±0.08	±0.13
12.7		
15.875		
16.0	±0.10	±0.18
19.05		
20.0		
25.0	±0.13	±0.25
25.4		
31.75	±0.15	±0.25
32.0		
Pour les plaquettes positives, IC est valable pour une pointe vive. Voir état d'arête de coupe F (symbole 8).		

<b>3 Tolérances, pouces</b>		
A: Diamètre théorique du cercle inscrit de la plaquette. T: Epaisseur de la plaquette. B: Voir chiffres.		
<b>Tolérances en pouces</b>		
Classe B:	A:	T:
A ±.0002	±.001	±.001
B .0002	.001	.005
C .0005	.001	.001
D .0005	.001	.005
E .001	.001	.001
F .0002	.0005	.001
G .001	.001	.005
H .0005	.0005	.001
J .0002	.002-.005	.001
K .0005	.002-.005	.001
L .001	.002-.005	.001
M .002-.005	.002-.005	.005
U .005-.012	.005-.010	.005
N .002-.010	.002-.004	.001

4 Type de plaquettes		5 Taille de logement											
A	Q	<p>Le cercle inscrit est indiqué en huitièmes de pouces.</p> <p>*) Pour forme de plaquette K (KNMX, KNUX) seule la longueur théorique de l'arête de coupe est indiquée.</p> <p>1) Système métrique 2) Pouce</p>	Longueur d'arête de coupe, métrique										
G	R		IC mm	IC pouces	C	D	R	S	T	V	W	K	
M	T		3.18	1/8"					05				
N	W		3.97	5/32"					06			02	
P	X		5.0				05						
	Modèle spécial		5.56	7/32"			09						
		6.0		06	06			11	11	04			
		6.35	1/4"	06	07								
		8.0				08							
		9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16)		
		10.0	10.0										
		12.0											
		12.7	1/2"	12	15	12	12	22	22	08			
		13			13			13					
		15.875	5/8"	16		15	15	27					
		16.0											
		19.0	3/4"	19		19	19	33					
		20.0				20							
		25.0				25 <sup>1)</sup>							
		25.4	1"	25		25 <sup>2)</sup>	25						
		31.75	1 1/4"			31							
		32				32							

6 Epaisseur de la plaquette, s, mm, pouce		7 Rayon de bec, r, mm, pouce		8 Etat de l'arête de coupe	
<p>Cotes n</p> <p>Pouces</p>		<p>Métrique :</p> <p>Pouces :</p> <p>Cote réelle : pouce</p>		<p>F  Arête de coupe vive</p> <p>A  Arrondi d'arête ER (ANSI)</p> <p>E  Arrondi d'arête (ER)</p> <p>T  Chantreïn négatif</p> <p>K  Double chantreïn négatif</p> <p>S  Arête avec chantreïn négatif et arrondi (traitée ER)</p>	
01 s = 1.59	1 s = .0625	00 = 0	00	Plaquettes	
T1 s = 1.98	(1.2) s = .075	01 = 0.1	03	.004	
02 s = 2.38	(1.5) s = 3/32	02 = 0.2	0	.008	
03 s = 3.18	2 s = 1/8	04 = 0.4	1 = 1/64	.0156	
T3 s = 3.97	(2.5) s = 5/32	05 = 0.5			
04 s = 4.76	3 s = 3/16	08 = 0.8	2 = 1/32	.0312	
05 s = 5.56	4 s = 1/4	10 = 1.0			
06 s = 6.35	5 s = 5/16	12 = 1.2	3 = 3/64	.047	
07 s = 7.94	6 s = 3/8	15 = 1.5			
09 s = 9.52	6.3 s = .394	16 = 1.6	4 = 1/16	.0625	
10 s = 10.00	7.6 s = .475	24 = 2.4	6 = 3/32	.094	
12 s = 12.00		32 = 3.2	8 = 1/8	.125	

9 Sens de coupe		10 Largeur de chantreïn, pouces		11 Angle du chantreïn	
R	Avance	<p>Métrique :</p> <p>Pouces :</p>		<p>15 <math>\gamma_n = 15^\circ</math></p> <p>20 <math>\gamma_n = 20^\circ</math></p>	
L	Avance	010 byn = 0.10	03 byn = .003		
N	Avance	025 byn = 0.25	08 byn = .008		
		070 byn = 0.70	30 byn = .030		
		150 byn = 1.50	60 byn = .060		
		200 byn = 2.00	80 byn = .080		

Pour plus d'informations, voir la codification page