

---

# Institut Supérieur des Études Technologiques de Siliana ISET SILIANA

## Rapport de stage Perfectionnement



---

**Élaboré par : Mhamed Aziz atti**

**Encadré par: Belhassen YAZIDI**

**Entreprise d'accueil : FIGEAC AERO Tunis**

**Périodedestage:De6janvierà1février2025**

**Niveau:2émeannéeConstructionetfabricationengéniermécanique**

**AnnéeUniversitaire:2024/2025**

## **Remerciement**

Cerapportprésentéestunrésumé d'untravails'inscritdanslecadredestagedeperfectionnement de la spécialité Construction & Fabrication Mécanique du 2<sup>ème</sup> année en Génie Mécanique, dispensé par I.S.E.T SILIANA vant d'accéder à mon rapport, j'tiens à remercier tous les responsables et les membres de la direction de la société Figeac Aero où j'ai effectué mon stage de perfectionnement pour leur accueil au sein de l'entreprise.

J'tiens à remercier aussi mon encadreur Belhassen YAZIDI pour sa compétence, sa disponibilité tout au long de la période de stage et surtout son soutien, sa confiance et ses conseils qui m'ont bien guidé pour accomplir les objectifs de ce stage dans les meilleures conditions.

Enfin, je ne peux pas oublier d'offrir mes remerciements à tous les techniciens, les ingénieurs et les ouvriers qui m'ont aidé à m'intégrer dans leur milieu actif en me donnant des informations et des explications utiles.

## Introduction Générale

Le stage de perfectionnement consiste, généralement, à permettre au stagiaire d'entamer la vie professionnelle et surtout de faire connaissance aux automatismes d'un tel organisme.

Ainsi la formation du stagiaire dépend du domaine dont il exécute son stage si pour cela j'ai choisi la construction et la fabrication mécanique qui a un rapport consistant avec la science de "génie mécanique".

En effet ce domaine paraît très intéressant car il présente la vraie révolution dans la mécanique en terme général et définit une structure fondamentale de cette science.

Ce secteur touche toutes les bases de la mécanique commençant par procédés et méthodes de Production et la métallurgie passant par la construction et la conception mécanique et finissant par la résistance des matériaux. La fabrication mécanique est un secteur qui regroupe des travailleurs polyvalents qui s'affairent à la conception, à la fabrication, au réglage, à la réparation ou à l'assemblage d'une multitude de pièces, d'outils, d'accessoires et de produits métalliques par suite l'exploration de ce domaine est nécessaire surtout pour un ingénieur mécanicien ainsi on peut profiter d'un stage pour atteindre cet objectif.

Le présent rapport apporte une description du travail réalisé durant ce stage et permet surtout de réfléchir sur l'apport personnel que cette expérience a occasionné. J'ai effectué mon stage de perfectionnement du 06 janvier au 01 février à l'entreprise FGAT dans l'atelier mécanique. Après avoir présenté cette entreprise et détaillé d'avantage quelques notions en rapport étroit avec ce stage, j'ai défini la méthode à utiliser pour bien réaliser mes impressions personnelles sur ce stage.

# Sommaire

<b>ChapitreI: Présentationde l'entreprise .....</b>	<b>8</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>8</b>
<b>PrésentationdugroupeFGA.....</b>	<b>8</b>
<b>Principauxévénementshistoriques .....</b>	<b>9</b>
<b>LespartenairesetlesclientsdeFGA .....</b>	<b>5</b>
<b>PrésentationdeFIGEAC_AEROTunisie .....</b>	<b>10</b>
<b>L'organigrammedeFGAT.....</b>	<b>11</b>
<b>LesproduitsdeFGAT .....</b>	<b>13</b>
<b>LesdépartementsdeFGAT.....</b>	<b>14</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>15</b>
<b>ChapitreII:PrésentationdesunitésdeproductiondeFGAT.....</b>	<b>16</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>16</b>
<b>Serviceproduction .....</b>	<b>16</b>
<b>Atelierd'usinagepetitesdimensions(UAP).....</b>	<b>16</b>
<b>Machine NHX4000.....</b>	<b>16</b>
<b>Machine NVM5000. ....</b>	<b>19</b>
<b>LesâchesréaliséespourNH4000etNMV.....</b>	<b>19</b>
<b>Atelierd'usinage profilé .....</b>	<b>20</b>
<b>Réceptiondematièrepremier .....</b>	<b>20</b>
<b>Machinefive cinétique.....</b>	<b>21</b>
<b>Atelierd'usinagemétauxdurs .....</b>	<b>22</b>
<b>Atelierd'usinagegrandesdimensions (UAP) .....</b>	<b>23</b>
<b>Machine MINUMAC .....</b>	<b>23</b>
<b>MachineV2 .....</b>	<b>24</b>
<b>UAP montage .....</b>	<b>25</b>
<b>SecteurPolyvalent.....</b>	<b>25</b>
<b>Préréglages .....</b>	<b>25</b>
<b>Posted'ajustage.....</b>	<b>26</b>
<b>Atelierdecontrôle.....</b>	<b>27</b>
<b>ContrôleFAI(FirstArticle Inspection) .....</b>	<b>28</b>
<b>Contrôledesérie .....</b>	<b>28</b>
<b>Contrôle final .....</b>	<b>28</b>
<b>Lesinstrumentsdecontrôle.....</b>	<b>29</b>
<b>ChapitreIII : ÉtudededeCas.....</b>	<b>31</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>31</b>
<b>Définitiondela ValueStreamMapping (VSM) .....</b>	<b>31</b>
<b>DescriptionduProcessusActuel .....</b>	<b>31</b>
<b>Définitiond'activitésà valeur ajoutée.....</b>	<b>32</b>
<b>Définitiondelead time.....</b>	<b>32</b>
<b>DéfinitiondeTakT time.....</b>	<b>33</b>
<b>Calculdepourcentage devaleur ajoutée .....</b>	<b>33</b>

<b>Problèmes Identifiés.....</b>	<b>34</b>
<b>Détermination des causes racines du problème .....</b>	<b>34</b>
<b>Par la méthode de 5M.....</b>	<b>34</b>
<b>Analyse par la méthode des 5 pourquoi .....</b>	<b>36</b>
<b>Exemple de pièce rebut.....</b>	<b>36</b>
<b>Recherche dans l'armoire de documents atelier (DA).....</b>	<b>37</b>
<b>Proposition de Solution.....</b>	<b>38</b>
<b>Introduction de l'outil.....</b>	<b>38</b>
<b>Analysée de dimensionnement.....</b>	<b>39</b>
<b>Conception de l'outil.....</b>	<b>40</b>
<b>Fonctionnement.....</b>	<b>41</b>
<b>Description des étapes du processus.....</b>	<b>42</b>
<b>Les avantages .....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexes. ....</b>	<b>46</b>

## Listedesfigures

Figure1:LesSitesd'implantationsdesFilialesFGA .....	8
Figure2LespartenairesetlesclientsdeFGAdansle monde .....	10
Figure3:ParkAéronautiqueELMGIRA .....	11
Figure4 :OrganigrammeFGA Tunisie .....	12
Figure5:ExempledesProduitsdeFGAT .....	14
Figure6 :Machine NHX4000 .....	17
Figure8 : VueavantNHX 4000.....	18
Figure9:DéfinitiondesaxesCN.....	19
Figure10 :PalpeurettMagasinoutil.....	20
Figure11 :Machinefivecinétique .....	22
Figure12 :MachineMCM .....	23
Figure13 :MachineMCM. ....	24
Figure14 :Machine V2.....	24
Figure15:Atelierdemontage .....	25
Figure16:Banc de frettage.....	26
Figure17:Zoller .....	26
Figure18:Organigrammedeprocessus.....	32
Figure19:Outild'alésage manuelle .....	34
Figure20 :Méthode 5M .....	35
Figure21:Gammedecontrol.....	36
Figure22:Pièce rebu. ....	37
Figure23:Référencedesarticlesdanslabasede données .....	37
Figure24:Armoirededocuments atelier.....	38
Figure25:outilSpotbackfacing.....	38
Figure26:Vueencoupedelapositioninitiale.....	41
Figure27 : Vueencoupedeladeuxièmeposition. ....	41
Figure28:Descriptiondesétapesduprocessus .....	42
Figure29:ScreenshotSolidWorksdel'outiletlap pièce.....	43

## Listedestableaux

Tableau1:L'historiquedeFIGEAC-AERO .....	9
Tableau2:LafamilledespiècesdeFigeacAero.....	13
Tableau3:Nomenclaturede NHX400.....	18
Tableau4:Instrumentsd'ajustage .....	27
Tableau5:Instrumentdesmesures .....	30
Tableau6:Applicationdeméthode5 pourquoi .....	36



# Chapitre I: Présentation de l'entreprise

## 1. Introduction:

Ce chapitre vise à introduire FIGEAC AÉRO et plus particulièrement sa filiale tunisienne, où j'ai réalisé mon stage de perfectionnement. Nous découvrirons l'historique du groupe, ses activités principales ainsi que ses différentes unités de production.

## 2. Présentation du groupe FGA:

La société FGA est un groupe industriel opérant dans le domaine aéronautique. Elle est créée en 1989 par Jean-Claude MAILLARD et spécialisée dans la fabrication des fournitures pour l'avion : des pièces de petites, moyennes et grandes dimensions. Aujourd'hui, le groupe compte 15 filiales dans le monde (FGAT, Maroc, Mexique, Dallas, Blagnac, Picardie, Saint-Nazaire, Auxerre, Amérique du Nord, Meca Brive Industries, SN Auvergne Aéronautique, Casablanca Aéronautique...). Certifié depuis 2006 par l'Assurance Française pour la Qualité (AFAQ), le groupe en forte croissance met en avant des nouveaux projets d'investissement et de management (nouvelles acquisitions de machines, agrandissement des locaux, mise en place de nouvelles technologies, le traitement de surface, le développement Supply Chain, etc.).

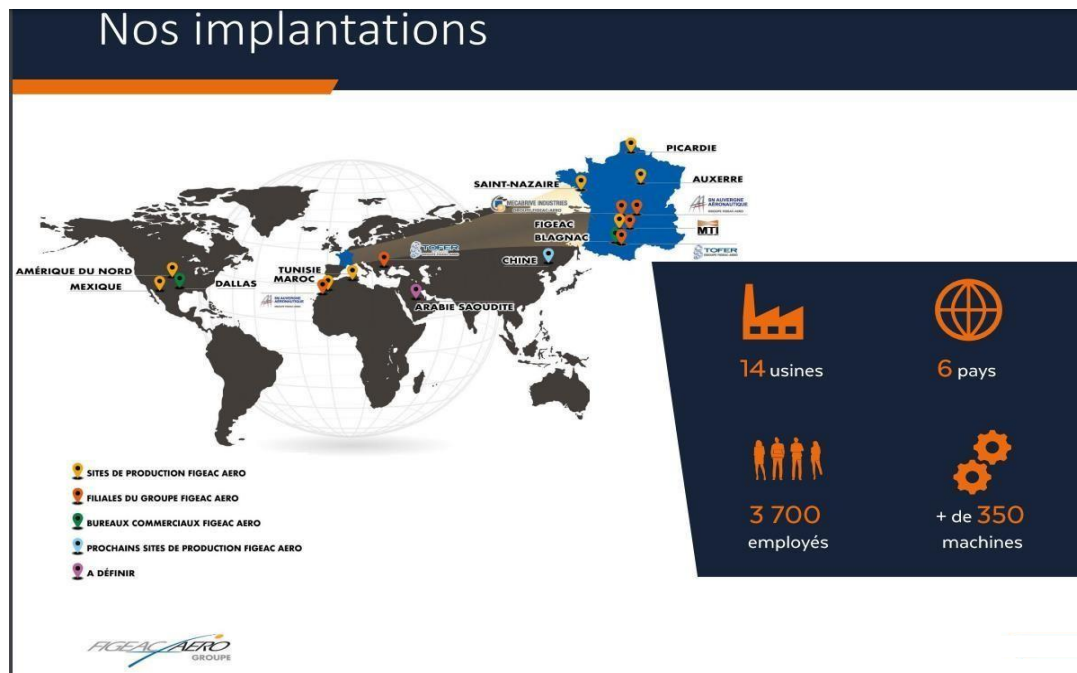


Figure 1: Les Sites d'implantations des Filiales FGA

## 3. Principaux événements historiques:

Le groupe FIGEAC AÉRO a connu une évolution permanente et son historique est riche de événements importants faisant preuve d'une forte volonté de s'améliorer non seulement sur un plan national mais aussi sur le plan international.

Année	Activité
1989	Création de la société FGA
1994	L'entreprise FGA est transformée en un groupe, en devenant spécialisée dans le mécanosoudure, la chaudronnerie, l'usinage des pièces de grandes dimensions. Le groupe a été le premier sous-traitant aéronautique ayant la technologie usinage à grande vitesse (UGV).
2000	FGA fait le choix de développer la production de pièces de structure aluminium de grandes dimensions en UGV.
2004	FGA intègre Mecabrive Industries implantée à Brive (à 80 km de Figeac) qui est spécialisée dans l'usinage, le traitement des surfaces et le montage de petits sous-ensembles.
2006	FGA a été certifiée par l'AFAQ en organisation internationale de normalisation ou international organization for standardization (ISO) 9001 en anglais et en norme européenne ou European norm en anglais (EN) 9100.
2009	FGA débute sa mondialisation de production en Tunisie.
2013	FGA entre en bourse sur le marché d'Alternext Paris pour acquérir les moyens financiers de sa croissance.
2014	FGA rachète un site industriel dans le Kansas aux Etats-Unis (FGA North America).
2015	L'entreprise crée des filiales au Maroc, au Mexique et à Saint-Nazaire
2016	FGA poursuit sa volonté de financer sa croissance vertueuse en procédant à une troisième augmentation de capital qui transfère l'entreprise sur le marché boursier d'Euronext compartiment B.
2018	Le Groupe TOFER implanté dans la banlieue de Toulouse et en Roumanie qui intègre à son tour le groupe FGA

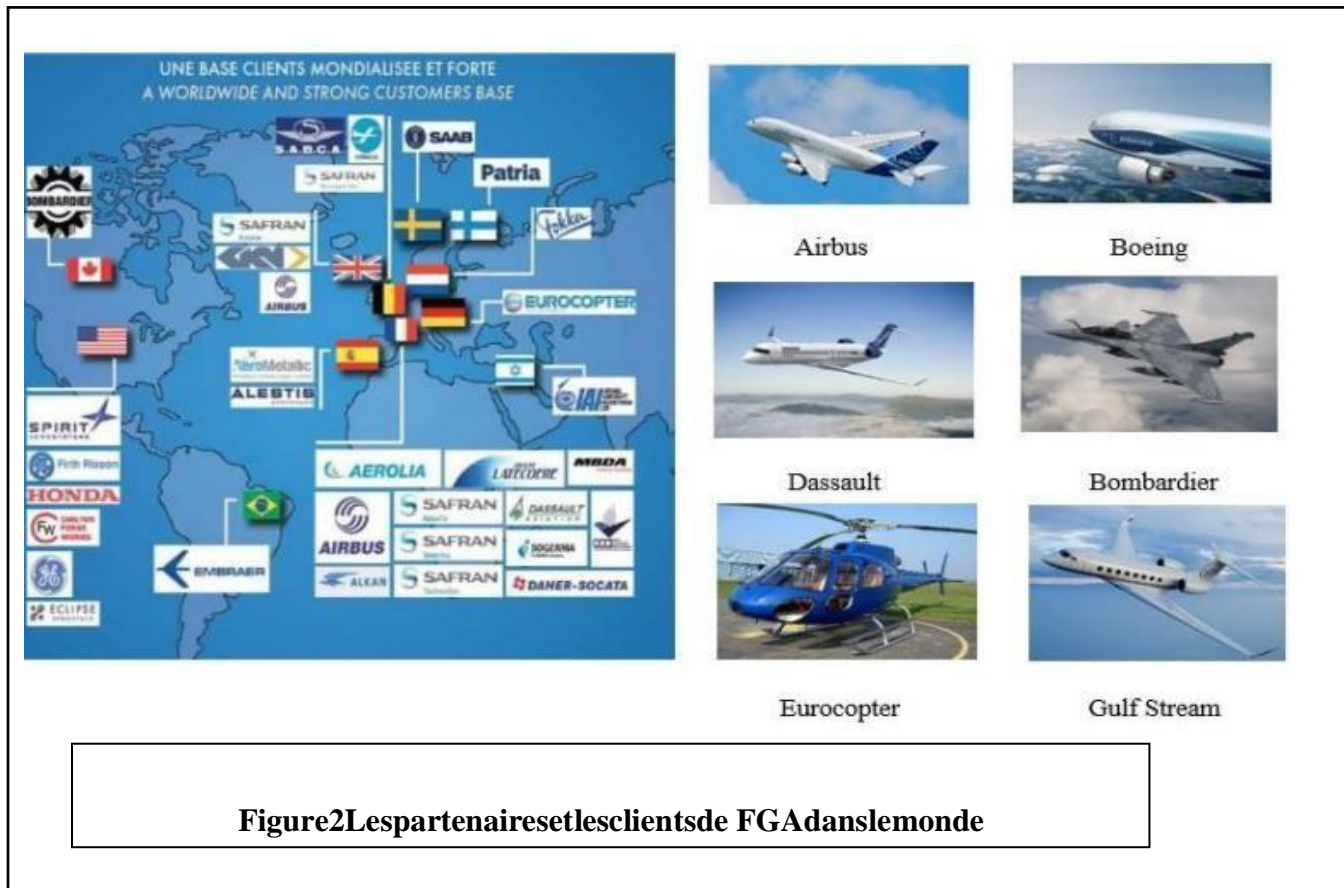
**Tableau 1 : L'historique de FIGEAC-AERO.**

#### **4. Les partenaires et les clients de FGA :**

Pour le développement de son activité, FGA développe une stratégie de diversification au maximum de ses programmes aéronautiques et de ses clients en adoptant un profil de généraliste qui propose une large gamme de produits. Par conséquent, l'entreprise a créé des partenariats avec plusieurs entreprises dans le

domaine aéronautique. Parmi les partenaires de FGA dans le monde entier on peut noter STELIA, AIRBUS, SAAB, SAFRAN, EUROCOPTER....

De plus, FGA fournit ses produits à un grand nombre de clients dans le monde entier



## 5. Présentation de FIGEAC\_AEROTunisie:

L'aéroport de FGA Testune filiale tunisienne de FGA implantée en 2009 à une vingtaine de kilomètres de Tunis Carthage au sein du parc aéronautique EL MGHIRA sur un terrain de 2 hectares comportant un bâtiment de 9000 m².

Sa création est faite grâce à l'obtention d'un nouveau marché qui est lié à une nouvelle activité de FGA, et suite à la demande de STELIA TUNISIE, client de FGA, qui cherchait à implanter à ses côtés des partenaires fournisseurs

FIGEAC-AERO est un acteur leader en Tunisie pour la production des pièces aéronautiques en alliages légers (Aluminium) et métaux durs (Titane & Inox) a implanté une usine performante spécialisée dans la réalisation de :

- Pièces mécaniques petites et grandes dimensions
- Profilés usinés et formés
- Pièces de chaudronnerie

- Assemblagedesous-ensembles.



**Figure3:ParkAéronautiqueELMGIRA**

## **6. L'organigrammedeFGAT:**

La structure organisationnelle de l'entreprise FGAT est supervisée par un conseil d'administration composé d'un directeur général, assisté par différents responsables de départements, notamment ceux en charge de la performance industrielle, des méthodes, des finances, de la qualité, des opérations, des ressources humaines et de la chaîne d'approvisionnement. À des niveaux hiérarchiques inférieurs, il y a des responsables de département pour l'amélioration continue, les moyens généraux, les outils coupants, la division usinage et la division montage et tôlerie, et qui sont soutenus par d'autres niveaux hiérarchiques selon la spécialisation, comme illustré dans la figure 4.



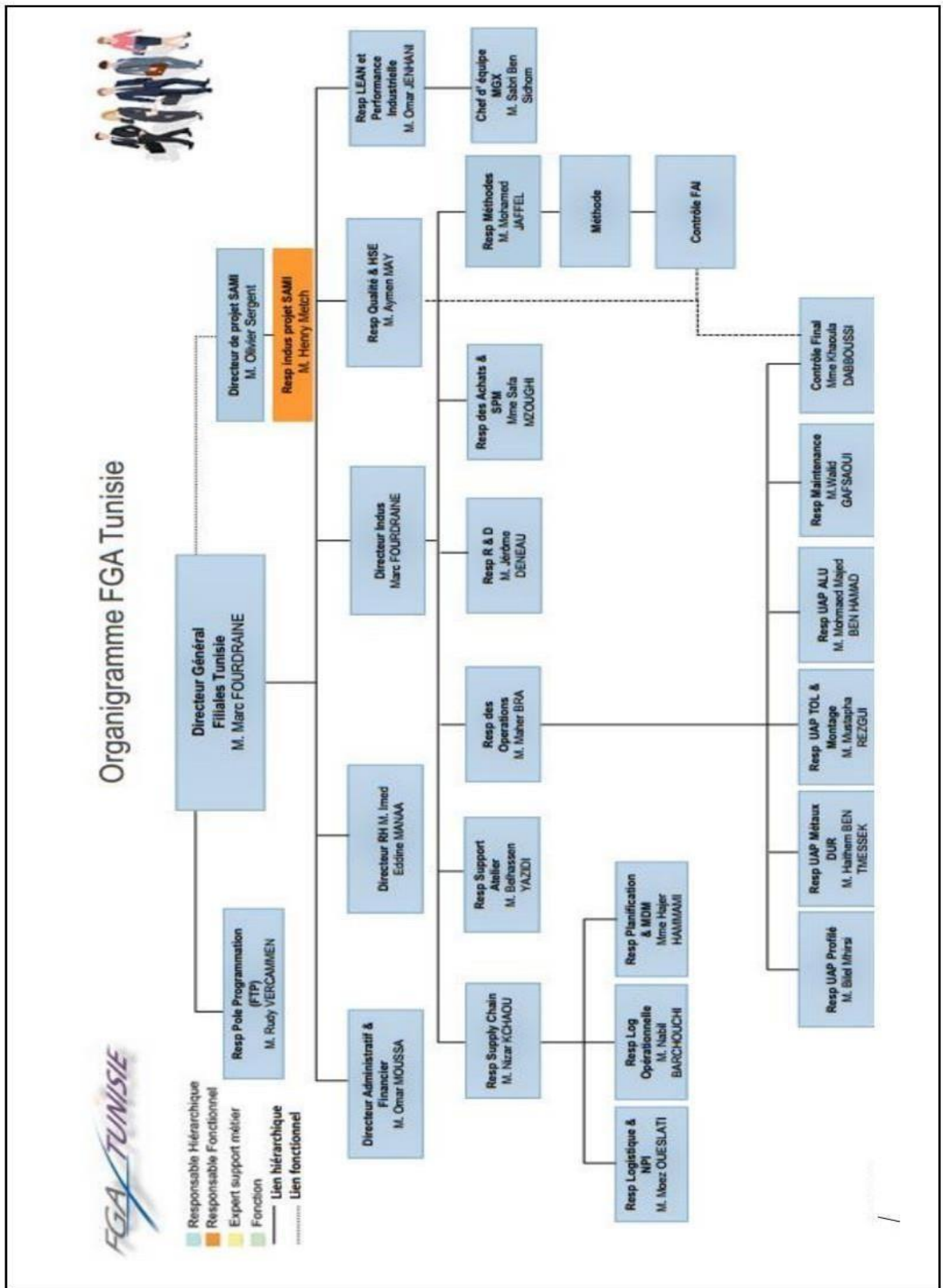
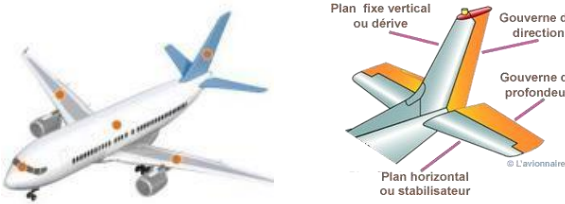



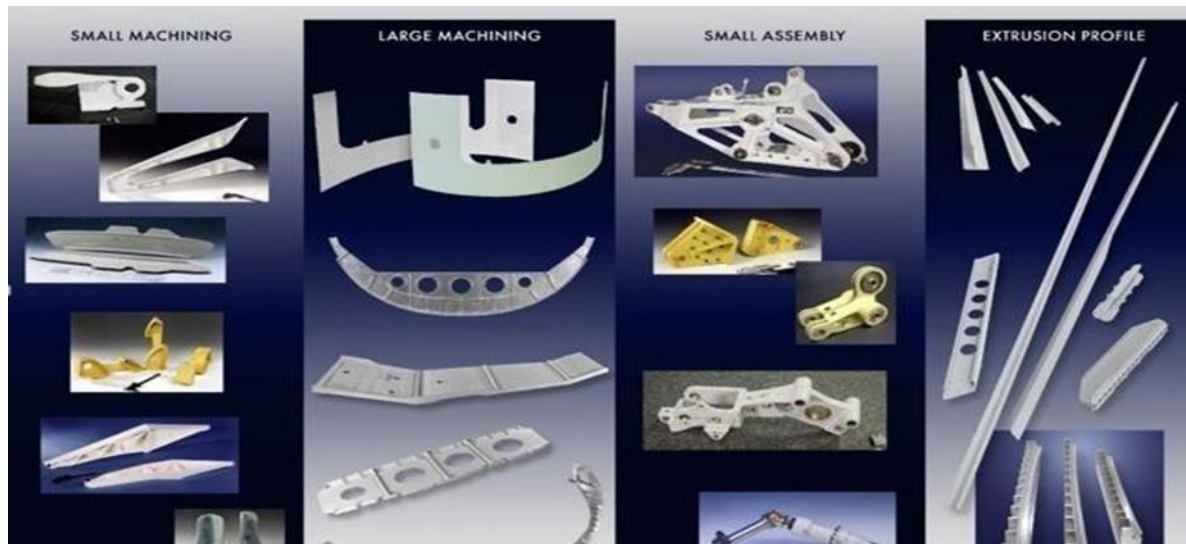
Figure4: Organigramme FGATunisie

## 7. Les produits de FGAT:

L'entreprise intervient dans la fabrication et l'assemblage des pièces de structure aéronautique. Elle possède une variabilité importante au niveau de sa gamme de produits qui est classée en 3 principales familles de produits : petites dimensions (PD), grandes dimensions (GD) et les profilés. Ces diverses familles de produits sont représentées dans le Tableau 2 avec leur emplacement dans l'avion et une petite description du produit.

**Tableau 2: La famille des pièces de Figeac Aero.**

Lafamille du produit	Description	Emplacement
<b>Petites dimensions (PD)</b>	Ce sont des pièces en alliages légers ou métaux durs qui vont servir de soutien ou qui seront complémentaires à des pièces de plus grande taille.	 <p><b>Dans l'empennage de l'avion</b></p>
<b>Grandes dimensions (GD)</b>	Ce sont des pièces de tôlerie de grande dimension grâce à des presses et un savoir-faire reconnu	
<b>Profilés</b>	Elle permet de rigidifier des pièces tôlées de grande envergure avec des jonctions entre plusieurs éléments.	<p><b>Dans le fuselage de l'avion</b></p>



**Figure 5: Exemples de Produits de FGAT**

## 8. Les départements de FGAT:

L'organisation de FGAT se compose principalement de sept départements qui s'occupent du bon déroulement de toutes les activités de l'entreprise, permettant un fonctionnement performant et quasiment autonome. Ces départements sont dirigés par différents responsables.

Voici une présentation de ces départements:

- **Le département Ressources Humaines** est chargé du recrutement, de l'intégration, des formations et du développement des compétences du personnel.
- **Le département Production** est responsable de la gestion des commandes clients et de l'optimisation des performances.
- **Le département Finance** est chargé du développement et de la mise en place des pratiques financières, ainsi que du contrôle de gestion qui affectent directement la santé financière de l'entreprise.
- **Le département Qualité** assure la conformité des produits fabriqués aux exigences des clients et maintient un système qualité fiable.
- **Le département Maintenance** gère les procédures de maintenance, l'amélioration de l'état des équipements de production et leur adaptation aux évolutions technologiques vécues par l'entreprise. Il garantit également le bon fonctionnement des machines.
- **Le département Amélioration Continue** a pour objectif d'améliorer la performance industrielle de l'entreprise.

- Enfin, **le département Logistique & Achat** est chargé de l'approvisionnement en matières premières, de l'alimentation des ateliers de production, de la planification, de la création des ordres de fabrication et de la livraison des produits finis aux clients dans les délais impartis. Il gère également les stocks de matières premières.

## **Conclusion:**

Dans ce chapitre on a présenté le groupe FGA en général en détaillant les sites d'implantation de ses filiales, son historique, ses clients et ses partenaires...



# Chapitre II: Présentation des unités de production de FGAT

## 1. Introduction:

Dans cette partie, on va présenter les différentes UAP dans l'entreprise d'accueil qui se propage sur un terrain de 2 hectares et comporte 6 bâtiments de 1000 m<sup>2</sup>.

## 2. Service production:

FIGEACAERO compte plusieurs ateliers pour effectuer la fabrication des pièces aéronautiques usinées formées et de sous-ensembles, L'usine se compose de 6 ateliers :

- Usinage des pièces de petite dimension
- Usinage des pièces de grande dimension
- Usinage des pièces de profilé
- Usinage des pièces chaudronnerie
- Tôlerie et ajustage des pièces de tôlerie
- Montage Usinage des pièces matheux dures

## 3. Atelier d'usinage petite dimension (UAP):

Dans l'atelier de P-Dim, on fabrique des pièces de petites dimensions. On utilise deux types de machines : les NMV 5000 (7 machines à 5 axes broches verticales) et les NHX 4000 (7 machines à 4 axes à broches horizontales). Par exemple, ces machines sont capables d'usiner des charnières ou des pièces de liaison en aluminium.

### Machine NHX 4000:

C'est un atelier de production qui contient principalement une chaîne d'usinage avec 6 machines NHX 4000

:

- ✓ Cette machine travaille sur 4 axes (X, Y, Z et B) :
  - La broche est mobile sur les axes X et Y
  - La palette se translate suivant Z et tourne suivant B
- ✓ Les courses maximales sont :
  - L'axe X : 560 mm,

- L'axe Y: 560 mm,
- L'axe Z: 660 mm,

La palette peut tourner 360° autour de son axe.

✓ Vitesse de rotation est 20000 tr/min

✓ Puissance de broche: 1.5 KW

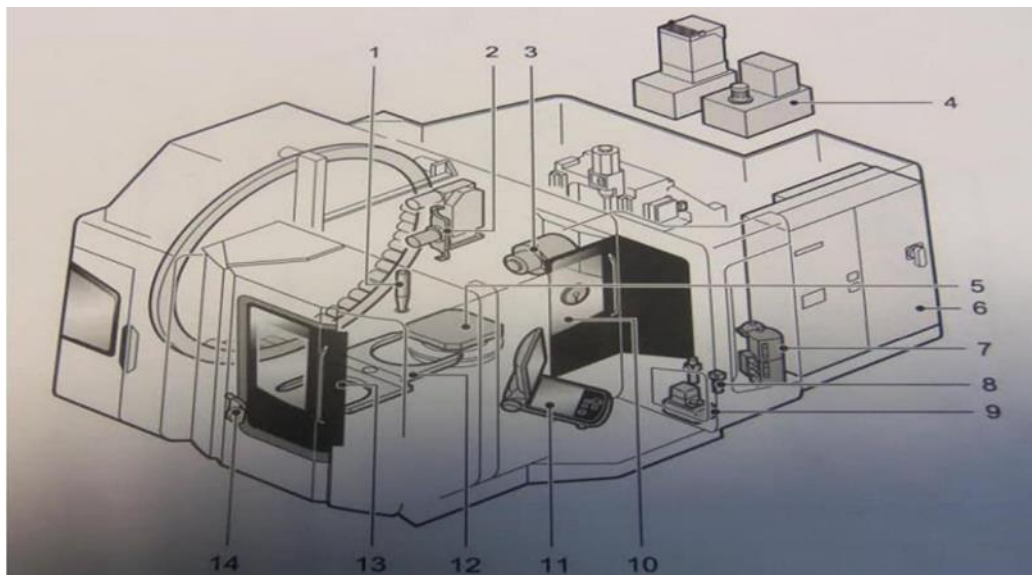
✓ Mise en position de la machine :

Sur la machine NHX 4000 les deux mises en position utiles sont :

- Par équerre: on peut usiner sur les 2 faces
- Par cube: on peut usiner sur les 4 faces



**Figure 6 : Machine NHX 4000**



**Figure7: VueavantNHX4000.**

*Letableau suivantprésente lenomede chaqueélémentde machineindiquedansla figureprécédente:*

<b>1</b>	<b>Voyantlumineux</b>
<b>2</b>	<b>COA</b>
<b>3</b>	<b>Broche</b>
<b>4</b>	<b>Unitéhautepression</b>
<b>5</b>	<b>Table</b>
<b>6</b>	<b>Armoireélectrique</b>
<b>7</b>	<b>Groupehydraulique</b>
<b>8</b>	<b>Dispositifpneumatique</b>
<b>9</b>	<b>Unitédelubrification</b>
<b>10</b>	<b>Fenêtréd'observationdelacelluled'usinage</b>
<b>11</b>	<b>Pupitredecommande</b>
<b>12</b>	<b>CPA</b>
<b>13</b>	<b>Traitlumineux</b>
<b>14</b>	<b>Pistoletd'arrosage</b>

**Tableau3:Nomenclaturede NHX400.**

## NMV-5000:

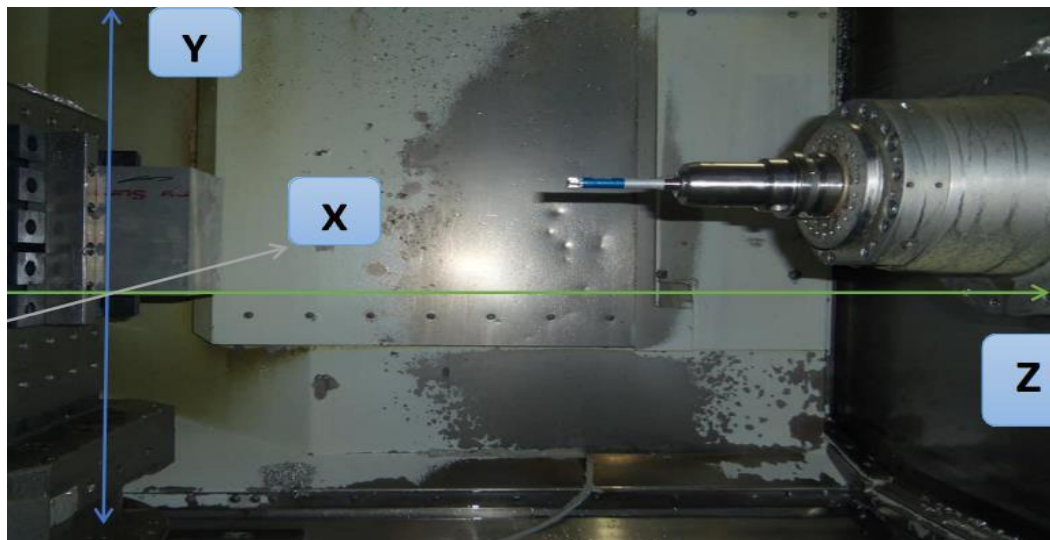
- Définition des axes CN:

C'est un atelier de production qui contient principalement une chaîne d'usinage avec 7 Machines NMV-5000



**Figure 7: NMV 5000**

✓ Cette machine travaille sur 5 axes (X, Y, Z, B et C) :



**Figure 8: Définition des axes CN**

- La broche est mobile sur les axes X, Y et C
- La palette se translate suivant Z et tourne suivant de B

✓ Les courses maximales sont:

- L'axe X: 730 mm,

- L'axe Y: 510 mm,
- L'axe Z: 510 mm,
- La palette peut tourner 360° autour de son axe.

✓ Vitesse de rotation : 20000 tr/min

✓ Puissance de broche: 22 KW

#### **Lestaches réalisées sur NHX et NMV :**

- ✓ Réception de matières
- ✓ Réception des documents (liste des outils + DA)
- ✓ Envoyer des programmes de l'ordinateur vers la machine
- ✓ Changement de cube ou bien équerre selon le DA
- ✓ Montage de l'outillage selon le DA et leur position
- ✓ Envoyer les programmes au serveur et donner de la machine
- ✓ Palpage d'outillage
- ✓ Palatisation
- ✓ Vérification des outils (leur diamètre, longueur utile, longueur totale et leur rayon)
- ✓ Vérification de brut (dimension et matière)
- ✓ Montage de brut
- ✓ Lancement de cycle
- ✓ Lestaches réalisées sur les centres d'usinage NHX et NMV sont les mêmes que celles

Réalisées pour les centres d'usinage NHX sauf que pour les NMV après la vérification des outils on assure le calage des outils (palpage des outils pour mesurer le diamètre et la longueur d'outils) et on n'utilise ni l'équerre ni le cube on place l'outillage directement sur la palette.



**Figure 9: Palpeur et magasin outil.**

#### **4. Atelier d'usinage profilé:**

Il y a 8 machines à commande numérique (CNC) à 4 axes dans cette UAP, spécialisées dans l'usinage des pièces profilées. Cette installation permet de mettre en avant les compétences de FGAT et de démontrer son excellence, car elle est unique en Afrique et dans le monde arabe.

##### **Réception de la matière première:**

La Matière Première réceptionnée est sous forme de barres généralement de même longueur et de différentes formes.

Cette matière est transférée par Figeac France et accompagnée par des fiches suivies contenant les ordres de fabrication correspondant à chaque matière, l'ordre de fabrication et la quantité des barres exigées en millimètres.

##### **Machine five cinétique:**

C'est un atelier de production qui contient principalement une chaîne d'usinage avec 6 machines five cinétique

Cette machine est utilisée dans l'usinage des profilés de longueurs généralement entre 4 et 5 m.

✓ Cette machine travaille sur 4 axes (X, Y, Z et A),

✓ Vitesse de rotation est 24000 tr/min

✓ Puissance de broche: 12 KW

✓ Les courses maximales sont:

- L'axe X: 600 mm,

- L'axe Y: 530 mm,

- L'axe Z: 200 mm,

Le centre d'usinage grande vitesse Forestliné MGP 150 est dédié à l'usinage des pièces aéronautiques courtes ou longues, il a été développé pour un usinage comportant les opérations suivantes :

O Perçage, lamage, chanfreinage O

Fraisage

O Détourage

O Usinage en bout

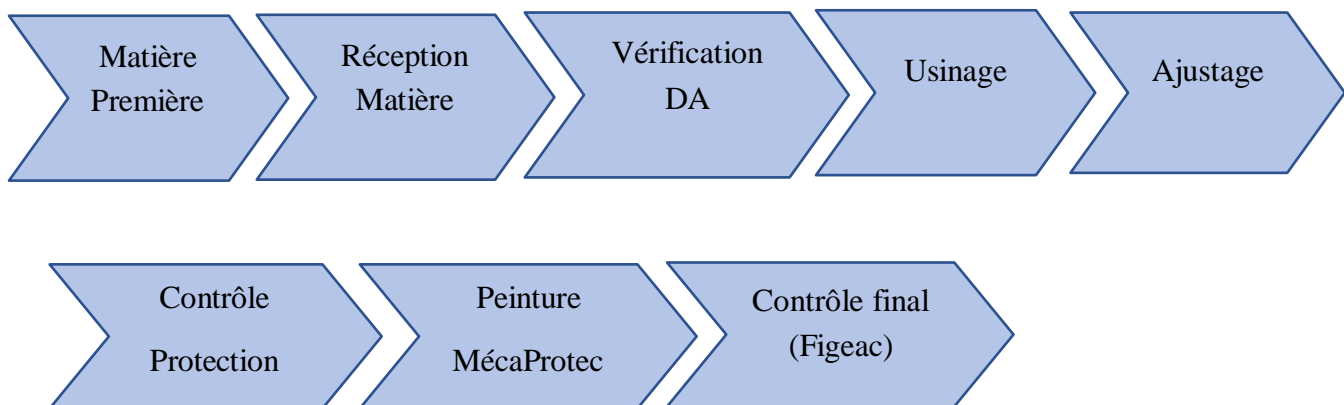
Cette machine permet l'usinage de barres dont la section est inscrite dans un diamètre de 150 mm et la

longueurs de 6m et plus selon les supports installés en bout de machine.

La conception et la configuration de la machine est celle d'une fraiseuse/perceuse à bâtis fixe. On représente ci-dessous la figure du MGP150.



**Figure 10: Machine five cinétique**



## **5. Atelier d'usinage métaux durs:**

Dans l'atelier métaux durs, on usine des pièces en métaux durs. On utilise 6 machines de type clock MCM à 5 axes à broches verticales. Une chaîne automatisée contenant tous les outils de coupe nécessaires et sont distribués à toutes les machines selon la demande. L'atelier comprend aussi 3 machines NH4/D à 4 axes. A titre exemple, ces machines usinent des pièces moteur formées en Titane.





**Figure11:MachineMCM**

## **6. Atelier d'usinage grand dimension (GDim):**

Atelier d'usinage grandes dimensions (UAP):

Dans l'atelier de G-Dim, on fabrique des pièces de grandes dimensions. On utilise deux types de machine MINUMAC ET V2 .

Machine MINUMAC:

C'est un atelier de production qui contient principalement 2 machines MINUMAC

✓ Cette machine travaille sur 5 axes

✓ Les courses maximales sont:

- L'axe X: 6000 mm,
- L'axe Y: 4500 mm,
- L'axe Z: 1200 mm,

✓ Vitesses de rotation est 24000 tr/min

✓ Puissance de broche: 45 KW





**Figure12 :MachineMCM.**

### **MachineV2:**

- Cettemachine travaille sur 3 axes(X,Y,Z),
- Vitessederotation: 15000tr/min
- Puissancedebroche :26kw



**Figure13:MachineV2**

## 7. UAPmontage:

Cette UAP est consacrée à l'assemblage des pièces usinées ou qui ont subi un traitement de surface chez un prestataire externe. Elle est constituée de 6 sous unités: un magasin Kitting, une zone de contrôle, une zone de montage T11, une zone de montage caisson, une zone de montage PD et une zone de montage GD.



**Figure14: Atelier de montage.**

## 8. SECTEUR POLYVALENT:

Se sont des secteurs complémentaires qui fournissent des actions nécessaires pour compléter l'usinage (préréglage, ajustage) et pour contrôler le produit fini.

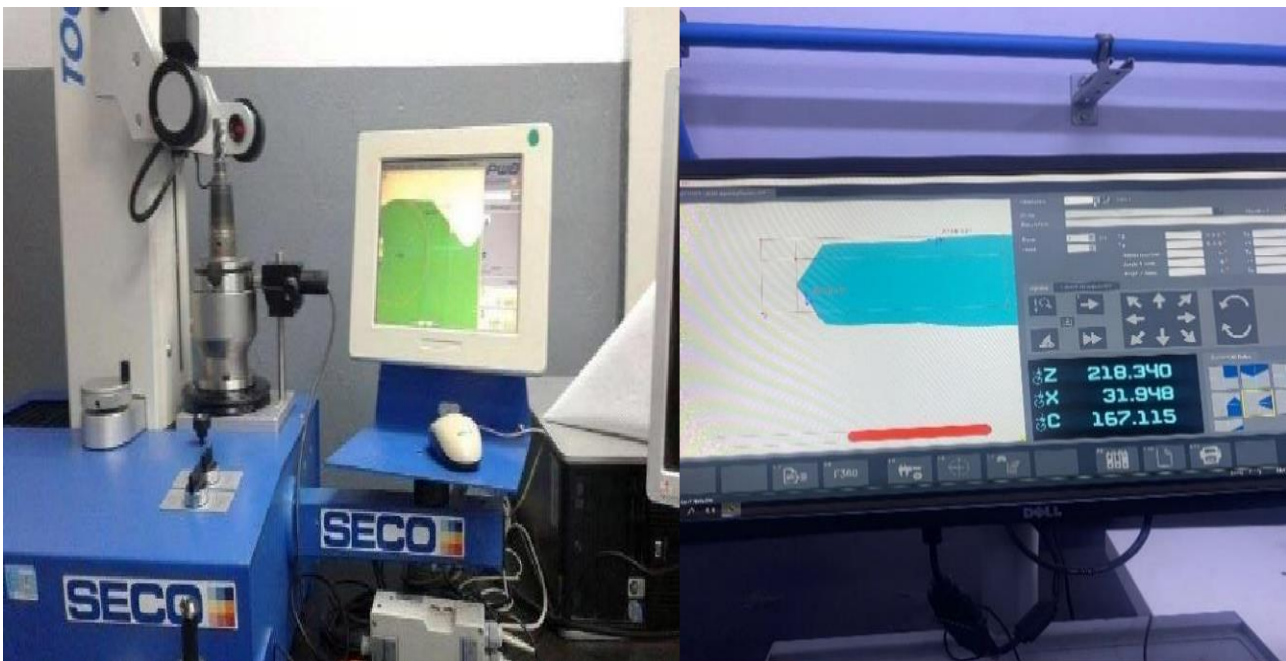
### **Préréglages:**

Le préréglage a un rôle très important il fournit à toutes les machines de l'entreprise et les outils nécessaires et convenables. Et les principales tâches au préréglage sont :

- Démonter les plaquettes usées du tour et de la fraiseuse
- Monter les nouvelles plaquettes (ou monter les anciennes plaquettes en gardant l'arrêt tranchant en bonne état en position d'usinage et celle usée masquée)
- Changement des fraises et des forets par frettage ou par pince (banc de frettage)
- Mesurer les dimensions de l'outil par une machine de mesure d'outil (zoller)
- Nettoyage, dégraissage et protection des outils par le dégriffant.



**Figure15:Bancdefrettage**







**Figure16: Zoller.**

### ***Posted'ajustage:***

Cette tache consiste à améliorer de surface par l'enlèvement des bavures et les opérations de finition. Les opérateurs doivent vérifier les différentes cotes des pièces avantdelesajuster.Cestechniquespermettentainsid'obtenirunbeauétatdesurface sur les pièces. Les principaux mate riels de l'ajustage sont :



Instruments d'ajustage	Image	Fonction
Ébavureuse		Enlever l'excès de métal, ou «bavure» d'une pièce (trous).
Vibreuse		Enlever les rayures, les ressauts et toutes traces sur la surface.
Rouleaux		Lisser les rayons
Cent mile (cassage d'angle)		Cassage d'angle

**Tableau 4: Instruments d'ajustage**

### Atelier de contrôle:

Dans l'entreprise FIGEACAERO, l'atelier de contrôle a pour rôle de déterminer si les pièces aéronautiques fabriquées respectent les spécifications requises. Ce processus inclut la prise de

décisions concernant l'acceptation, le rejet ou la retouche des produits. Trois types de contrôles sont effectués :

### **A. Contrôle FAI (First Article Inspection):**

Ce contrôle consiste à vérifier la première pièce produite afin de valider le processus de fabrication. Si des défauts sont détectés, cela peut entraîner des ajustements dans la programmation, les gammes d'usinage, les dossiers d'approvisionnement ou l'outillage afin de corriger les problèmes et garantir la qualité de la production.

### **B. Contrôle de série:**






Lors de ce contrôle, un échantillon de pièces issues de l'ordre de fabrication (OF) est vérifié pour s'assurer qu'elles sont conformes aux exigences du client, telles que définies dans le dossier atelier (DA) et la gamme de contrôle. Cette étape implique la mesure de dimensions avec divers instruments et le contrôle de l'état de surface des pièces.

### **C. Contrôle final:**

Ils s'agit d'un contrôle visuel portant principalement sur l'aspect esthétique des pièces. Ce contrôle vérifie l'état de surface, la peinture et la forme des pièces, qui peuvent être altérés pendant le stockage ou le transfert d'un poste à un autre.

### **D. Les instruments de contrôles:**

Voici quelques instruments de mesure que j'ai utilisés au cours de l'opération de contrôle :

Instruments desmesure	Image	Fonction
<b>Pied à coulisse</b>		C'est un outil qui mesure très précisément une longueur. Le pied à coulisse se compose d'une tête fixe et d'une autre coulissante. Cet instrument est très utilisé en mécanique, il permet de mesurer facilement les cotes extérieures d'une pièce ou le diamètre d'un alésage.
<b>Jauge de profondeur:</b>		C'est un instrument de mesure de petites profondeurs. Cet outil sert à mesurer la distance qui sépare la tête de la jauge et de la cale coulissante.
<b>Auditest (calibre d'épaisseur):</b>		C'est un instrument de contrôle qui permet, en serrant entre deux palpeurs l'objet à mesurer, de vérifier son épaisseur.
<b>Tampon:</b>		Calibre cylindrique lisse ou fileté, utilisé pour la vérification des dimensions d'un trou à paroi lisse (alésage) ou fileté (taraudage).
<b>Rapporteur d'angles</b>		Le rapporteur d'angle est un instrument de mesure utilisé pour tracer et vérifier des angles avec précision.

## Pige



■ C'est un outil de mesure de diamètre. Les piges sont utilisées mesurer toutes les tailles de perçage, de filetage ou d'alésage, les piges sont proposées en jeu dans des coffrets avec des diamètres allant de 0.20 millimètres à 14 millimètres.

**Tableau 5: :Instrument des mesures.**

# Chapitre III: Étude de cas

## 1. Introduction:

Lors de mon stage au sein de l'entreprise FIGEAG AERO TUNIS, spécialisée dans la fabrication de pièces mécaniques aéronautiques de petites dimensions, j'ai été chargé d'étudier et d'optimiser le processus de production d'une pièce spécifique. L'objectif principal était de réduire le temps de cycle de production, tout en améliorant la qualité du produit final. Pour ce faire, j'ai utilisé l'outil Value Stream Mapping (VSM), qui permet d'analyser les flux de production et d'information afin d'identifier et d'éliminer les gaspillages.

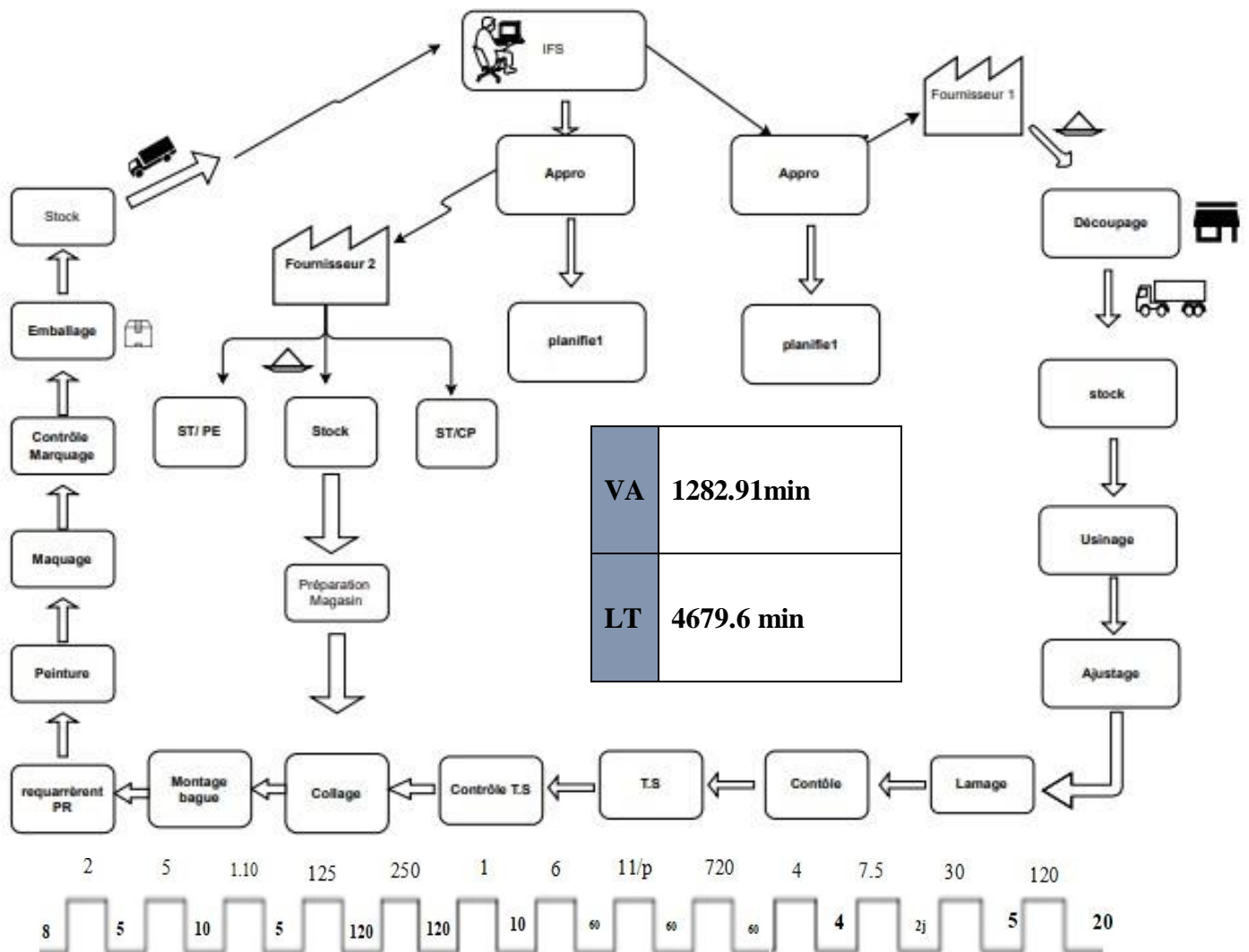
## 2. Définition de la Value Stream Mapping (VSM):

La Value Stream Mapping (VSM) est un outil méthodologique qui permet de cartographier les flux de valeur au sein d'un processus de production. Elle aide à identifier les étapes créatrices de valeur et celles générant des gaspillages, afin d'optimiser le processus global et de réduire les délais de fabrication.

### Description du Processus Actuel:

Dans ce Value Stream Mapping (VSM), le système IFS gère l'approvisionnement et la planification afin d'assurer la disponibilité des matières premières, transportées par voie terrestre ou maritime. Une fois reçues, ces matières passent par une première étape de découpage, suivie d'un stockage temporaire avant l'usinage. Après cette phase, les pièces subissent un lamage, une opération essentielle pour ajuster ou élargir les trous afin d'assurer leur compatibilité avec les fixations requises. Parallèlement, un second fournisseur livre d'autres composants qui transitent par ST PE et ST CP, avant d'être stockés en vue de leur intégration dans le processus d'assemblage. Avant cette étape, les pièces usinées passent par plusieurs contrôles qualité, notamment le contrôle T.S (technique spécifique), garantissant leur conformité. Ensuite, elles sont assemblées, collées, peintes, marquées et emballées avant leur expédition.





**Figure17 :Organigrammede processus.**

### **Définitiond’activitésàvaleurajoutée:**

La valeur ajoutée fait référence à la valeur qui est ajoutée à un produit à chaque étape de sa production ou transformation. C'est la différence entre la valeur d'un produit fini et la valeur des matières premières ou des composants utilisés pour le produire.

### **Définitiondeleadtime:**

Le Lead Time désigne le temps total qu'il faut pour qu'une commande passe du début à la fin du processus de production. Il inclut toutes les étapes, de la réception de la commande jusqu'à la livraison du produit au client. Le Lead Time comprend :

- Le temps de traitement

- Letempsd'attente
- Letempsde transport

## 2.4 Définition de TakTtime:

LeTaktTimeestletempsnécessairepourproduireuneunitéafinderépondreàlademandedu client, en ajustant le rythme de production. Il est calculé en divisant le temps de production disponible par la demande du client, permettant ainsi d'optimiser la production et d'éviter les gaspillages.

## 2.5. Calcul de pourcentage de valeur ajoutée:

Voici la formule pour calculer le pourcentage de valeur ajoutée:

$$\text{Pourcentage de VA} = \left( \frac{\text{Temps de VA}}{\text{Temps total du processus}} \right) \times 100$$

Avec les valeurs fournies:

• Temps de VA = 1282,91

Temps total processus = 4679,6

$$\text{VA} = \left( \frac{1282,91}{4679,6} \right) \times 100$$

Pourcentage de VA =  $0.274 \times 100 = 27,4\%$

Cela signifie que seulement 27,4% du temps de production est réellement consacré à la création de valeur pour le client, tandis que les 72,6% restants sont gaspillés dans des activités non à valeur ajoutée.

Après l'analyse précédente, j'ai constaté que la cause première de cette perte de temps est l'opération de lavage manuel.

### 3. Problèmes Identifiés:

Voici les problèmes observés:

- **Temps de cycle élevé:** Le lamage manuel prend un temps considérable, ce qui retarde l'ensemble du processus.
- **Risque de rebut élevé:** L'opération manuelle, malgré l'expertise des opérateurs, peut entraîner des erreurs, augmentant ainsi le risque de rejet des pièces.
- **Variabilité des résultats:** La précision du lamage dépend fortement de l'opérateur, ce qui entraîne des variations dans la qualité des pièces.



Figure 18: Outillage alésage manuel

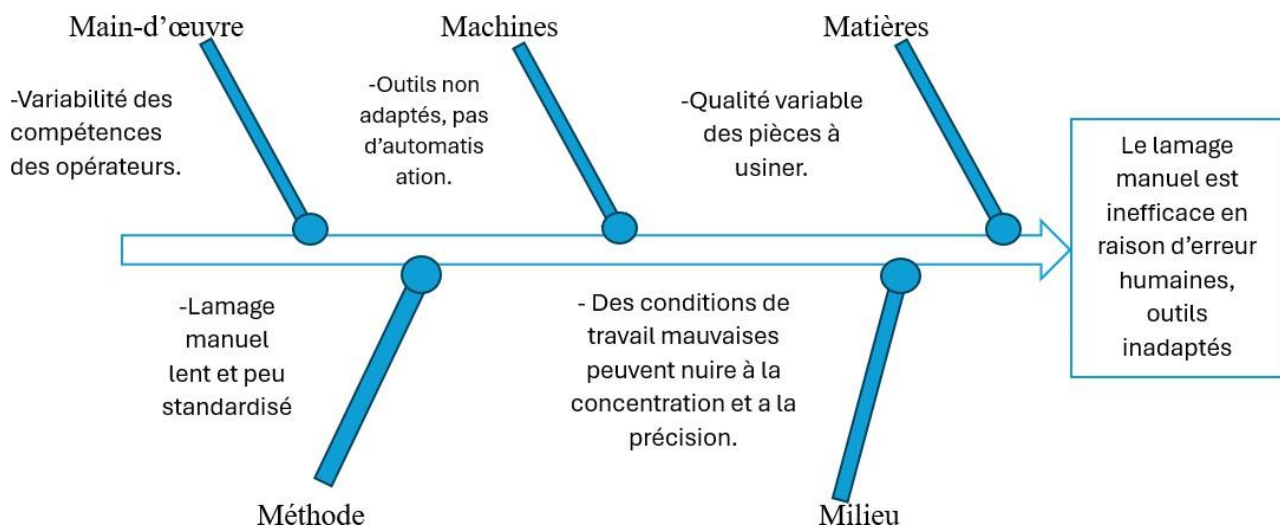
### 4. Déterminer les causes racines du problème:

#### Par la méthode des 5 M

##### A) Définition:

Les 5M sont un outil d'analyse utilisé pour identifier les causes potentielles d'un problème dans un processus de production ou un système. Chaque "M" (Main-d'œuvre, Machine, Matières, Méthode, Milieu.) représente un facteur clé qui peut influencer le résultat final.

## B) Application:



**Figure19:Méthode5M**


- Une fois ces causes potentielles identifiées, la méthode des 5 Pourquoi permet de creuser plus en profondeur, en posant la question (POURQUOI).

## Analyse par la méthode des 5 pourquoi:

### A) Définition:

La méthode des 5 pourquoi, est un outil utilisé dans la résolution de problème. Elle permet d'identifier les causes fondamentales d'un dysfonctionnement ou d'une situation problématique afin de pouvoir proposer des solutions efficaces et définitives.

### B) Application :

	Qu'est-ce que génère le problème ? Leamage manuel provoque des problèmes (rebuter la pièce) et augmenter le temps de cycle
Pourquoi	Parce que ça prend beaucoup de temps et il y a souvent des erreurs
Pourquoi	Parce que c'est un travail très précis qui dépend beaucoup des personnes
Pourquoi	Parce que leamage fait à la main et il faut être très attentif à chaque détail
Pourquoi	Parce que cette pièce est une surmachine NH4 axes ce qui rend leamage difficile à réaliser automatiquement
Pourquoi	Parce que la configuration de la machine ne permet pas de faire leamage avec précision sur cette pièce

**Tableau 6: Application de méthode 5 pourquoi.**

## 5. Exemple de pièce rebut:

On prend comme exemple une pièce rebutée à cause d'un dommage, comme l'indique la figure

Suivante. Nous avons une cote hors minimum, ce qui rend la pièce non conforme

FORMULAIRE				Relevé atelier		Page	
Echantillonnage	N°OP	Gamme de contrôle	Indice	Imprimé le			
25%		E5323148620001_NH4ETUN	1	Mardi 28 Janvier 2025			

COTE	Max/Min	Obs.	INSTRU	Lieux	Pièce N° 1	Pièce N° 5	Pièce N° 11	Pièce N° 10	Pièce N° 13	Pièce N° 14
0,5x45°		Quel 2 sur 0 E2	PC	NH4ETUN	0,50x45°	0,50x45°	0,50x45°	0,50x45°		
56,0 ±0,25	+0,11		CE	NH4ETUN	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme		
1x45° 0,1	-0,1	Valable sur chaque oreille	PC	NH4ETUN	1x45°	1x45°	1x45°	1x45°		
1x45° 0,1	-0,1	Valable sur chaque oreille	PC	NH4ETUN	1x45°	1x45°	1x45°	1x45°		
123,0 0,4	-0,4		PC	NH4ETUN	123,01	123,2	123,31	123,05		
10,0 0,2	-0,2	LAMAGE	OD	AJUSTAGE	10,01	10,04	9,78	10,08		
10,0 0,2	-0,2	LAMAGE	OD	AJUSTAGE	10,02	10,10	9,60	10,04		
Ø 3,2 0,1	-0,1		PIGES	NH4ETUN	3,2 con	Conforme	Conforme	Conforme		
Ø14R2		x2 LAMAGES SUIVANT SdP	VISUEL	NH4ETUN	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme		
VISUEL				NH4ETUN	Trac. outil	Trac. outil	Trac. outil	Trac. outil		
RESULTAT NMV		Résultat : RAS ou CIP en précisant le N° de la CIP, valable pour chaque pièce		NH4ETUN	Conforme	RAS	RAS	RAS		
A / DATE		Viser et dater chaque pièce		NH4ETUN	08/01/2025	08/01/2025	08/01/2025	08/01/2025		

Résultat (Conforme / Non conforme ou FNC, ...)  
 >>> CASE RESERVE CONTROLE  
 VISA (initiales + date)

**Figure 20: Gamme de contrôle**

La pièce est rebutée à cause de l'emplacement duamage et d'une réalisation manuelle, ce qui nécessite beaucoup de temps et manque de précision, entraînant ainsi un taux élevé de pièces

rebutées. Cette figure représente leamage d'une pièce réellementrebutée



Figure21 :Pièce rebu.

## 6. Recherchedansl’armoirededocumentsatelier(DA):

Jecherchedanslesdocumentsd’atelier(DA)d’autrespiècessimilairesàcelleétudiée, où l’opération de lamage est réalisée manuellement.

Ils'avèrequ'il ya plusieurspiècesdansce cas:

	A	B	C	D
1	Référence	Diametre	Nombre	Perçage
2	D5311049220000_NMVTUN	15R2	3	4
3	D5313575520000_NH4XTUN	13R2	1	4
4	D5323194820000_NMVTUN	14R2	2	8
5	F531310022001_NH4ETUN	18R2	1	10
6	D5311965120001_NMVTUN_	14R2	2	6H7
7	E5323148620001_NH4ETUN	14R2	2	6H7
8	D5313573020000_NH4TUN	13R1	3	4

Figure22 :Référencedes articlesdans labasededonnées





**Figure 23: Armoire de documents at atelier.**

## **7. Proposition de Solution:**

Après cette analyse, et considérant que j'étudie dans le domaine de la conception et de la fabrication mécanique la solution que j'ai proposée consiste à automatiser l'opération de lamage en utilisant une machine CNC équipée d'un outil spécial de lamage en tirant (Spot back facing



**Figure 24: outil Spot back facing**

### **7.1 Introduction de l'outil:**

L'outil de lamage en tirant est utilisé dans les machines CNC pour agrandir un trou existant tout en créant un rayon précis au fond du trou. Il permet d'obtenir un lamage de haute précision, avec un diamètre élargi et une finition lisse, idéale pour des pièces nécessitant une grande exactitude, comme dans l'aéronautique ou l'automobile. L'outil assure une coupe stable et un contrôle précis de la profondeur et de la forme du trou.

## **7.2. Analyse du dimensionnement:**

Le porte-outil HSK 63 de 60 mm de longueur est monté sur la machine NH4000. Ce porte-outil est conçu pour garantir une fixation stable et précise sur la broche de la machine. Une fois installé, l'outil est positionné avec une précision maximale, ce qui est essentiel pour l'usinage de haute qualité.

La tige de l'outil, d'un diamètre de 6 mm, est insérée dans le trou de perçage 6H7, créant ainsi une correspondance parfaite entre le diamètre de l'outil et celui du trou à percer. L'outil est positionné à une profondeur définie par la programmation, tout en restant stable grâce à son porte-outil.

✦ **Usinage du Lamage Intérieur:**

Lorsque l'outil est mis en mouvement, la partie coupante de 4 mm de large entre en action pour élargir progressivement le diamètre du trou initial. Le mouvement de l'outil, contrôlé par la machine NH4000, permet de réaliser un lamage propre et précis, en ajustant le diamètre à 14 mm tout en respectant les tolérances de forme.

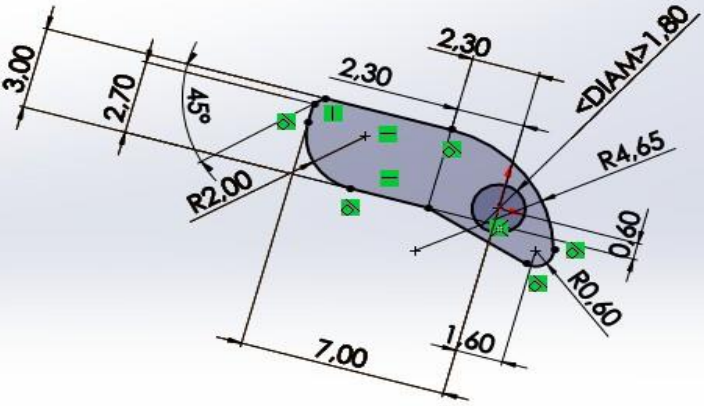
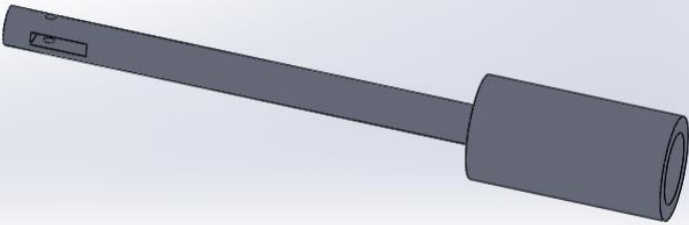
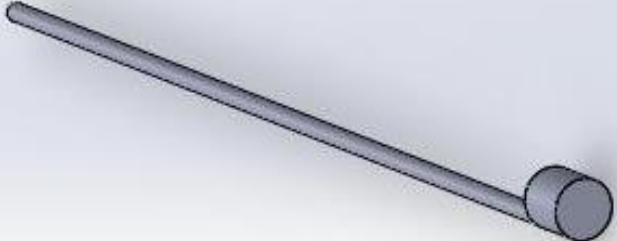

✦ **Création du Rayon au Fond du Trou (R2):**

L'un des éléments clés du fonctionnement de cet outil est la création d'un rayon de 2 mm (R2) au fond du trou. Grâce à la géométrie de la partie coupante, l'outil ajuste l'angle et la trajectoire de coupe pour obtenir ce rayon au fond du trou. Une forme lisse et régulière.

## **Conception de l'outil:**

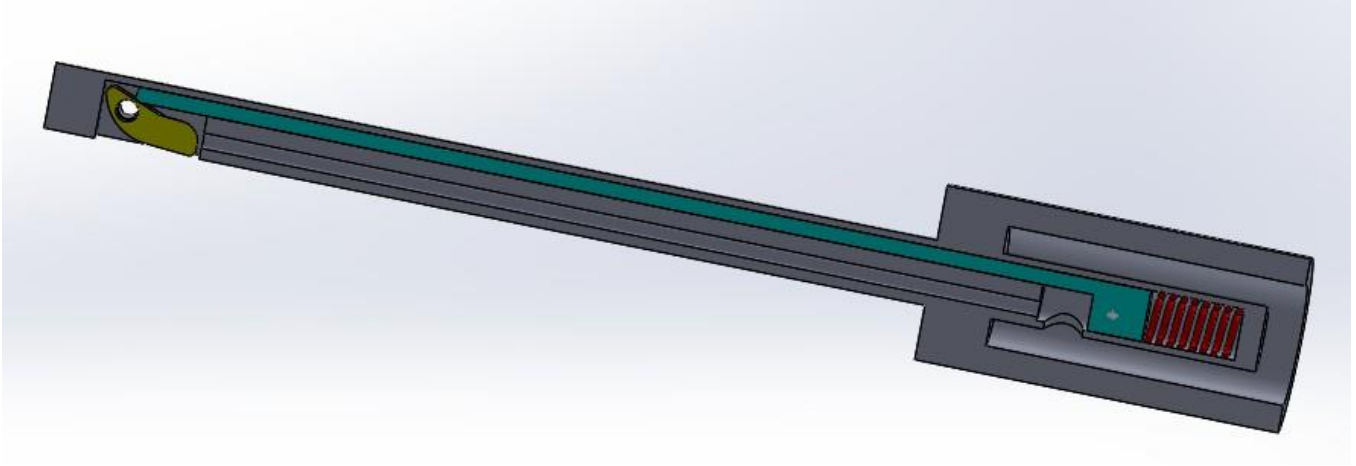
Dans cette partie, on va présenter les étapes de la conception de l'outil en expliquant leurs fonctionnements.



<p>L'âme(plaquette)</p> <p>C'est la partie fonctionnelle en contact direct avec la matière. La distance de 7 mm est la plus importante pour obtenir un lamage de 14 mm de diamètre. Un bossage de 2 mm d'épaisseur est également réalisé</p>	
<p>La tige</p> <p>Il joue le rôle de porte-plaquette et conduit le lubrifiant. Sa cote critique est un diamètre de 6 mm</p>	
<p>Le piston</p> <p>C'est un élément introduit dans cette conception pour permettre l'ouverture et la fermeture de la plaquette à l'aide d'un ressort et du lubrifiant</p>	
<p>L'outil final</p> <p>Il est composé de la tige, de la plaquette, du ressort, du piston et du porte-outil, qui est un élément standard de la machine NH4000</p>	

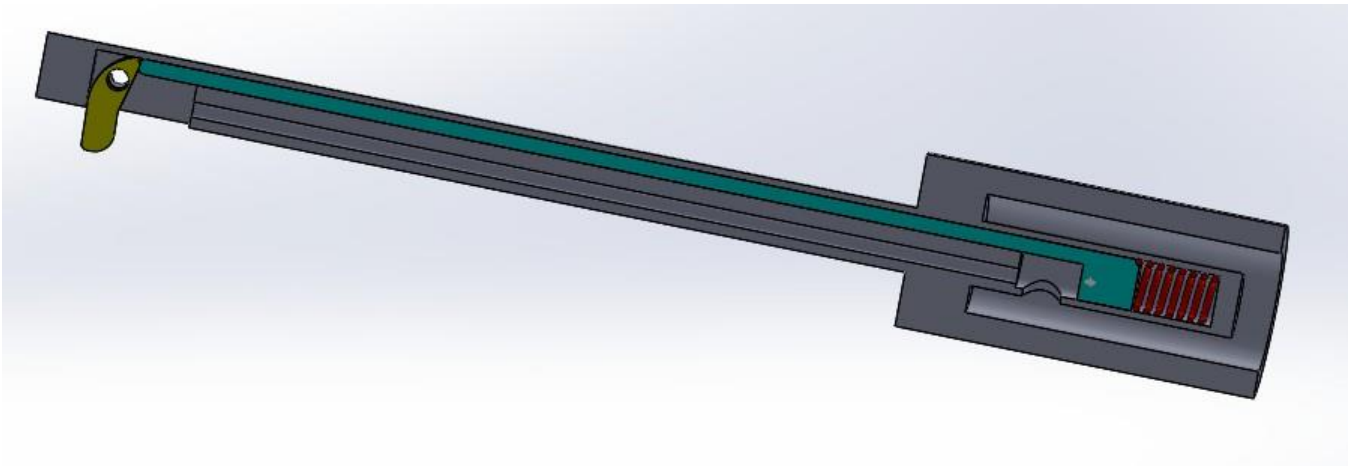
## Fonctionnement:

À l'état initial, la plaquette est fermée par la force exercée par le ressort sur la tige, qui est en contact direct avec la plaquette. Cet effort du ressort sur le piston permet son déplacement, par la suite la rotation de plaquette comme le montre la figure suivante



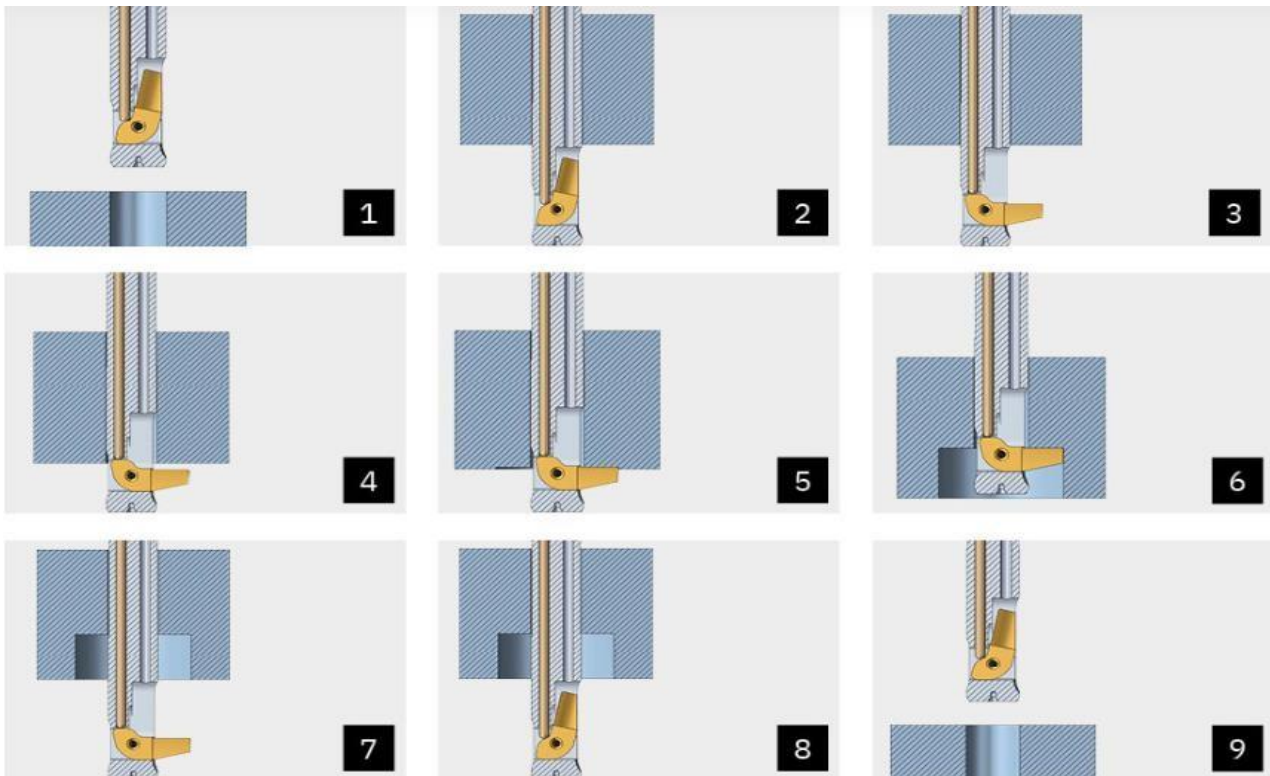
**Figure 25: Vue en coupe de la position initiale.**

Dans le deuxième état, la plaquette est ouverte en raison du lubrifiant qui est entré dans la conduite et exerce une pression sur la surface supérieure du piston. Cela génère un effort sur le ressort, ce qui permet à la plaquette de se libérer. Ainsi, le lubrifiant pousse la plaquette pour obtenir la position de travail, comme l'indique la figure suivante.



**Figure 26: Vue en coupe de la deuxième position.**

## Description des étapes du processus

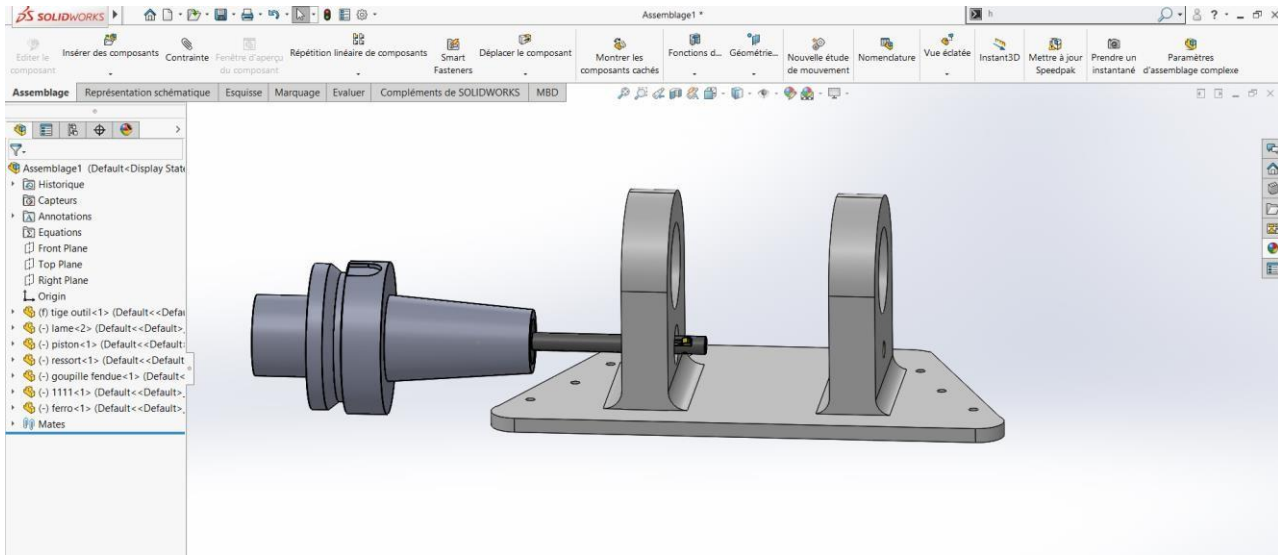


**Figure 27 : Description des étapes du processus**

L'outil se déplace par avance rapide devant le trou. En activant le liquide de refroidissement interne, la pression exercée sur le pion de blocage permet au couteau de se replier. Il est également possible d'activer le couteau à l'aide d'air ou en tournant la bague d'activation manuelle. L'outil traverse le trou dans cet état.

Ensuite, le couteau est basculé vers l'extérieur par la désactivation du liquide de refroidissement interne et l'activation de la rotation de la broche. En avance de travail, la face arrière du trou est alors pourvue d'unamage. Une fois le couteau dans la coupe, le liquide de refroidissement interne est réactivé.

Lorsque l'outil a atteint la profondeur deamage souhaitée, le liquide de refroidissement interne est arrêté. Il sort ensuite duamage et la broche s'arrête. L'activation suivante par réfrigérant interne assure le repli du couteau, ce qui permet de sortir du trou en toute rapidité et avec le réfrigérant interne activé (le cas échéant).



**Figure28 :ScreenshotSolidWorksde l'outiletlapieçe**

Dans le cadre de l'étude de coupe pour l'outil concerné, on contacté le fournisseur afin d'obtenir les paramètres d'usinage optimaux. Celui-ci nous a fourni un tableau récapitulatif contenant les principales données :

- Vitessedecoupe (VC)
- Vitessed'avance (F)
- Autres paramètres spécifiques

Mindestdrehzahl beachten  
Pay attention to minimum speed rate

Werkstoff Material	Schnittgeschwindigkeit $v_c$ (m/min.) Cutting speed $v_c$ (m/min.)	Vorschub $f$ (mm/U) Feed $f$ (mm/rev.) abhängig von Bohr-Senkverhältnis depending of ratio bore-counterbore
Unlegierter Stahl < 700 N/mm <sup>2</sup> unalloyed steel < 700 N/mm <sup>2</sup>	50 - 100	0.03 - 0.1
Unlegierter Stahl > 700 N/mm <sup>2</sup> unalloyed steel > 700 N/mm <sup>2</sup>	50 - 100	0.03 - 0.08
legierter Stahl < 800 N/mm <sup>2</sup> alloyed steel < 800 N/mm <sup>2</sup>	50 - 100	0.03 - 0.08
legierter Stahl > 800 N/mm <sup>2</sup> alloyed steel > 800 N/mm <sup>2</sup>	40 - 80	0.03 - 0.08
Werkzeugstahl > 1000 N/mm <sup>2</sup> tool steel > 1000 N/mm <sup>2</sup>	25 - 50	0.03 - 0.06
Werkzeugstahl < 1000 N/mm <sup>2</sup> tool steel < 1000 N/mm <sup>2</sup>	35 - 70	0.03 - 0.08
Grauguss > 250 HB gray cast iron > 250 HB	40 - 80	0.04 - 0.1
Grauguss > 350 HB gray cast iron > 350 HB	35 - 70	0.03 - 0.1
Stahlguss mittlere Fertigkeit cast steel middle skill	35 - 70	0.03 - 0.08
Kugelgraphitguss nodular cast iron	35 - 70	0.03 - 0.1
Aluminium aluminium	100 - 200	0.03 - 0.1
Titanlegierungen titanium alloy	30 - 50	0.03 - 0.1

Bitte beachten Sie, dass die Schnittwerte nur Richtwerte sind. Sie können nach oben wie nach unten hin angepasst werden.  
Please note that the cutting values are standard values only. They can be adjusted both upwards and downwards.

**Figure29:documentdefournisseurde l'outil**

## 8. Les avantages:

- Réduction du temps de cycle: L'automatisation du processus permettrait de réduire le temps de l'opération de lavage, rendant l'ensemble du processus de production plus rapide et plus efficace.
- Amélioration de la qualité : cet outil permettrait d'obtenir une précision constante, réduisant ainsi les erreurs humaines et le risque de rejet des pièces. La machine effectuerait l'opération avec une régularité que l'humain ne peut garantir à chaque cycle.
- Réduction du rebut: En éliminant la variabilité liée à l'opération manuelle, la production deviendrait plus fiable et moins sujette à des défauts, ce qui diminuerait le taux de rejet.
- Augmentation de la productivité : L'automatisation libère du temps pour d'autres tâches et permet à l'entreprise d'augmenter sa capacité de production sans augmenter les coûts de main d'œuvre.

## 10. Conclusion

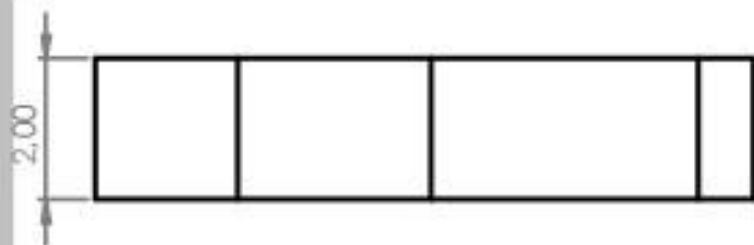
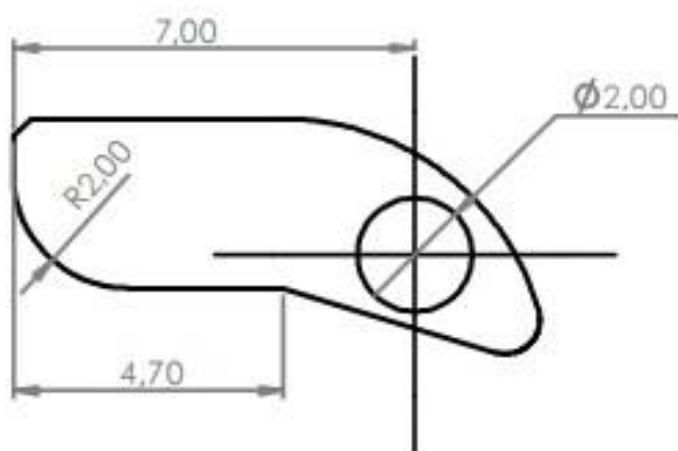
Cette étude a montré que le lavage manuel ralentissait la production. Après une analyse détaillée, on a trouvé que l'automatisation avec un outil spécial permettrait de résoudre ce problème. Cela réduirait le temps de travail, améliorerait la précision et diminuerait les erreurs. Cette solution aiderait FIGEAGAEROTUNIS à être plus compétitive en améliorant sa productivité et sa qualité.

## Conclusion Générale

La période d'un mois de stage au sein de l'organisme FIGEAC AERO TUNISIE, qui intervient dans le domaine aéronautique, a été pour moi une expérience enrichissante. Elle m'a permis d'acquérir une formation pratique tout en mettant en évidence mes connaissances théoriques, elle a enrichi mon expérience au niveau de la conception, les instruments de Mesure...

En effet, ce stage m'a aidé à pratiquer l'activité de l'entreprise et m'a appris la façon de communiquer avec le personnel en général et la façon de travailler dans un groupe bien organisé. Sans oublier qu'il m'a permis d'avoir un œil critique qui me permet de bien analyser les problèmes.

Enfin, j'ai découvert le milieu professionnel, qui est plus difficile que le milieu d'étude car il contient plus de responsabilité qui aide à savoir comment traiter les problèmes.

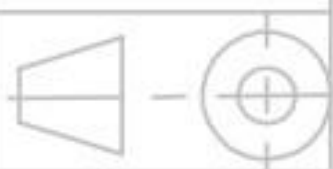


Echelle:  
8:1

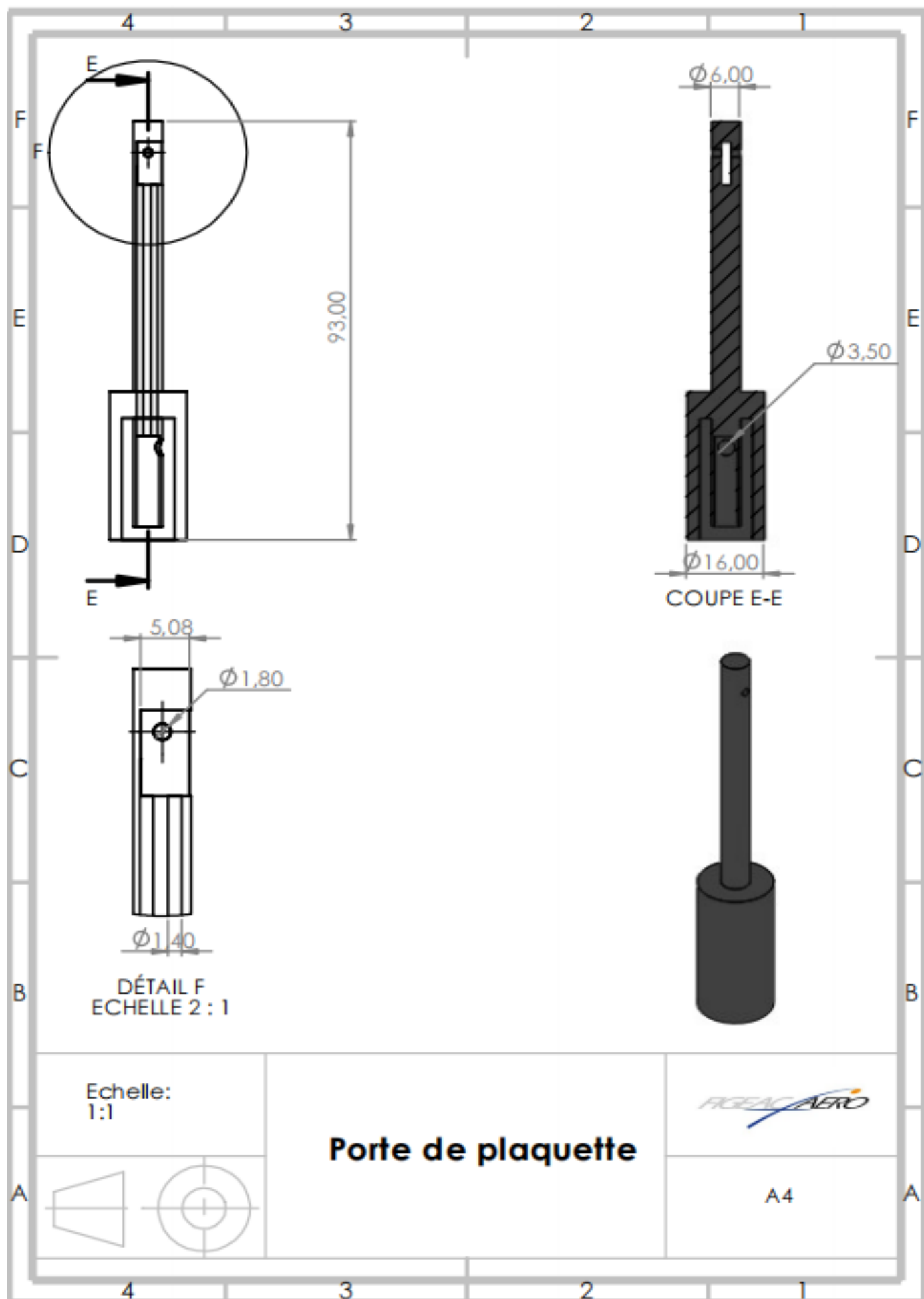
**plaquette**

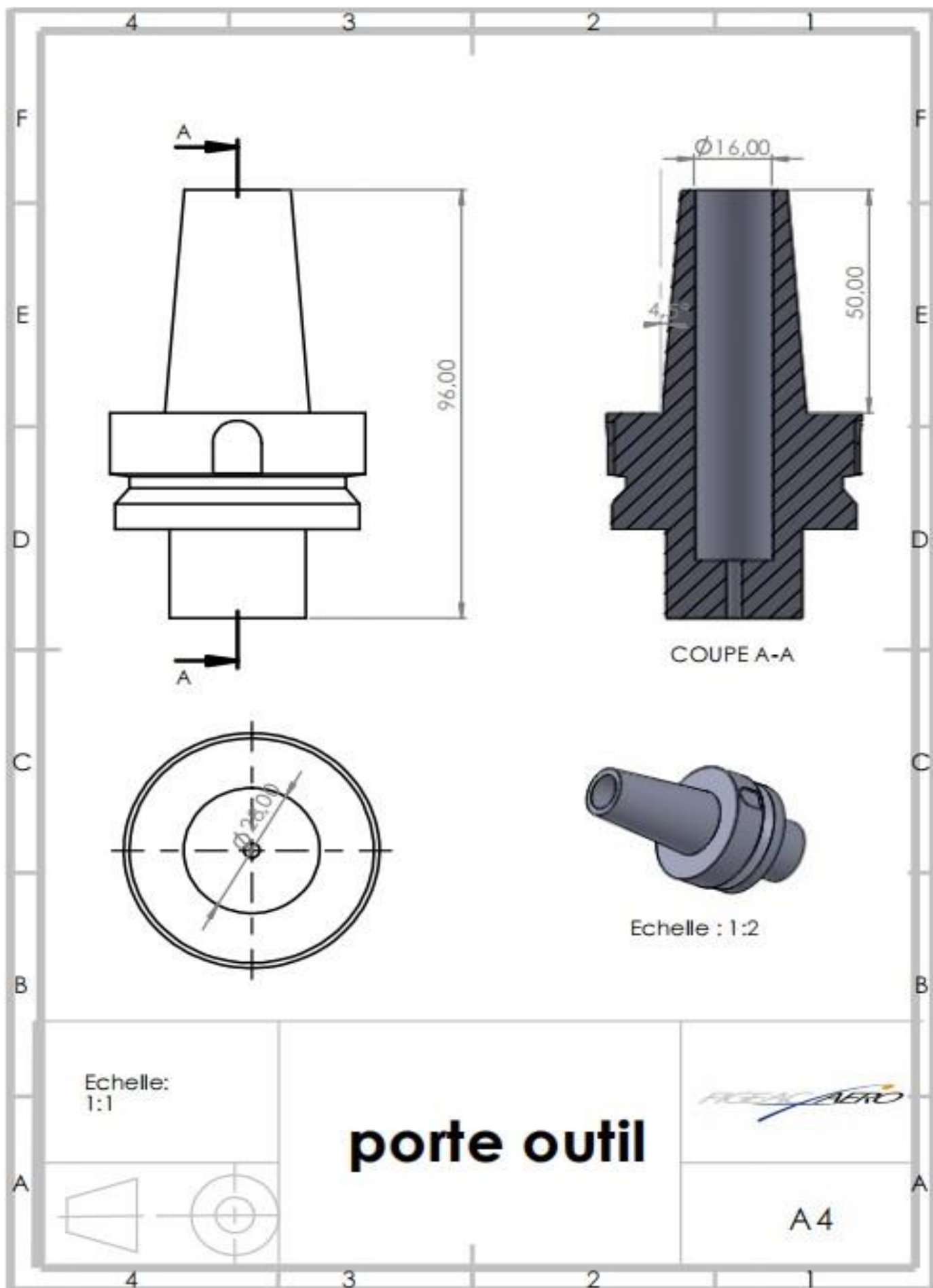
*FIGEAC AERO*

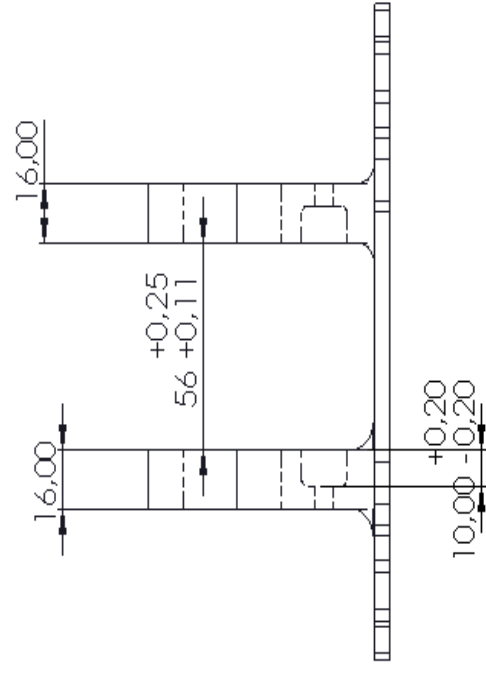
A4



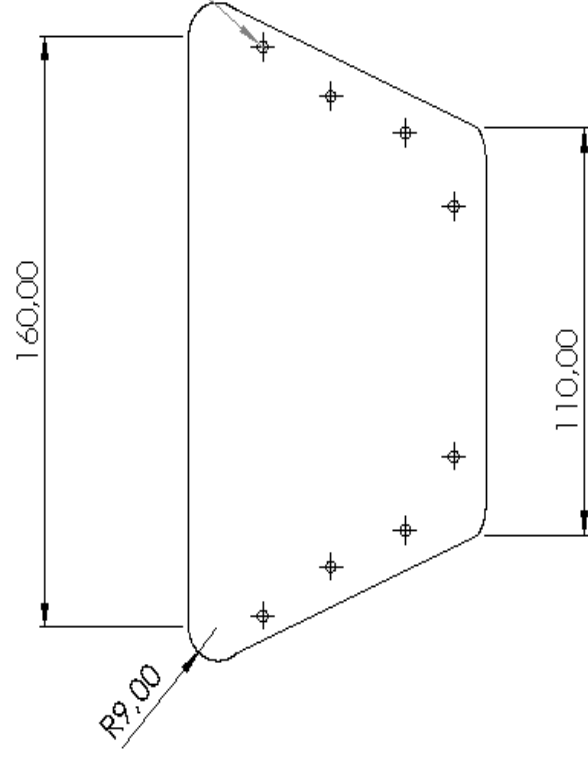




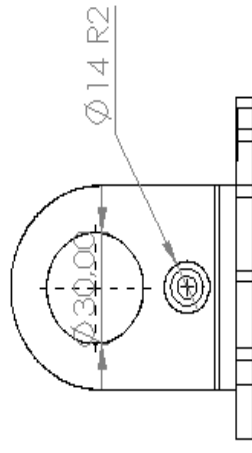
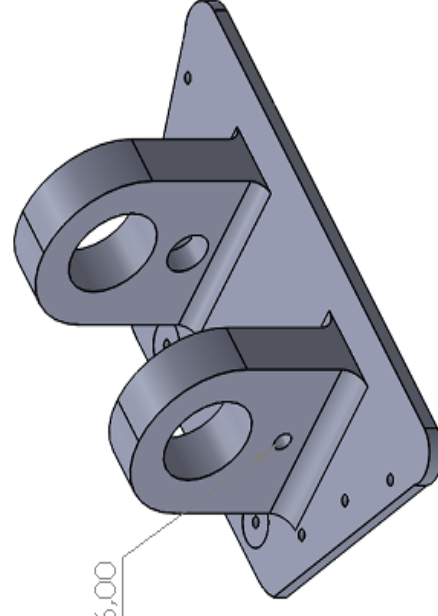




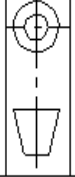
10 x Ø3,20



R3,00  $\nabla$  6,00



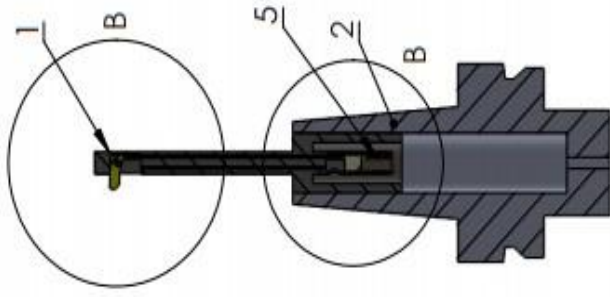
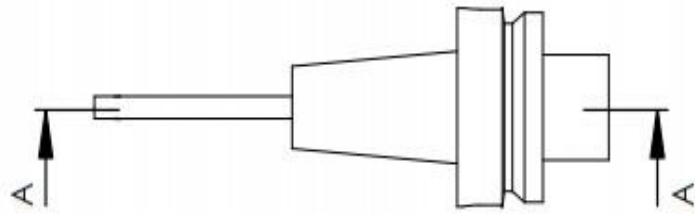
ECHELLE  
1:1



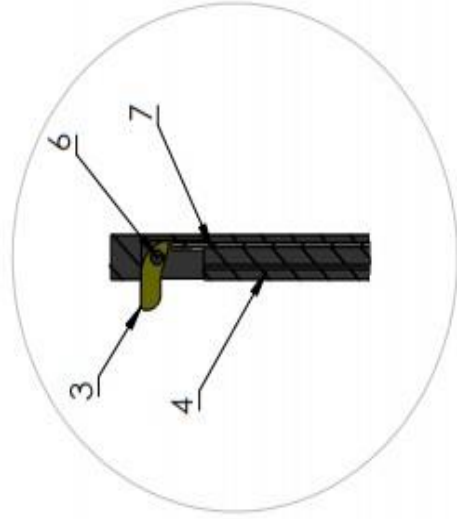
A3

**Ferro crochet**

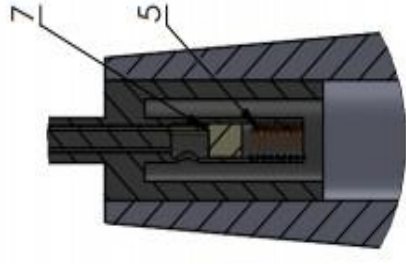




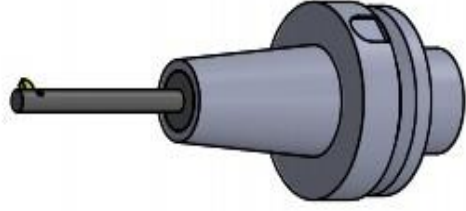
COUPE A-A



DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 1



DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 1



7	Boulon de controle	
6	goupille	
5	ressort	
4	liquide de refroidissement interne	
3	Plaquette	
2	porte outil HSK63	
1	porte plaque	
rep	Désignation	Mat.
ECHELLE 1:2		
		back spot facing
		Iset Rades