

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Larbi Tebessa– TEBESSA



Faculté des Sciences et de la Technologie Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du

MASTER

Option : construction mécanique

Thème

**Conception et Fabrication des éprouvettes
d'essais sous forme des aubes NACA pour
machine d'essai en écoulement de fluide**

Proposée par :

Mr MALIM Madani

Présenté par :

Aouatef BELFAR

2018/2019

SOMMAIRE

DEDICACE

REMERCIEMENTS

LISTE DE FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

PROBLEMATIQUE

INTRODUCTION GENERALE.....1.

CHAPITRE 1

ETAT DE L'ART SUR LES SYSTEMES CFAO

1.1- Introduction.....	3.
1.2- Historique sur la CFAO.....	3.
1.3-Définition de la conception et la fabrication assistées par Ordinateur	3.
1.4- Conception assistée par ordinateur.....	3.
1.4.1- Définition de la conception assistée par ordinateur CAO.....	3.
1.4.2-Processus de conception assistée par ordinateur	4.
1.5- Fabrication assistée par ordinateur.....	5.
1.5.1-Définition de la fabrication assistée par ordinateur FAO.....	5.
1.5.2- Processus de fabrication assistée par ordinateur	5.
1.5.3- Principe de programmation CN en FAO.....	6.
1.6- Systèmes CFAO commerciaux	7.
1.6.1-Systèmes CFAO (CFAO/FAO séparés).....	7.
1.7-Conclusion.....	7.

CHAPITRE 2

CONCEPTION DES EPROUVETTES (AUBE NACA) ET DE LA TABLE A ECOULEMENT LAMINAIRE

2.1-Introduction.....	9.
2.2-Définition d'une aube.....	9.
2.3-Description aérodynamique de l'aube.....	9.
2.4-Profil NACA.....	10.
2.5-Table d'écoulement laminaire.....	11.
2.5.1-Définition table d'écoulement laminaire.....	11.
2.5.2-	
2.5.2-Configuration sur les directions du fluide.....	11.
2.5.3. Information sur la table d'écoulement Laminaire.....	13.
2.5.4. Conception de la table d'écoulement laminaire.....	14.
2.6-Conclusion.....	14.

CHAPITRE 3

CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR DE L'AUBE

3.1-Introduction.....	16.
3.2-Présentation de l'outil CAO.....	16.
3.3-Solid Edge ST8.....	16.
3.4-SolidWorks 2007.....	16.
3.5-Aperçu sur solidworks.....	17.
3.6-Création de la forme de l'aube en 3D.....	17.
3.6.1- Etapes de Construction.....	17.
3.6.1.1-Solidworks.....	17.
3.6.1.2-Choix la nouvelle pièce.....	17.
3.6.1.3-Esquisse.....	18.

3.6.1.4-Choix le plan.....	19.
3.6.1.5-Fichier DATA pour NACA 65.....	19.
3.6.1.6-Les Tableaux.....	20.
3.6.1.7-La Fonction point.....	21.
3.6.1.8-La Fonction splin.....	22.
3.6.1.9-La Fonction Bossage.....	22.
3.7-Conclusion.....	23.

CHAPITRE 4

ETUDE DE FABRICATION DES EPROVETTES (AUBE NACA) DE LAMACHINE D’ESSAIS EN ECOULEMENT DE FLUIDE

4.1-Introduction.....	25.
4.2. Présentation des outils FAO et CFAO.....	25.
4.2.1-WinCAM.....	25.
4.2.2-CAMconcept.....	25.
4.2.3-CAMWorks 2007.....	26.
4.3- Utilisation du système CFAO.....	26.
4.4- Etapes de Construction par CAMConcept.....	27.
4.5-L’extrait de programme NC est présente sur la partie Annex.....	36.
4.6- Etapes de Construction par WinNC.....	37.
4.7-Conclusion.....	40.
CONCLUSION GNEREAL.....	42.
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	43.
ANNEX.....	45.
a) Programme NC correspondent an CAMconception.....	45.
b) Adaptation des fichiers DATA au programme CNC et prendre en considération l’échelle de l’aube.....	47.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*L'être qui m'est le plus cher au monde, à celle
qui m'a tout donné pour que je sois ce que je
suis, ma mère.*

*Celui qui fait tout son possible pour me réussir
dans ma vie, mon père.*

A mon frère AADEL.

*A Tout mes amis sans oublier le groupe de
travail du département ST.*

Et a toutes les personnes qui m'ont connu.

Aouatef

Remerciements

*Je tiens à saisir cette occasion et adresser mes
profonds remerciements à :*

*Mr **MALIM Madani**, mon encadreur de mémoire de
fin D'étude, pour ses précieux conseils et son
orientation ficelée tout au long de ma recherche.*

*Aux responsables et aux personnels des enseignes qui
par leur compréhension et leurs aides, on a pu
accomplir mon travail de recherche.*

*A ma famille et mes amis qui par leurs prières et leurs
encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.*

*Je tiens à remercier toutes personnes qui ont
participé de près ou de*

Loin à l'exécution de ce modeste travail.

Aouatef

LISTE DE FIGURES

Chapitre 1

Fig1.1.Composants matériels et logiciels de la CAO	4.
Fig.1.2.Le processus de CAO.....	4.
Fig.1.3.Composants matériels et logiciels de la FAO.....	5.
Fig.1.4. Processus de FAO.....	6.

Chapitre 2

Fig.2.1.Aube HP de la turbine MS5002B.....	9.
Fig.2.2.Les éléments principaux de l'aube.....	10.
Fig.2.3. Courbe d'une aile NACA0015, produit à partir de la formule.....	10.
Fig.2.4.La Table d'écoulement laminaire.....	11.
Fig.2.5.Schémati d'écoulement sur la table d'essai.....	11.
Fig.2.6.Les différentes linge de courant.....	12.
Fig.2.7.Expérience montrant un écoulement autour d'un Cylindre.....	12.
Fig.2.8.Expérience montrant deux sources avec un débit Uniforme.....	12.
Fig.2.9. Expérience montrant un profil aérodynamique (aube).....	13.
Fig.2.10. Conception de la table d'écoulement laminaire PAR Solid Edge ST8.....	14.
Fig.2.11. Spécification la matière par fonction Key Shop.....	14.

Chapitre 3

Fig.3.1.Création de document par solidworks.....	17.
Fig.3.2.L'écran d'accueil de solidworks.....	18.
Fig.3.3.Fonction Esquisse.....	18.
Fig.3.4. Les valeurs DATA pour NACA 65.....	19.
Fig.3.5.Les coordonnées de profil.....	20.
Fig.3.6.Gestionnaire de commandes.....	21.
Fig.3.7.Entrée les coordonnées de l'aube.....	21.
Fig.3.8.Profil d'aube.....	22.
Fig.3.9.La Fonction Bossage.....	22.
Fig.3.10. La forme finale de l'aube.....	23.
Fig.3.11.Conception de l'aube sous solid Edge ST8.....	23.

Chapitre 4

Fig.4.1. La machine EMCO Concept Mill 105.....	26.
Fig.4.2. Partie CN	27.
Fig.4.3. préparation de la machine partie CN	27.
Fig.4.4.Pièce Brut.....	28.
Fig.4.5. Définit la pièce brute (Nouveau).....	28.
Fig.4.6. Choix des outils de fraisage	29.
Fig.4.7. Fenêtre de positionnement de l'outil.....	29.
Fig.4.8.sélection de la nouvelle origine (x y).....	30

Fig.4.9. Nouveau origine (repérer).....	30.
Fig.4.10. Les coordonné de profil de l'aube.....	31.
Fig.4.11.Dessin de la forme de profil de l'aube.....	32.
Fig.4.12. Sélection de contours.....	32.
Fig.4.13. selection de la forme de l'aube.....	33.
Fig.4.14. Fenêtre des paramètres géométriques de cycle de fraisage des contours.....	33.
Fig.4.15.Fenêtre des paramètres technologiques de cycle de fraisage des Contours.....	34.
Fig.4.16. Simulation de surfaçage en 2D.....	34.
Fig.4.17. Simulation 3D d'usinage de là l'aube.....	35.
Fig.4.18. Enregistrer le fichier.....	35.
Fig.4.19. Exportation du programme CN.....	36.
Fig.4.20. La machine WinNC Mill 300.....	36.
Fig.4.21.selecte programme.....	37.
Fig.4.22.selecte programme.....	38.
Fig.4.23.Éditer le brut.....	39.
Fig.4.24. select l'outil.....	39.
Fig.4.25.Phases d'usinage.....	40.

LISTE DES ABREVIATIONS

Symbole	Définition
CFAO	Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
2D	Deux dimensions
FAO	Fabrication Assistée par Ordinateur
CN	Commande Numérique
MOCN	Machine Outils à Commande Numérique
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics,
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CNC	Commande Numérique par Calculateur
3D	Trois dimensions
DAO	Dessin Assistée par Ordinateur
CAPP	Computer Aided Process Planning
GPAO	Gestion de la production assistée par Ordinateur
GAGU	Génération Automatique de Gamme
AFR	Automatic Feature Recognition/ reconnaissance automatique des formes
IFR	Interactive Feature Recognition / reconnaissance interactive des formes

Problématique

Au sein de laboratoire de mécanique des fluides se trouve une machine d'essai à écoulement laminaire, cette machine est équipée de quelques éprouvettes d'essais telle que les formes simples : comme les disques et les carrées, mais on a remarqué un manque des formes compliqués telle que les aubes aérodynamiques.

Les aubes qui sont les composants les plus nécessaire pour l'étude de l'écoulement de fluide , surtout la visualisation des lignes de courant du fluide ; donc c'est pour cela qu'on a pensé à les fabriquer au sein de notre département génie mécanique qu'il dispose d'une fraiseuse à commande numérique à 4 axes EMCO Mill 300, qui est destinée à ce type de formes compliquée.

Pour aboutir à cet objectif il faut suivre les étapes suivantes :

1-Conception de l'aube à l'aide de solidworks (fonction Spline).

2-Etablir un programme d'usinage par deux méthodes ;

- a) Utilisation de logiciel CAMconcept.
- b) Utilisation de logiciel WinNC.

3-Fabrication des aubes par la machine EMCO Mill 300 à 4 axes.

4-Fournir le laboratoire de mécanique des fluides par plusieurs aubes de différentes tailles et dimensions.

5-Enfin une conception de la table d'essais d'écoulement de fluide a été faite par SolidEdge.

INTRODUCTION
GENERALE

Généralités

Toutes les turbomachines qui sont les turbocompresseurs, les ventilateurs, les turbines ; à vapeur ; à gaz ; hydrauliques ont les mêmes principes, et obéissent en particulier à la loi de réversibilité.

Les turbocompresseurs sont des machines dans lesquelles, un fluide échange de l'indice principal de ces compresseurs est la continuité de l'écoulement de l'entrée à la sortie. Les aubes ménagent entre elles des canaux par lesquels le fluide s'écoule. Elles sont des obstacles prolongés donnant la direction au fluide qui les traverse.

Afin d'atteindre notre objectif quatre chapitres ont été développés :

Dans le premier chapitre nous avons présenté une recherche bibliographique sur les systèmes CFAO. Nous avons donné une vue générale sur les processus suivis dans l'utilisation de la CAO et la FAO et nous avons cité les différents systèmes commerciaux.

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté nos conceptions des éprouvettes (aubes NACA) et de la table à écoulement laminaire.

Dans le troisième chapitre nous avons montré les étapes de conception pour chaque géométrie par l'outil SolidWorks.

Dans le quatrième chapitre nous avons généré automatiquement les programmes CN par deux systèmes de CFAO WinCAM et CAMConcept et un système de FAO CAMWorks.

Nous terminons par conclusion générale.

CHAPITRE 1
ETAT DE L'ART SUR
LES SYSTEME CFAO

1.1-Introduction :

La Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) est une technologie qui permet d'utiliser des systèmes informatiques (matériels et logiciels) dans la conception et la fabrication mécanique. Cette technologie est en mouvement dans le sens d'une plus grande intégration en conception et en fabrication mécanique. En fin de compte, cette technologie sera dirigée vers un seul objectif qui est l'usine entièrement automatisée dans l'avenir.

1.2-Historique sur la CFAO :

Le terme CFAO est utilisé dans le langage d'ingénierie depuis le début des années soixante-dix. Pour fournir une aide à la conception, la réalisation et la vente des produits, plus spécifiquement, la CFAO est intimement liée à l'automatisation de tous ces processus.

1.3-Définition de la CFAO :

La CFAO est un processus basé sur la mise en œuvre du traitement continu de l'information (sous forme numérique), L'opération de conception (CAO) d'une pièce en trois dimensions consiste, à l'aide d'un logiciel de conception (modeleur volumique), à ajouter ou soustraire des volumes géométriques simple appelés également solides. L'opération de fabrication (FAO) consiste à piloter par ordinateur les déplacements d'un outil par rapport à cette pièce (ou inversement) installée sur une machine-outil à commande numérique (MOCN) pour la fabrication des pièces de formes simples et compliqués.

1.4-Conception assistée par ordinateur :

1.4.1-Définition de la conception assistée par ordinateur CAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) est définie comme utilisation de système informatique composé de l'ordinateur, d'outils, logiciels et matériels (Fig1.1) pour aider à la création, la modification, l'analyse ou l'optimisation d'une conception.

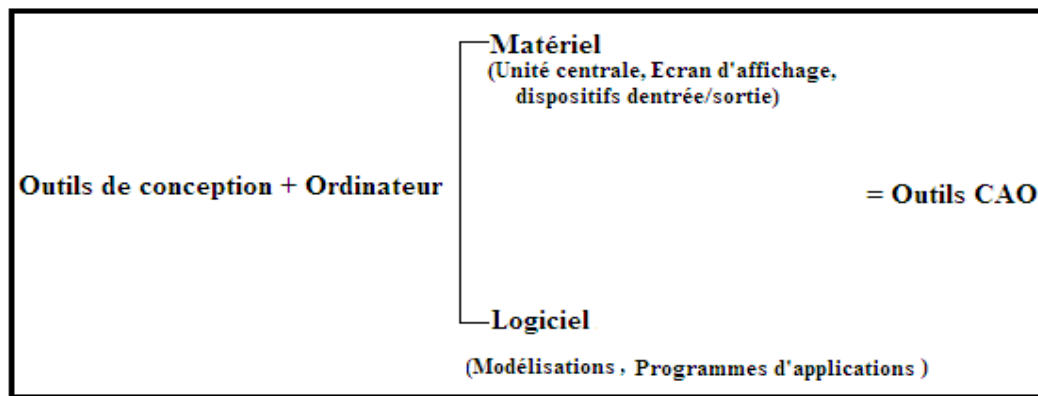


Fig.1.1.Composants matériels et logiciels de la CAO

1.4.2-Processus de CAO :

Le processus de conception est un processus itératif, comme indiqué dans (Fig.1.2). Une conception préliminaire est effectuée sur la base de l'information disponible et peut être améliorée, alors que des informations de plus sont générées.

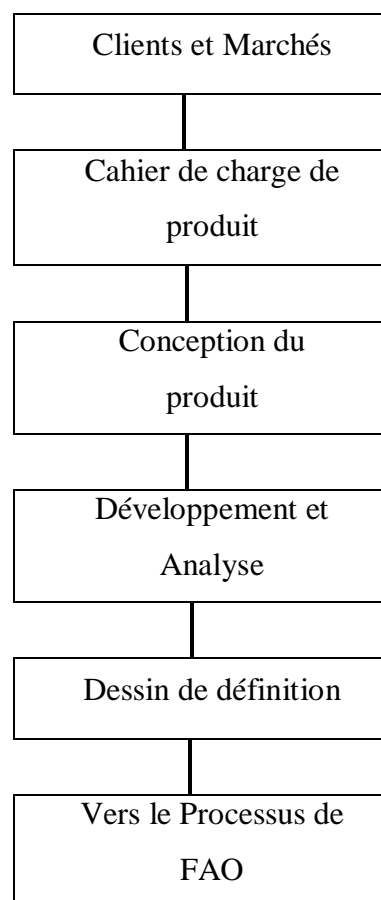


Fig.1.2.Le processus de CAO

1.5-Fabrication assistée par ordinateur

1.5.1-Définition de la fabrication assistée par Ordinateur FAO :

La fabrication assistée par ordinateur (FAO) est définie comme l'utilisation des systèmes informatiques composés d'outils logiciels et matériels (Fig.1.3) pour planifier, gérer et contrôler les opérations de fabrication. En plus de la génération automatique des gammes automatique, son but est de générer le programme de pilotage d'une machine-outil à commande numérique.

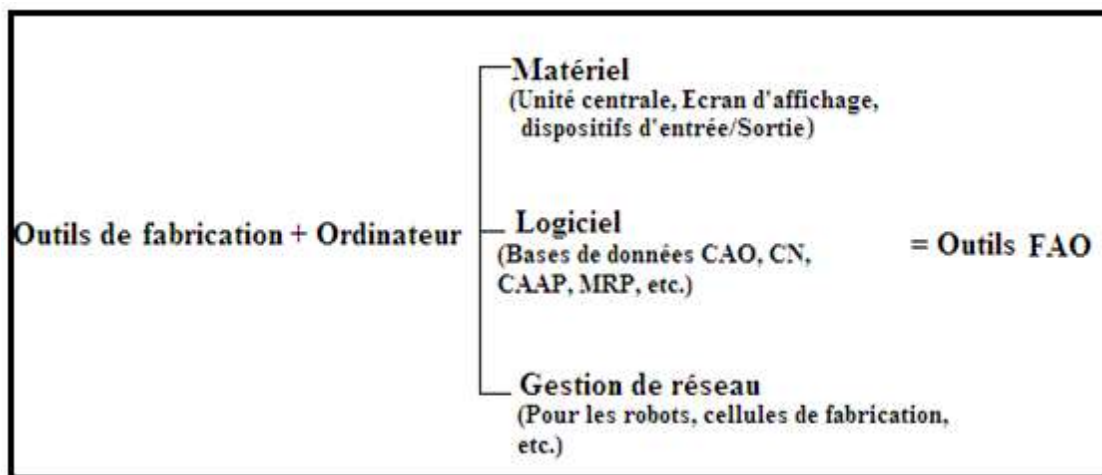


Fig.1.3.Composants matériels et logiciels de la FAO

1.5.2-Processus de fabrication assistée par ordinateur :

Le processus de la FAO est illustré dans(Fig1.4) Le modèle géométrique généré pendant le processus de CAO constitue la base pour le processus de FAO. Diverses activités dans la FAO peuvent exiger différents types d'information du processus de CAO. Une fois que la gamme est faite il y aura la génération de programme CN qui va être utilisé pour la fabrication, puis l'inspection des pièces fabriquées.

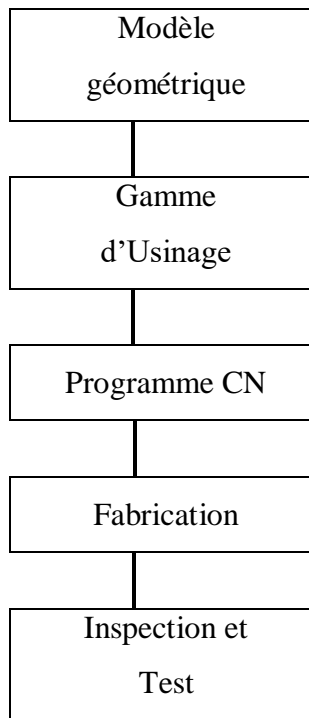


Fig.1.4. Processus de FAO

1.5.3- Principe de programmation CN en FAO :

Le principe de programmation CN en FAO suit étape par étape la procédure suivante :

- Définir la géométrie
- Définir la machine/commande (post-processeur)
- Définir les outils
- Définir le brut
- Définir les parcours d'outils soit manuellement soit automatiquement
- Génération du code CN
- Simulation et vérification

1.6-Systèmes CFAO commerciaux :

1.6.1-Systèmes CFAO (CFAO/FAO séparés) :

C'est un système qui utilise deux applications séparées, une application de CAO et l'autre la FAO, ils nécessitent de sortir d'une application et entrer dans l'autre. Pour générer un programme CN d'un modèle géométrique il faut importer le modèle conçu par l'application de CAO sous le format supporté par l'application de FAO.

Par exemple :

- Concevoir un modèle avec SOLIDworks.
- Concevoir le format du modèle géométrique.
- Ouvrir l'application FAO DeICAM powerMILL et importer la géométrie convertie au format que supporte ce dernier

1.7-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté une recherche bibliographique sur systèmes CFAO. Nous avons donné une vue générale sur les processus suivis dans l'utilisation de la CAO et la FAO. Ensuite nous avons montré d'une façon plus détaillée les Principe de programmation CN en FAO, et on a cité les différents systèmes commerciaux.

CHAPITRE 2
CONCEPTION DES
EPROUVETTES (AUBES NACA)
ET DE LA TABLE
A ECOULEMENT LAMINAIRE

2.1- Introduction

La réalisation de l'aube NACA reste libre et aléatoire, elle peut être vérifiée de plusieurs manières et avec plusieurs concepts, pour cette raison dans ce chapitre on propose nos propres idées qui sont des solutions géométriques 3D basées sur des systèmes informatiques qui aident à la CAO, FAO et la CFAO.

2.2-Définition d'une aube

L'aube est la partie d'une turbine en forme de cuillère ou de pale sur la quelle s'exerce l'action du fluide moteur. Une turbine comporte plusieurs aubes réparties régulièrement sur son pourtour. A l'inverse, l'aube d'une roue peut exercer une action sur un fluide. Cette turbine menée par un moteur est utilisée alors : soit pour l'accélérer, comprimer un fluide, soit pour déplacer le fluide dont elle fait partie.

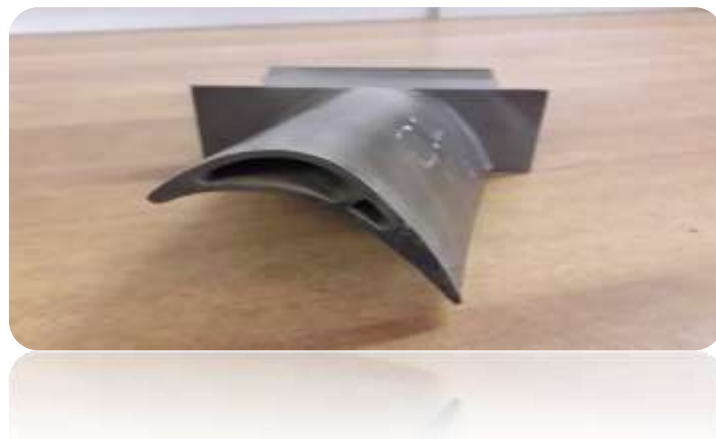


Fig.2.1.Aube HP de la turbine MS5002B.

2.3-Description aérodynamique de l'aube

Comme toutes les pales aérodynamiques compris les turbines, les aubes de la turbine sont constituées d'une partie inférieure appelée l'intrados et une autre partie extérieure dite extrados, la ligne reliant le bord d'attaque et le bord de fuite nommée la corde, l'espace formé par les deux lignes la corde, le bord d'attaque est caractérisé par un angle par rapport au vent relatif appelé l'angle d'incidence.

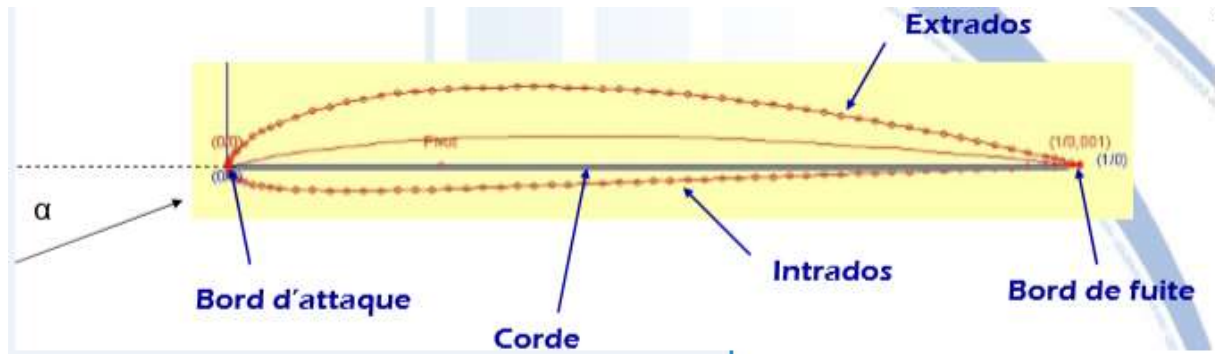


Fig.2.2.Les éléments principaux de l'aube.

Extradados : Face supérieure du profil.

Intrados : Face inférieure du profil.

Bord d'attaque et Bord de fuite : extrémités avant et arrière du profil.

La corde : Relie le bord d'attaque de l'aube, au bord de fuite

Angle d'attaque α (Alpha) : Angle entre la corde et l'écoulement relatif.

2.4-Profil NACA

Les célèbres profils NACA sont des profils aérodynamiques pour les ailes d'avions développés par le Comité Consultatif National pour l'Aéronautique (NACA, Etats-Unis) il s'agit de série de profils la plus connue et utilisée dans la construction aéronautique. La forme des profils NACA est écrite à l'aide d'une série de chiffres qui suit le mot «NACA».les paramètres dans le code numérique peut être saisi dans les équations pour générer précisément la section de l'aile et de calculer ses propriétés. (Toutes les dimensions en %).

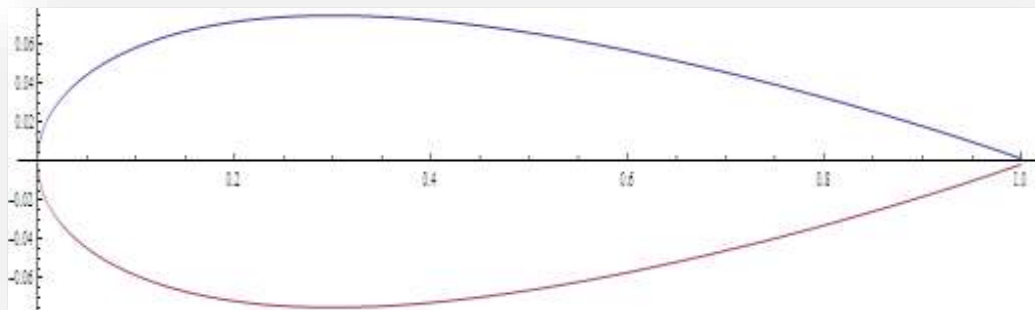


Fig.2.3.Courbe d'une aile NACA0015, produit à partir de la formule.

2.5-TABLE D'ÉCOULEMENT LAMINAIRE

2.5.1. Définition d'écoulement laminaire.

En mécanique des fluides, l'écoulement laminaire est le mode d'écoulement d'un fluide où l'ensemble du fluide s'écoule plus ou moins dans la même direction, sans que les différences locales se contrarient (par opposition au régime turbulent, fait de tourbillons qui se contrarient mutuellement).

2.5.2-Définition la table d'écoulement laminaire

La table d'écoulement laminaire a été conçue pour simuler le flux de fluide idéal et donner une visualisation claire des modèles dès les lignes de courant créés en utilisant de l'eau comme fluide de travail. Cela permet une étude approfondie des principes de l'écoulement potentiel et permet la modélisation de systèmes physiques appropriés.



Fig.2.4. La table d'écoulement laminaire.

2.5.3-configuration sur les directions du fluide

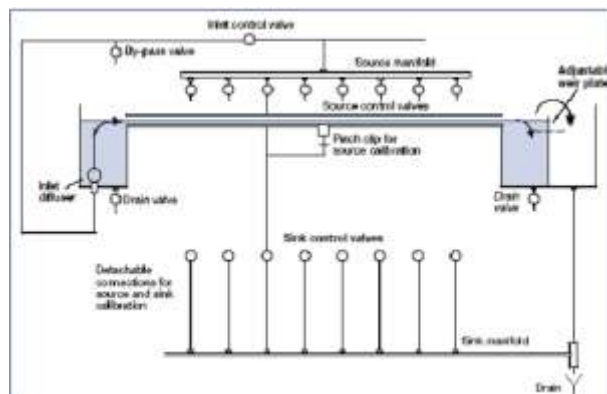


Fig.2.5.Schéma d'écoulement laminaire sur la table d'essai.

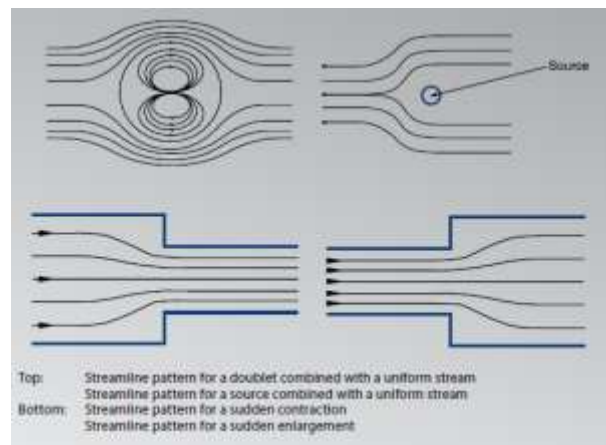


Fig.2.6. Les différentes ligne de courant.

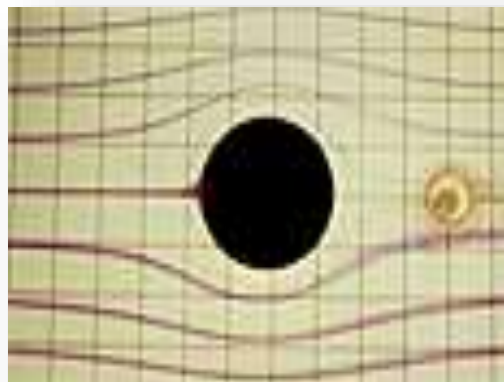


Fig.2.7. Expérience montrant un écoulement autour d'un cylindre.

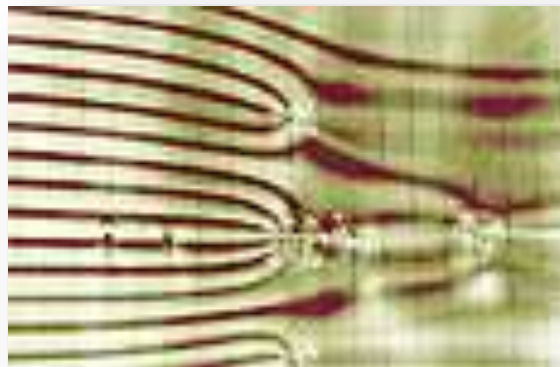


Fig.2.8. Expérience montrant deux sources avec un débit uniforme.



Fig.2.9.Expérience montrant un profil aérodynamique (aube).

2.5.3-Information sur la table d'écoulement laminaire

- Section de travail:

Largeur a l'intérieur du moulage :	606mm
Longueur des plaques de verre :	892mm
Distance entre la plaque du verre :	3.2mm

-Les exigences des produits:

Approvisionnement en eau	0.25 l/s a 2 bar (abs)
Egoutter	Convient aux colorants contenant de l'eau

-Spécification géométrique :

Volume	2.0 m ³
Poids brut	220 kg

-Les Dimensions de la table

Hauteur:	1.15 m
Largeur :	1.32 m
Profondeur :	0.78 m

2.5.4-Conception de la table d'écoulement laminaire PAR Solid Edge ST8

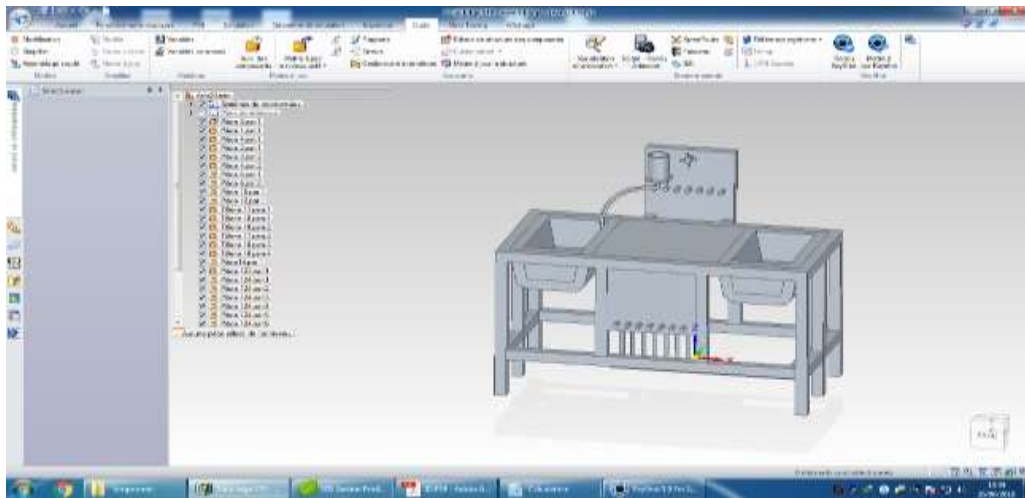


Fig.2.10. Conception de la table d'écoulement laminaire PAR Solid Edge ST8



Fig.2.11. Spécification la matière par fonction Key Shop.

2.6- Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les caractéristiques des aubes et la table ensuite les lignes de courant obtenues durant le processus expérimental, ou en a détecté l'importance des aubes dans le domaine de la mécanique des fluides, en fin on a présenté la conception de la table d'écoulement laminaire par le logiciel Solid Edge ST8.

CHAPITRE 3
CONCEPTION ASSISTEE
PAR ORDINATEUR
DE L'AUBE NACA

3.1- Introduction

Dans le chapitre précédent on a présenté les solutions 3D proposés et les outils informatiques de CAO, FAO et CFAO choisis. Pour la réalisation ou la simulation de l'usinage des géométries 3D proposées on doit concevoir ces derniers, pour cela dans ce chapitre on va présenter les étapes de conception pour chaque géométrie 3D avec l'outil CAO SolidWorks.

3.2- Présentation de l'outil CAO

Pour la conception assistée par ordinateur des géométries des solutions 3D proposées on utilise l'outil de CAO "SolidWorks 2007".

Cet outil est choisi pour les raisons suivantes :

- Fait partie de la formation.
- Facilité d'utilisation de l'outil.
- Leurs puissances.
- Permet l'enregistrement sur différents formats.
- La conception des pièces, assemblages et mise en plans.
- Peut être un outil de CFAO.

3.3-Solid Edge ST8

Est un logiciel de conception assistée par ordinateur 2D et 3D fonctionnant sous Windows et édité par Siemens PLM Software. ... Solid Edge permet d'ouvrir et de modifier comme dans un document natif tous types de fichiers provenant des différentes CAO du marché

3.4-Solidworks 2007

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SolidWorks a été acheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes. SolidWorks est un outil de conception de modélisation volumique paramétrée basée sur des fonctions, associatif, il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : Pièce, assemblage et mise en plan. Il permet de tester la mobilité et l'interaction (collision) entre les pièces. Et permet aussi de changer les pièces et les

configurations d'un assemblage. SolidWorks permet d'enregistrer le model géométrique sous différents format tels que: IGES, STEP, SAT (ACIS), VRML, STL, Parasolid, Pro/engineer, Unigraphics, PAR (SolidEdge), VDA-FS Mechanical DES ktop, IPT, DWG, DXF, CGR, HCG, View point, Reality, TIEF et JPG.

3.5- Aperçu sur SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de conception mécanique 3D, il offre des fonctionnalistes très avancées dans le domaine de la modélisation des pièces, la définition des formes complexes, la création et la gestion des gros assemblages et la mise en plan. Grâce à des modules complémentaires, ce logiciel peut nous permettre, d'effectuer des calculs d'analyse, ou d'usinage très avancés et difficiles à réaliser manuellement.

3.6-Création de la forme de l'aube en 3D

3.6.1-Etapes de Construction

3.6.1.1-Solidworks

- Au début on va ouvrir l'application SolidWorks 2007 et on va créer une nouvelle pièce dans la barre d'outils standard.



3.6.1.2-Choix la nouvelle pièce

- Ouvrir une nouvelle pièce :

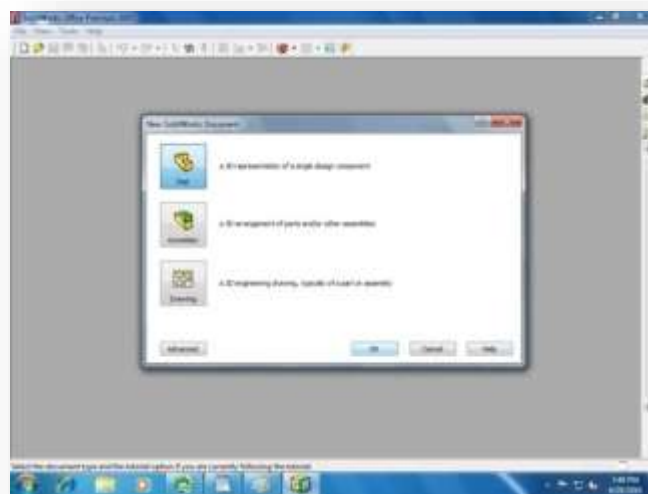


Fig.3.1. Création de document par SolidWorks.

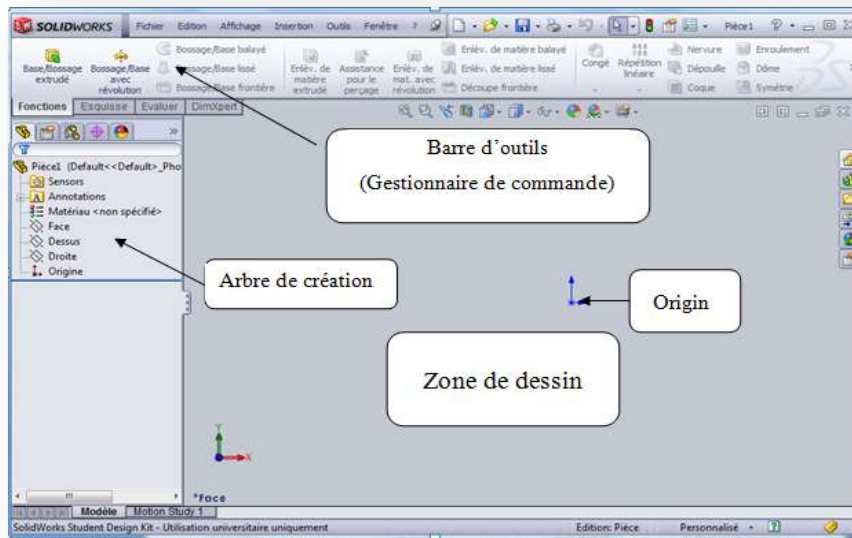


Fig.3.2.L'écran d'accueil de SolidWorks.

3.6.1.3-Esquisse

-Clique sur Esquisse

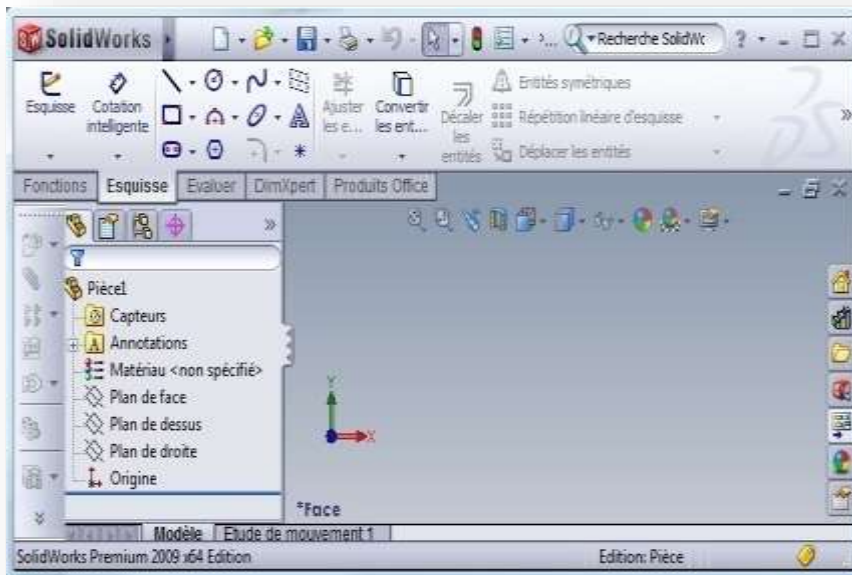


Fig.3.3.Fonction Esquisse

3.6.1.4-Choix le plan

Après la planification de la modélisation, on sélectionne le plan adéquat parmi les trois plans proposés : le plan de face, le plan de dessus et le plan de droite.

-On sélectionne le plan de face dans l'arbre de création et on ouvre une esquisse 2D.

3.6.1.5-Fichier DATA pour NACA 65

Naca65(18)10_extrad.txt		Naca65(18)10_intrad.txt	
0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000
3.359354806925343E-004	1.065182092498057E-002	9.664064519307465E-003	-1.651821163399150E-003
2.156612352056595E-003	1.393613815321395E-002	1.284338764794341E-002	-1.336138486999959E-003
6.298185534615632E-003	1.953926799925627E-002	1.870181446538437E-002	-2.792685094720332E-004
1.768580912264612E-002	3.067736701993399E-002	3.231419087735388E-002	2.802632093148891E-003
4.154028907467991E-002	4.849906679870499E-002	5.845971092532010E-002	8.380931694489592E-003
6.603608027998317E-002	6.306600314981099E-002	8.396391972001682E-002	1.325399482839945E-002
9.087354730514033E-002	7.552772042285241E-002	1.091264526948597E-001	1.753227711189949E-002
1.411592158496127E-001	9.614802722794380E-002	1.588407841503873E-001	2.499196956294213E-002
1.919319645908981E-001	1.122768250530892E-001	2.080680354091020E-001	3.100317115128707E-002
2.429980439985330E-001	1.250322809927371E-001	2.570019560014670E-001	3.606771473957039E-002
2.942630121863396E-001	1.347330078599761E-001	3.057369878136604E-001	4.022698750516671E-002
3.456519260489668E-001	1.417476463453917E-001	3.543480739510331E-001	4.365234874318557E-002
3.971046962746188E-001	1.462660319354355E-001	4.028953037253812E-001	4.651396295763851E-002
4.485757096125224E-001	1.481595559127719E-001	4.514242903874776E-001	4.894043886586124E-002
5.000000000000000E-001	1.473899973702431E-001	5.000000000000000E-001	5.114999737024307E-002
5.513000272930231E-001	1.438313393420171E-001	5.486999727069770E-001	5.326865543661605E-002
6.024027080154984E-001	1.377803175007751E-001	5.975972919845015E-001	5.499967739229899E-002
6.532513420568042E-001	1.293761638492564E-001	6.467486579431958E-001	5.602383123932083E-002
7.038037675504018E-001	1.188099346825481E-001	6.961962324495982E-001	5.615006068259468E-002
7.540180000683524E-001	1.060756962003956E-001	7.459819999316476E-001	5.502429953191181E-002
8.038694632773077E-001	9.112958901491811E-002	7.961305367226924E-001	5.215040718945813E-002
8.533400125609073E-001	7.401123405638505E-002	8.466599874390927E-001	4.712876273450089E-002
9.024317193035646E-001	5.425636539268382E-002	8.975682806964355E-001	3.880363214206808E-002
9.511891003872981E-001	3.125950989011817E-002	9.488108996127018E-001	2.562048860307641E-002
1.000000000000000	0.000000000000000E+000	1.000000000000000	0.000000000000000E+000

Fig.3.4.Les valeurs DATA pour NACA 65.

Les valeurs des deux tableaux sont très petites ce qui nécessite les multiplier par une échelle 1x155 pour avoir la longueur de l'aube égale 155mm, puis inverse les valeur des deux tableaux ensuite ajouter les lettres (X,Y) pour les adapter au programmation, Enfin nous obtenons les valeurs finales disponible à la programmations CNC.

3.6.1.6-Les tableaux

-Ce tableau présente les coordonnées des points de profil :

x	155	y	0
x	147,43	y	4,84
x	139,87	y	8,40
x	132,26	y	11,47
x	124,59	y	14,12
x	116,87	y	16,44
x	109,08	y	18,41
x	101,25	y	20,05
x	93,37	y	21,35
x	85,45	y	22,29
x	77,5	y	22,84
x	69,52	y	22,96
x	61,55	y	22,67
x	53,57	y	21,97
x	45,61	y	20,88
x	37,66	y	19,38
x	29,74	y	17,40
x	21,87	y	14,90
x	14,08	y	11,70
x	10,23	y	9,77
x	6,43	y	7,51
x	2,74	y	4,75
x	0,97	y	3,02
x	0,33	y	2,16
x	0,05	y	1,65
x	0	y	0

***Coordonnées profil d'aube**

Extrados.

x	155	Y	0
x	147,06	Y	3,97
x	139,12	Y	6,01
x	131,23	Y	7,30
x	123,40	Y	8,08
x	115,62	Y	8,52
x	107,91	Y	8,70
x	100,24	Y	8,68
x	92,62	Y	8,52
x	85,04	Y	8,25
x	77,5	Y	7,92
x	69,97	Y	7,58
x	62,44	Y	7,20
x	54,92	Y	6,76
x	47,38	Y	6,23
x	39,83	Y	5,59
x	32,25	Y	4,80
x	24,62	Y	3,87
x	16,91	Y	2,71
x	13,01	Y	2,05
x	9,06	Y	1,29
x	5,008	Y	-0,43
x	2,89	Y	-0,04
x	1,99	Y	-0,20
x	1,49	Y	-0,25
x	0	Y	0

***Coordonnées profil d'aube**


Intrados.

Fig.3.5.Les coordonnées de profil

3.6.1.7-La Fonction point



Fig.3.6.Gestionnaire de commandes

-Clique sur la fonction point  et entre les coordonnées des points représentés dans le tableau(x, y) :

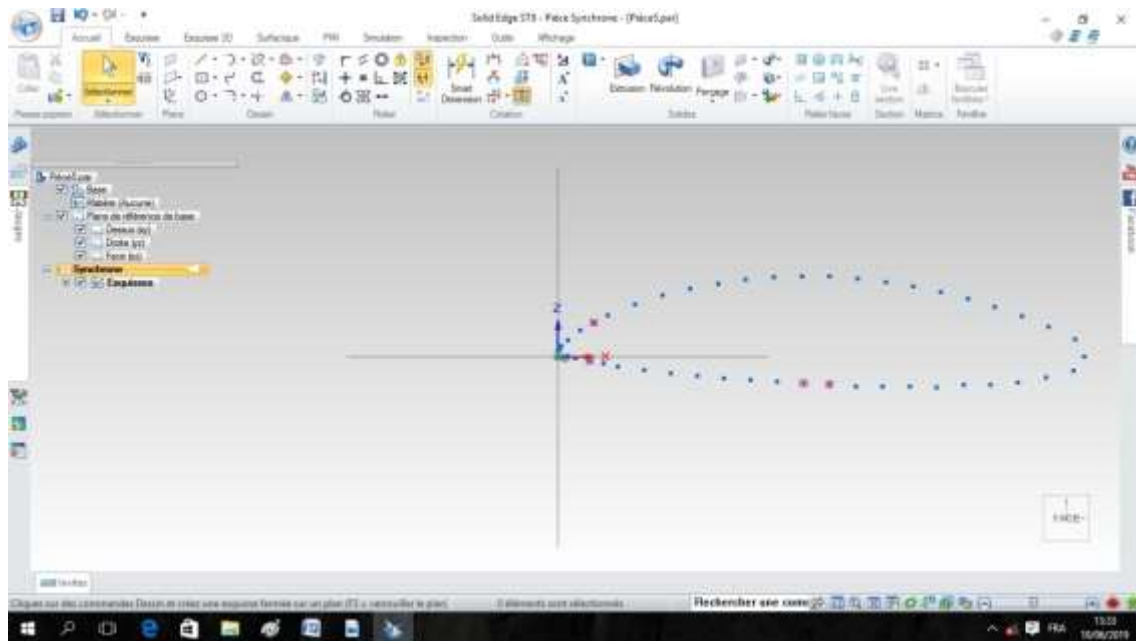



Fig.3.7.Entrée les coordonnées de l'aube

3.6.1.8-La Fonction spline

-Clique sur la fonction spline  et Tracez la ligne en respectant l'ordre des points vous devez avoir :

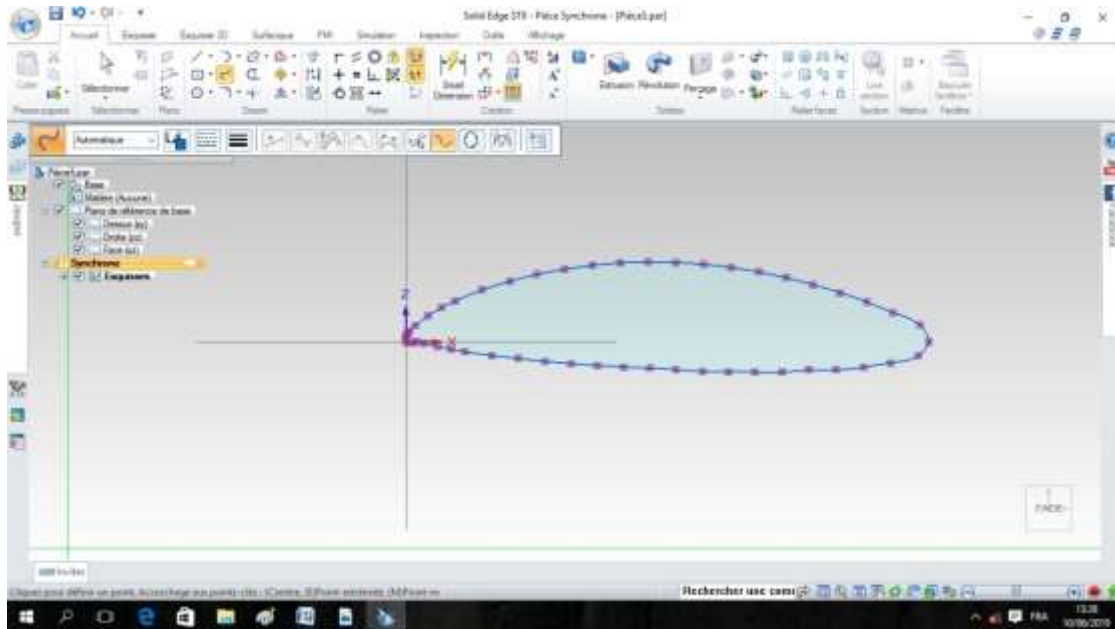


Fig.3.8. Profil d'aube.

3.6.1.9-Fonction Bossage


-En fin en ajoute la matière en utilisant la fonction bossage 



Fig.3.9.La fonction Bossage.

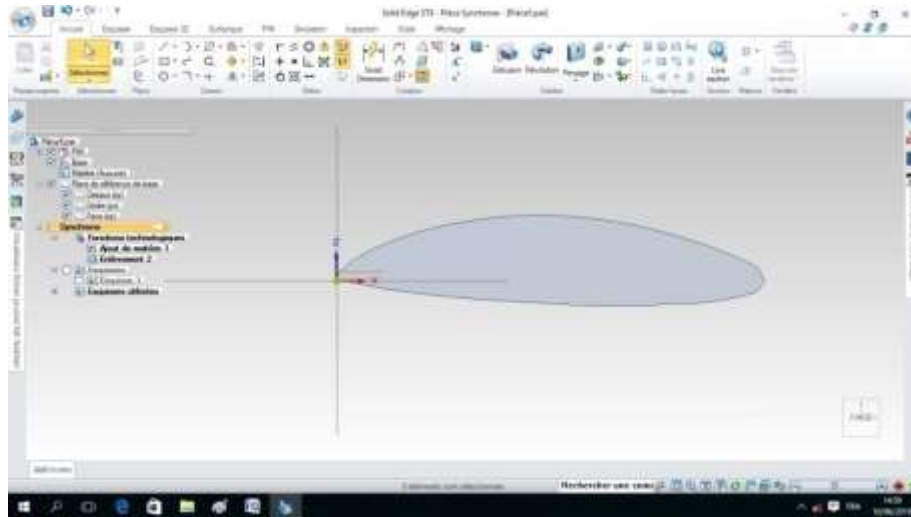


Fig.3.10.La forme final de l'aube.

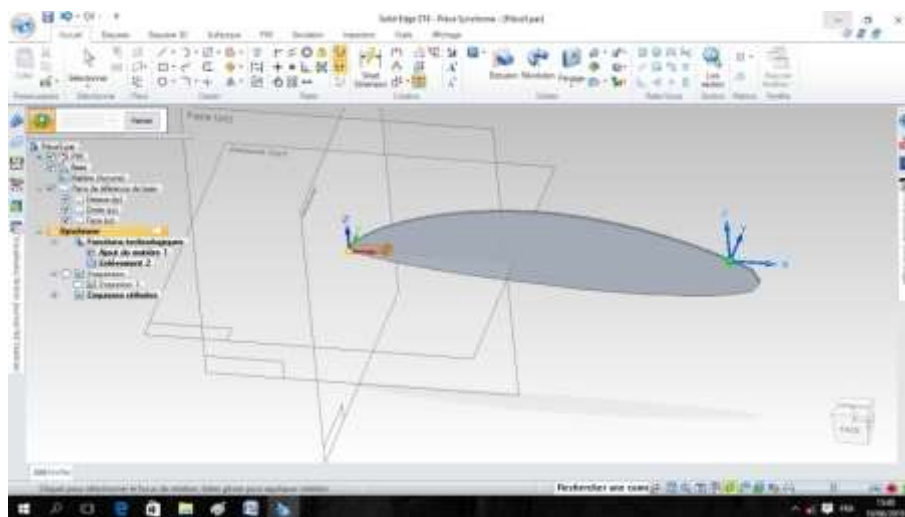


Fig.3.11.Conception de l'aube.

3.7- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré les étapes de conception pour chaque géométrie afin d'utiliser les différentes fonctions géométriques de l'application, ce qui nous a permis d'un côté d'appliquer nos connaissances acquises lors de notre formation de l'outil de CAO SolidWorks, de l'autre côté ceci nous a permis d'apprendre les fonctions les plus avancées de SolidWorks. Dans le chapitre qui suit nous allons présenter la génération des programmes CN en utilisant les outils informatiques de FAO et CFAO choisis.

CHAPITRE 4

ETUDE DE FABRICATION DES

EPROVETTES (Aube NACA) DE

LA MACHINE D'ESSAIS EN

ECOULEMENT DE FLUIDE

4.1- Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons présenté les étapes de conception de chaque géométrie. Lorsque la définition de l'usinage devient trop complexe ou lorsque le volume de programmation est tel qu'il exclut la programmation manuelle, on fait appel à un langage de programmation spécialisé généré à partir d'un système informatique. Pour cela dans ce chapitre on va présenter la génération des programmes CN pour l'usinage des géométries proposées. Certains sont réalisés par des outils informatiques de CFAO WinCAM et CAMConcept.

4.2-Présentation des outils FAO et CFAO

La réalisation de l'aube NACA d'une façon assistée demande un système qui aide à la FAO, pour cela on s'est intéressé par les systèmes suivants : WinCAM v2.40, CAMConcept v2.00.0003.

4.2.1- WinCAM

L'outil WinCAM qui est un système de programmation CAO/FAO didactique pour le tournage et le fraisage, développé par la société EMCO (Société autrichienne), il possède trois modes : CAO, FAO et le mode CN qui est utilisé pour la commande de la machine. Il génère les programmes sous différentes commandes (SINUMERIK810, FANUC 0/21, NUM 760, EMCOTRONIC TM02 et DIN 66025). Il permet l'importation des géométries sous format DXF.

4.2.2- CAMConcept

C'est un système de programmation CFAO didactique pour le tournage et le fraisage, il possède trois modes : CAO, FAO et le mode CN avec la simulation graphique 3D intégrée. On a choisi cet outil car il est développé par EMCO comme WinCAM et simple à utiliser. Il permet l'importation des géométries 2D en DXF. Il est possible d'usiner des formes 3D. Il permet la commande des machines CNC (séries 55 et 105).

4.2.3-CAMWorks 2007

Le système CAMWorks intégré avec SolidWorks 2007. C'est un système 3D de fabrication assistée par ordinateur (FAO) qui aide les industriels à accroître leur productivité et leur rentabilité grâce à des outils d'automatisation adaptables perfectionnant l'usinage.

Cette application est choisie pour les raisons suivantes :

- Utilisation de systèmes CFAO dans le même environnement SolidWorks.
- Supporte les géométries 3D compliquées.
- Détection automatique des formes de base de la géométrie telle que des trous, des poches,...etc.
- Fonctionnement sous base de données technologique.
- Il est associatif.
- Permet 3 concepts de fraisage et qui sont : Fraisage 2.5 axes, Fraisage 3 axes, Fraisage multi-axes.
- Permet la reconnaissance automatique des formes AFR.
- Permet la reconnaissance interactive des formes IFR.

4.3-Utilisation du système CFAO

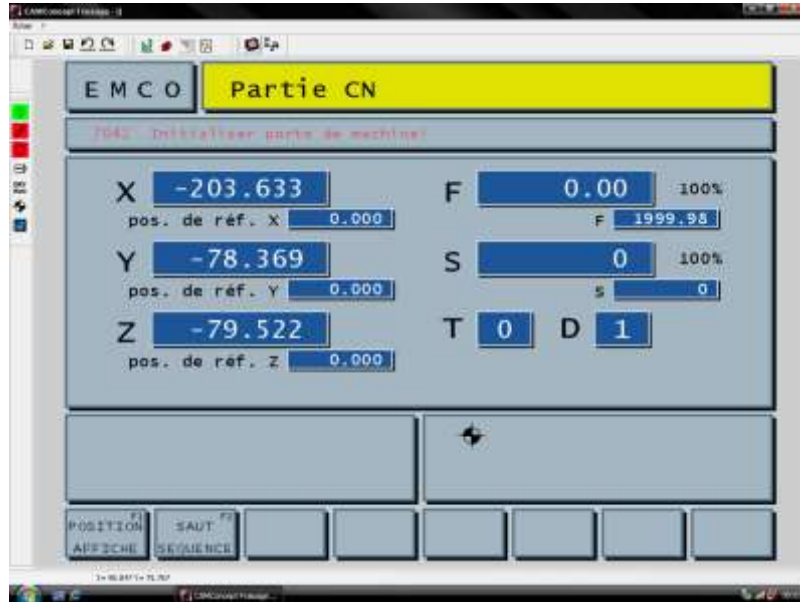


Fig.4.1.La machine EMCO Concept Mill 105.


4.4- Etapes de Construction par CAMConcept

- Au début on va ouvrir l'application CAMconcept

*Clique sur fonction marche programme CN



Fi.4.2.Partie CN

*Clique sur fonction  Référence machine pour réglage la machine

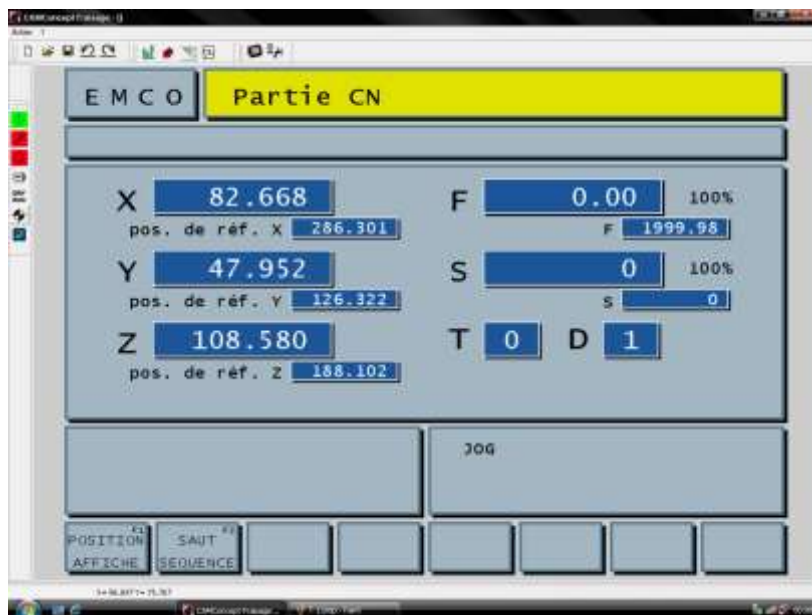


Fig.4.3.préparation de la machine partie CN

*Clique sur fonction CAO  pour défini la brut de la pièce

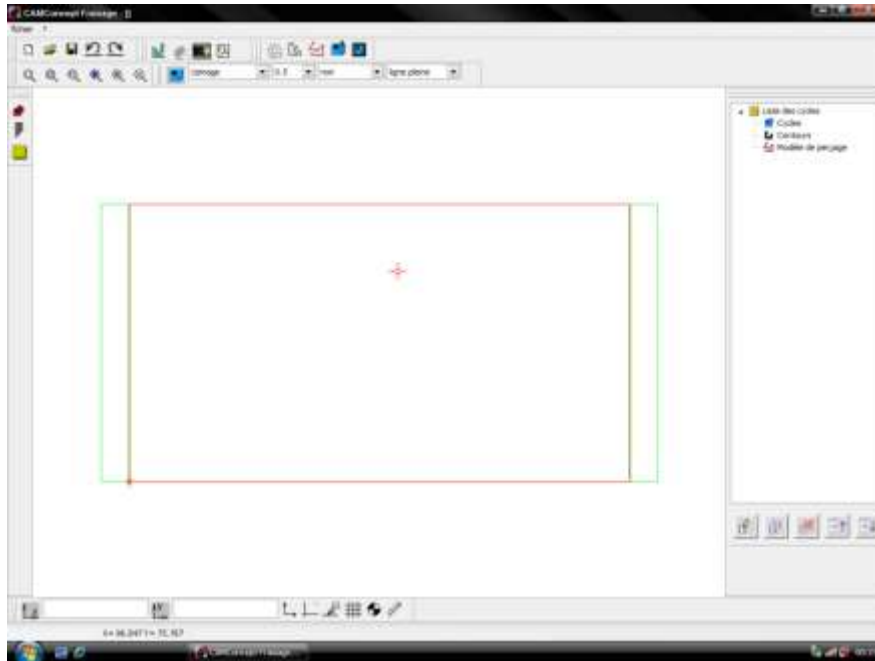



Fig.4.4.Pièce Brut.

*Clique sur fonction pièce Brute 

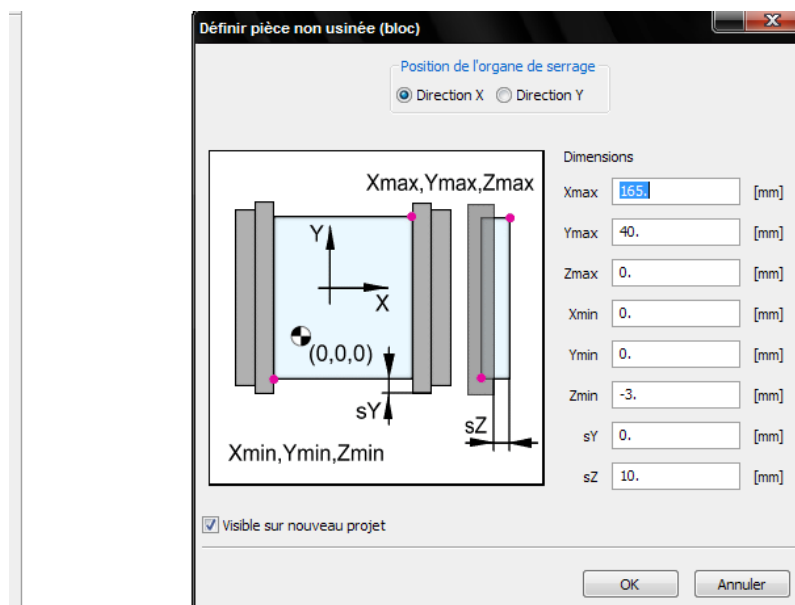



Fig.4.5. Définit la pièce brute (Nouveau).

*Clique la fonction  mesure de l'outil pour choix l'outil.

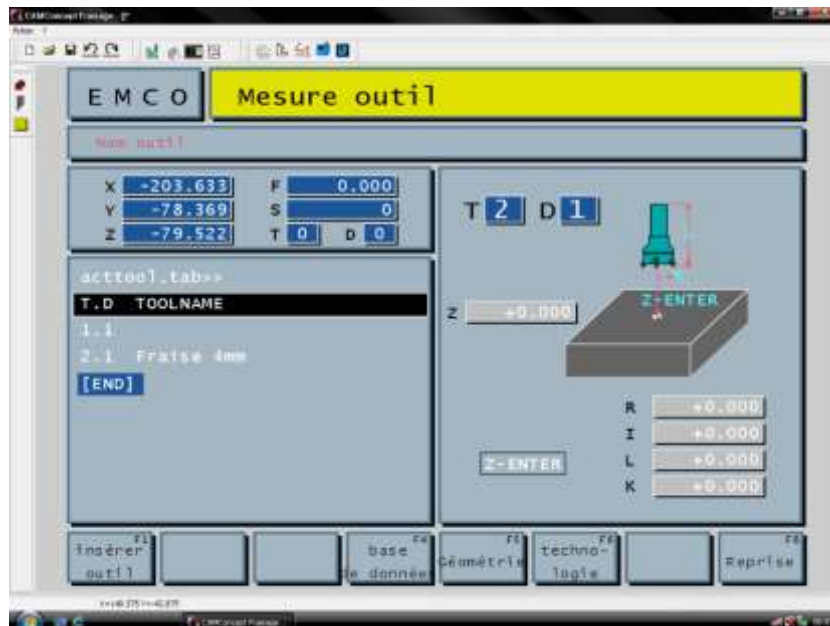


Fig.4.6.Choix des outils de fraisage.

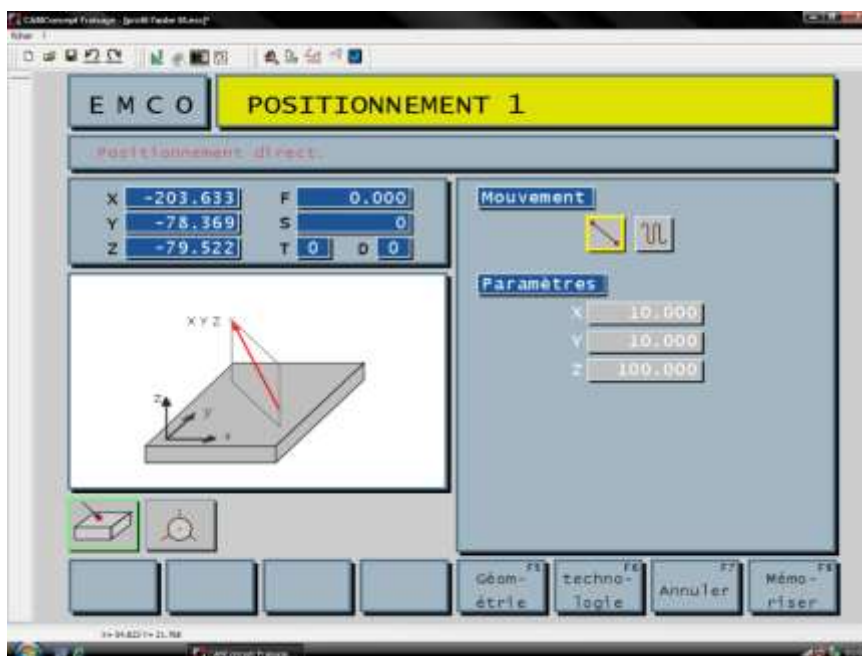


Fig.4.7. Fenêtre de positionnement de l'outil

* Cliquez sur fonction CAO  pour l'usinage.

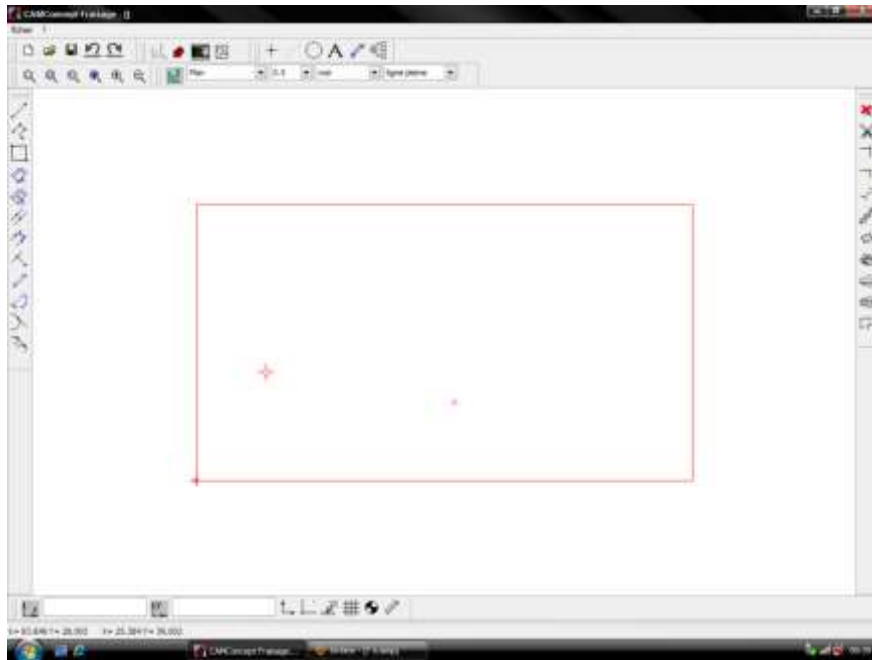


Fig.4.8.sélection de la nouvelle origine (x y)

*Cliquez sur fonction Fixe Nouveau origine  pour changer centre de repère (X, Y).

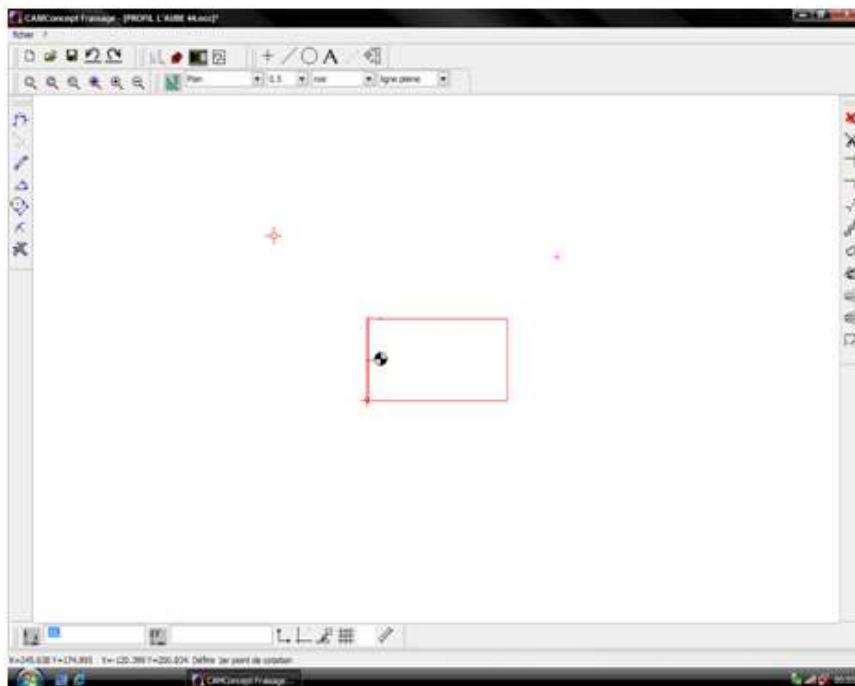



Fig.4.9. Nouveau origine (repérer).

* Les coordonnées de profil de l'aube :

1	155	y	0
x	147,43	y	4,84
x	139,87	y	8,40
x	132,26	y	11,47
x	124,59	y	14,12
x	116,87	y	16,44
x	109,08	y	18,41
x	101,25	y	20,05
x	93,37	y	21,35
x	85,45	y	22,29
x	77,5	y	22,84
x	69,52	y	22,96
x	61,55	y	22,67
x	53,57	y	21,97
x	45,61	y	20,88
x	37,66	y	19,38
x	29,74	y	17,40
x	21,87	y	14,90
x	14,08	y	11,70
x	10,23	y	9,77
x	6,43	y	7,51
x	2,74	y	4,75
x	0,97	y	3,02
x	0,33	y	2,16
x	0,05	y	1,65
x	0	y	0

x	155	Y	0
x	147,06	Y	-3,97
x	139,12	Y	-6,01
x	131,23	Y	-7,30
x	123,40	Y	-8,08
x	115,62	Y	-8,52
x	107,91	Y	-8,70
x	100,24	Y	-8,68
x	92,62	Y	-8,52
x	85,04	Y	-8,25
x	77,5	Y	-7,92
x	69,97	Y	-7,58
x	62,44	Y	-7,20
x	54,92	Y	-6,76
x	47,38	Y	-6,23
x	39,83	Y	-5,59
x	32,25	Y	-4,80
x	24,62	Y	-3,87
x	16,91	Y	-2,71
x	13,01	Y	-2,05
x	9,06	Y	-1,29
x	5,008	Y	-0,43
x	2,89	Y	-0,04
x	1,99	Y	-0,20
x	1,49	Y	-0,25
x	0	Y	0

Fig.4.10. Les coordonné de profil de l'aube

*Clique sur fonction polygone  pour Dessin en la forme de l'aube en utilisant les coordonnées (X et Y).

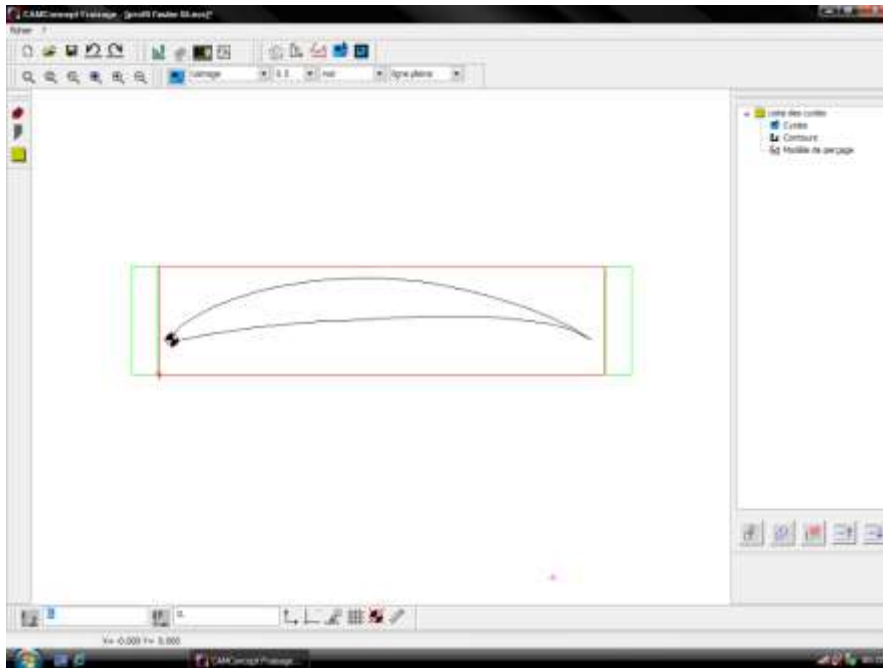


Fig.4.11. Dessin de la forme de profil de l'aube.

*Clique sur fonction contour  pour confirmer les trajectoires.

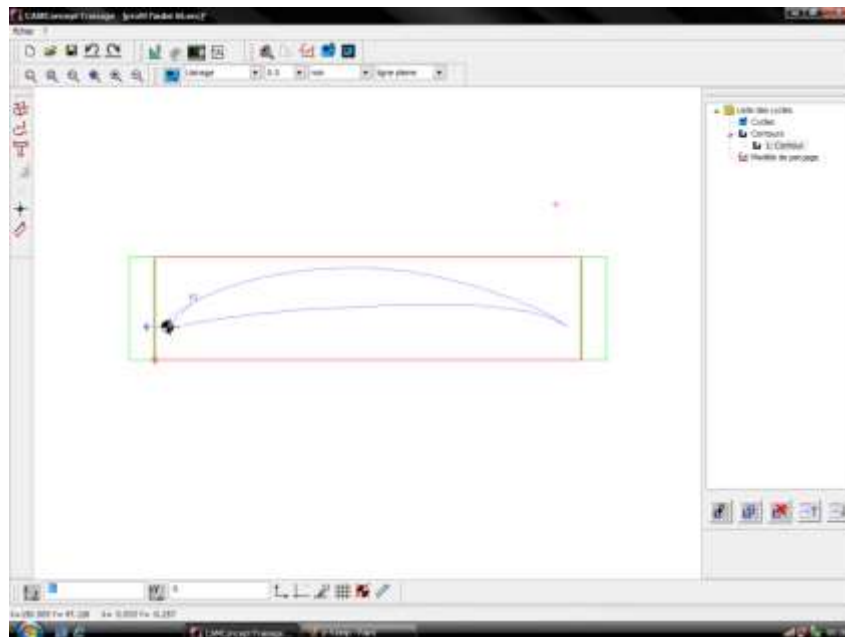



Fig.4.12. Sélection de contour.

*Clique la fonction contour suivant des élément. 

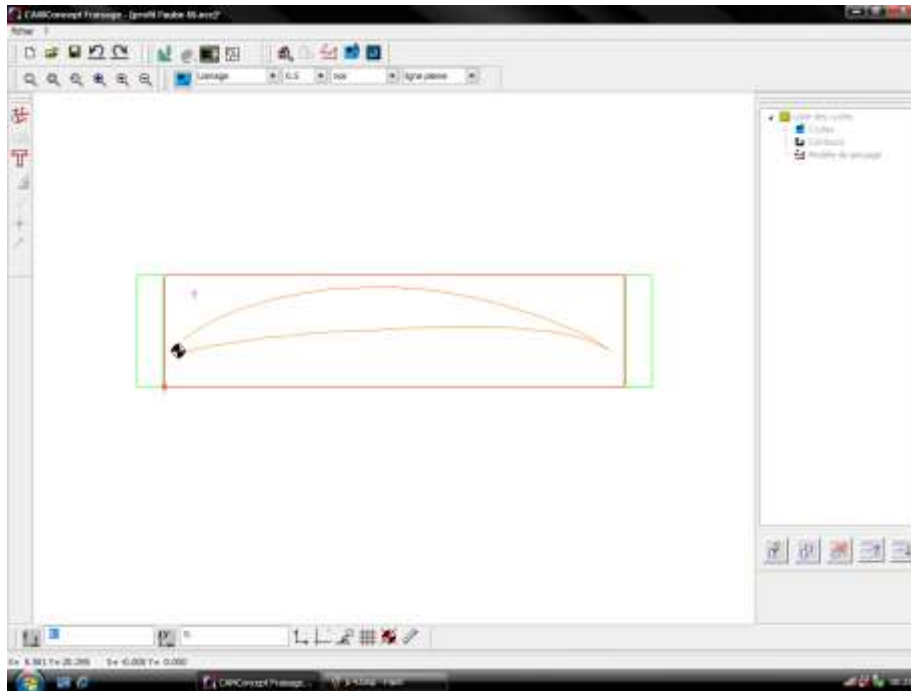



Fig.4.13.selection de la forme de l'aube

*Clique sur la fonction fraisage de contour 

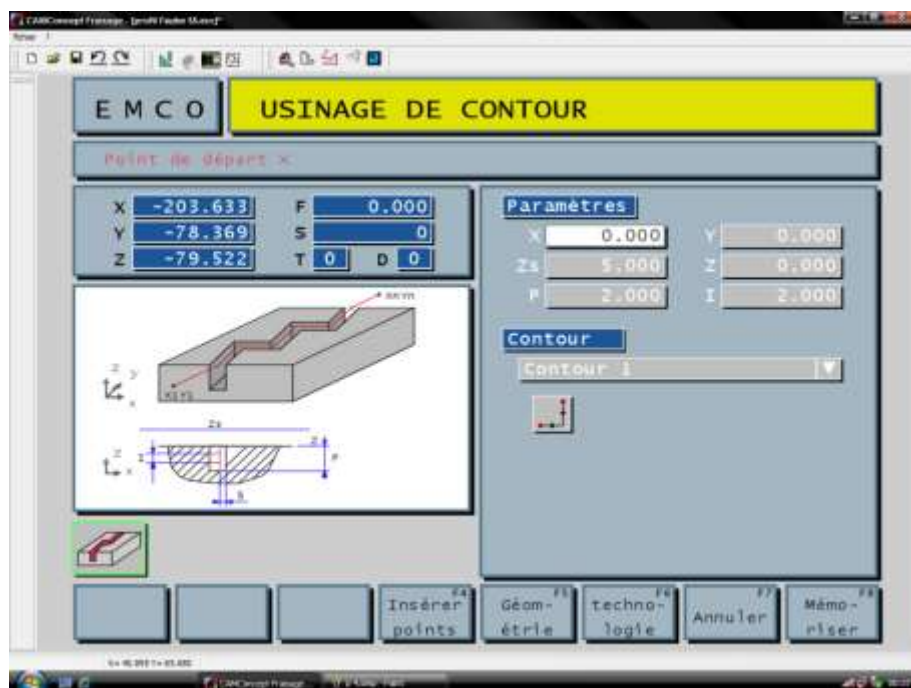


Fig.4.14.Fenêtre des paramètres géométriques de cycle de fraisage des contours.

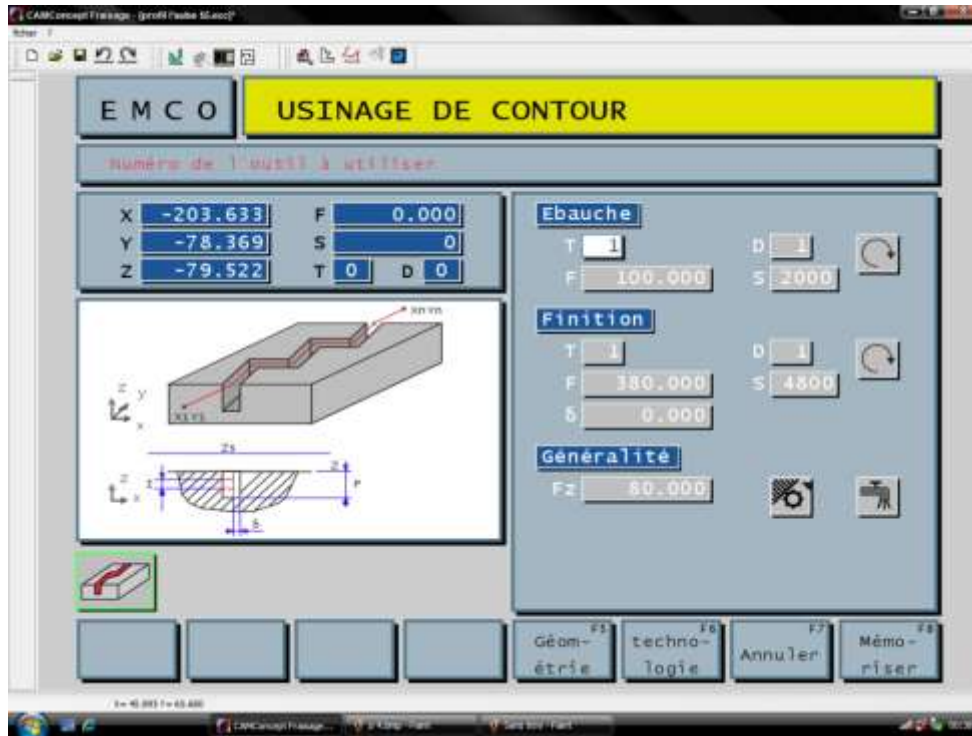




Fig.4.15.Fenêtre des paramètres technologiques de cycle de fraisage des contours

*Clique sur la fonction les liste des cycles  (opération).

*Clique sur fonction Start 

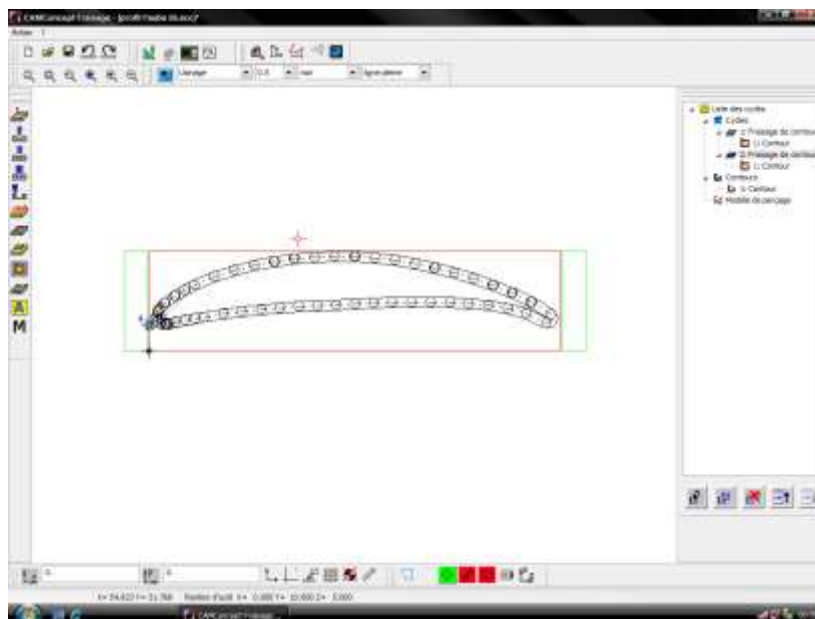



Fig.4.16. Simulation de surfaçage en 2D

*Clique sur fonction simulation 

La simulation de l'usinage de tous les contours et liste de cycle sont représentées dans la figure (4.17)

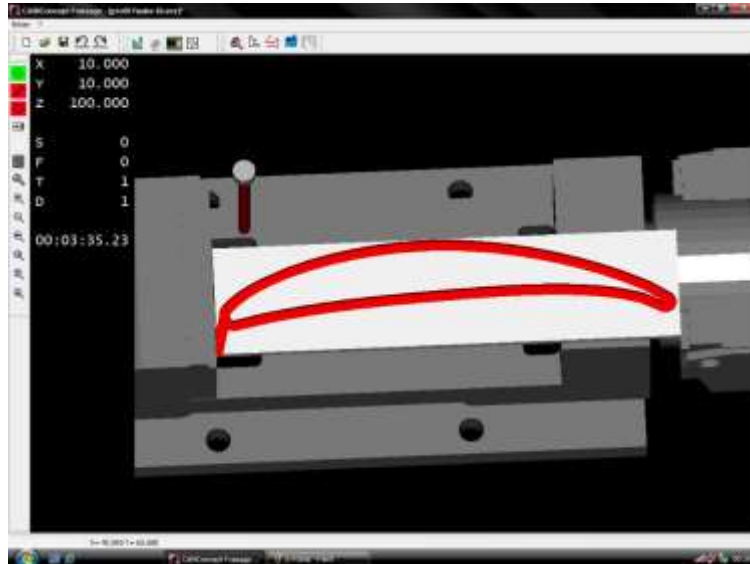



Fig.4.17.Simulation 3D d'usinage de l'aube.

*Clique sur fonction ouvrir 

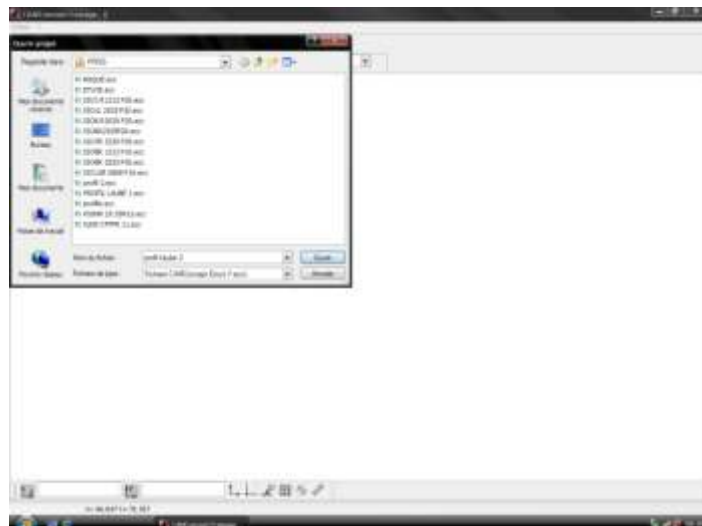



Fig.4.18.Enregistrer le fichier

*Clique sur fonction mémorisé 

Afin d'extraire le programme CN on doit choisir la commande (commande ISO) à destiner puis on l'exporte comme montre la figure (Fig.4.19)

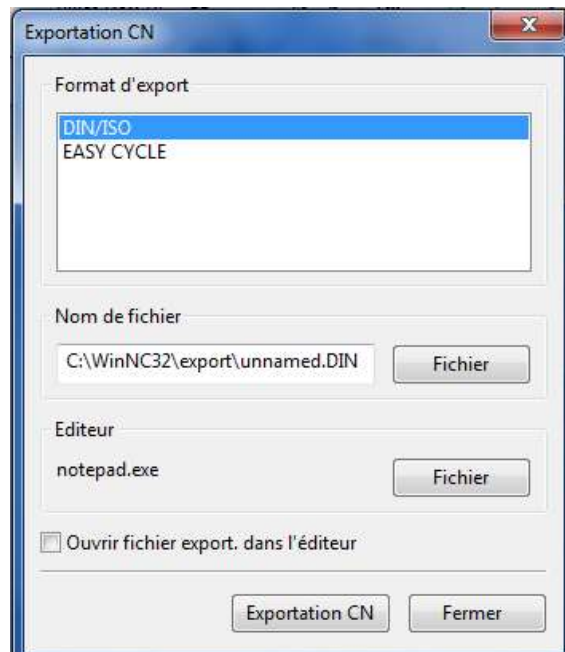


Fig.4.19. Exportation du programme CN

4.5-L'extrait de programme NC est présenté sur la partie Annex



Fig.4.20.La machine WinNC Mill 300.

4.6-Etapes de Construction par WinNC

Après l'ouverture de logiciel WIN NC en

*cliquer sur select programme

Donner un nom au programme (par exemple %65)

Ensuite

*cliquer sur édit et en va écrire notre programme

D'après (les coordonnées des aubes, la vitesse de coupe, la vitesse d'avance) on peut

Créer le programme suivant :

Pour NACA (fi=28.63_rot) :

```
G54
T1 D1 M6 (Fraise D=3mm)
S1000 F100 M3
G0 X180 Y10 Z10
G42 X152 Y0
G01 Z-3
G01
X155 Y0
X147.43 Y4.84
X139.87 Y8.40
X132.26 Y11.47
X124.59 Y14.12
X116.87 Y16.44
X109.08 Y18.41
X101.25 Y20.05
X93.37 Y21.35
X85.45 Y22.29
X77.5 Y22.84
X69.52 Y22.96
X61.55 Y22.67
X53.57 Y21.97
X45.61 Y20.88
X37.66 Y19.38
X24.74 Y17.40
X21.87 Y14.90
```

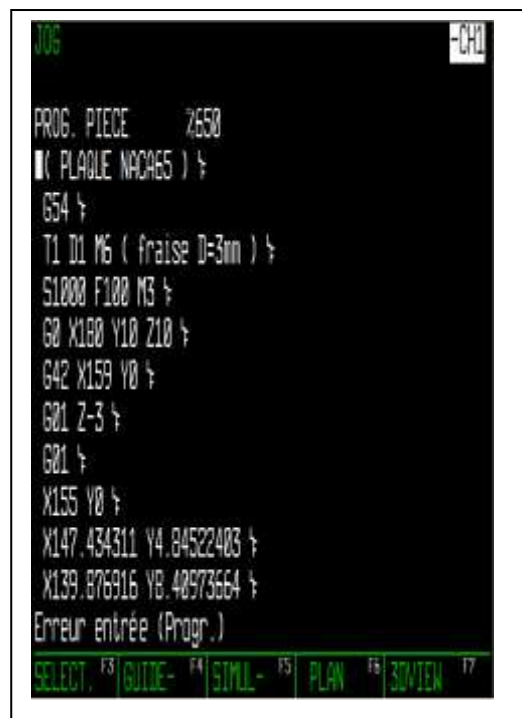


Fig.4.21. Selecte programme.

X14.08 Y11.70
X10.23 Y9.77
X6.43 Y7.51
X2.74 Y4.75
X0.97 Y3.02
X0.33 Y2.16
X0.05 Y1.65
X0 Y0
X1.49 Y-0.25
X1.99 Y-0.20
X2.89 Y-0.04
X5 Y0.43
X9.06 Y1.26
X13.01 Y2.05
X16.91 Y2.71
X24.62 Y3.87
X32.25 Y4.80
X39.33 Y5.59
X47.38 Y6.23
X54.92 Y6.76
X62.44 Y7.20
X69.97 Y7.58
X77.5 Y7.92
X85.04 Y8.25
X92.62 Y8.52
X100.24 Y8.68
X107.91 Y8.70
X115.62 Y8.52
X123.40 Y8.08
X131.23 Y7.30
X139.12 Y6.01
X147.06 Y3.97
X155 Y0

G40 X165 Y8
G0 Z10
M30

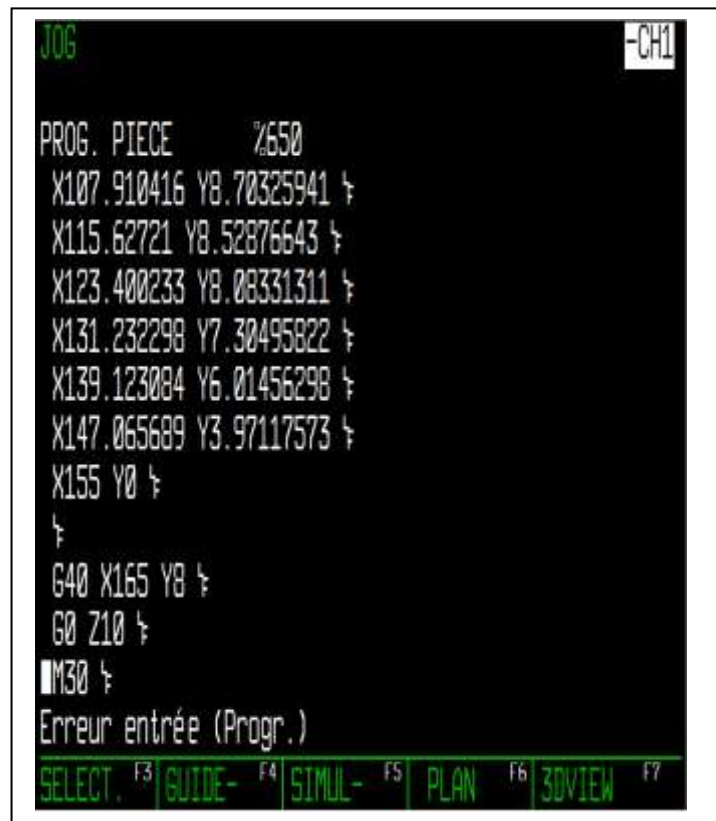


Fig.4.22. Selecte programme.

Après l'écriture de programme sur WIN NC en peut :

*Editer le brut :

Donne les coordonnées de point d'origine, les démentions de la pièce brut.

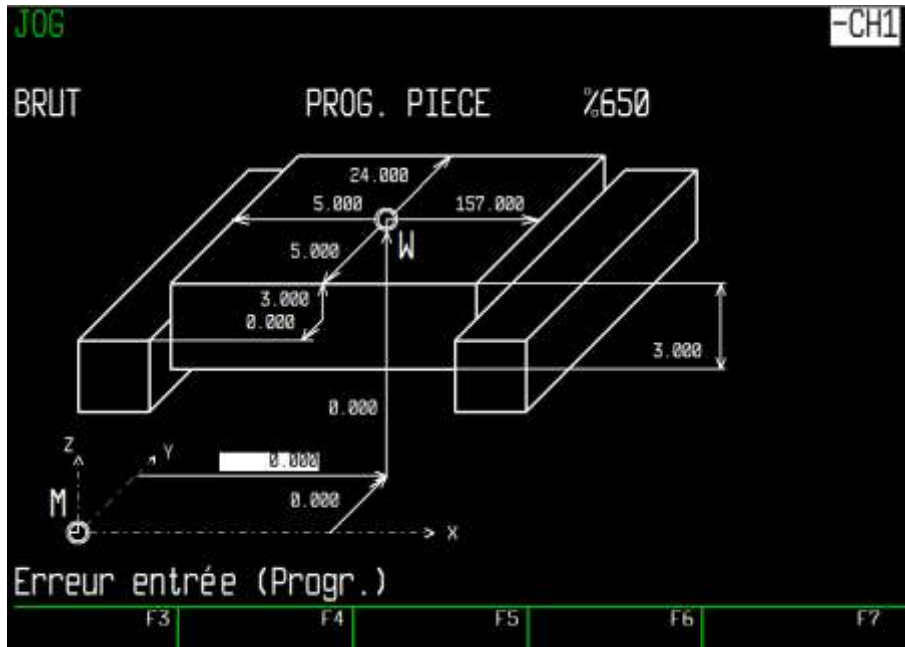


Fig.4.23.Éditer le brut.

Select un outil :

Choisir un outil (fraise, foret),

* select l'outil qui prend le diamètre nécessaire (Fraise 3mm) :



Fig.4.24.select l'outil.

En fin la simulation : une présentation 3D de l'aube dans son état final.



Fig.4.25.Phases d'usinage

4.7-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la génération automatique des programmes CN par deux systèmes différents. Les systèmes CFAO didactique tels que (WinNC et CAMConcept). Ceci nous a permis la maîtrise de deux systèmes CFAO différent, et par conséquent on a pu constater les performances de chaque système par rapport à l'autre. Dans ce qui suit nous allons présenter la préparation du poste de travail et la réalisation de l'aube sur fraiseuse à commande numérique EMCOconcept Mill 300.

Enfin nous avons obtenu plusieurs modèles d'aubes à utilisées comme éprouvettes sur la machine d'essai d'écoulement laminaire des fluides. Ce qui est l'objectif principale de notre étude.

Conclusion général

Conclusion

Notre travail nous a mené à réaliser des aubes NACA par la Conception et la fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Afin de choisir la Solution la plus répondante à la réalisation selon les moyens de notre atelier qui sont les logiciels CAO, FAO et une fraiseuse à commande Numérique.

Pour aboutir à cet objectif une série d'étapes ont été faites.

Premièrement, nous avons présenté une recherche bibliographique sur les systèmes CFAO. Ensuite nous avons présenté des solutions 3D proposées et les outils CAO, FAO et CFAO choisis, et nous les avons conçus par l'outil de CAO SolidWorks. Enfin nous avons entamé la génération automatisée des programmes CN pour chaque géométrie par l'utilisation des outils de CFAO WinCAM, CAMConcept et de FAO CAMWorks.

Ce travail donc, nous a permis d'avoir une idée générale sur les différents systèmes CFAO. Concernant la conception des géométries on a profité d'un côté d'appliquer nos connaissances acquises lors de notre formation de l'outil de CAO SolidWorks, de l'autre côté ceci nous a permis d'apprendre les fonctions les plus avancées de SolidWorks. Et concernant la fabrication, ce travail nous a permis la maîtrise de plusieurs systèmes de CFAO. En exécutant ce travail on a pu comparer les performances de chaque système par rapport à l'autre d'un côté. De l'autre côté on avait l'occasion de manipuler sur la machine pendant la fabrication et avoir une idée sur la FAO dans la pratique.

En perspective nous proposons d'utiliser des systèmes CFAO industriels les plus sophistiqués notamment CATIA non seulement pour la réalisation des pièces simples mais d'autres plus compliquées et l'utilisation des machines à commande numériques ayant plus que trois axes tels que les centres d'usinage.

Annex

ANNEX

A) Programme NC correspondant au CAMconcept.

N1; Exported CamConcept project:

C:\WinNC32\CAMCONCEPT.M\PROG\profil l'aube 65.ecc

N2 ; Export filter: DIN/ISO 1.20

N3 ; tool	tool name	radius	length	
Saisie de texte manquante (4700008)				
N4 ; T1D1		0.000	0.000	T1D1
N5 ; T2D1		0.000	0.000	T2D1
N6 ; T3D1	Fraise 4mm	2.000	0.000	T3D1
N7	G54			
N8	G94			
N9 ; 1:	Fraisage de contour			
N10	T3 D1			
N11	M6			
N12	M8			
N13	S2000			
N14	M3			
N15	G0 X0 Y0 Z2			
N16	G1 X152.914 Y12.511 Z2 F500			
N17	G1 X152.914 Y12.511 Z-2 F1			
N18	G1 X145.267 Y14.476 Z-2 F500			
N19	G1 X137.527 Y15.741 Z-2			
N20	G1 X129.802 Y16.511 Z-2			
N21	G1 X122.098 Y16.946 Z-2			
N22	G1 X114.447 Y17.125 Z-2			
N23	G1 X106.822 Y17.105 Z-2			
N24	G1 X99.235 Y16.946 Z-2			
N25	G1 X91.677 Y16.677 Z-2			
N26	G1 X84.147 Y16.347 Z-2			
N27	G1 X76.624 Y16.007 Z-2			
N28	G1 X69.107 Y15.628 Z-2			
N29	G1 X61.607 Y15.189 Z-2			
N30	G1 X54.093 Y14.661 Z-2			
N31	G1 X46.576 Y14.024 Z-2			
N32	G1 X39.033 Y13.238 Z-2			
N33	G1 X31.448 Y12.313 Z-2			
N34	G1 X23.784 Y11.160 Z-2			
N35	G1 X19.924 Y10.507 Z-2			
N36	G1 X16.014 Y9.755 Z-2			
N37	G1 X11.983 Y8.901 Z-2			
N38	G1 X9.883 Y8.433 Z-2			
N39	G2 X9.798 Y8.416 Z-2 I-0.435 J1.952			
N40	G1 X8.898 Y8.256 Z-2			
N41	G2 X8.747 Y8.235 Z-2 I-0.350 J1.969			
N42	G1 X8.247 Y8.185 Z-2			
N43	G2 X7.717 Y8.203 Z-2 I-0.199 J1.990			

N44 G1 X6.227 Y8.453 Z-2
N45 G2 X4.559 Y10.486 Z-2 I0.331 J1.972
N46 G1 X4.609 Y12.136 Z-2
N47 G2 X4.855 Y13.038 Z-2 I1.999 J-0.061
N48 G1 X5.135 Y13.548 Z-2
N49 G2 X5.284 Y13.779 Z-2 I1.753 J-0.963
N50 G1 X5.924 Y14.639 Z-2
N51 G2 X6.130 Y14.875 Z-2 I1.604 J-1.194
N52 G1 X7.900 Y16.605 Z-2
N53 G2 X8.100 Y16.777 Z-2 I1.398 J-1.430
N54 G1 X11.790 Y19.537 Z-2
N55 G2 X11.989 Y19.668 Z-2 I1.198 J-1.602
N56 G1 X15.789 Y21.858 Z-2
N57 G2 X15.866 Y21.900 Z-2 I0.999 J-1.733
N58 G1 X19.716 Y23.900 Z-2
N59 G2 X19.878 Y23.975 Z-2 I0.922 J-1.775
N60 G1 X27.668 Y27.175 Z-2
N61 G2 X27.823 Y27.231 Z-2 I0.760 J-1.850
N62 G1 X35.693 Y29.731 Z-2
N63 G2 X35.813 Y29.765 Z-2 I0.606 J-1.906
N64 G1 X43.733 Y31.745 Z-2
N65 G2 X43.847 Y31.770 Z-2 I0.485 J-1.940
N66 G1 X51.797 Y33.270 Z-2
N67 G2 X51.897 Y33.287 Z-2 I0.371 J-1.965
N68 G1 X59.857 Y34.377 Z-2
N69 G2 X59.953 Y34.387 Z-2 I0.271 J-1.982
N70 G1 X67.933 Y35.087 Z-2
N71 G2 X68.035 Y35.094 Z-2 I0.175 J-1.992
N72 G1 X76.005 Y35.384 Z-2
N73 G2 X76.108 Y35.385 Z-2 I0.073 J-1.999
N74 G1 X84.088 Y35.265 Z-2
N75 G2 X84.196 Y35.260 Z-2 I-0.030 J-2.000
N76 G1 X92.146 Y34.710 Z-2
N77 G2 X92.244 Y34.701 Z-2 I-0.138 J-1.995
N78 G1 X100.164 Y33.761 Z-2
N79 G2 X100.254 Y33.748 Z-2 I-0.236 J-1.986
N80 G1 X108.134 Y32.448 Z-2
N81 G2 X108.218 Y32.432 Z-2 I-0.326 J-1.973
N82 G1 X116.048 Y30.793 Z-2
N83 G2 X116.128 Y30.774 Z-2 I-0.410 J-1.958
N84 G1 X123.918 Y28.804 Z-2
N85 G2 X124.004 Y28.780 Z-2 I-0.490 J-1.939
N86 G1 X131.724 Y26.460 Z-2
N87 G2 X131.801 Y26.435 Z-2 I-0.576 J-1.915
N88 G1 X139.471 Y23.785 Z-2
N89 G2 X139.566 Y23.750 Z-2 I-0.653 J-1.890
N90 G1 X147.176 Y20.680 Z-2
N91 G2 X147.280 Y20.634 Z-2 I-0.748 J-1.855
N92 G1 X154.840 Y17.074 Z-2
N93 G2 X155.065 Y16.950 Z-2 I-0.852 J-1.809
N94 G1 X162.635 Y12.110 Z-2
N95 G2 X160.664 Y8.636 Z-2 I-1.077 J-1.685
N96 G1 X152.914 Y12.511 Z-2
N97 G1 X152.914 Y12.511 Z2 F1
N98 G0 X0 Y0 Z2
N99 M30

B) Adaptation des fichiers DATA au programme CNC et prendre en considération l'échelle de l'aube :

***NACA Extrados inverse :**

	Valeur (v_x)	Puissance (10^{-n})	Résultat ($V_x * 10^{-n}$)	X	Résultat ($V_x * 10^{-n} * 155$)	valeurs (V_y)	Puissance (10^{-n})	Résultat ($V_x * 10^{-n}$)	Y	Résultat ($V_x * 10^{-n} * 155$)
1	1	1	1	X	155	0	0	0	Y	0
2	9,511891	0,1	0,9511891	X	147,434311	3,12595099	0,01	0,03125951	Y	4,84522403
3	9,02431719	0,1	0,90243172	X	139,876916	5,42563654	0,01	0,05425637	Y	8,40973664
4	8,53340013	0,1	0,85334001	X	132,267702	7,40112341	0,01	0,07401123	Y	11,4717413
5	8,03869463	0,1	0,80386946	X	124,599767	9,1129589	0,01	0,09112959	Y	14,1250863
6	7,54018	0,1	0,754018	X	116,87279	1,06075696	0,1	0,1060757	Y	16,4417329
7	7,03803768	0,1	0,70380377	X	109,089584	1,18809935	0,1	0,11880993	Y	18,4155399
8	6,53251342	0,1	0,65325134	X	101,253958	1,29376164	0,1	0,12937616	Y	20,0533054
9	6,02402708	0,1	0,60240271	X	93,3724197	1,37780318	0,1	0,13778032	Y	21,3559492
10	5,51300027	0,1	0,55130003	X	85,4515042	1,43831339	0,1	0,14383134	Y	22,2938576
11	5	0,1	0,5	X	77,5	1,47389997	0,1	0,14739	Y	22,8454496
12	4,4857571	0,1	0,44857571	X	69,529235	1,48159556	0,1	0,14815956	Y	22,9647312
13	3,97104696	0,1	0,3971047	X	61,5512279	1,46266032	0,1	0,14626603	Y	22,6712349
14	3,45651926	0,1	0,34565193	X	53,5760485	1,41747646	0,1	0,14174765	Y	21,9708852
15	2,94263012	0,1	0,29426301	X	45,6107669	1,34733008	0,1	0,13473301	Y	20,8836162
16	2,42998044	0,1	0,24299804	X	37,6646968	1,25032281	0,1	0,12503228	Y	19,3800036
17	1,91931965	0,1	0,19193196	X	29,7494545	1,12276825	0,1	0,11227683	Y	17,4029079
18	1,41159216	0,1	0,14115922	X	21,8796785	9,61480272	0,01	0,09614803	Y	14,9029442
19	9,08735473	0,01	0,09087355	X	14,0853998	7,55277204	0,01	0,07552772	Y	11,7067967
20	6,60360803	0,01	0,06603608	X	10,2355924	6,30660031	0,01	0,063066	Y	9,77523049
21	4,15402891	0,01	0,04154029	X	6,43874481	4,84990668	0,01	0,04849907	Y	7,51735535
22	1,76858091	0,01	0,01768581	X	2,74130041	3,0677367	0,01	0,03067737	Y	4,75499189
23	6,29818553	0,001	0,00629819	X	0,97621876	1,9539268	0,01	0,01953927	Y	3,02858654
24	2,15661235	0,001	0,00215661	X	0,33427491	1,39361382	0,01	0,01393614	Y	2,16010141
25	3,35935481	0,0001	0,00033594	X	0,05207	1,06518209	0,01	0,01065182	Y	1,65103224
26	0	0	0	X	0	0	0	0	Y	0

***NCA Intrados :**

	valeurs (v_x)	Puissance (10^{-n})	Résultat ($V_x * 10^{-n}$)	X	Résultat ($V_x * 10^{-n*155}$)	Valeurs (v_y)	Puissance (10^{-n})	Résultat ($V_x * 10^{-n}$)	Y	Résultat ($V_x * 10^{-n*155}$)
1	1	1	1	x	155	0	0	0	y	0
2	9,488109	0,1	0,9488109	x	147,065689	2,56204886	0,01	0,02562049	y	3,97117573
3	8,97568281	0,1	0,89756828	x	139,123084	3,88036321	0,01	0,03880363	y	6,01456298
4	8,46659987	0,1	0,84665999	x	131,232298	4,71287627	0,01	0,04712876	y	7,30495822
5	7,96130537	0,1	0,79613054	x	123,400233	5,21504072	0,01	0,05215041	y	8,08331311
6	7,45982	0,1	0,745982	x	115,62721	5,50242995	0,01	0,0550243	y	8,52876643
7	6,96196232	0,1	0,69619623	x	107,910416	5,61500607	0,01	0,05615006	y	8,70325941
8	6,46748658	0,1	0,64674866	x	100,246042	5,60238312	0,01	0,05602383	y	8,68369384
9	5,97597292	0,1	0,59759729	x	92,6275803	5,49996774	0,01	0,05499968	y	8,52495
10	5,48699973	0,1	0,54869997	x	85,0484958	5,32686554	0,01	0,05326866	y	8,25664159
11	5	0,1	0,5	x	77,5	5,11499974	0,01	0,05115	y	7,92824959
12	4,5142429	0,1	0,45142429	x	69,970765	4,89404389	0,01	0,04894044	y	7,58576802
13	4,02895304	0,1	0,4028953	x	62,4487721	4,6513963	0,01	0,04651396	y	7,20966426
14	3,54348074	0,1	0,35434807	x	54,9239515	4,36523487	0,01	0,04365235	y	6,76611406
15	3,05736988	0,1	0,30573699	x	47,3892331	4,02269875	0,01	0,04022699	y	6,23518306
16	2,57001956	0,1	0,25700196	x	39,8353032	3,60677147	0,01	0,03606771	y	5,59049578
17	2,08068035	0,1	0,20806804	x	32,2505455	3,10031712	0,01	0,03100317	y	4,80549153
18	1,58840784	0,1	0,15884078	x	24,6203215	2,49919696	0,01	0,02499197	y	3,87375528
19	1,09126453	0,1	0,10912645	x	16,9146002	1,75322771	0,01	0,01753228	y	2,71750295
20	8,39639197	0,01	0,08396392	x	13,0144076	1,32539948	0,01	0,01325399	y	2,0543692
21	5,84591709	0,01	0,05845917	x	9,06117149	8,38093169	0,001	0,00838093	y	1,29904441
22	3,23141909	0,01	0,03231419	x	5,00869959	2,80263209	0,001	0,00280263	y	0,43440797
23	1,87018145	0,01	0,01870181	x	2,89878124	-2,79268509	0,0001	-0,00027927	y	-0,04328662
24	1,28433876	0,01	0,01284339	x	1,99072509	-1,33613849	0,001	-0,00133614	y	-0,20710147
25	9,66406452	0,001	0,00966406	x	1,49793	-1,65182116	0,001	-0,00165182	y	-0,25603228
26	0	0	0	x	0	0	0	0	y	0

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- https://forum.hardware.fr/hfr/WindowsSoftware/Logiciels/solidworks-2008-vista-sujet_304285_1.htm
- 2- J.-M. Baron, J.-M. Rabreau, "La CFAO avec SolidWorks", Edition Delagrave, France, Décembre 2004.
- 3- EMCO gmbh, "Description du logiciel EMCO CAMConcept Fraisage", Edition C2009-10.
- 4- EMCO gmbh, "Description du logiciel EMCO WinCAM Fraisage", Edition H2002-7.
- 5- Zeid R.Sivasubramainan "CAD/CAM theory and practice", Edition McGraw-Hill Companies; India 1991.
- 6- CAMWorks online help / CAMWorks Basics.
- 7- <http://www.emco.co.uk/product/camconcept>, 2012.
- 8- F. Sebaa, "Contribution à l'adaptation des instructions d'usinage code ISO pour différentes commandes CN à travers un système CFAO", Mémoire de Magister, Université de Tlemcen, 2004.
- 9- <http://www.Wikipedia.com/Fabrication/assistée/par/ordinateur>, 2012.