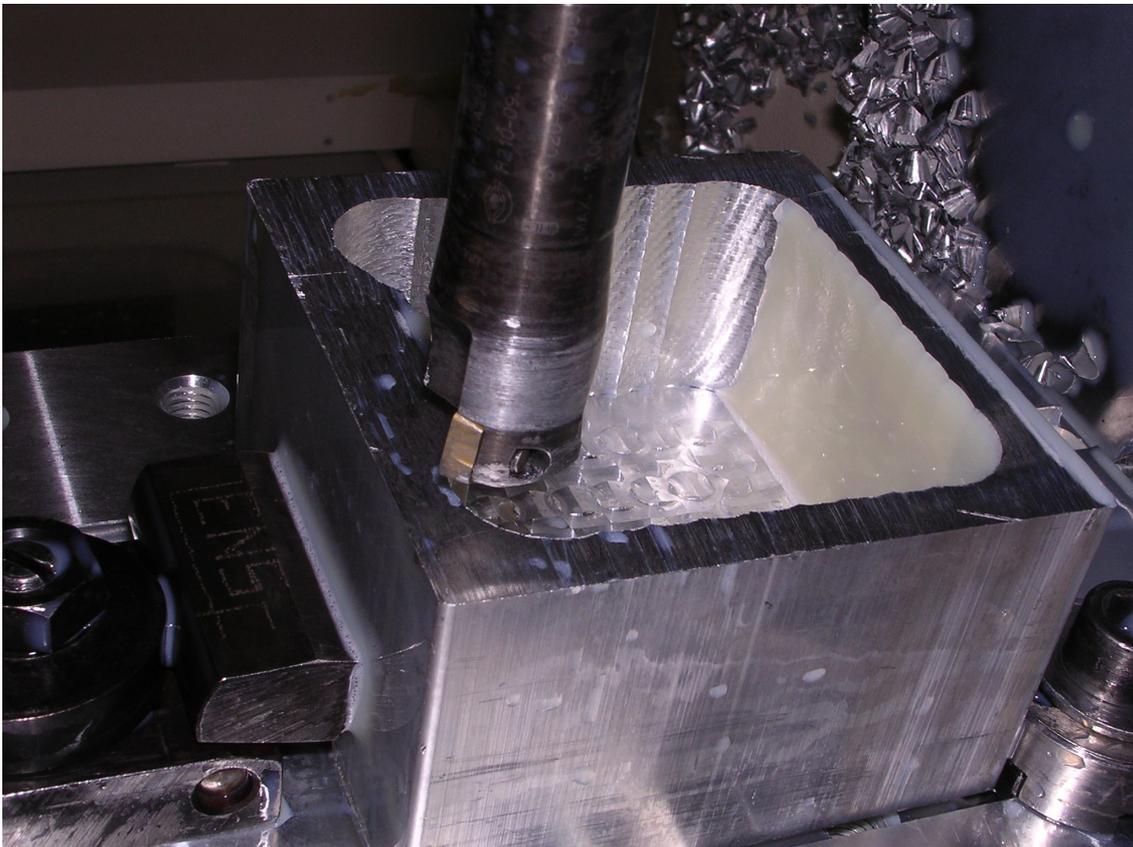




Maîtrise de l'opération de TREFLAGE



Réalisé par :

François GIRARDIN
Nicolas GUILLEMOT

Encadré par :

Christophe TOURNIER



SOMMAIRE :

Introduction

I) Présentation de l'outil et de la pièce à réaliser

- a) Description des outils
- b) Modèle de la pièce à réaliser
- c) Choix de la stratégie et gamme de fabrication

II) Test des efforts de coupe et problème de vibrations

- a) Banc de perçage
- b) Evaluation des vibrations sur l'ALCERA
- c) Evaluation des vibrations sur la REALMECA C300H

III) Mise en œuvre du trèflage

- a) Réglages préalables de la machine
- b) Trèflage programmé en paramétré
- c) Programmation des autres phases
- d) Problèmes de programmation rencontrés

Conclusion

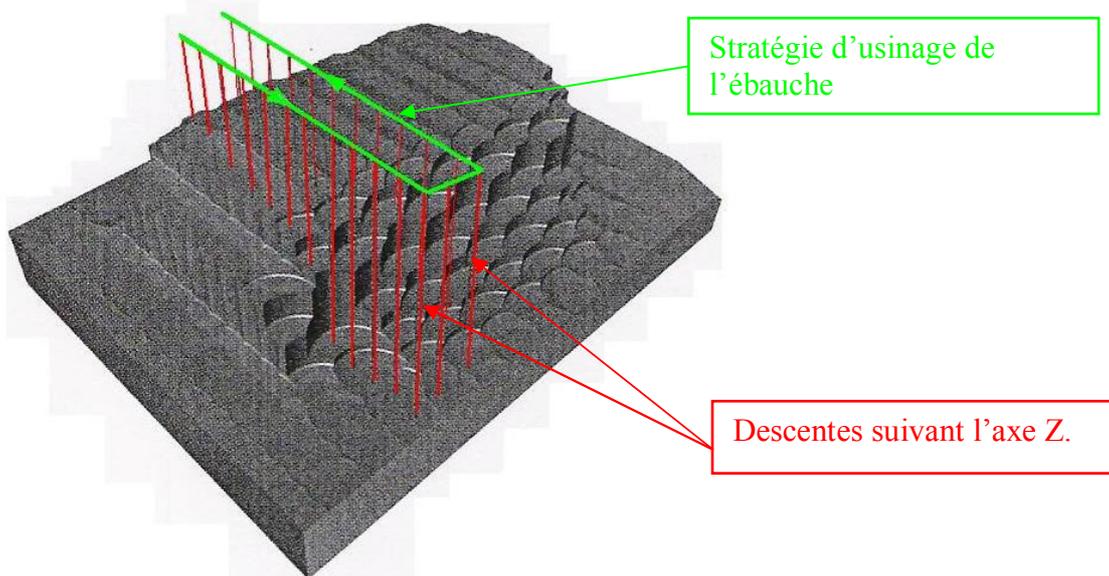
INTRODUCTION :

Une nouvelle technique d'usinage appelée « tréflage » a fait son apparition il y a quelques temps. Cette opération d'ébauche en fraisage des pièces prismatiques permet d'usiner des cavités profondes sans vibration. **Cette opération s'apparente à du perçage et consiste à enlever le plus de matière possible avec une fraise ou un foret en usinant selon l'axe Z uniquement.** Les retours d'expériences de certains industriels et des fabricants d'outils présentent cette technique comme plus productive que des opérations classiques de vidage de poche (~30% de gain).

Objectifs :

L'étude proposée consiste à évaluer les potentialités de l'opération de tréflage sur les machines dont nous disposons. Cette étude passe par la mesure des actions mécaniques mises en jeu avec différents types d'outils, ainsi que l'usure des plaquettes. Il est également nécessaire de maîtriser la génération des trajectoires de tréflage à l'aide ou non d'un logiciel de FAO. L'objectif final étant de maîtriser et d'optimiser l'opération de tréflage en terme de productivité pour une machine donnée.

Nous pourrions également comparer le débit de copeau lors du tréflage par rapport aux autres procédés d'ébauche.



Cette opération consiste à enlever le plus de matière possible avec une fraise ou un foret en usinant selon l'axe Z uniquement.

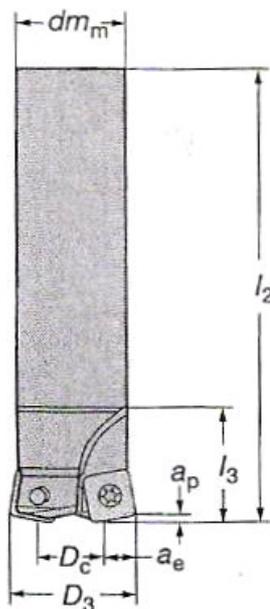
Cette stratégie utilise des centres d'usinages classiques, ayant tout de même une puissance convenable, et permet de réduire les vibrations en sollicitant l'axe le plus rigide de la machine, à savoir l'axe Z.

I) Présentation de l'outil et de la pièce à réaliser:

a) Description des outils :

Notre outil : le CoroMill 210 (sandwik)

Caractéristiques de l'outil :



Référence : R210-025A20-09M

$D_3 = 25\text{ mm}$
 $D_c = 10.9\text{ mm}$
 $D_m = 20\text{ mm}$

$a_p = 1.2\text{ mm}$
 $a_e = 8\text{ mm}$

$l_3 = 35\text{ mm}$
 $l_2 = 180\text{ mm}$

$Z = \text{Deux dents}$

Angle de pente maxi (fraisage en pente) : $14,5^\circ$

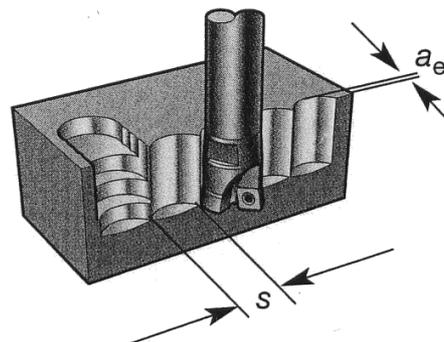
Diamètre de trou mini (interpolation hélicoïdale) : 32 mm [maxi 49 mm]

- fraisage sous haute avance :

$a_{p\text{max}} = 1,2\text{ mm}$
 $[f_z = 1,4\text{ mm/dent}]$
 $[V_c = 150\text{ m/min}]$

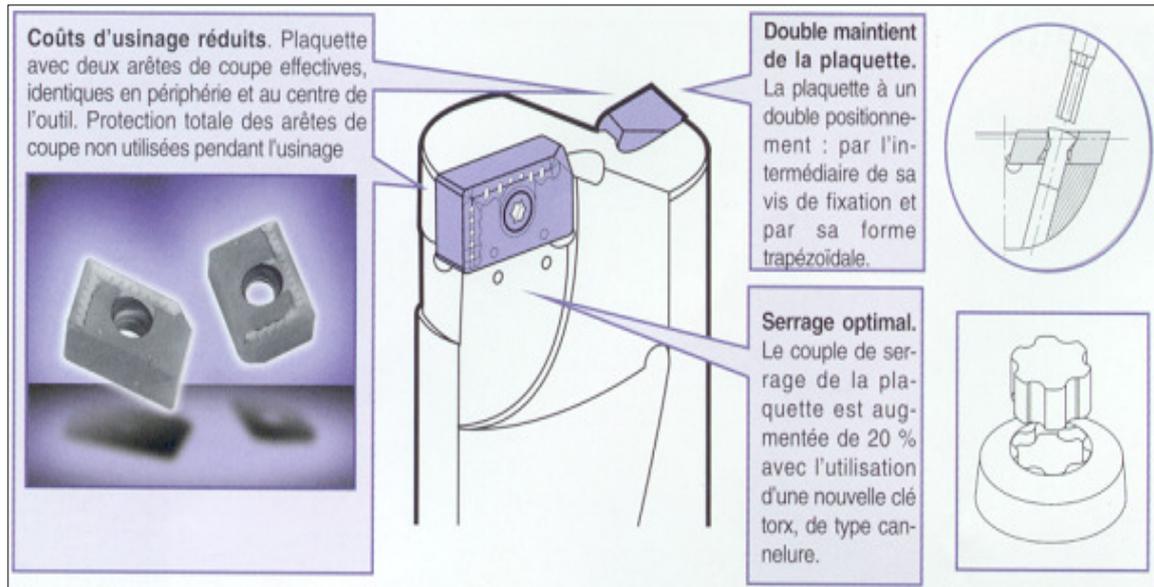
- tréflage :

$a_{e\text{max}} = 8\text{ mm}$
 $s_{\text{max}} = 0,75 * D = 18,75\text{ mm}$
 $[f_z = 0,12\text{ mm/dent}]$
 $[V_c = 150\text{ m/min}]$

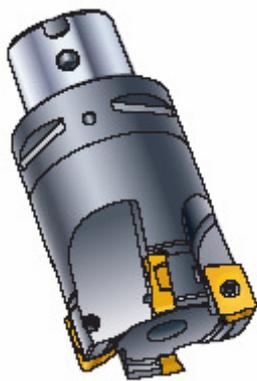


Cet outil combine le double avantage de pouvoir usiner aussi bien en tréflage que sous haute avance. Le surfacage sous haute avance permet d'enlever de forts volumes de copeaux, sous des avances beaucoup plus élevées qu'en surfacage conventionnel. En raison de l'angle d'attaque de 10° , la profondeur de coupe est limitée à 1,2 mm maximum. En condition très favorable, l'avance f_z peut être poussée jusqu'à 4 mm par dent.

Un autre outil caractéristique de tréflage : (SAECO)



D'autres outils sont utilisables, comme des forêts à bout plat (CoroDrill), ou encore des fraises à rainurer (Coromill 390)

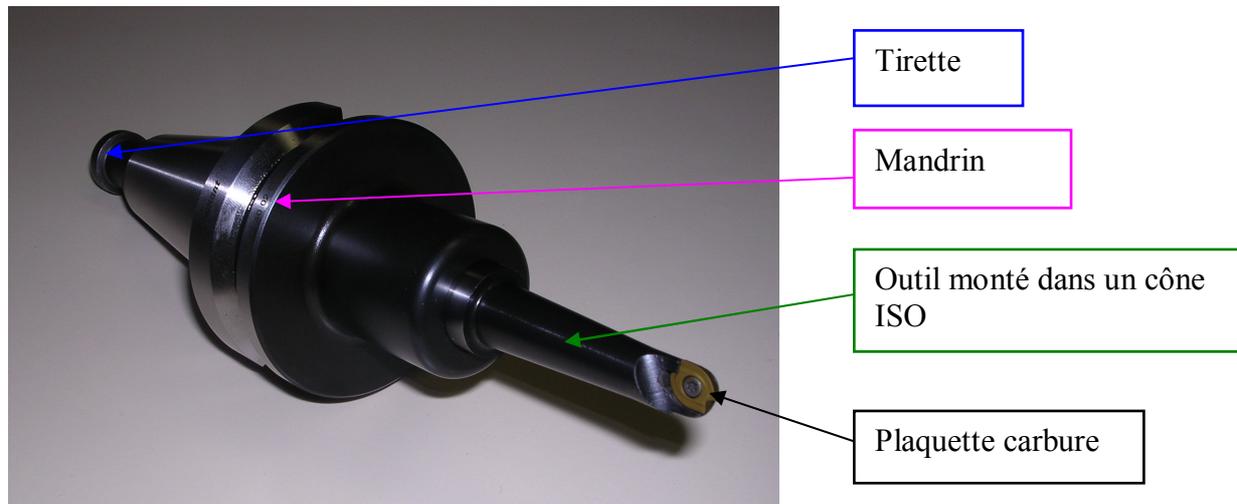


Coromill 390



CoroDrill 800

Notre outil de finition: Fraise boule Ø10 à plaquette carbure



b) Modèle de la pièce à réaliser :

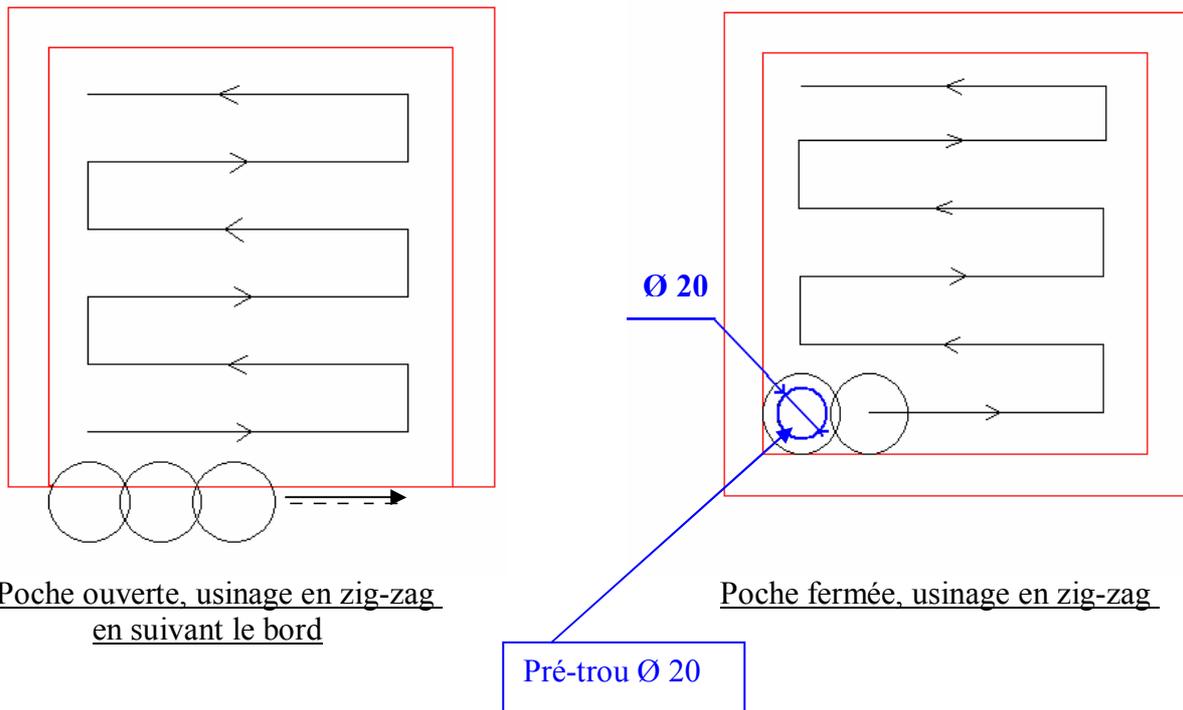
Le but de ce TER étant de tester cette stratégie d'ébauche et de mettre en valeur ses avantages par rapport aux stratégies classiques, nous n'avons pas intérêt à créer une pièce compliquée.

C'est pour cela que nous avons choisit une poche dans une pièce 100×100×60. Il nous fallait une pièce assez grande pour faire un nombre de passes suffisant malgré la taille de l'outil et assez profonde pour tirer avantage de cette stratégie au niveau de la plongée.

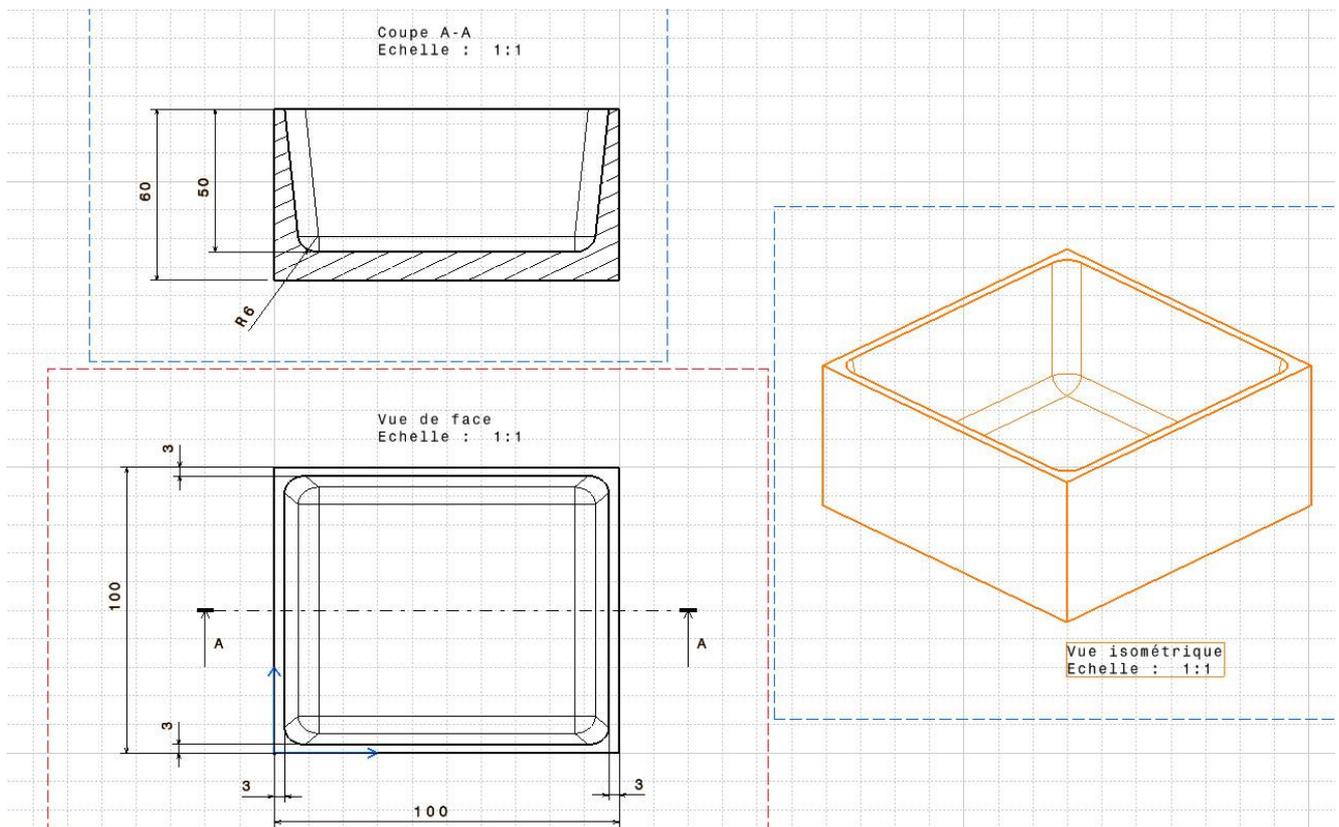
Nous avons ainsi pu tester le porte à faux de l'outil en plongée sur 2 machines différente, à savoir l'ALCERA et le REALMECA C300H.

Cette poche a de plus été définie relativement profonde, pour mettre en évidence l'avantage du tréflage sur les autres opérations d'ébauche au niveau du débit copeau. C'est pourquoi nous avons choisis d'usinier une poche fermée, qui pose le problème de l'entrée en matière, ainsi que celui de l'évacuation des copeaux.

Enfin, nous avons considéré un modèle qui pourrait correspondre à un moule, et nous avons ajouté des dépouilles et des congés de raccordement. Notre pièce d'étude a donc été un parallélépipède, avec une poche à fond plat, des dépouilles de 5% et des rayons de raccordement de 6mm (le rayon a été choisi afin de pouvoir faire la finition à l'aide d'un outil boule de diamètre 10 et en usinant par interpolation, plutôt qu'en forme).

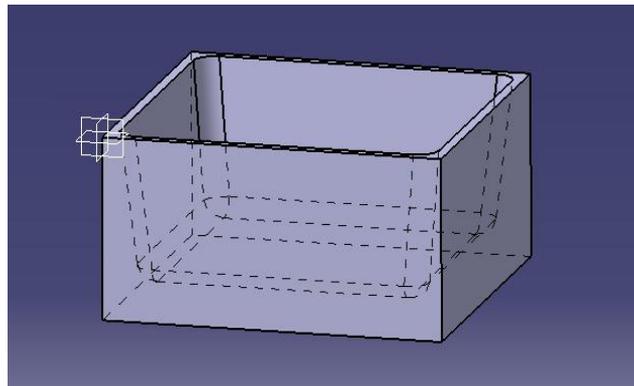


L'outil n'ayant pas de coupe au centre et ne permettant pas de prendre autant de matière en une passe, nous sommes obligé de faire un pré-trou de diamètre 20. Pour l'aluminium, nous percerons à Ø15 puis Ø20 et pour l'acier, nous percerons à Ø8, Ø15 puis Ø20.



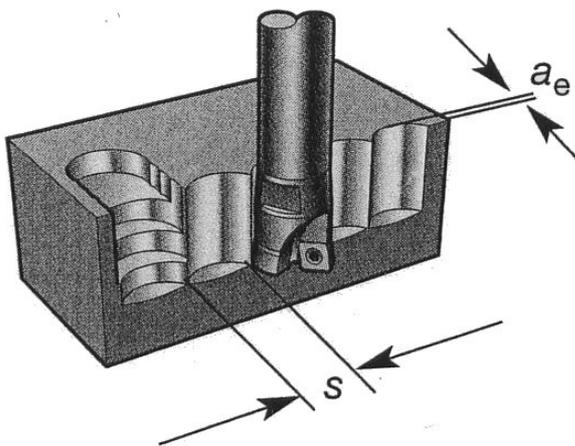
Dessin d'ensemble de notre pièce

En réalité, nous avons usiné 2 pièces de tailles différentes. Une en aluminium de 100×100×60 et une en acier de 91×75×48. Les dimensions de cette pièce ne sont pas très importantes car le programme de trèflage est en paramétré. Seul les phases de finition seront différentes. Mais comme, nous les générerons à l'aide d'un logiciel de Fao, cela ne nous pose pas de véritable problème.



c) Choix de la stratégie et gamme de fabrication :

Nous sommes partis de la pièce précédente après demi-finition et finition pour programmer l'ébauche. D'une part, nous avons une partie perçage pour amorcer la 1^{ère} descente de notre outil à trèfler, ensuite, le trèflage en lui-même et enfin nous avons été obligé de rajouter une partie surfacage par plans en Z. En effet, le cône du foret nous laisse 5.7 mm à usiner au fond. Donc les descentes en trèflage se font à Z-44. Ensuite, nous faisons un surfacage sur 5.7mm, il nous reste ensuite 1 mm pour la demi-finition et 0.3 mm pour la finition.



On peut rappeler que les caractéristiques des plaquettes de notre outil nous limite dans le choix de nos profondeurs de passes :

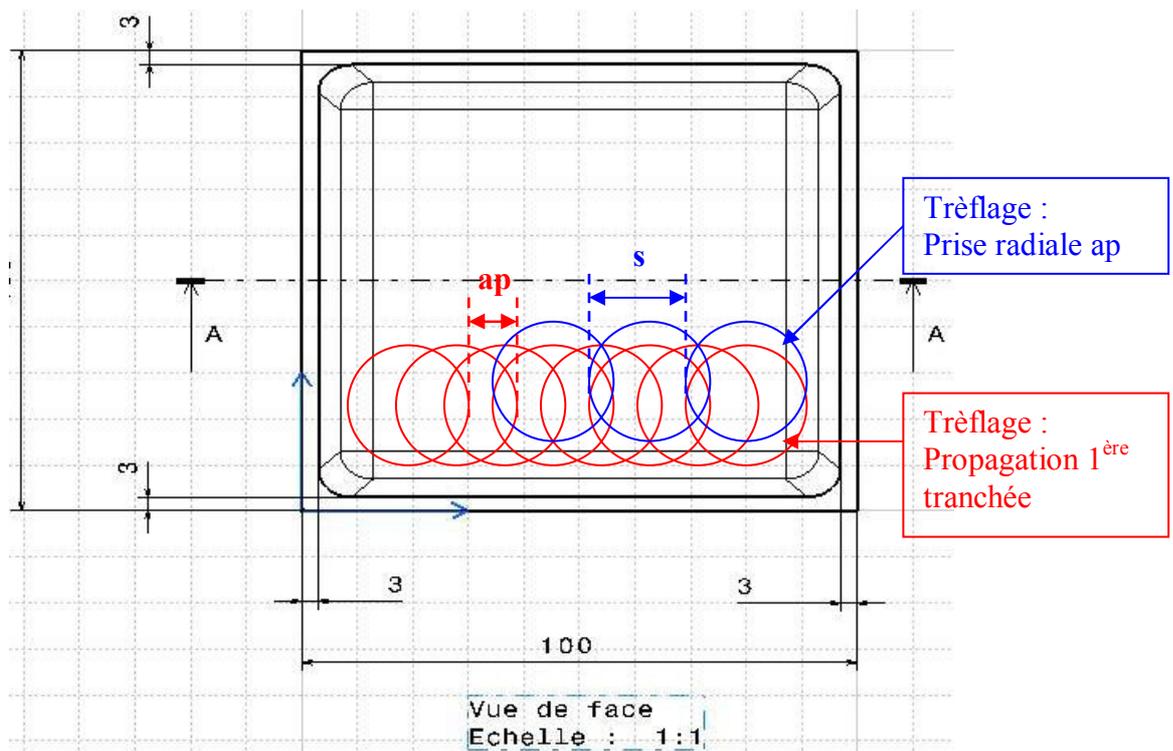
Longueur plaquette : 9mm

$$ae_{\max} = 8 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 0,75 * D = 18,75 \text{ mm}$$

| Gamme de fabrication | | |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Auteur : Girardin | Créé le : 22/12/2004 | Désignation de la phase : |
| Ensemble | Gamme : sur C.U. horizontal | FRAISAGE |
| Elément : pièce de test alu | Phase : 10 sur C.U. horizontal | Machine : C300H Realmeca |
| Matière : AU4G | Porte pièce : montage d'usinage | Programme : tertreflage1alu |

| <i>Désignation des opérations</i> | <i>Description des outils</i> | <i>T. / D.</i> | <i>Vc m/min</i> | <i>N tr/min</i> | <i>f mm/tr</i> | <i>fz mm</i> | <i>Vf mm/min</i> | <i>ap ou ? mm</i> |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| 1- perçage pré-trou | forêt D15 | 2 | | 1700 | 0.4 | 0.2 | 680 | |
| 2- perçage trou | forêt D20 | 3 | | 1270 | 0.4 | 0.2 | 540 | |
| 3- trèflage | fraise coromil 210 | 4 | 150 | 1910 | 0.3 | 0.15 | 550 | |
| 4- surfaçage fond | idem | 4 | 150 | 1910 | 3 | 1.5 | 5700 | |
| 5- demi-finition | outil boule D10 ARS | 5 | 190 | 6000 | 0,5 | 0,25 | 3000 | |
| 6- finition | idem | 5 | id | | | | | |





| Gamme de fabrication | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Auteur : Girardin | Créé le : 22/12/2004 | Désignation de la phase : |
| Ensemble | Gamme : sur C.U. vertical | FRAISAGE |
| Elément : pièce de test acier | Phase : 10 sur C.U. vertical | Machine : Alcera |
| Matière : XC35 | Porte pièce : étau standard | Programme : tertreflage1alu |

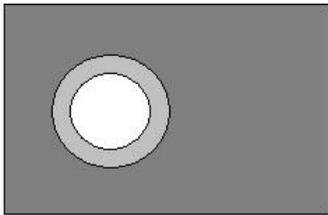
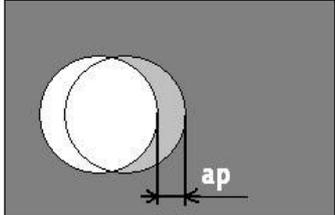
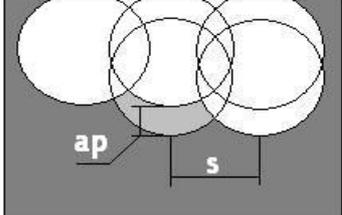
| <i>Désignation des opérations</i> | <i>Description des outils</i> | <i>T. / D.</i> | <i>Vc m/min</i> | <i>N tr/min</i> | <i>f mm/tr</i> | <i>fz mm</i> | <i>Vf mm/min</i> | <i>ap ou ? mm</i> |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| 1- perçage pré-trou | forêt D8 | 1 | 24 | 834 | 0.2 | 0.1 | 167 | |
| 2- perçage pré-trou | forêt D15 | 2 | 24 | 428 | 0.2 | 0.1 | 86 | |
| 3- perçage trou | forêt D20 | 3 | 24 | 344 | 0.2 | 0.1 | 69 | |
| 4- trèflage | fraise coromil 210 | 4 | 132 | 1686 | 0.2 | 0.1 | 337 | |
| 5- surfaçage fond | idem | 4 | 132 | 1686 | 0.2 | 0.1 | 337 | |
| 6- demi-finition | outil boule D10 ARS | 5 | 51 | 1686 | 0.5 | 0.25 | 843 | |
| 7- finition | idem | 5 | 51 | 1686 | 0.5 | 0.25 | 843 | |

II) Test des efforts de coupe et problème de vibrations :

a) Banc de perçage :

Etude des efforts en tréflage :

Le but de nos premières séances était d'étudier les efforts engendrés lors de l'opération de tréflage, afin de valider des lois expérimentales d'évolution pour ceux-ci. Les différentes configurations de travail recensées pour l'outil de tréflage sont les suivantes :

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| <p><i>première descente : agrandissement d'un trou de plongée, les deux arrêtes de coupe sont en prise simultanément</i></p> | <p><i>seconde descente et propagation lors de la première tranchée</i></p> | <p><i>propagation de l'opération de tréflage : prise radiale a_p, incrément maxi $s = 18.75\text{mm}$</i></p> |

A priori, les efforts les plus importants devraient être rencontrés pour la première descente, notamment en ce qui concerne le couple, puisque les deux arrêtes sont en prise simultanément. On cherche cependant des modèles qui pourraient valider nos hypothèses et nous fournir les lois recherchées.

Les modèles choisis comme base de réflexion étaient les modèles CETIM pour le perçage :

- poussée :

$$\text{Modèle CETIM : } F = K_f \cdot f \cdot (d_e - d_i)$$

avec : - F : poussée, en daN

- K_f : coefficient multiplicateur, en daN/mm²

- f : avance, en mm/tr

- d_e : diamètre extérieur, en mm

- d_i : diamètre de l'avant trou, en mm

$$\text{Modèle choisi : } F = K_1 \cdot f \cdot a_p$$

avec : - F : poussée, en daN

- K_1 : coefficient multiplicateur, en daN/mm²

- f : avance, en mm/tr

- a_p : largeur maxi du copeau, en mm (correspond à la prise de passe

radiale)

- couple :

$$\text{Modèle CETIM : } M = K_m \cdot f \cdot (d_e^2 - d_i^2)$$

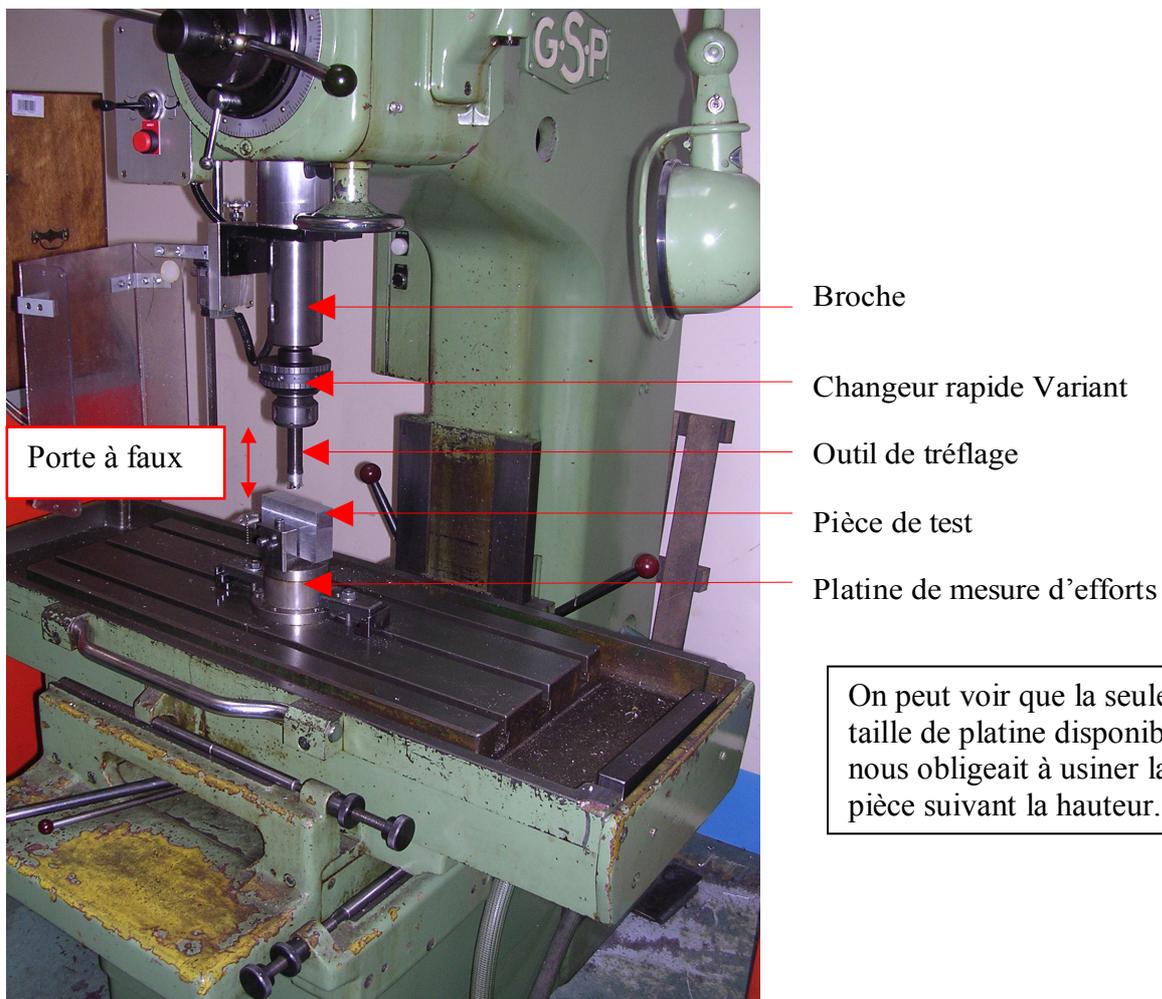
- avec :
- M : poussée, en m.daN
 - K_m : coefficient multiplicateur, en m.daN/mm³
 - f : avance, en mm/tr
 - d_e : diamètre extérieur, en mm
 - d_i : diamètre de l'avant trou, en mm

Modèle choisi : $M = K_2 \cdot f \cdot S$

- avec :
- M : poussée, en m.daN
 - K_2 : coefficient multiplicateur, en daN/mm²
 - f : avance, en mm/tr
 - S : section maxi du copeau, en mm²

Il ne reste alors plus qu'à identifier les différents coefficients (K1 et K2).

En vue de la réalisation de nos essais d'efforts, nous avons mis en œuvre un montage existant à l'atelier : une platine de mesure d'effort montée sur une perceuse.

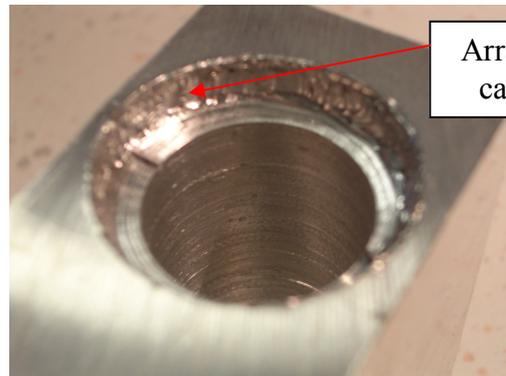


Malheureusement, ce montage n'est pas suffisamment rigide, et lors du premier essai de tréflage, il fut totalement impossible d'usiner. En effet, le montage vibrait dans tous les sens, si bien que cet essai se solda par la rupture de l'arête de coupe d'une plaquette, et de

l'explosion de la seconde. Le manque de rigidité du montage provient de la succession d'éléments empilés : la table de la perceuse, la platine de mesure, la pièce de test en position « verticale » ; l'outil de tréflage, le changeur et la broche de la perceuse. La plupart de ses éléments ne sont pas réductibles, seul le porte-à-faux de l'outil peut être réduit, mais cela n'enlève pas les vibrations : la table et la broche de la perceuse ne sont pas suffisamment rigide.



Rupture de la plaquette



Arrachements de matière causés par la vibration

Les premières conclusions que nous pouvons tirer sont donc que le montage doit être suffisamment rigide, et que des vibrations trop importantes entraînent la ruine de l'outil.

b) Evaluation des vibrations sur l'ALCERA :

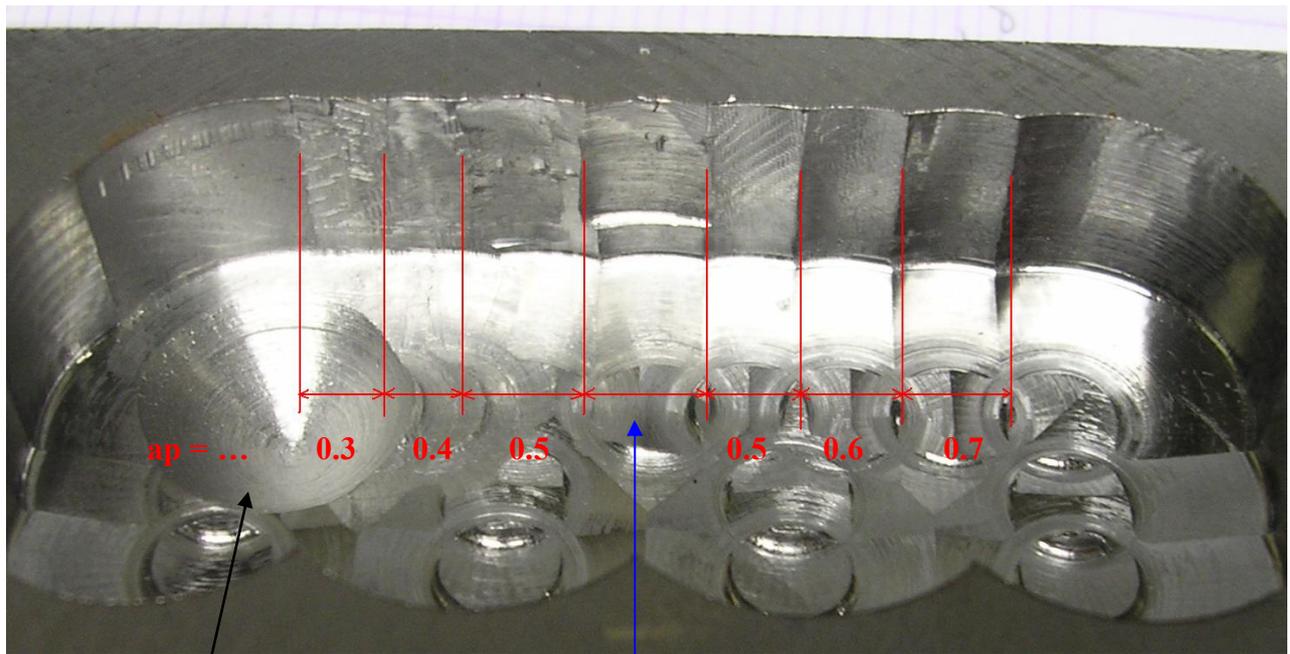
Devant l'échec des mesures d'efforts sur le banc de perçage, nous avons décidé de passer sur l'ALCERA afin de faire des tests qualitatifs de vibration. L'ALCERA est une des machines les plus rigide avec la CV800. Cependant, cette machine est équipée d'une boîte de vitesse et non d'un variateur ce qui ne nous donnait pas les fréquences de rotation que l'on souhaitait. Nous étions limité à $N = 1686$ tr/min.

Dans l'aluminium : $V_c = 150$ m/min

Nous avons commencé par les perçages puis la 1^{ère} descente en tréflage pour observer si la machine ne vibrait pas trop lors du cas le plus défavorable. C'est-à-dire, lorsque les 2 dents sont en prise simultanément. Ensuite, nous avons pu observé que pour une avance $f=0.3$, plus la profondeur de passe a_p était grande (entre 0.2mm pour le copeau mini et 0.8mm), meilleur était l'état de surface.

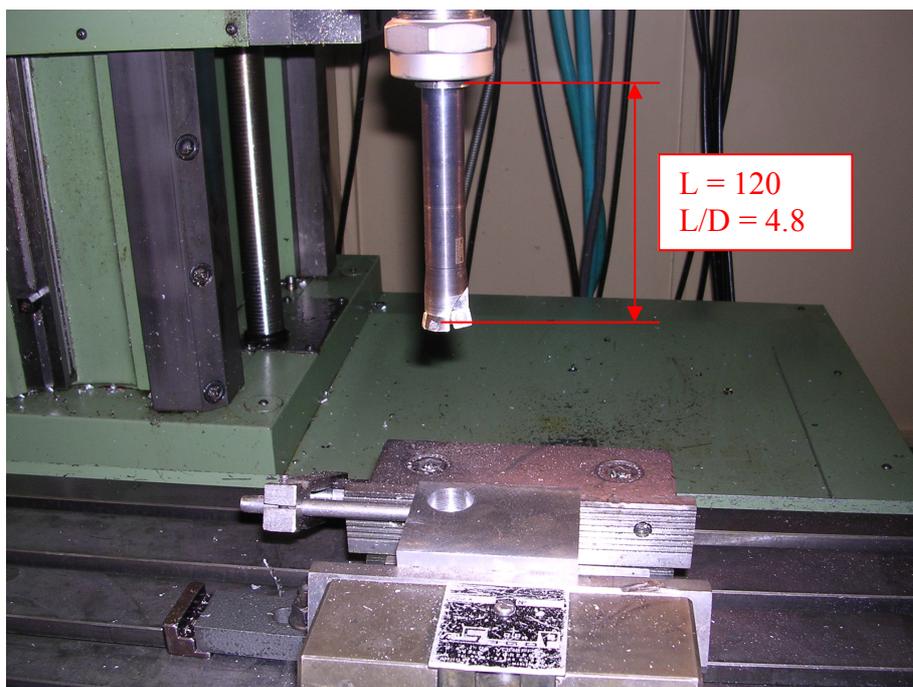
Dans l'acier : $V_c = 130$ m/min

Pour l'acier aussi, nous avons procédé de la même manière et nous avons observé que plus la profondeur de passe a_p était grande, meilleur était l'état de surface. Par contre, nous étions limité à $a_p=7$ mm car au-delà, les vibrations étant trop importante, les arrêtes de la plaquette se sont usées.



Cône formé par le perçage du trou avant agrandissement.

Sur cette passe, le montage usinage s'est desserré et la pièce a glissé. Ce desserrage peut s'expliquer d'une part parce que les plaquettes étaient déjà bien usées et d'autre part parce que le serrage de la pièce avec un excentrique est réversible. Les vibrations dues à l'usure des outils ont desserré la pièce. Nous avons ensuite resserré la pièce et recommencé la même passe.



Porte à faux trop important

Par ailleurs, pour l'acier, les vibrations dues au porte à faux étaient trop importantes. Malgré les caractéristiques Sandvik de l'outil dans le catalogue qui nous imposent de ne pas dépasser un porte à faux de 6 fois le diamètre, nous avons dû le réduire.

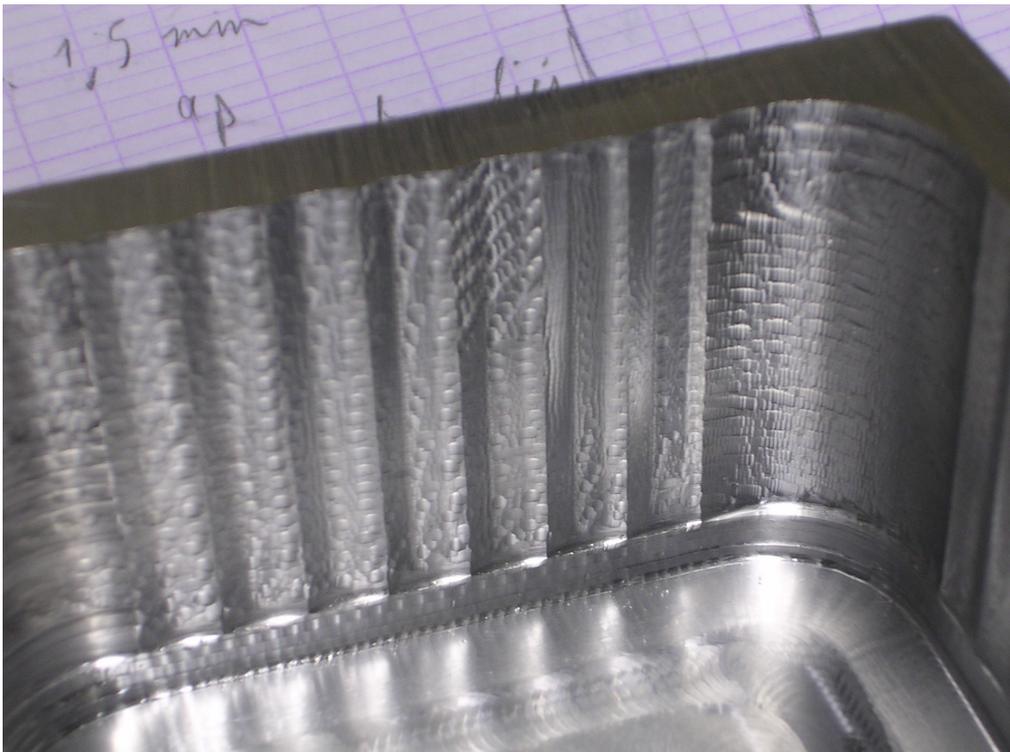
c) Evaluation des vibrations sur la REALMECA C300H :

Cette machine est un centre d'usinage 4 axes à broche horizontale dont les caractéristiques à la broche sont présentées en annexe. Elle permet de monter à des fréquences de rotation beaucoup plus importante que l'ALCERA, c'est-à-dire 6000tr/min au lieu de 1686 tr/min cette dernière.

En revanche la REALMECA est beaucoup moins rigide que l'ALCERA. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'usiner la pièce en aluminium sur cette machine.

Nous n'avons pas à proprement parler étudié les vibrations sur cette machines, puisque nous avons commencé à usiner directement en testant le programme, sans faire l'étude pour différentes prises radiales ou pour différentes avances. Nous avons simplement constaté qu'il fallait usiner à seulement 40% de la vitesse d'avance programmée, et cela engendre déjà des vibrations assez marquées.

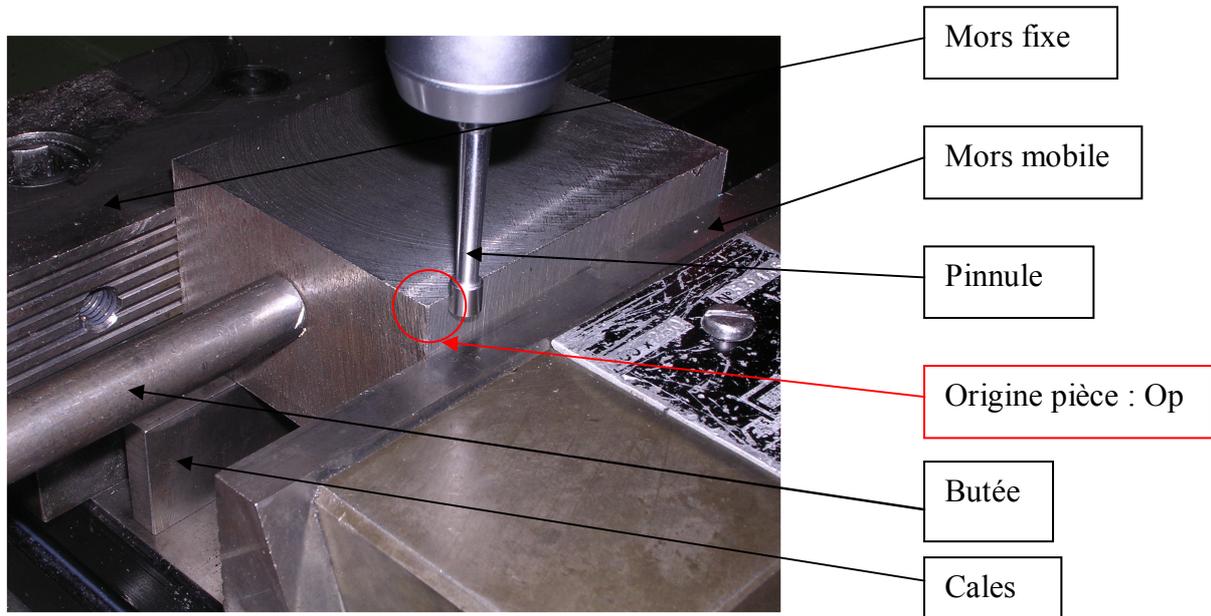
Cela nous a permis également de nous rendre compte d'un dernier problème sur l'entrée en matière : nous avons décalé le perçage en pensant à sectionner le copeau, mais il restait encore à évacuer celui-ci, et la fraise ne possède pas de goujures suffisamment longues pour cela, et elle s'est donc coincée dans le trou qu'elle usinait. Après ce contretemps, nous avons programmé la première descente avec débouillage, et tout s'est bien passé par la suite.



Pièce de test usinée sur le C300H

III) Mise en œuvre du tréflage :

a) Réglages préalables de la machine :



Détermination des DEC à l'aide d'une pinnule électronique :

Les DECS nous permettent de positionner l'origine pièce Op, qui est souvent l'origine programme Opr, par rapport à l'origine du porte pièce Oo.

Normalement, le point Op est situé à l'intersection des plans formés par les cales, la butée et la partie fixe de l'étau. Ici, nous l'avons du côté de la partie fixe de l'étau.

b) Tréflage programmé en paramétré :

Enchaînement du programme (voir le programme en annexe) :

1- perçage du trou de plongée :

L'outil de tréflage n'a pas de coupe au centre, il est donc nécessaire de percer un avant trou dans le cas d'une poche fermée.

Il est un peu excentré par rapport à l'axe de la première descente en tréflage, afin de pouvoir fractionner le copeau, qui sinon s'enroulerait le long de l'outil, ce qui est très néfaste pour le bon déroulement de l'opération.

2- première descente en tréflage :

Elle se fait à l'aide d'un cycle de débouillage, afin d'évacuer les copeaux. En effet, les goujures de l'outil de tréflage sont très courtes, et prévues pour un travail sur poche, ce qui n'est bien sûr pas le cas lors de la première descente.

C'est cette opération qui engendre le plus d'efforts, car c'est là que l'on enlève le plus de matière d'un coup;

3- première tranchée :

Elle est réalisée avec le pas d'avance pleine matière ($a_{pmax}=8mm$). Ceci nous confère par la même occasion un état de surface suffisamment correct avant demi-finition (hauteur de crête $\sim 0.2mm$).

4- succession des passes :

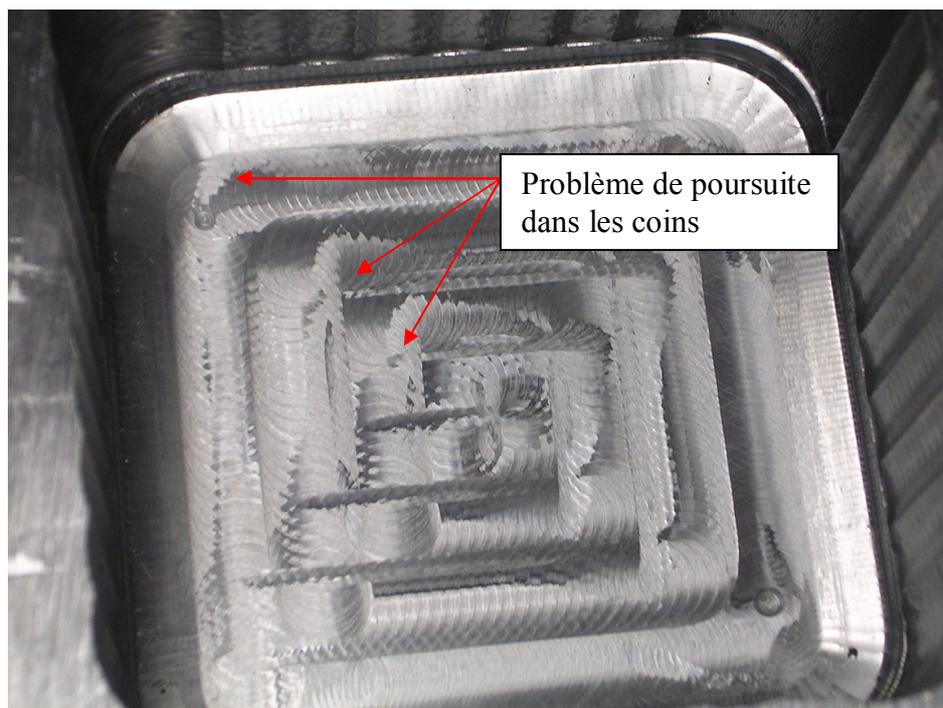
On incrémente sur y du pas radial, et on effectue des cycles sur x en déplaçant l'outil du pas transversal. Le programme est paramétré sur toute cette partie, ce qui permet d'éviter de recalculer tous les points pour chaque pièce différente, tant que l'on reste dans le cas d'une poche parallélépipédique.

5- dernière passe :

Elle permet de laisser sur le bord un état de surface pas trop mauvais avant la demi finition. On effectue pour cela deux incrémentations selon y, et on effectue un cycle suivant x, ce qui permet d'obtenir l'état de surface souhaité en respectant la prise radiale maxi (8mm)

6- surfacage du fond :

Il permet de rattraper l'écart avec la surépaisseur prévue pour la demi finition, et causé par l'emploi d'un foret à bout conique : on ne peut pas descendre en trèflage jusqu'à la pointe percée par le forêt, puisque la fraise n'a pas coupe au centre. On utilise la fraise de trèflage pour effectuer le surfacage; celle-ci compense sa faible prise axiale par une vitesse d'avance radiale très importante, ce qui permet de plus de prévoir par exemple les congés de raccordements. Cette opération, initialement programmée à la main, sera ensuite programmée à l'aide d'un logiciel de FAO afin de prévoir des trajectoires plus fluides pour l'outil. En effet, si on regarde la pièce surfacée avec le programme fait à la main, on remarque que l'outil sort complètement de sa trajectoire dans les coins (la fraiseuse ne pouvant bien sur pas faire un virage à 90° à 5m/s).

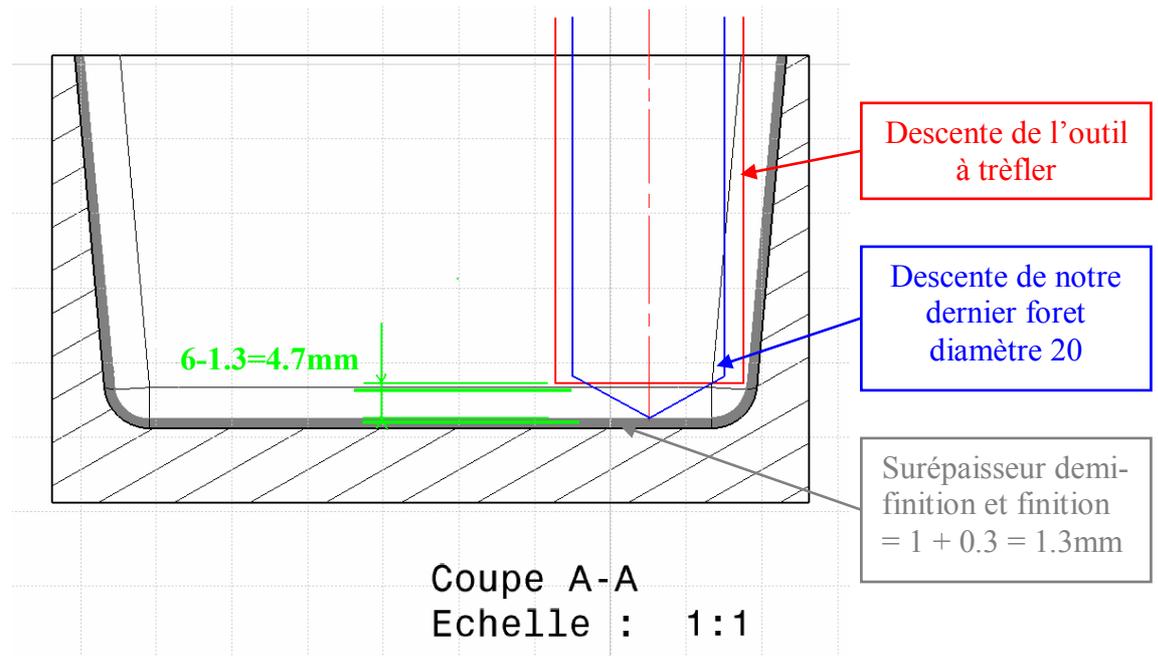


Surfacage de la pièce en aluminium sur le C300H

c) Programmation des autres phases :

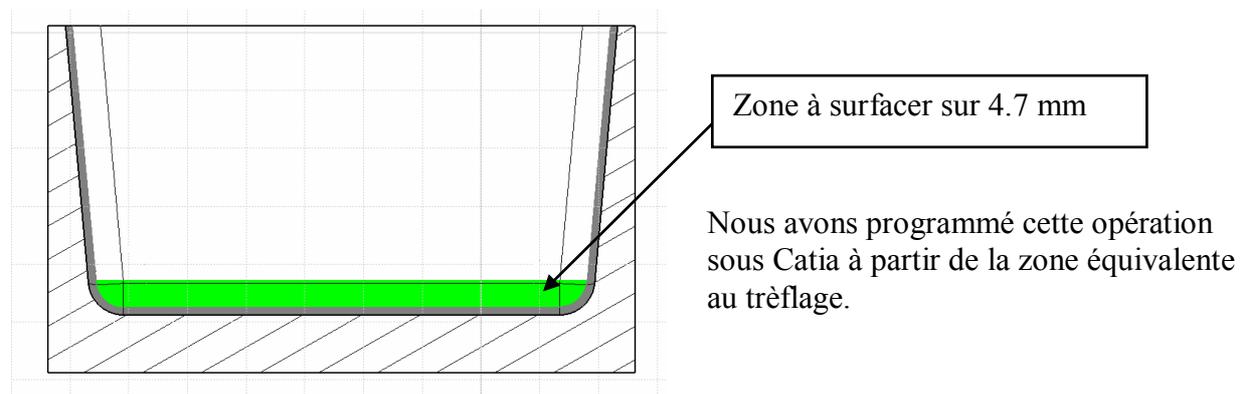
Pour programmer les dernières phases, nous avons dû créer une poche pour simuler l'opération de trèflage. En effet, nous n'avons pas réussi à programmer cette opération à l'aide de TOPCAM et elle n'existe pas dans CATIA. Nous avons donc pris en compte l'écrêtage dû au passage de la fraise dans la demi-finition.

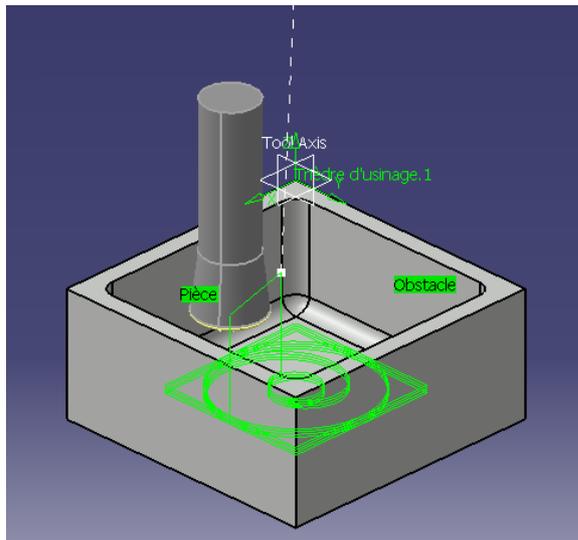
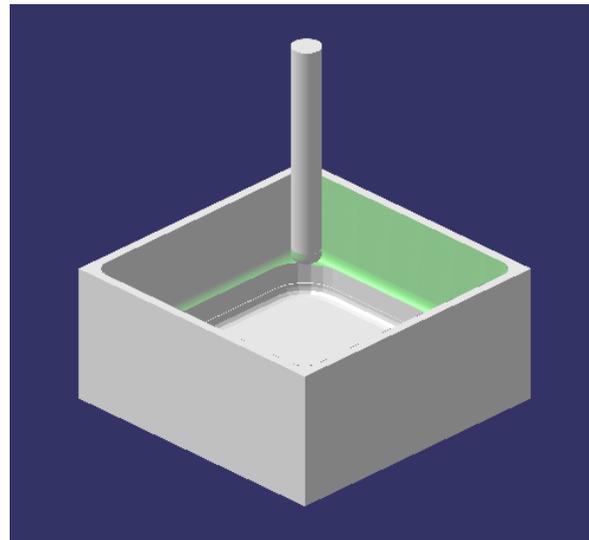
Nous avons également été confronté au problème du « pré-trou » qui nous était imposé par le fait de prendre une poche fermée. On peut observer ce problème sur le schéma ci-dessous :



Cependant, on peut voir sur le schéma ci-dessus que notre outil à trèfle ne peut pas descendre jusqu'au niveau de la demi-finition car il n'a pas de coupe au centre et il y a beaucoup trop de matière pour faire plusieurs passes de demi-finition.

Nous avons donc été contraint de faire un surfacage sur 4.7mm car l'outil à trèfle ne descend que jusqu'à 44 et la poche en fait 50 mm de profondeur. Lorsque l'on enlève la demi-finition et la finition, il nous reste 4.7 mm à enlever. Par ailleurs, notre fraise Coromill 210 nous permet de surfacer avec de grandes avances ($f = 3\text{mm}$) ce qui nous permet d'avoir un surfacage rapide sans changer d'outil.




Surfaçage du fond

Demi finition

d) Problèmes rencontrés lors de la programmation :

Le premier problème que nous avons subi concerne la programmation de la demi-finition et la finition de la pièce. Nous l'avons commencé sur TOPCAM où nous pouvions faire du trèflage (à la différence de Catia). Nous ne voulions pas générer notre programme de trèflage par TOPCAM mais obtenir la pièce usinée après cette phase pour ensuite faire les étapes de finition. Malheureusement, nous n'avons pas réussi car TOPCAM ne peut pas faire de trèflage en poche fermée. Nous avons préféré abandonner TOPCAM plutôt que de changer de type de pièce alors que le programme de trèflage était déjà fait. Nous avons ainsi utilisé Catia en partant d'une pièce ressemblant à celle obtenue après la phase de trèflage, les crêtes n'étant donc pas prises en compte.

Les derniers problèmes rencontrés concernent uniquement des paramètres de dimensions de pièces, et de calcul des cotes. Ceux-ci nous ont engendré des différences de dimensions entre le programme de trèflage et les programmes sous catia en surfacage et demi-finition/finition. Ceci explique que nous n'ayons pas eu le temps d'usiner la demi-dinition et la finition.



CONCLUSION :

Pour conclure, on peut dire avant tout que le trèflage est un procédé d'ébauche qui nous permet de diviser le temps d'usinage par trois par rapport à un procédé classique. Il est en effet impressionnant de constater le débit de copeaux et la rigidité de l'outil qui peut faire des poches de plus de 130 mm de profondeur.

Un autre grand avantage du trèflage est qu'il n'y a pas de flexion d'outil. Cependant, notre outil nous permettait également de faire du surfacage sous haute avance puisqu'il pouvait usiner jusqu'à $f = 2\text{mm}$ dans l'acier.

Dans ce TER, nous avons pu découvrir ce nouveau procédé d'ébauche et constater son efficacité par rapport aux autres procédés d'ébauches. En effet, la 1^{ère} partie de notre TER a consisté à prendre connaissance de cet usinage particulier, puis nous avons pu établir une démarche pour fabriquer une pièce en trèflage. Nous avons constaté que le passage de la théorie à la pratique était souvent difficile. Notamment lorsque nous avons voulu mesurer les efforts de coupe sur le banc de perçage pour voir sur quelles machines nous pouvions usiner. Les documents constructeurs des machines nous ont permis d'avoir les couples maxi admissibles sur chaque axe, les fréquences de rotation maxi, les avances, ...

Nous avons perdu aussi du temps à changer de machine entre l'acier et l'aluminium, surtout qu'elles n'étaient pas toujours disponibles quand nous le voulions.

Ce TER nous a beaucoup plu car il était très pratique, nous avons toujours la possibilité de vérifier les programmes et les calculs de trajectoires théoriques préalables. Même si nous n'avons pas eu le temps de faire notre finition, nous aurions pu faire par la suite une étude pratique du temps mis pour faire une ébauche Z plutôt que de l'évaluer avec Catia. Il aurait été intéressant également de pouvoir mesurer les efforts de coupe, en déduire la puissance de coupe et d'optimiser les paramètres pour rester sous la puissance admissible par la machine.



ANNEXES

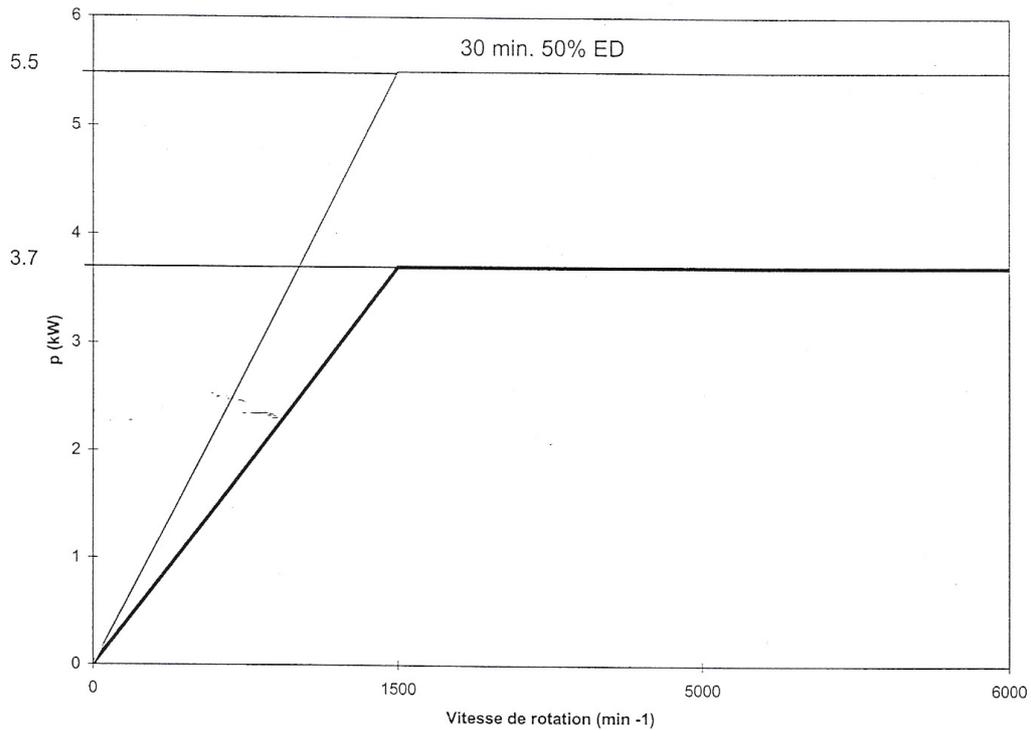


ANNEXE 1

COURBE DE PUISSANCE A LA BROCHE

COURBE DE PUISSANCE A LA BROCHE

C300H



Courbe puissance service continu 3,7 kW —
Courbe puissance service intermittent 5,5kW. - - -



ANNEXE 2

ALIMENTATION ELECTRIQUE ET PNEUMATIQUE

3.5 ALIMENTATION ELECTRIQUE ET PNEUMATIQUE :

3.5.1 ALIMENTATION ELECTRIQUE :

| | | |
|--------------------------------------|--------------|--------------------|
| Puissance installée | | 15 kVA |
| Fréquence | | 50 / 60Hz |
| Régulation de fréquence | | +/- 1% |
| Tension d'alimentation | | 230/400 V triphasé |
| Régulation de Tension | | +/- 5% |
| Puissance moteur de broche | : en continu | 3,7 kW |
| | : en pointe | 5,5 kW |
| Couple moteur axe X | | 1,5 N.m |
| Couple moteur axe Y | | 3 N.m |
| Couple moteur axe Z | | 1,5 N.m |
| Puissance moteur pompe à lubrifiant | | 0,2 kVA |
| Equipement C.N et armoire électrique | | 1,6 kVA |

3.5.2 ALIMENTATION PNEUMATIQUE :

| | |
|-----------------------|----------|
| Pression générale | 6 Bars |
| Desserrage outil | 6 Bars |
| Avance/Recul changeur | 6 Bars |
| Débit | 200 l/mn |



ANNEXE 3 : PROGRAMME PARAMETRE

| | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| %2110 | N220 G80 |
| (FICHER : TERTREFLAGE1ALU.TXT) | (REPRENDRE UNE SEQUENCE) |
| (AUTEUR : GIRARDIN) | N230 G77 N10 N20 |
| (MODIFIE PAR : GIRARDIN/GUILLEMOT) | () |
| (DATE : 06/12/04) | () |
| (DERNIERE MODIF : 21/12/04) | (TREFLAGE) |
| (PIECE : PIECE DE TEST 1 ALU) | () |
| (PHASE : 10) | (APPELER OUTIL TREFLAGE) |
| (MACHINE : C300H) | N300 T4 D4 M6 |
| () | () |
| () | (PREMIERE DESCENTE) |
| (INITIALISER) | (ALLER AU POINT D APPROCHE) |
| N10 G0 G90 M5 M9 | N310 G0 X21.2 Y21.2 Z10 |
| (ALLER POINT SECURITE MAGASIN) | (LUBRIFIER) |
| N20 G0 G52 X0 Y-140 Z0 | N320 M8 |
| (EXECUTER ROTATION PLATEAU) | (METTRE EN ROUTE BROCHE) |
| N30 G0 B0 | N330 M3 S1910 |
| () | (DESCENTE AVEC DEBOURAGE) |
| () | N340 G83 X21.2 Y21.2 Z-44 ER20 P-10 Q-44 |
| (PERCAGE TROU DE PLONGEE) | F550 |
| () | (CLORE CYCLE) |
| (PERCAGE D15) | N350 G80 |
| (APPELER OUTIL) | () |
| N100 T2 D2 M6 | (PREMIERE TRANCHEE) |
| (ALLER POINT D APPROCHE) | (METTRE LE COMPTEUR X A UN) |
| N110 G0 X24.7 Y21.2 Z10 | N360 L5=1 |
| (METTRE EN ROUTE BROCHE) | (DEFINIR VARIABLE D AVANCE SUR X) |
| N120 M3 S1700 | N370 L7=28.4 |
| (LUBRIFIER) | (DEFINIR LE NOMBRE DE PASSES SUR X) |
| N130 M8 | N380 L6=9 |
| (PERCER AVEC DEBOURAGE) | (DEFINIR LE PAS SUR X) |
| N140 G83 X24.7 Y21.2 Z-48.7 ER10 P-17 Q-48.7 F680 | N390 L8=7.2 |
| (CLORE CYCLE) | (ALLER AU POINT D APPROCHE) |
| N150 G80 | N400 G0 XL7 Y21.2 Z10 |
| (REPRENDRE UNE SEQUENCE) | (DESCENDRE EN TREFLAGE) |
| N160 G77 N10 N20 | N410 G1 Z-44 F550 |
| () | (REMONTER) |
| (PERCAGE D20) | N420 G0 Z10 |
| (APPELER OUTIL) | (INCREMENTER COMPTEUR) |
| N170 T3 D3 M6 | N430 L5=L5+1 |
| (ALLER POINT D APPROCHE) | (TESTER COMPTEUR) |
| N180 G0 X24.7 Y21.2 Z10 | N440 G79 L5>=L6 N480 |
| (METTRE EN ROUTE BROCHE) | (INCREMENTER SUR X) |
| N190 M3 S1270 | N450 L7=L7+L8 |
| (LUBRIFIER) | N460 G0 XL7 |
| N200 M8 | (REPRENDRE CYCLE TREFLAGE) |
| (PERCER AVEC DEBOURAGE) | N470 G79 N410 |
| N210 G83 X24.7 Y21.2 Z-48.7 ER10 P-17 Q-48.7 F540 | (FIN PREMIERE TRANCHEE) |
| (CLORE CYCLE) | N480 |
| | () |
| | (SUCCESION DES PASSES) |



(METTRE LE COMPTEUR Y A UN)
N490 L10=1
(DEFINIR LE NOMBRE DE PASSES SUR Y)
N500 L11=9
(PREVOIR LA DERNIERE PASSE)
N510 L11=L11-2
(DEFINIR VARIABLE D AVANCE SUR Y)
N520 L12=21.2
(DEFINIR LE PAS SUR Y)
N530 L13=7.2
(DEFINIR LE NOMBRE DE PASSES SUR X)
N540 L6=5
(DEFINIR LE PAS SUR X)
N550 L8=14.4
(INCREMENTER SUR Y)
N560 L12=L12+L13
N570 G0 YL12
(METTRE LE COMPTEUR X A ZERO)
N580 L5=0
(DEFINIR LE SENS D AVANCE SUR X)
N590 L4=-1
N600 L8=L4*L8
(DESCENDRE EN TREFLAGE)
N610 G1 Z-44 F550
(REMONTER)
N620 G0 Z10
(INCREMENTER COMPTEUR X)
N630 L5=L5+1
(TESTER COMPTEUR X)
N640 G79 L5>=L6 N680
(INCREMENTER SUR X)
N650 L7=L7+L8
N660 G0 XL7
(REPRENDRE CYCLE TREFLAGE)
N670 G79 N610
(FIN TRANCHEE)
(INCREMENTER COMPTEUR Y)
N680 L10=L10+1
(TESTER COMPTEUR Y)
N690 G79 L10>=L11 N710
(REPRENDRE CYCLE TREFLAGE)
N700 G79 N560
(FIN DE LA SUCCESSION DES PASSES)
()

(DERNIERE PASSE)
(INCREMENTER SUR Y DEUX FOIS)
N710 L12=L12+L13
N720 G0 YL12
N730 G1 Z-44 F550
N740 G0 Z10
N750 L12=L12+L13
N760 G0 YL12
N770 G1 Z-44 F550
N780 G0 Z10
(DEFINIR LE NOMBRE DE PASSES SUR X)
N790 L6=9
(DEFINIR LE PAS SUR X)
N800 L8=L8/2
(METTRE LE COMPTEUR X A UN)
N810 L5=1
(DEFINIR LE SENS D AVANCE SUR X)
N820 L4=-1
N830 L8=L4*L8
(INCREMENTER SUR X)
N840 L7=L7+L8
N850 G0 XL7
(DESCENDRE EN TREFLAGE)
N860 G1 Z-44 F550
(REMONTER)
N870 G0 Z10
(INCREMENTER COMPTEUR X)
N880 L5=L5+1
(TESTER COMPTEUR X)
N890 G79 L5>=L6 N910
(REPRENDRE CYCLE TREFLAGE)
N900 G79 N840
(FIN TRANCHEE)
N910
()
()
(ALLER AU POINT D APPROCHE)
N1000 G0 X22 Y22 Z10
()
()
(REPRENDRE UNE SEQUENCE)
N2000 G77 N10 N20
(CLORE PROGRAMME)
N2010 M2