

**B
T
S

P
R
O
D**

Royaume du Maroc



*Ministère de l'Éducation Nationale et de
la Formation Professionnelle*

Centre National de L'Évaluation, des Examens et de l'Orientation

**EXAMEN NATIONAL D'OBTENTION DU BREVET DE
TECHNICIEN SUPERIEUR**

Session mai 2014

Filière : Productique

*Epreuve: Procédés et Processus d'Industrialisation des
Produits Mécaniques*

Durée : 6 heures

*Dès la distribution du sujet, le candidat s'assurera que l'exemplaire du
dossier remis est complet.*

Moyens de calcul autorisés : Calculatrice non programmable

Filière :	Productique	Durée :	6 heures
Epreuve :	Procédés et Processus d'Industrialisation des produits mécaniques	Coefficient :	40

Composition du sujet

Le sujet comporte :

- le texte de l'épreuve (pages numérotées 2 à 5),
- le dossier technique constitué des documents repérés DT1 à DT7 (pages numérotées 7 à 13),
- le dossier réponse constitué des documents repérés DR1 à DR6 (pages numérotées 15 à 20).

Partie A	<i>Question 1.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 2.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 3.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 4.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 5.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 6.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 7.</i>	<i>3 points</i>
Partie B	<i>Question 8.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 9.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 10.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 11.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 12.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 13.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 14.</i>	<i>4 points</i>
	<i>Question 15.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 16.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 17.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 18.</i>	<i>4 points</i>
	<i>Question 19.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 20.</i>	<i>3 points</i>
	<i>Question 21.</i>	<i>2 points</i>
	<i>Question 22.</i>	<i>2 points</i>
TOTAL		60 PTS

Présentation de l'étude

1- L'entreprise:

Une entreprise spécialisée dans la filtration développe et fabrique une large gamme de produits. Son savoir-faire unique lui permet de servir des grands donneurs d'ordre mondiaux.

Le contexte général de la production est le suivant :

- petites séries renouvelables,
- produits fabriqués de « haute technicité » .

2- Les produits fabriqués:

Les pièces constituant les éléments filtrants sont usinées et assemblées sur le même site de production.

L'étude qui suit porte sur la fabrication du porte-filtre appartenant à un système de filtration de carburant destiné à l'aéronautique.

Données économiques.

La production des porte-filtres est de l'ordre de 150 par an. Une optimisation des coûts a conduit à une taille économique des lots fabriqués de 30.

Données techniques.

Les pièces brutes sont obtenues par moulage en cire perdue dans une fonderie spécialisée. Le matériau utilisé est un alliage d'aluminium.

Soucieuse de répondre à tous les critères qualité en vigueur et d'améliorer sa productivité, l'entreprise vient d'investir dans un **centre d'usinage horizontal 4 axes** pour réaliser l'usinage du porte-filtre.

Partie A

Elaboration du brut et choix de mise en position

Une fonderie spécialisée dans le moulage à la cire perdue est chargée de fournir les bruts à l'entreprise ayant à charge l'usinage et l'assemblage des groupes filtrants.

Le plan du brut fourni précise les spécifications dimensionnelles nécessaires à l'étude qui suit, ainsi que les surépaisseurs d'usinage non chiffrées.

A1- Elaboration du brut:

Sur le document réponse DR1 :

Question 1. Le procédé du moulage retenu pour l'obtention du porte filtre est le moulage à la cire perdue. Justifier ce choix.

Question 2. Une radiographie et un ressuage sont demandés lors du contrôle de réception des bruts. Que peuvent-ils révéler ?

A2- Choix de mise en position:

La mise en position retenue dans la 1^{ère} phase d'usinage (voir DT3) est :

- Une liaison pivot glissant réalisée avec 2 vés courts d'angle 120° afin de limiter les déformations locales.
- Une liaison ponctuelle pour l'arrêt en translation.
- Une liaison ponctuelle pour l'arrêt en rotation.

Sur le document réponse DR1 :

Question 3. Justifier la mise en position retenue pour la 1^{ère} phase.

Pour répondre rapidement aux besoins du client, l'entreprise chargée de faire l'usinage a choisi d'utiliser pour la 1^{ère} phase d'usinage un porte-pièce composé d'**éléments modulaires et spécifiques**.

Question 4. Préciser l'intérêt économique pour une entreprise d'utiliser des éléments modulaires.

Sur le document réponse DR2 :

Question 5. Déterminer la valeur maximale de la variation verticale du centre O de la pièce causée par la variation dimensionnelle du brut pour toute la série.

Question 6. Peut on conclure que ce montage permet d'assurer le respect sur toute la série de la spécification géométrique suivante.



Question 7. Vérifier que la solution de mise en position retenue sur le porte-pièce utilisé par l'entreprise est isostatique en définissant les degrés de liberté éliminés.

Partie B

Etude de la fabrication sur un CUH 4 axes.

Pour réaliser l'usinage de porte filtre, l'entreprise a investi dans un centre d'usinage horizontal équipé d'un système de palettisation. Elle a pour objectif d'améliorer la productivité, donc de diminuer les coûts de production.

B1 - Nombre de posages:

L'optimisation des temps de production sur cette machine passe d'abord par la réduction du nombre de posages.

Sur le document réponse DR3 :

En utilisant la légende proposée sur ce document :

Question 8. Proposer pour l'ensemble des usinages du porte-filtre, des groupements de surfaces et les directions d'accès associées.

Question 9. La machine assure la rotation de la palette suivant l'axe B. quels sont les groupes de surfaces qui seront réalisés sur cette palette.

Question 10. Justifier la nécessité d'un deuxième posage pour faire l'usinage complet de la pièce.

B2 - Entités d'usinage et conditions de coupe:

L'optimisation des temps de production passe par le choix des entités d'usinage et l'utilisation d'outils de coupe performants.

Une entité d'usinage est définie comme étant l'association d'une forme géométrique de base avec un ensemble composé d'une machine-outil, d'un outil et de sa cinématique de génération.

B 2.1 – Usinage du diamètre $\Phi 70_{-0,04}^0$:

La finition du $\Phi 70_{-0,04}^0$ est obtenue à l'aide d'une tête à aléser.

Sur le document réponse DR4:

A l'aide des documents techniques DT4,DT5,DT6 et DT7.

Question 11. Relever la valeur nominale de la jauge suivant z (Jz).

Question 12. Installer les plans de l'outil Pr,Ps et Pf.

Question 13. Installer les angles de direction d'arête et de pointe de l'outil et relever leur valeurs.

Question 14. Choisir une nuance de plaquette adaptée au matériau usiné et définir les conditions de coupe en prenant en compte l'état de surface et le rayon de bec de l'outil.

B 2.2 – Optimisation des paramètres d'usinage du diamètre $\Phi 30_{0}^{+0,10}$:

L'usinage de $\Phi 30_{0}^{+0,10}$ s'effectue en une seule opération de finition.

On souhaite optimiser la vitesse de coupe de sorte à ce que notre arête puisse usiner un lot de 30 pièces sans être changée.

Données :

Opération : Finition – $f = 0,2$ mm/tr – $a_p = 1$ mm – $\Phi_{fini} = 30$ mm

Durée de vie de l'outil : Loi de Taylor : $T = C_v \cdot V_c^n$ $n = -4$

$V_c = 150$ m/min pour $T_0 = 15$ min

le volume usiné sur une pièce peut être exprimé en fonction des paramètres de coupe :

$$Y_d = f \cdot a_p \cdot V_c \cdot t_c$$

Sur le document réponse DR5:

Question 15. Calculez le volume Y usiné sur une pièce.

Question 16. Déduisez-en le volume Y_d usiné par l'arête avant d'être changée.

Question 17. Exprimez Y_d en fonction des paramètres de coupe et de la durée de vie de l'arête.

Question 18. Déterminez alors le couple (V_d, T_d) permettant d'usiner un lot avec une même arête de coupe.

B 2.3– Usinage de la surface associée à la référence A:

La surface est usinée avec une fraise à surfacer de diamètre de coupe 50mm à 5 plaquettes amovibles, les conditions de coupe pour une durée de vie d'arête de 15 minutes sont les suivantes:

$$V_c = 500 \text{ m/min} \quad a_p = 3 \text{ mm} \quad \text{et} \quad f_z = 0.15 \text{ mm/dt/tr}$$

Sur le document réponse DR6 :

Question 19. Proposer une trajectoire d'outil minimisant le temps de cycle et dessiner les positions extrêmes de la fraise.

Pour répondre aux questions 20 et 21 relever les valeurs nécessaires sur la figure de **DR6**.

Question 20. Calculer le temps de coupe t_c .

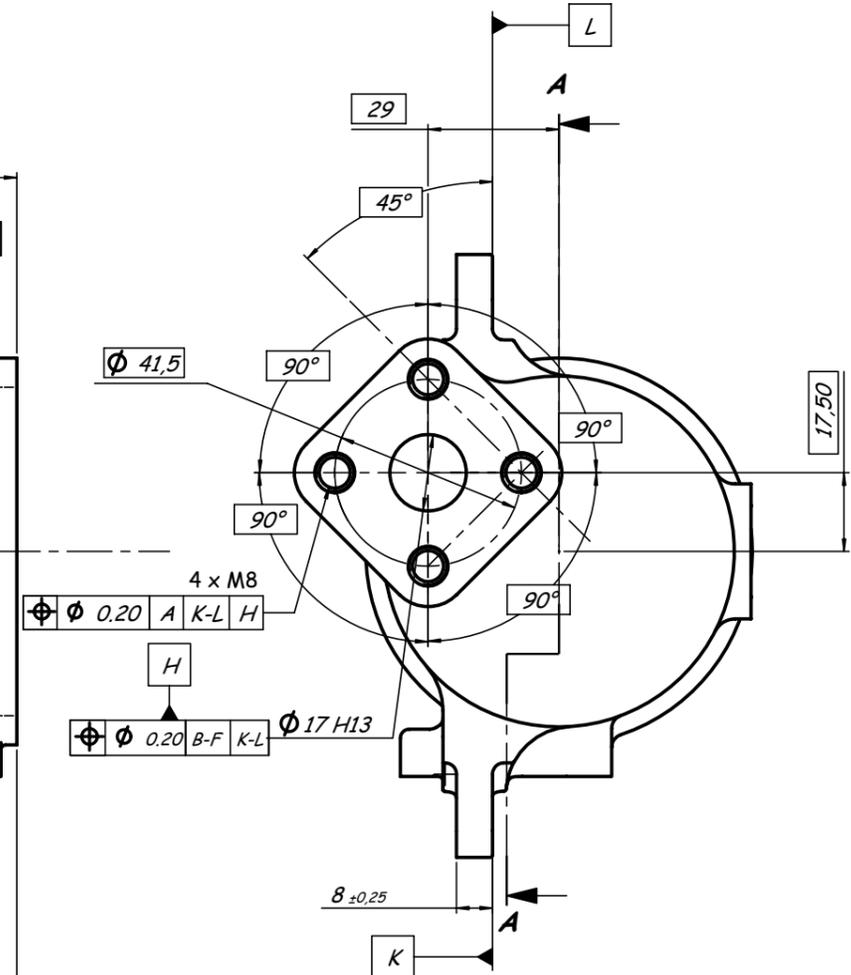
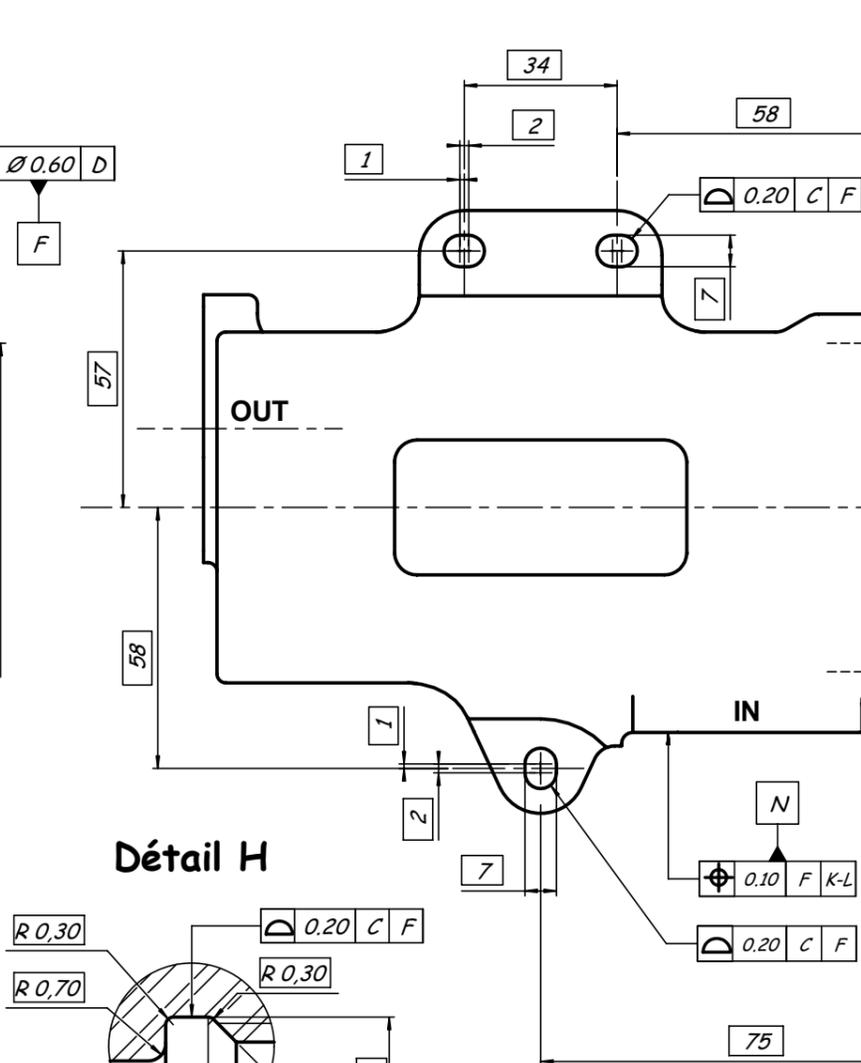
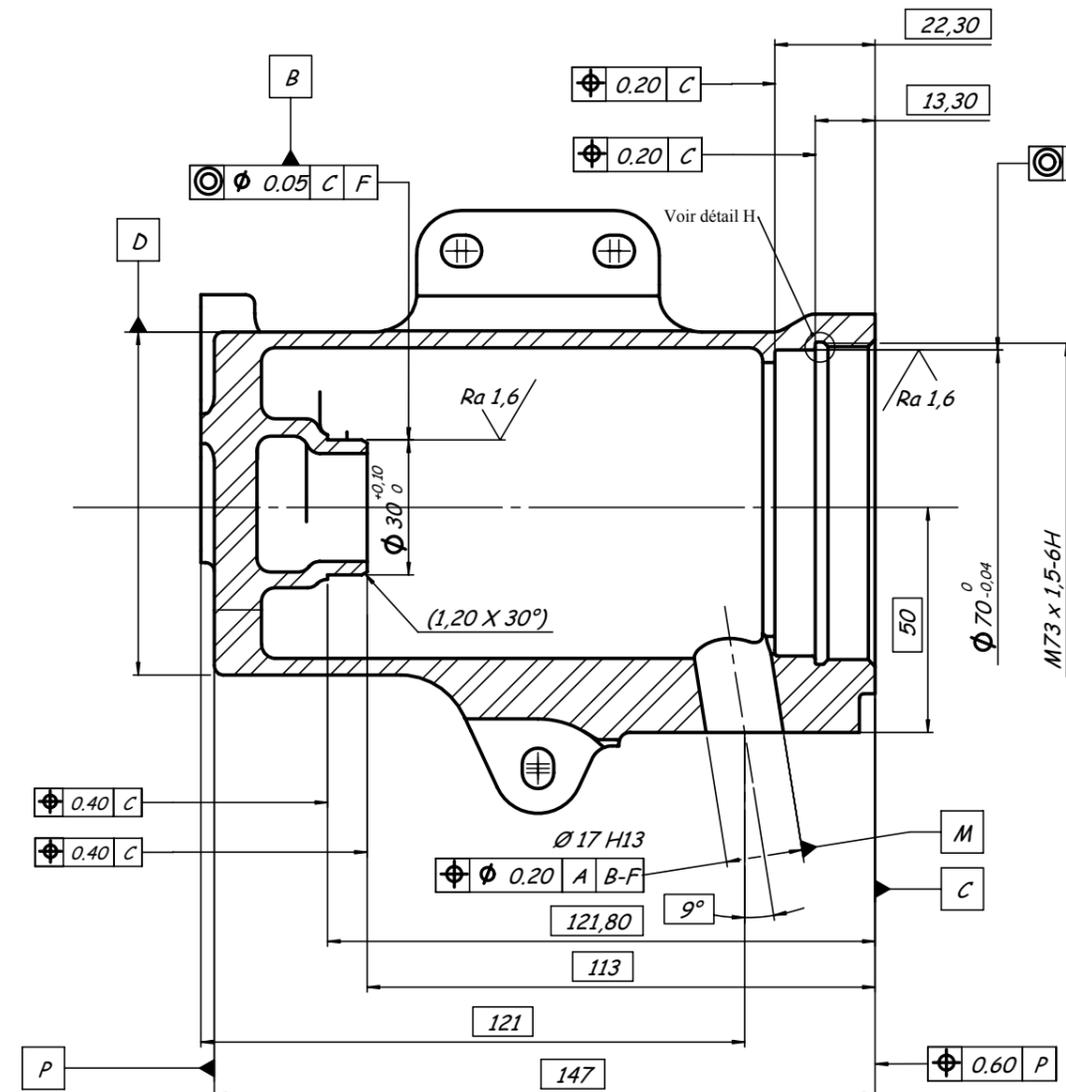
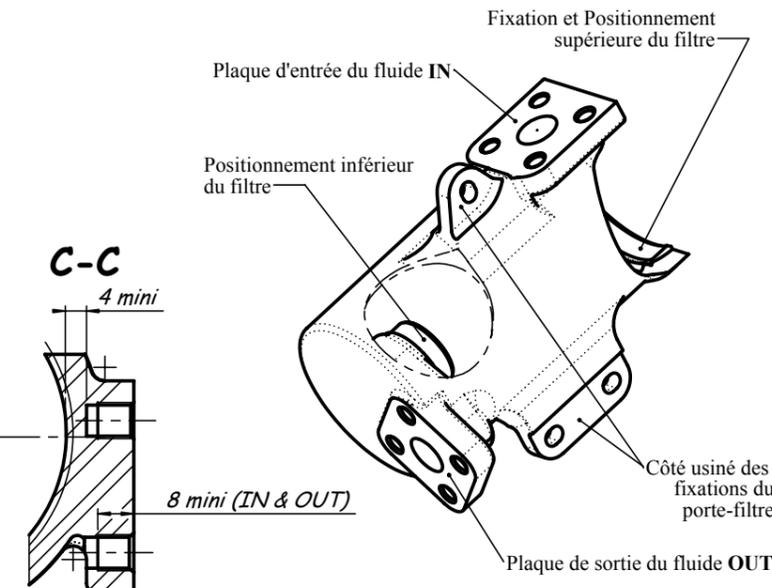
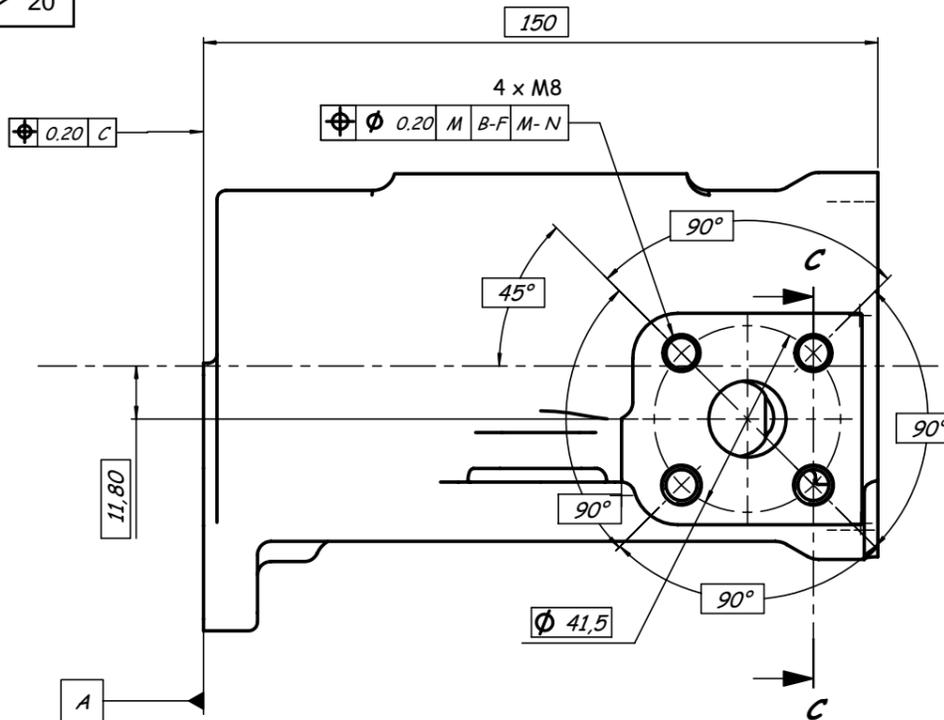
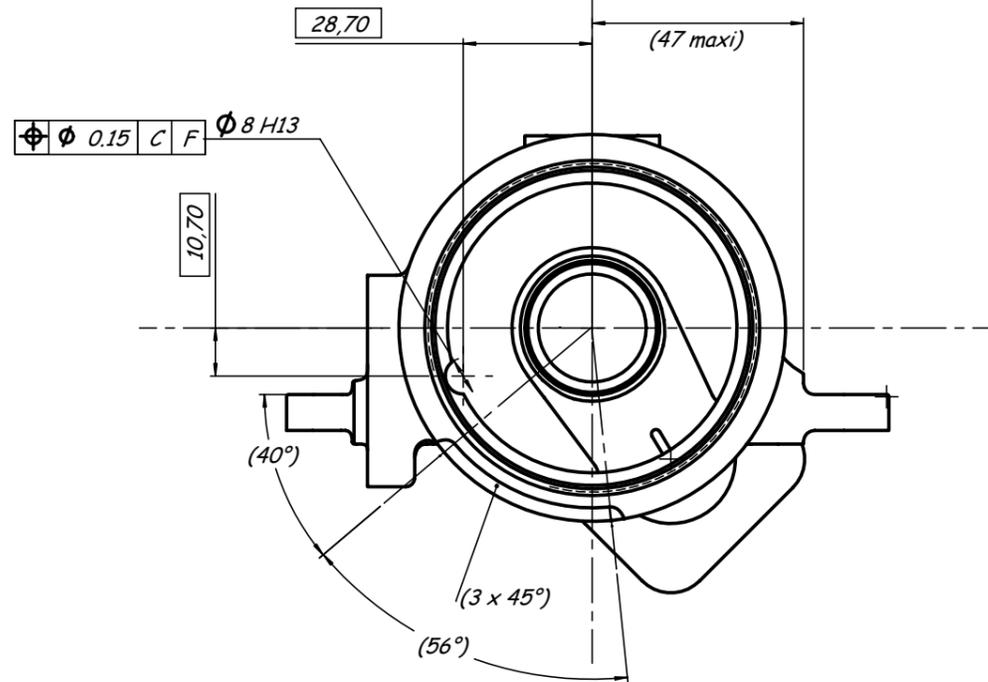
Question 21. Calculer le temps technologique τ_t .

Question 22. Déterminer le nombre de pièces usinées N_p .

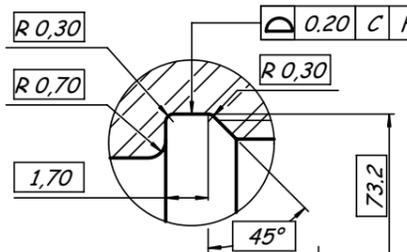
Documents Techniques

Les documents Techniques sont au nombre de 7

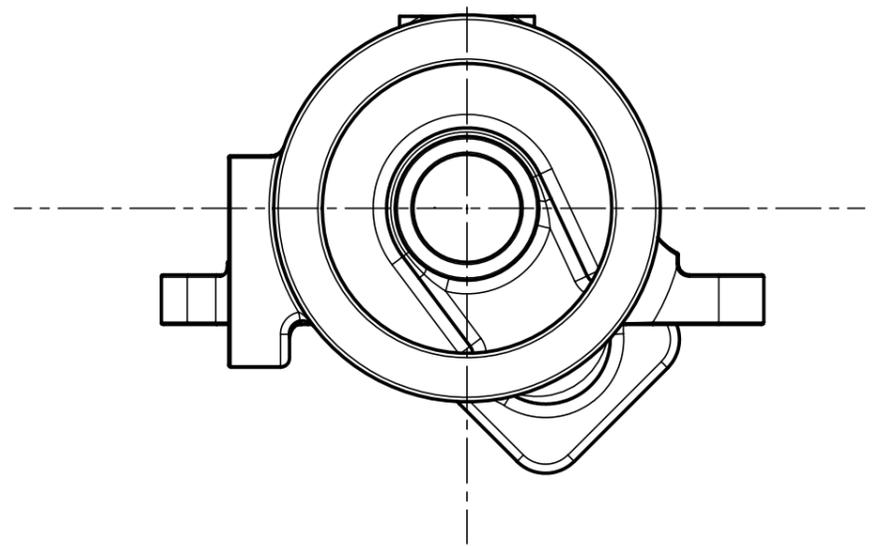
- DT1 *Dessin de définition*
- DT2 *Dessin partiel du brut*
- DT3 *Photos du 1er posage existant*
- DT4 *Centre d'usinage 4 axes MAKINO - A51*
Caractéristiques techniques
- DT5 *Tête à aléser de type radial*
- DT6 *Porte-plaquettes et plaquettes*
- DT7 *Nuances et conditions de coupe*



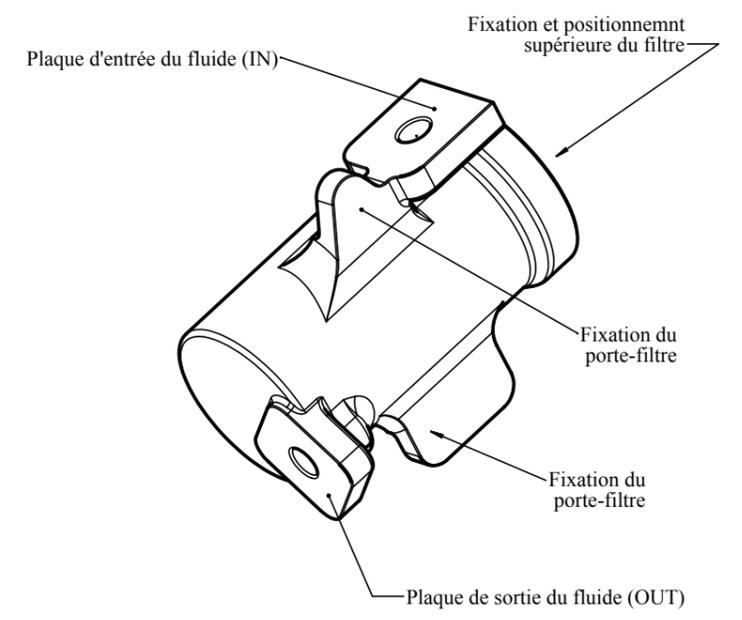
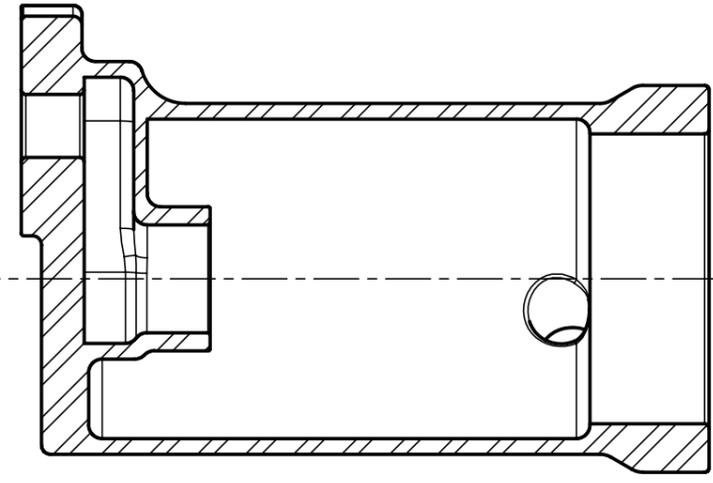
Détail H



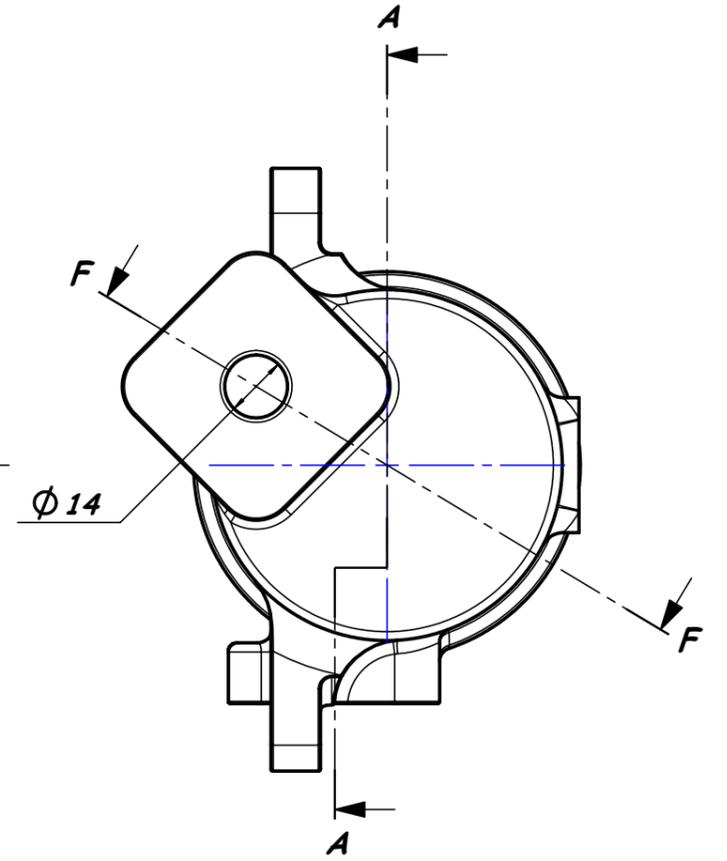
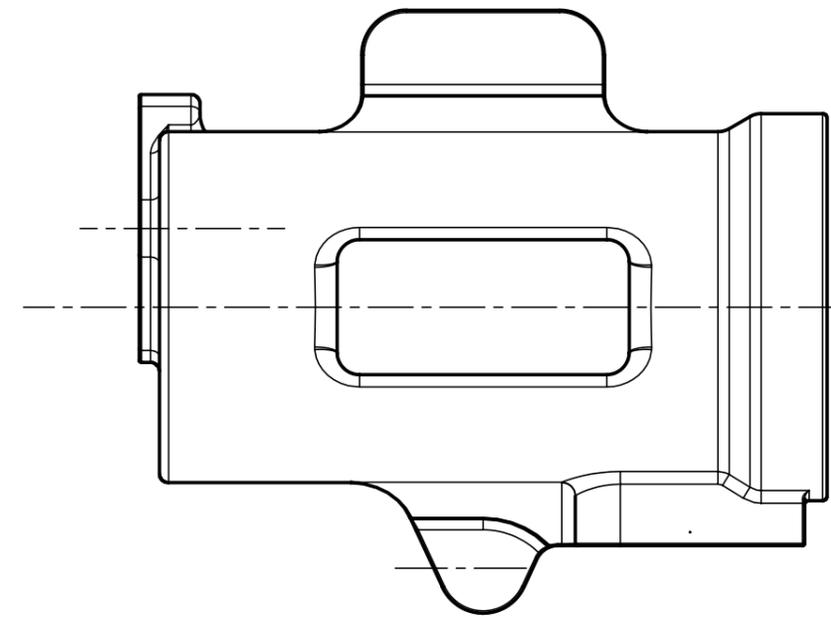
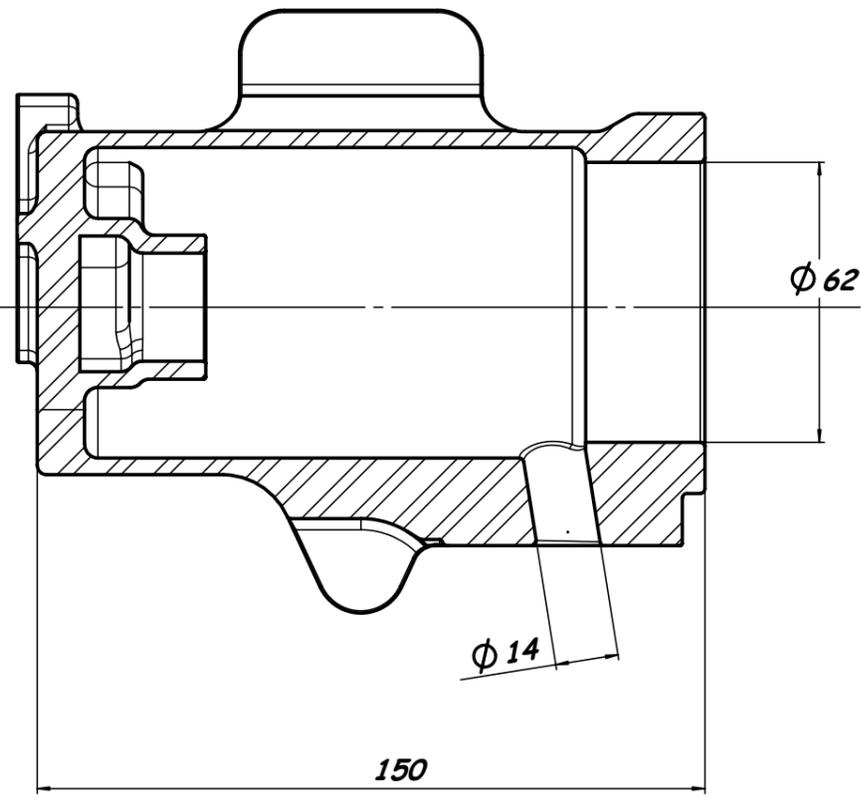
Porte-filtre	
Etat de surface:	ISO 1302 / Ra 3.2
Mode de tolérancement:	ISO 8015
Tolérances géométriques:	ISO 1101 / ISO 5458 / ISO 5459 / ISO 13 715
Tolérances générales:	ISO 2768 mk
Matière :	EN AB-43 000 (Al Si 10 Mg)



Dessin partiel du brut
 F - F



A - A

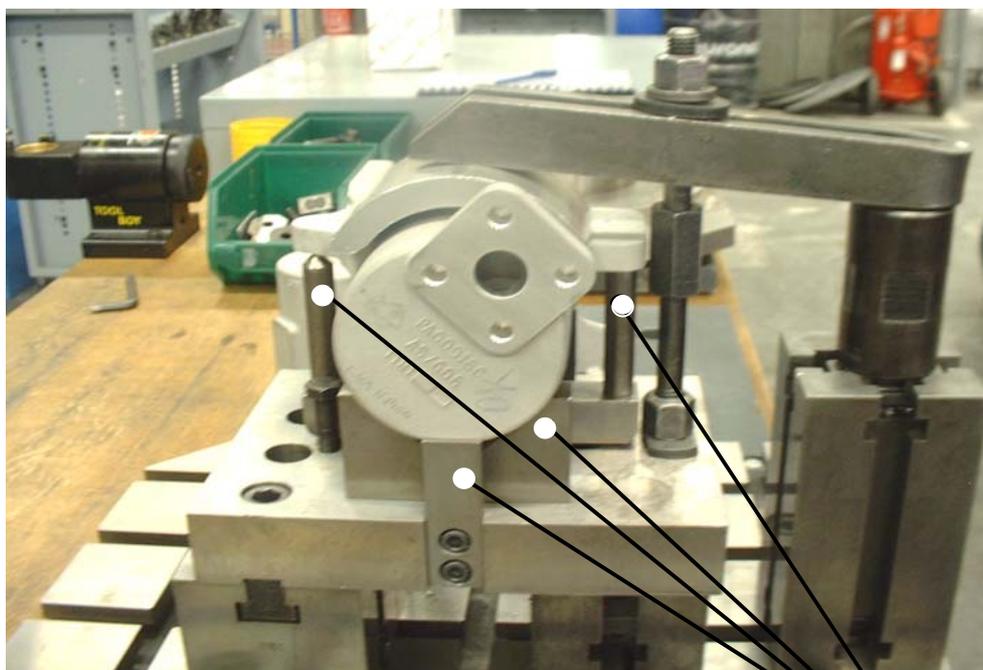


Document Technique 2

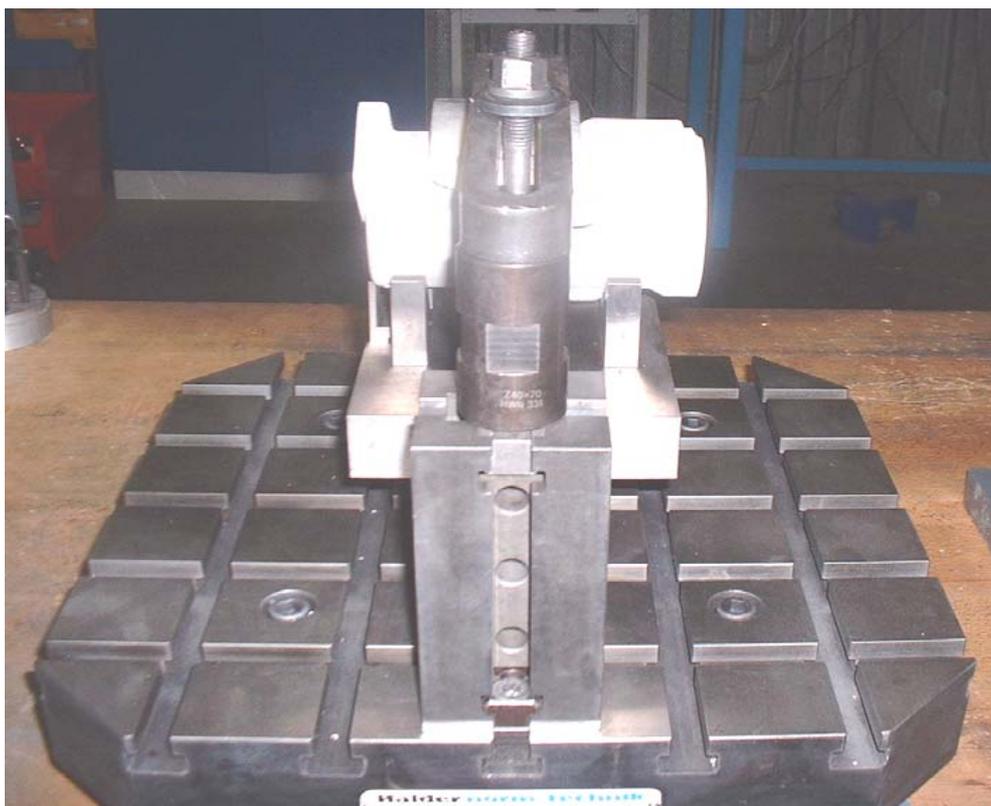
Porte-filtre	
Matière : EN AB-43 000 (Al Si 10 Mg)	
page 8/20	

Document Technique 3

Photos du 1^{er} posage existant



Eléments de mise en position



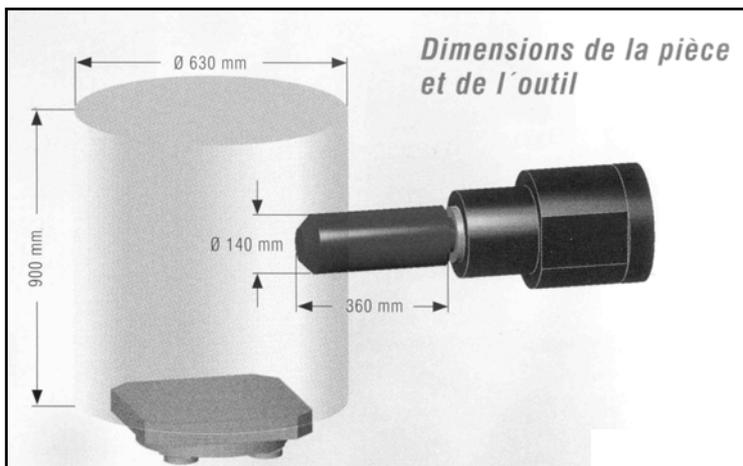
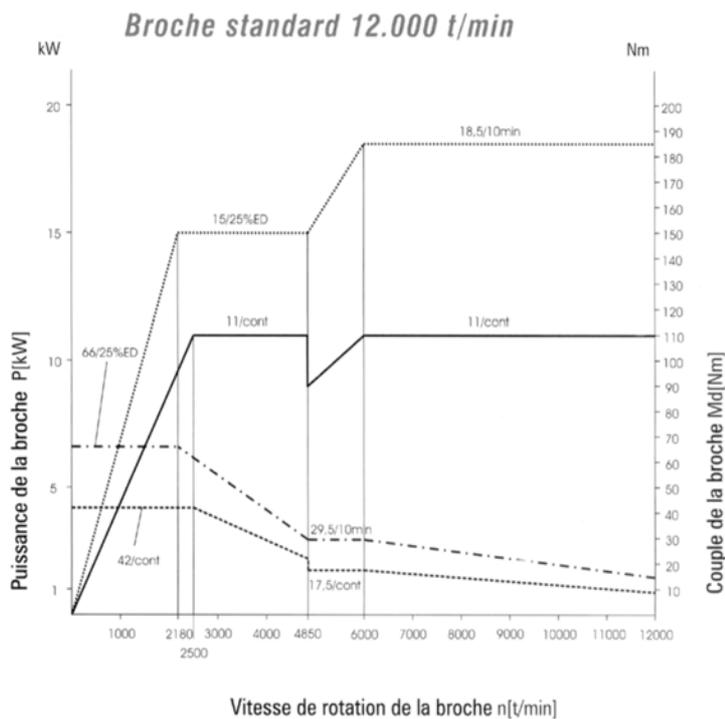
Document Technique 4

MAKINO

Centre d'usinage à haut rendement

Caractéristiques techniques

Diagramme de puissance



Zone d'usinage

Axes X, Y et Z	mm	560 x 560 x 500
Ecart centre broche - palette	mm	80 - 640
Ecart nez de broche - centre palette	mm	70 - 570

Surface de bridage

Surface de bridage	mm	400 x 400
Indexation	°	360 x 1
Temps de changement de palette	s	7,0
Nombre de palettes	pièces	2
Charge admissible de la palette	kg	400
Diamètre de collision	mm	Ø 630
Hauteur de pivotement à partir de la surface palette	mm	900

Entrainement principal, broche standard

Puissance broche (régime permanent)	kW	11
Gamme de vitesse	t/min	50 - 12.000
Couple max.	Nm	66
Diamètre broche principal au palier avant	mm	70

Entrainement d'axes par servo moteurs c.a. à réglage digital

Vitesse rapide	mm/min	50.000
Vitesse d'avance	mm/min	40.000
Accélération	m/s ²	6

Magasin d'outils

Cône face selon DIN 69893		HSK-A 63
Nombre d'emplacements d'outils	pièces	60
Codage		Fixe
Temps de changement d'outil *	s	0,9
Temps de copeau à copeau *	s	2,3
Poids d'outil	kg	8
Diamètre d'outil	mm	70
Longueur d'outil **	mm	360
Diamètre d'outil, si emplacements libres à gauche et à droite	mm	140

Centrale d'arrosage

Capacité du bac	l	515
Liquide par la broche	bar	15
	l/min	25
Nombre de buses d'arrosage sur la broche	pièces	8
Nettoyage de l'aire de travail et enlèvement des copeaux		

Caractéristique d'installation

Raccordement électrique	V	400
	Hz	50
Puissance électrique	kVA	ca. 42
Air comprimé	bar	6
Poids total	kg	7.800
Encombrement	m ²	11,5

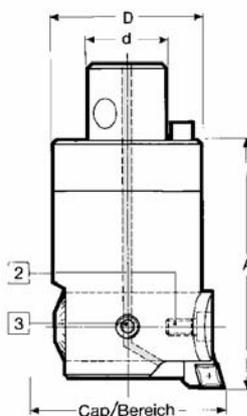
* pour un poids d'outil de 8 kg

** attention aux dimensions d'outil max.

Document Technique 5

TETES A ALESER GRAFLEX® TYPE RADIAL

Capacité / Capacity / Bereich Ø 15 - Ø 205 mm



Capacité Capacity Bereich	d	GRAFLEX Måle Shank Schaft	A	D	Taille porte-plaquette Insert holder size Wendeplattenhalter Größe	Code	Poids Weight Gewicht Kg.
Ø 15 - Ø 18,5	8	0	35	14	09	A 780 08	0,04
Ø 18 - Ø 23,5	8	0	35	17	09	A 780 09	0,05
Ø 23 - Ø 31	11	1	40	21,5	10	A 780 10	0,10
Ø 30 - Ø 40	14	2	45	27	20	A 780 20	0,20
Ø 39 - Ø 51	18	3	65	35	30	A 780 30	0,45
Ø 50 - Ø 65	22	4	72	43	40	A 780 40	0,80
Ø 64 - Ø 86	28	5	82	54	50	A 780 50	1,50
Ø 85 - Ø 115	36	6	105	70	60	A 780 60	3,15
Ø 114 - Ø 144					65		3,25
Ø 114 - Ø 160	46	7	115	95	70	A 780 70	6,45
Ø 159 - Ø 205					75		6,60

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Une gamme qui couvre la plage de 15 à 205 mm.
 L'amenée du lubrifiant est prévue sur l'arête de coupe.
 Le système de réglage du porte-plaquette par vis micrométrique et vernier permet une résolution de 2,5 µm au diamètre.
 La rigidité et la précision du système graissé à vie et protégé garantissent la répétabilité.
 Position angulaire de l'arête DIN 69 871.
 Les têtes sont livrées avec la clé et le mode d'emploi.
 Les portes-plaquettes sont à commander séparément

TECHNICAL SPECIFICATION

A boring diameter range from 15 to 205 mm.
 Coolant flow is directed towards the cutting edge.
 Insert holder setting adjustment is equipped with a micrometric screw and a vernier and provides a resolution of 2.5 µm on the diameter.
 Rigidity and precision of mechanism lubricated for the life of the head and dust proof guarantee good accuracy.
 Angular position of edge according to DIN 69 871.
 These boring heads are delivered with key and operating instructions. Insert holders must be ordered separately

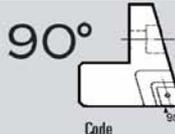
TECHNISCHE MERKMALE

Eine Reihe, die den Durchmesserbereich von 15 bis 205 mm abdeckt.
 Innere Kühlmittelzuführung auf die Schneide.
 Die Einstellung der Wendeplattenhalter erfolgt durch eine Mikrometerspindel und einem Nonius.
 Ein Teilstrich entspricht 2,5 µm im Durchmesser.
 Die Steifigkeit und Präzision des geschützten und lebenslänglich geschmierten System garantieren Wiederholungsgenauigkeit.
 Die Lage der Schneide ist gemäß DIN 69 871.
 Die Köpfe werden mit Schlüssel und Gebrauchsanweisung geliefert. Die Wendeplattenhalter sind separat zu bestellen

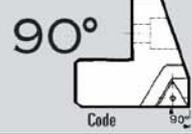
Porte-plaquettes et plaquettes

Document Technique 6

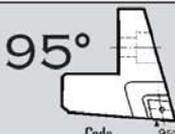
PORTE-PLAQUETTES 90°
90° INSERT HOLDERS
90° WENDEPLATTENHALTER

Capacité Capacity Bereich	Taille porte-plaquette Insert holder size Wendeplattenhalter Größe	 Plaquettes ISO	 Code
∅ 23-∅ 31	10	CC..0602..	A 725 10
∅ 30-∅ 40	20	CC..0602..	A 725 20
∅ 39-∅ 51	30	CC..0602..	A 725 30
∅ 50-∅ 65	40	CC..0602..	A 725 40
∅ 64-∅ 86	50	CC..0602..	A 725 50
∅ 85-∅ 115	60	CC..09T3..	A 725 60
∅ 114-∅ 144	65	CC..09T3..	A 725 65
∅ 114-∅ 160	70	CC..09T3..	A 725 70
∅ 159-∅ 205	75	CC..09T3..	A 725 75

PORTE-PLAQUETTES 90°
90° INSERT HOLDERS
90° WENDEPLATTENHALTER

Capacité Capacity Bereich	Taille porte-plaquette Insert holder size Wendeplattenhalter Größe	 Plaquettes WB	 Code	 Plaquettes TC	 Code
		∅ 15-∅ 18.5	09	WB..0301..	A 782 09
∅ 18-∅ 23.5	09	WB..0301..	A 782 09		
∅ 23-∅ 31	10			TP..0702..	A 724 10
∅ 30-∅ 40	20			TP..0702..	A 724 20
∅ 39-∅ 51	30			TC..1102..	A 724 30
∅ 50-∅ 65	40			TC..1102..	A 724 40
∅ 64-∅ 86	50			TC..1102..	A 724 50
∅ 85-∅ 115	60			TC..1102..	A 724 60
∅ 114-∅ 144	65			TC..1102..	A 724 65
∅ 114-∅ 160	70			TC..1102..	A 724 70
∅ 159-∅ 205	75			TC..1102..	A 724 75

PORTE-PLAQUETTES 95°
95° INSERT HOLDERS
95° WENDEPLATTENHALTER

Capacité Capacity Bereich	Taille porte-plaquette Insert holder size Wendeplattenhalter Größe	 Plaquettes ISO	 Code
∅ 23-∅ 31	10	CC..0602..	A 726 10
∅ 30-∅ 40	20	CC..0602..	A 726 20
∅ 39-∅ 51	30	CC..0602..	A 726 30
∅ 50-∅ 65	40	CC..0602..	A 726 40
∅ 64-∅ 86	50	CC..0602..	A 726 50
∅ 85-∅ 115	60	CC..09T3..	A 726 60
∅ 114-∅ 144	65	CC..09T3..	A 726 65
∅ 114-∅ 160	70	CC..09T3..	A 726 70
∅ 159-∅ 205	75	CC..09T3..	A 726 75

REMARQUE

Les porte-plaquettes sont livrés avec le tournevis et la vis de fixation plaquette.

REMARK

The insert holders are delivered with screw driver and insert locking screw.

HINWEIS

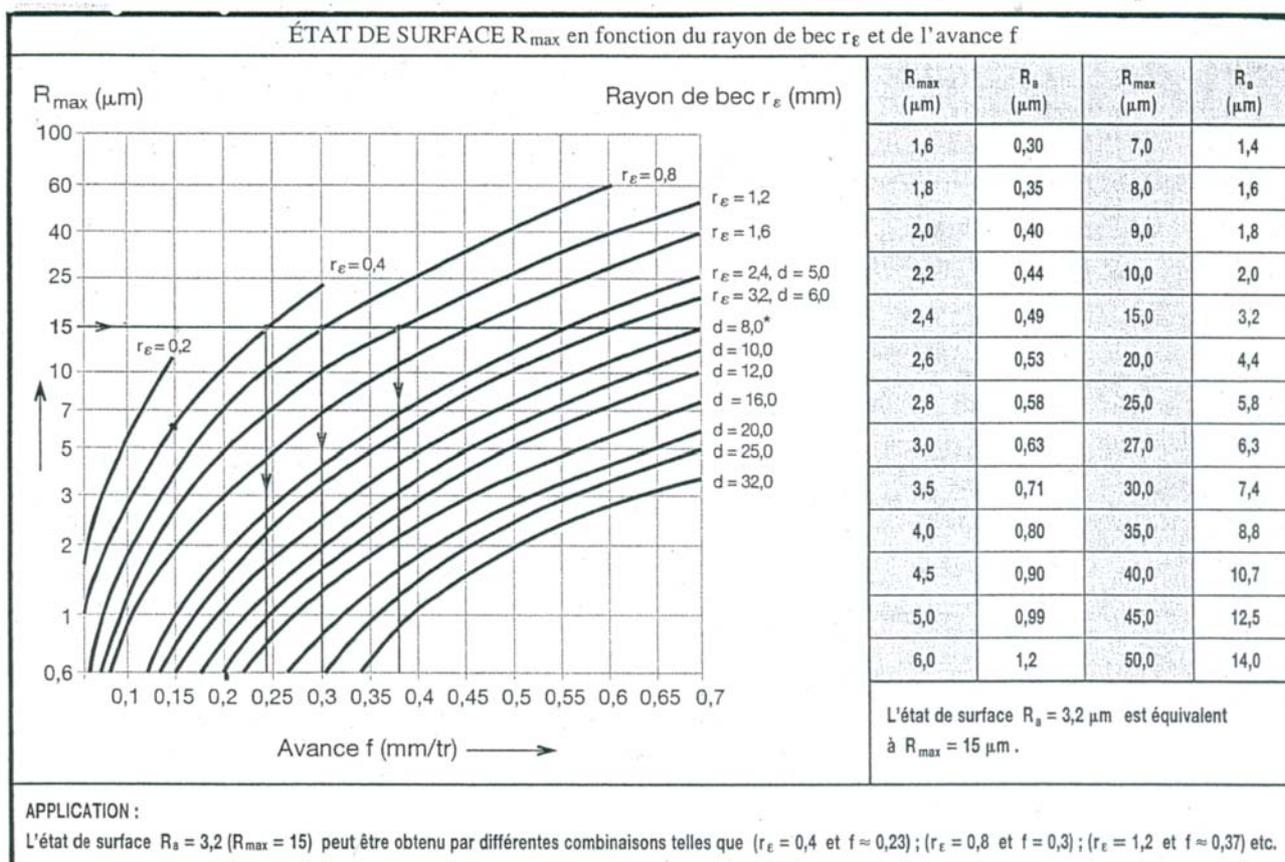
Die Wendeplattenhalter werden mit Schraubendreher und Wendeplatten-Befestigungsschrauben geliefert.

Document Technique 7

Nuances et conditions de coupe

Matière Material Werkstoffe	Dureté HB HB hardness HB Härte	Vitesse de coupe en m/min. Cutting speed m/min. Schnittgeschwindigkeit in m/min.									
		Carbure / Carbide / Hartmetall		Carbure revêtu / Coated carbide / Beschichtetes Hartmetall				Cermet	CBN		PKD
		02	HX 03	TP40 T3000 Z3	TP200 T2000 Z5	26	CP50	CM 51	CBN10 81	82	PCD20 91
Acier au carbone / Carbon steel / Kohlenstoffstahl - C ≤ 0,4% - C > 0,4%	≤ 180 > 180	80-150 60-130		60-180 60-150	80-200 80-180	80-250 80-200		100-350 100-300			
Acier allié / Alloy steel / Legierungs-Stahl - Recuit / Annealed / Geglüht - Traité / Treated / Vergütet - Traité / Treated / Vergütet	< 210 210-270 > 270	60-130 60-130 60-100		60-140 60-140 60-120	80-160 80-160 80-130	80-200 80-200 80-180		100-300 100-250 100-250			
Acier inoxydable / Stainless steel / Rostfreier Stahl - Ferrit + Martensit. 13% < Cr > 20% - Austenit. Cr > 18%-Ni > 8%	150-270 150-270	60-110 60-130		60-130 60-130	80-180 80-180	80-180 80-180	60-150 60-150	80-180 80-180			
Acier trempé / Hardened Steel Gehärteter Stahl > 45 HRC									80-180		
Fonte grise / Grey cast-iron / Grauguß	150-270		60-120	60-140	80-180	80-200	60-150			150-800	
Fonte GS / Spheroidal cast-iron / Spharoguß	150-270		60-110	60-130	80-150	80-200	60-150				
Fonte malléable / Malleable cast-iron / Temperguß	150-240		60-110	60-130	80-150	80-200	60-150				
Aluminium et alliages / Aluminium and alloys / Aluminium Legierungen	60-120		150-800			150-800	150-500				150-1000
Alliages d'aluminium au Si / Si aluminium alloys / Al-Si Legierungen	60-120		150-500			150-500	150-400				150-800
Cuivre et laiton / Copper and brass / Kupfer und Messing	60-120		150-400			150-400	150-400				150-600

Etat de surface: fonction de r_ϵ et de f



Documents réponses

Les documents réponses sont au nombre de 6

DR1 *Elaboration du Brut et Choix de mise en position*

DR2 *Analyse des Vés de mise en position*

DR3 *Groupements de surfaces*

DR4 *Outil modulaire de finition*

DR5 *Optimisation des paramètres de l'usinage du $\Phi 30^{+0,10}_0$*

DR6 *Usinage de la surface associée à la référence A*

Elaboration du Brut et Choix de mise en position

DR-1

Question 1.

Question 2.

Question 3.

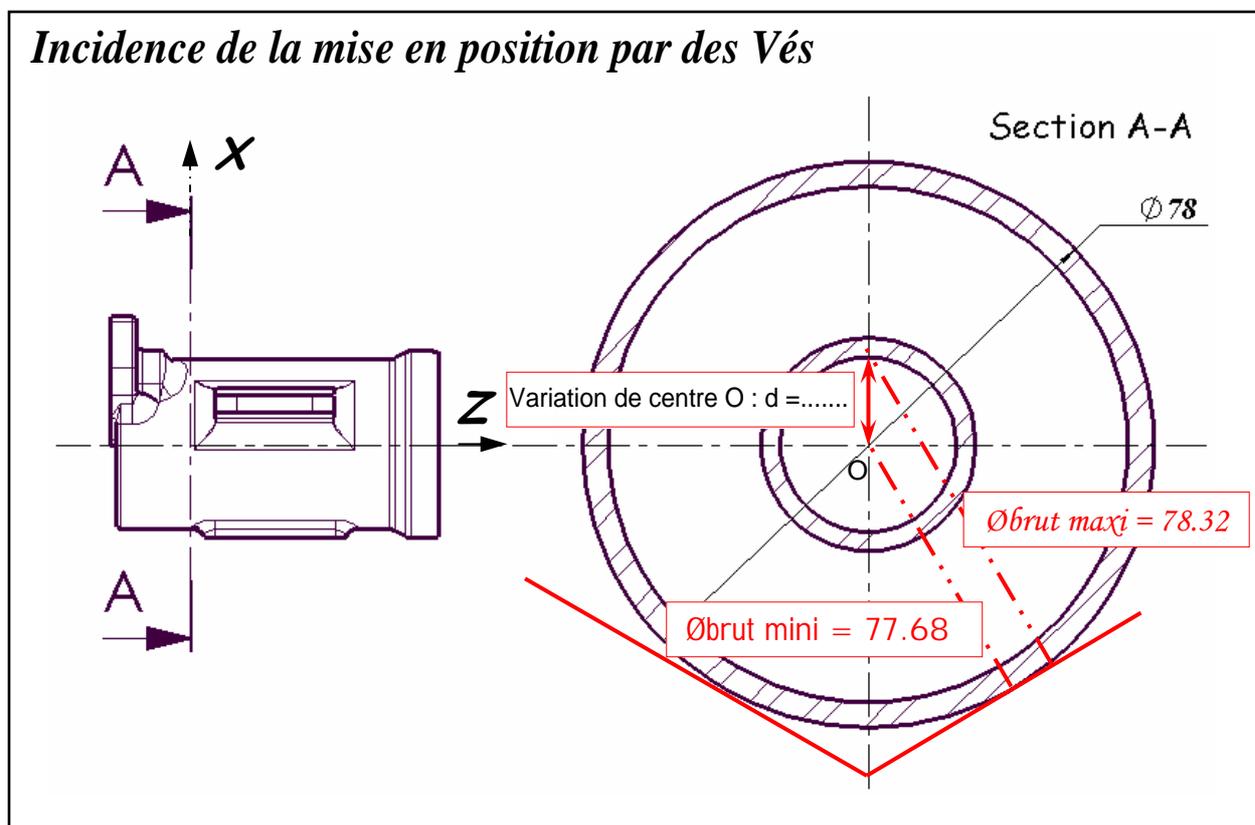
Question 4.

Analyse des Vés de mise en position

DR-2

Question 5.

Incidence de la mise en position par des Vés



Calcul de la variation d:

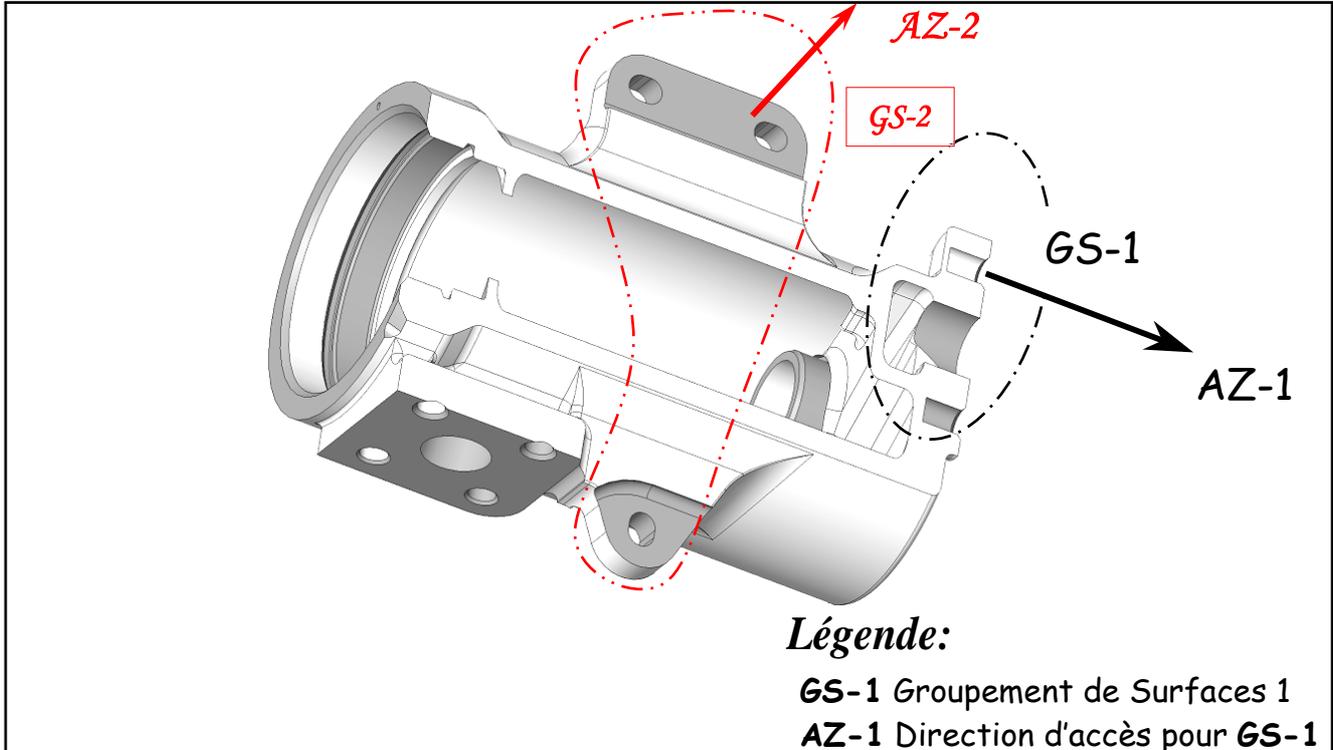
Question 6.

Question 7.

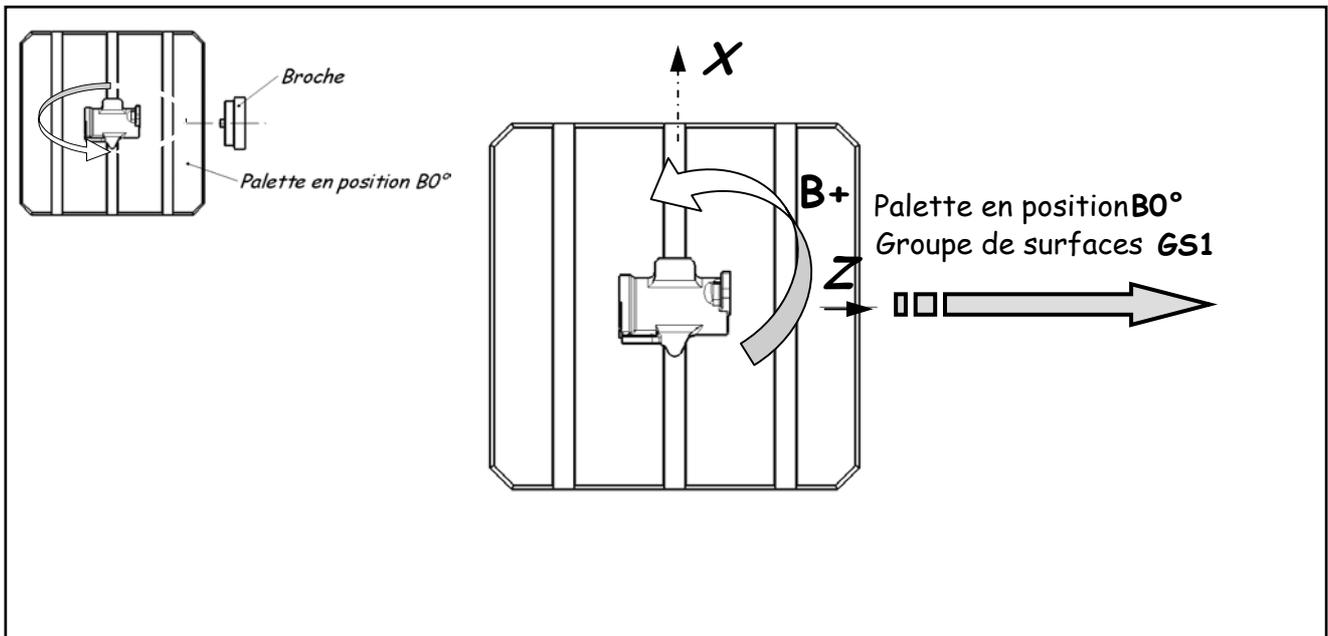
Groupements de surfaces

DR-3

Question 8.



Question 9.



Question 10.

Outil modulaire de finition

DR-4

Questions 11,12,13 et 14.

Attachement HSK A63
 EM 9304-401-2860

$A = 60 \text{ mm}$

$\phi = \dots\dots\dots$

Jauge $Z = \dots\dots\dots$

Tête à aléser GRAFLEX
 A 780 50

Porte-plaquette
 A 725 50

Désignation de la plaquette

Nuance =

$fz_{\text{maxi}} = \dots\dots\dots$

$Vc_{\text{mini}} = \dots\dots\dots$

Direction d'avance de l'outil

$K_r = \dots\dots\dots$

$\epsilon_r = \dots\dots\dots$

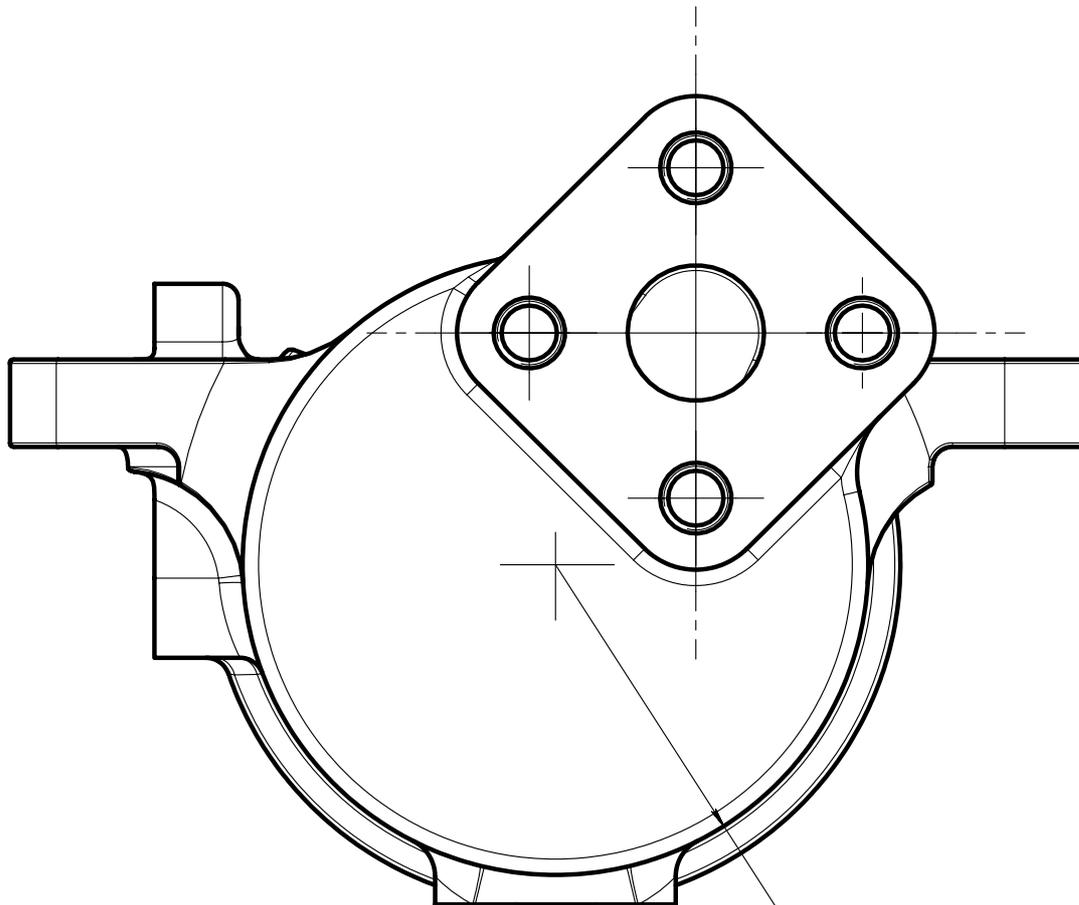
$r_\epsilon = 0,20 \text{ mm}$

$A = \dots\dots\dots$

Usinage de la surface associée à la référence A

DR-6

Question 19.



Echelle 1:1

$\phi 78$

Question 20.

Question 21.

Question 22.
