Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro TRPM, veuillez visiter :
bacprotrpm.fr/annales-sujets-et-corriges

CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS

TECHNICIEN D'USINAGE

SESSION 2023

DOSSIER SUJET

FREIN À MAIN HYDRAULIQUE DE VOITURE DE SPORT



SOMMAIRE

Présentation de l'étude et de l'entreprise	**DS 2**
Présentation du support technique	**DS 2**
Problématique générale	**DS 3**
Étude proposée	**DS 3**

Le dossier sujet est composé de 3 pages, celle-ci comprise.

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE :

L'étude qui suit porte sur une des pièces du frein à main hydraulique d'une voiture de compétition automobile : le ***maître-cylindre***.





PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE :

Implantée dans la région Occitanie depuis plus de 30 ans « SynergieTech® » développe, fabrique et commercialise des systèmes de freinage haute performance.

Cette entreprise propose une gamme complète de produits destinés à la compétition automobile (Monoplace, Endurance, GT, Tourisme, Rallye et Drift) mais aussi aux voitures de série adaptées aux sports automobile.

Tous les produits sont issus d'un processus entièrement conçu et réalisé au sein de l'entreprise, de la conception au cycle d'usinage, en passant par les essais sur banc ou sur piste.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU FREIN À MAIN HYDRAULIQUE :

Qu'est-ce qu'un frein à main ?

Pour un véhicule classique, le frein à main appelé aussi frein de stationnement ou encore frein de parking, est le système qui sert à bloquer les roues pour immobiliser un véhicule à l'arrêt. Il sert principalement lors du stationnement, où il garantit que le véhicule ne va pas bouger ou glisser.
Le frein à main peut aussi servir de freinage d'urgence en cas de soudaine défaillance du système de freins et agit uniquement sur les roues arrière. Il s'actionne grâce à un câble qui manœuvre les plaquettes ou les garnitures de frein.

Qu'est-ce qu'un frein à main hydraulique ?

Le frein à main hydraulique est un type de frein à main particulier. En effet, il permet de ralentir et stopper une voiture en mouvement, ce qui n'est ni le cas, ni la fonction, d'un frein à main classique.

Le frein à main hydraulique équipe principalement les voitures de course, comme les voitures de rallye. Il remplace alors le frein à main à câble qui équipe les véhicules de série. Le frein à main hydraulique permet notamment de bloquer les roues arrière de la voiture pour la faire pivoter brusquement.

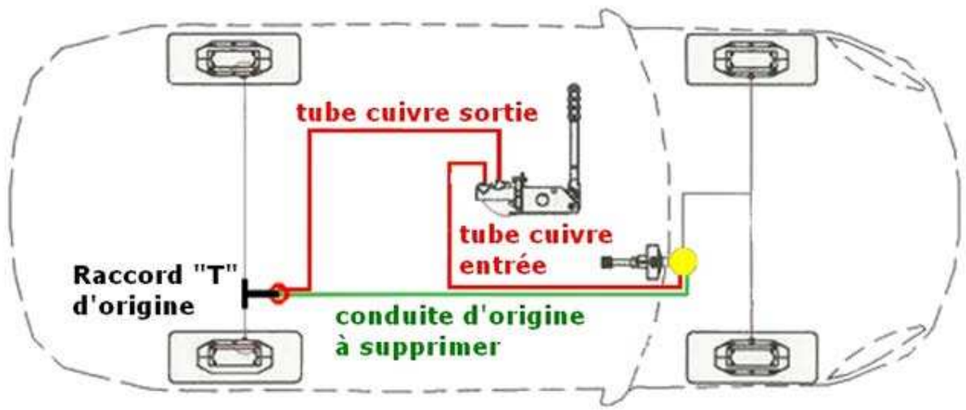
Cela permet au pilote de négocier les virages rapidement et efficacement dans une situation de course automobile. Il permet également le contrôler la glisse et le dérapage du véhicule lors des courses de drift. Le freinage est plus précis et le pilote peut notamment négocier des virages très serrés. Le frein à main hydraulique permet de bloquer instantanément les roues pour un effet de freinage maximal, ce qui n'est pas le cas d'un frein à main à câble qui n'a pas la même réactivité ni le même effet.

Comment fonctionne un frein à main hydraulique ?

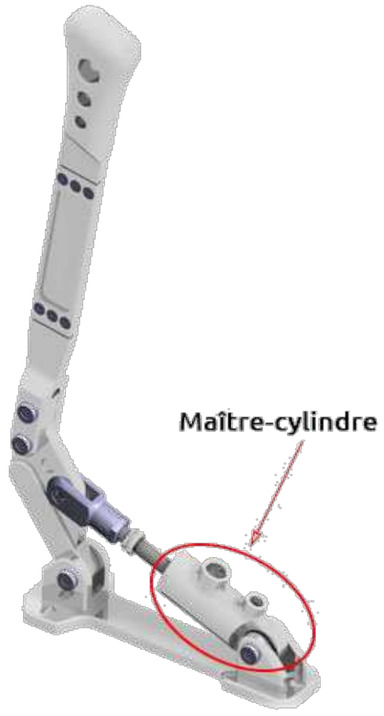
Il est directement intégré au circuit de freinage hydraulique grâce à un cylindre de frein supplémentaire contenant le liquide de frein au niveau des roues arrière. Le frein à main hydraulique est raccordé au circuit de frein standard par des durites.

Ainsi, quand le levier du frein à main hydraulique est actionné, il met le liquide de frein contenu dans le maître-cylindre propre au frein à main sous pression pour actionner immédiatement les étriers de frein, qui vont alors pousser les plaquettes de frein contre le disque de frein.

L'effet de blocage immédiat entraîne la modification du comportement du train arrière du véhicule. Cela permet au pilote de « balancer » la voiture, avec l'action du volant, pour passer les épingles ou virages serrés.



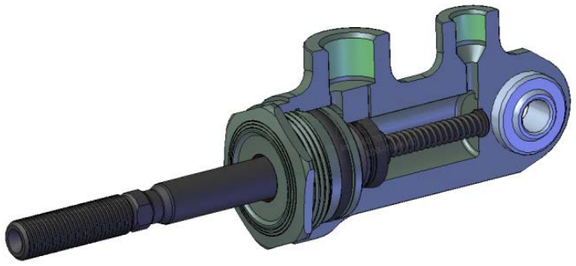
SITUATION DU MAITRE-CYLINDRE



FONCTION DU MAITRE-CYLINDRE :

Lorsque la poignée du frein à main hydraulique est actionnée le **maître-cylindre** va se charger de transformer cet effort mécanique en pression hydraulique.

Le liquide de frein contenu dans le **maître-cylindre** est mis sous pression pour actionner immédiatement les étriers de frein, qui vont alors pousser les plaquettes de frein contre les disques.



PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE :

Face à la concurrence du marché des freins à main hydrauliques dans le sport automobile, l'entreprise souhaite redynamiser le volume de ses ventes en lançant un nouveau produit pour toucher un public plus large et notamment les pilotes amateurs qui disposent d'un budget plus modeste.
Un prototype a été développé en partenariat avec une écurie professionnelle de sport automobile.
L'entreprise souhaite donc industrialiser ce produit en minimisant les coûts de production tout en respectant les contraintes de qualité.

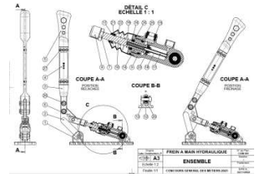
Programme de fabrication : 250 ensembles tous les mois pendant 5 ans.

ÉTUDE PROPOSÉE

Lecture du sujet : 30 min

PARTIE A : Validation des exigences des utilisateurs du frein à main. Durée

- Validation de l'efficacité du freinage
- Validation des contraintes de corrosion et d'esthétique du corps du maître-cylindre
- Validation du changement du joint de pression
- Validation finale des exigences des utilisateurs



01h30min

PARTIE B : Etude de la phase de pré-industrialisation.

- Réflexion sur les procédés d'obtention du brut
- Choix du procédé d'obtention du brut



01h 00min

PARTIE C : Optimisation du processus d'usinage dans la phase d'industrialisation.

- Recherche du processus d'usinage optimal
- Étude des caractéristiques de la nouvelle MOCN
- Validation du choix de la MOCN
- Recherche des procédés d'usinage et des paramètres de coupe optimaux



02h00min

PARTIE D : Optimisation des phases de contrôle dans la phase de production.

- Choix de la solution de palpage pour le CUCN
- Suivi de la production



01h00min

CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS

TECHNICIEN D'USINAGE

SESSION 2023

FREIN À MAIN HYDRAULIQUE DE VOITURE DE SPORT



DOSSIER RESSOURCE

SOMMAIRE

Propriétés des états de surface des vérins	DRESS2
Tableau de recommandation pour le fonctionnement en statique du joint	DRESS 2
Types de liquide de frein	DRESS 2
Graphe de structure et classe d'équivalence cinématique– Symbole des liaisons	DRESS 3
Identification des efforts – Limites de l'effort	DRESS 3
Calcul de la pression en bar	DRESS 4
Mesure de la rugosité	DRESS 4
Principaux procédés d'obtention	DRESS 4
Fonctionnalités des surfaces	DRESS 4
Extrait de tolérances ISO pour alésages	DRESS 5
Famille des fontes	DRESS 5
Famille des aluminiums	DRESS 5
Propriétés physiques des matériaux	DRESS 5
Principe de modélisation des accès pour une pièce à usiner en fraisage	DRESS 6
Tableau « pièce de type fraisage »	DRESS 6
Diagrammes de puissance des broches	DRESS 7
Formulaire	DRESS 7
Choix du couple rayon de bec et de l'avance pour obtenir un état de surface	DRESS 8
Tableau comparatif des procédés d'obtention d'un alésage	DRESS 8
Procédés d'élaboration et états de surface	DRESS 8
Désignation ISO des plaquettes	DRESS 9
Zone des tolérances géométriques	DRESS 9
Solutions de palpage pour machine-outil CN – Choix de la tête de palpage	DRESS 10
Explication des technologies de palpage	DRESS 10
Tableau d'interprétation des cartes de contrôle	DRESS 11

Le dossier ressource est composé de 11 pages, celle-ci comprise.

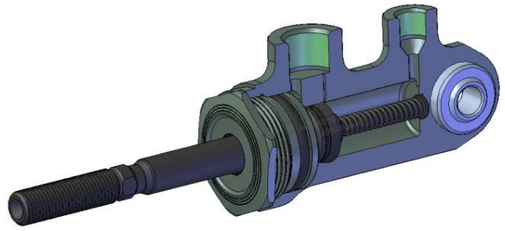
Propriétés des états de surface des vérins

L'état de surface de l'alésage du cylindre du maître-cylindre a un effet important sur le fonctionnement et la durée de service du joint. Le paramètre de rugosité de surface le plus courant spécifié est R_a (en µm), c'est à dire la déviation moyenne arithmétique du profil de la surface.

Il est important d'avoir une très bonne qualité de surface afin de garantir l'étanchéité du système et la durée de vie du joint.

R_a – rugosité moyenne arithmétique

R_z – profondeur de rugosité moyenne



La rugosité de la surface de contact avec le joint dépend de plusieurs paramètres :

Tableau de recommandation pour le fonctionnement en dynamique du joint (Source SKF®)		
	Joints EPDMs	**Joints PTFE**
R_a	0,05 à 0,3 µm	0,05 à 0,2 µm
R_z	0,4 à 2,5 µm	0,4 à 2 µm

Tableau de recommandation pour le fonctionnement en statique du joint (Source SKF®)	
Surfaces d'appui de joints exposés à la pression	Ra inférieur à 0.8 µm
Diamètres de portées de joints racleurs	Ra inférieur à 1.6 µm
Faces axiales de logements de joints	Ra inférieur à 3.2 µm

Types de liquide de frein

Les liquides de frein sont classés en plusieurs catégories, plus précisément à l'aide d'un indice appelé **DOT** « Department Of Transportation ». Les indices DOT ont pour rôle de mesurer la qualité des différents liquides de frein. Ceux-ci sont catégorisés en fonction de leur **point d'ébullition**. Selon la norme, plus le point d'ébullition est élevé, plus le DOT est élevé.

DOT 3

Il s'agit du liquide de frein **le moins cher** sur le marché. De plus, il demande moins d'entretien que les autres catégories de produits. Par ailleurs, ce type de liquide de frein est destiné à une utilisation modérée de la voiture. Il est particulièrement adapté aux **freins à tambour**. Le point d'ébullition est à 205 °C à sec.

DOT 4

Le DOT 4 est le liquide de frein le plus commun. En effet, il est apprécié pour son **excellent rapport qualité/prix.** Le DOT 4 est plus performant que le DOT 3 en raison de son point d'ébullition plus élevé, c'est-à-dire, 230 C. le DOT 4 est le meilleur en terme de rapport qualité/prix.

DOT 5.1

Et enfin, le DOT 5.1 est le **meilleur liquide de frein sur le marché**, notamment en termes de qualité. C'est le choix optimal si vous aimez les **conduites sportives**. Le point d'ébullition s'élevant à 260 °C à sec vous permettra d'être parfaitement à l'aise et rassuré pendant la conduite de votre voiture, surtout pour un modèle sport.

PS : Il est déconseillé de mélanger ces différentes sortes de liquides de frein. En effet, cela risque de **causer des dommages** sur votre système de freinage



Composition chimique :

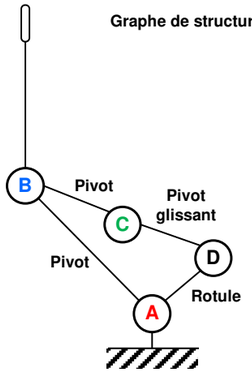
67 % de polyglycol, qui est un fluide hydraulique. Ce composant principal permet au liquide de fonctionner correctement.
30 % de lubrifiant qui a pour rôle de réduire la traînée de friction
3 % d'**additifs divers qui sont des** antioxydants ainsi que des inhibiteurs de corrosion.

Choix de liquides de freins 2022 :

Marque	MOTUL	BREMBO	MOTUL	BOSH	FERODO
Type	DOT4	DOT5.1	DOT4	DOT3	DOT5.1
Avantage	Tout type d'autos	Pour autos à hautes performances	Produit milieu de gamme	Pour voitures citadines, produit premier prix	Excellent produit pour utilisation intensive
Volume bidon	500ml	1000ml	500ml	1000ml	1000ml
Prix €	12.99	28.99	16.99	13.50	23.90

Graphe de structure et classe d'équivalence cinématique

Graphe de structure



Classe d'**E**quivalence **C**inématique ou **C.E.C.**

Pièce ou ensemble de pièces en contact, n'ayant aucun mouvement relatif pendant l'usage du mécanisme, à l'exception des pièces déformables (ressorts, joints, membranes, …) et des billes, rouleaux ou aiguilles des roulements ou des butées à billes.

A = {1, 12 Sphère, 13, 26 Axe Corps Maitre-cylindre, 26 Axe Renvoi}

B = {2, 3, 4, 5, 26, 27}

C = {6, 7, 8, 10, 17, 21 }

D = {9, 11, 12 Bague, 14, 15, 16, 20}

Symbole des liaisons

Symboles des liaisons mécaniques NF EN 23952 / ISO 3952-1 NF EN ISO 3952-1

Nom de la liaison	Translations	Rotations	Degrés de liberté	Principales représentations planes (orthogonales)	Représentation en perspective	Exemple
Encastrement ou liaison fixe	0	0	0	variante 1 variante 2		soudure
Pivot	0	1	1	variante 1 variante 2		
Glissière	1	0	1			
Hélicoïdale	1 + 1 Combinées (fonction du pas)		1	filet à droite		écrou vis
Pivot glissant	1	1	2			
Sphérique ou rotule à doigt	0	2	2			cannelures bombées
Rotule ou sphérique	0	3	3			
Appui plan	2	1	3			
Linéaire rectiligne *	2	2	4			
Sphère cylindre ou linéaire annulaire	1	3	4			sphère dans cylindre
Sphère-plan ou ponctuelle	2	3	5			

(★) ancienne normalisation NF E 04-015.

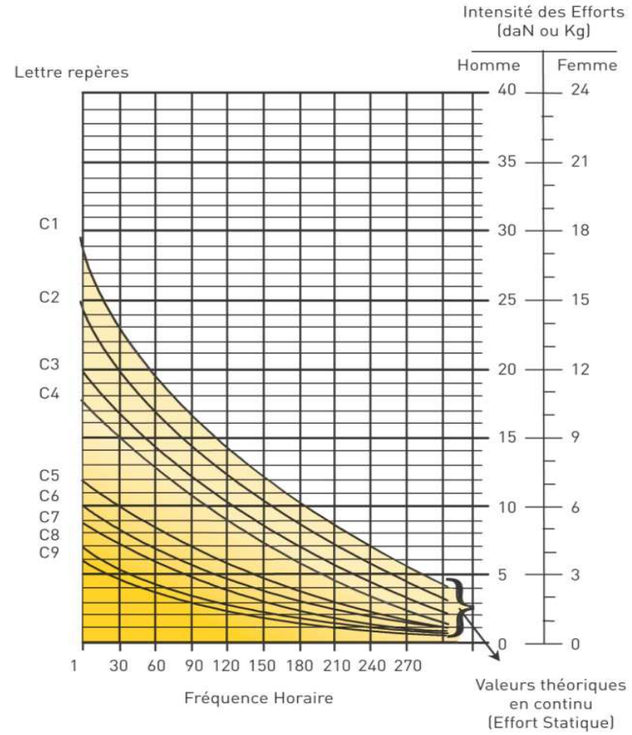
Identification des efforts

Identification des efforts

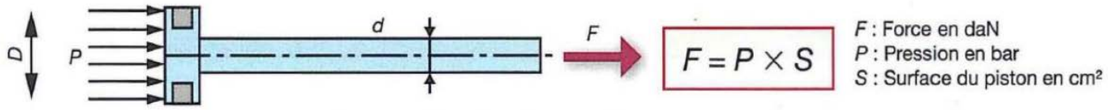
Les courbes d'efforts et les règles de correction s'appliquent sur l'abaque de la page suivante

Posture	Nature de l'effort	Sens de l'effort	Courbes repères	REGLES DE CORRECTION — Effort exercé à 1 main et Posture bonne	1 main et Posture mauvaise ou pas de point d'appui	2 mains et Posture bonne	2 mains et Posture mauvaise
DEBOUT	POUSSER		C5	Garder la même valeur	/ 2	plus 20%	Garder la même valeur
	TIRER		C6				
	BAISSER		C5				
	LEVER		C6				
	TRANSPORTER une charge (1 à 3 m)*		C6				
	ADDUCTION		C7			Non concerné ou proscrit	
	ABDUCTION		C8				
	TOURNER un volant vertical		C3	/ 2	Non concerné ou proscrit		
	TOURNER un volant horizontal		C3				
ASSIS	POUSSER assis avec dossier		C3	Garder la même valeur	/ 2	plus 20%	Garder la même valeur
	TIRER (avec appui pour les pieds)		C4				
	BAISSER		C7				
	LEVER		C9				
	ADDUCTION		C7			Non concerné ou proscrit	
	ABDUCTION		C8				
	TOURNER un volant vertical		C4	/ 2	Non concerné ou proscrit	Garder la même valeur	
	TOURNER un volant horizontal		C3				

Limites de l'effort

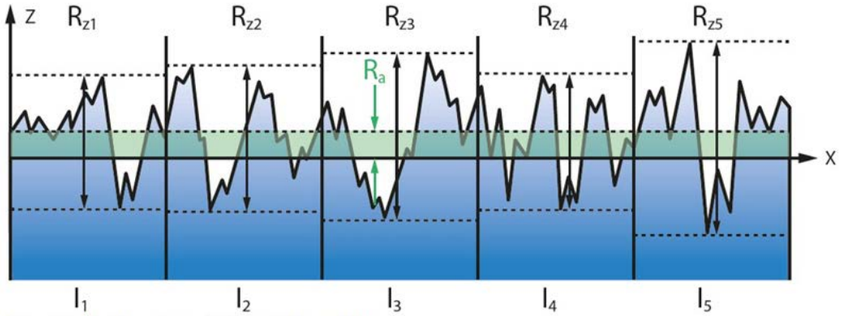


Calcul de pression en bar



Effort de poussée lors de la sortie du vérin	Effort de poussée lors de la rentrée du vérin
$F = P \times S_1$	$F = P \times S_2$
$S_1 = \pi \times D^2/4$	$S_2 = (\pi \times D^2/4) - (\pi \times d^2/4)$

Mesure de la rugosité



Exemple des paramètres Ra et Rz

Principaux procédés d'obtention

Alésage	**al**	Electroérosion	**éé**	Grenaillage sphérique	**gns**
Brochage	**br**	Polissage	**po**	Grenaillage angulaire	**gna**
Fraisage en bout	**frb**	Superfinition	**sf**	Estampage	**es**
Fraisage en roulant	**frr**	Sablage à sec	**sas**	Étirage	**et**
Lamage	**lm**	Sablage humide	**sah**	Filetage	**fi**
Perçage	**pe**	Dressage	**de**	Forgeage	**fo**
Pierrage	**pi**	Grattage	**gr**	Galetage	**ga**
Rabotage	**rb**	Meulage	**me**	Laminage à froid	**laf**
Rectification plane	**rcp**	Sciage	**sc**	Laminage à chaud	**lac**
Rectification cylindrique	**rcc**	Découpage	**de**	Moulage sable	**mos**
Rodage	**rd**	Électroformage	**ef**	Moulage coquille	**moc**
Tournage	**to**	Électropolissage	**ep**	Matriçage	**ma**
Étincelage	**el**				

Fonctionnalités des surfaces

Surface		Fonction appliquée à la surface	
		Désignation	Symbole*)
Contact de deux pièces	avec déplacement relatif	Glissement (lubrifié)	FG
		Frottement à sec	FS
		Roulement	FR
		Résistance au matage	RM
		Frottement d'un fluide	FF
		Étanchéité dynamique avec joint	ED
		Étanchéité dynamique sans joint	ED
	assemblage fixe	Étanchéité statique avec joint	ES
		Étanchéité statique sans joint	ES
		Ajustement fixe avec contrainte	AC
		Adhérence (collage)	AD
Surface indépendante	avec contrainte	Outils (face de coupe)	OC
		Résistance aux efforts alternés	EA
	sans contrainte	Résistance à la corrosion	RC
		Revêtement (peinture)	RE
		Dépôt électrolytique	DE
		Mesurage	ME
		Aspect	AS

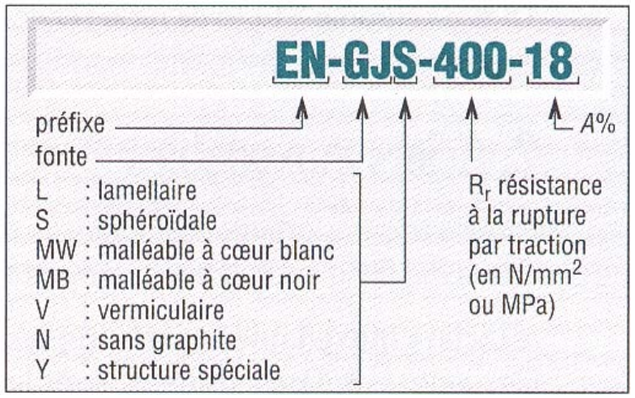
Extrait de tolérances ISO pour alésage

Extraits de tolérances ISO pour alésage (en microns : 1 µm = 0,001 mm)

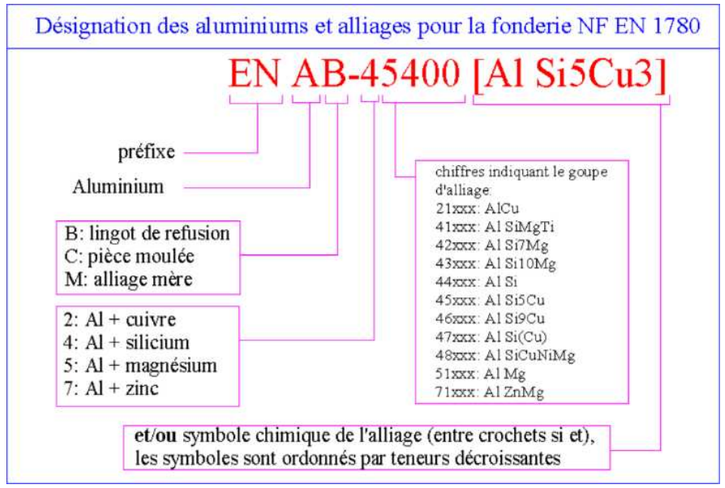
		dimensions nominales (en mm)												
au-delà de		1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	
à (inclus)		3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	
D10	ES	+60	+78	+98	+120	+149	+180	+220	+260	+305	+355	+400	+440	+480
	EI	+20	+30	+40	+50	+65	+80	+100	+120	+145	+170	+190	+210	+230
E9	ES	+39	+50	+61	+75	+92	+112	+134	+159	+185	+215	+240	+265	+290
	EI	+14	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125	+135
F8	ES	+20	+28	+35	+43	+53	+64	+76	+90	+106	+122	+137	+151	+165
	EI	+ 6	+10	+13	+16	+20	+25	+30	+36	+ 43	+ 50	+ 56	+ 62	+ 68
G7	ES	+12	+16	+20	+24	+28	+34	+40	+47	+54	+61	+69	+75	+83
	EI	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 9	+10	+12	+14	+15	+17	+18	+20
H6	ES	+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29	+32	+36	+40
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H7	ES	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57	+63
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H8	ES	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+89	+97
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H9	ES	+25	+30	+36	+43	+52	+62	+74	+87	+100	+115	+130	+140	+155
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H10	ES	+40	+48	+58	+70	+84	+100	+120	+140	+160	+185	+210	+230	+250
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H11	ES	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+320	+360	+400
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H12	ES	100	+120	+150	+180	+210	+250	+300	+350	+400	+460	+520	+570	+630
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H13	ES	140	+180	+220	+270	+330	+390	+460	+540	+630	+720	+810	+890	+970
	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J7	ES	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+18	+22	+26	+30	+36	+39	+43
	EI	−6	−6	−7	−8	−9	−11	−12	−13	−14	−16	−16	−18	−20
JS13	±E	±70	±90	±110	±135	±165	±195	±230	±270	±315	±360	±405	±445	±485
K6	ES	+0	+2	+2	+2	+2	+3	+4	+4	+4	+5	+5	+7	+8
	EI	−6	−6	−7	−9	−11	−13	−15	−18	−21	−24	−27	−29	−32
K7	ES	0	+3	+5	+6	+6	+7	+9	+10	+12	+13	+16	+17	+18
	EI	−10	−9	−10	−12	−15	−18	−21	−25	−28	−33	−36	−40	−45
M7	ES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EI	−12	−12	−15	−18	−21	−25	−30	−35	−40	−46	−52	−57	−63
N7	ES	−4	−4	−4	−5	−7	−8	−9	−10	−12	−14	−14	−16	−17
	EI	−14	−16	−19	−23	−28	−33	−39	−45	−52	−60	−66	−73	−80
P7	ES	−6	−8	−9	−11	−14	−17	−21	−24	−28	−33	−36	−41	−45
	EI	−16	−20	−24	−29	−35	−42	−51	−59	−68	−79	−88	−98	−108

Attention : Pour les tolérances ISO des arbres, il existe un autre tableau

Famille des fontes



Famille des aluminiums



Propriétés physiques des matériaux

ALLIAGES	CATEGORIES D'ALLIAGES	PROPRIETES PHYSIQUES				PROPRIETES CHIMIQUES
		Densité faible	Conductivité thermique	Conductivité électrique	Isolation acoustique (capacité d'amortissement)	Résistance à la corrosion*
Fontes	Blanches					X
	Grises		XX		XXX	XX
	GS**		X			X
	Alliées		X		X	XXX
Aciers			X			XXX***
Aluminium		XX	XXX	X		XX
Zinc			XX	X		X
Titane		X				XX
Magnésium		XXX	XXX	X	XX****	
Cuivre	Cupro-aluminium		XX	X		XXX
	Cupro-nickel		X	XX		XXX
	Laiton		XX	XX		XXX
	Bronze		XX	X		XXX

Légende : XXX excellente, XX bonne, X moyenne, Case blanche médiocre
** corrosion due aux intempéries, à l'oxydation, à la chaleur, ** fontes à graphite sphéroïdal, *** pour les aciers inoxydables, **** pour certaines nuances*
Source : CTIF

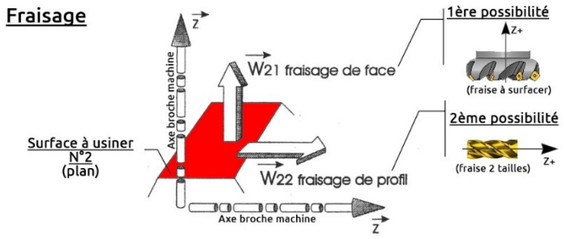
Principe de modélisation des directions d'accès pour une pièce que l'on envisage d'usiner en fraisage

Pour usiner la surface plane N°2, $\underset{W}{\rightarrow}21$ et $\underset{W}{\rightarrow}22$ représentent deux possibilités de directions d'accès de la broche de la machine de fraisage.

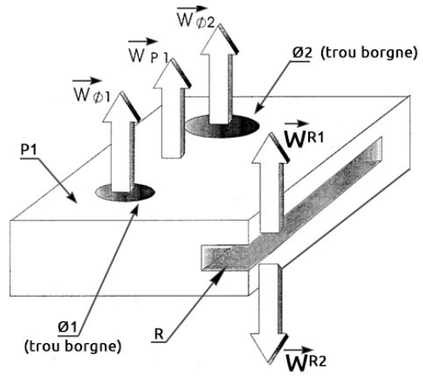
Remarque :

⚠ Les flèches sont représentées en partant de la surface usinée vers l'extérieur de la matière.

Fraisage



Étape 1 : Recherche des directions d'accès d'usinage $\underset{W}{\rightarrow}$ possibles pour chaque entité d'usinage :



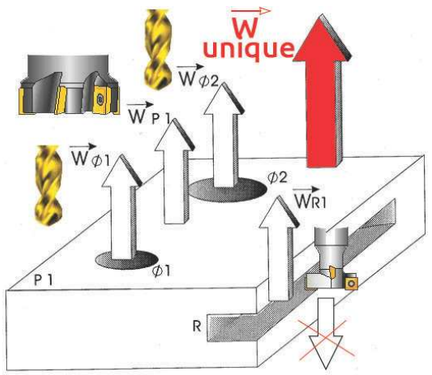
Pour l'entité d'usinage P1 (plan), $\underset{W}{\rightarrow}$ P1 est possible

Pour l'entité d'usinage Ø1 (trou borgne), $\underset{W}{\rightarrow}$ Ø1 est possible

Pour l'entité d'usinage Ø2 (trou borgne), $\underset{W}{\rightarrow}$ Ø2 est possible

Pour l'entité d'usinage R (rainure), $\underset{W}{\rightarrow}$ R1 et $\underset{W}{\rightarrow}$ R2 sont possibles

Étape 2 : Détermination du nombre minimal de directions d'accès d'usinage $\underset{W}{\rightarrow}$.



Seules $\underset{W}{\rightarrow}$Ø1, $\underset{W}{\rightarrow}$Ø2, $\underset{W}{\rightarrow}$P1 et $\underset{W}{\rightarrow}$R1 sont retenues.

La direction d'accès $\underset{W}{\rightarrow}$R2 n'est pas conservée.

Les directions d'accès $\underset{W}{\rightarrow}$Ø1, $\underset{W}{\rightarrow}$Ø2, $\underset{W}{\rightarrow}$P1 et $\underset{W}{\rightarrow}$R1 sont fusionnées en une seule direction $\underset{W}{\rightarrow}$ unique.

On peut donc envisager la fabrication de la pièce avec un seul $\underset{W}{\rightarrow}$.

Étape 3 : Chercher dans le tableau « pièce de type fraisage » le nombre de posage et les machines appropriées.

Le tableau « pièce de type fraisage » propose l'usinage de cette pièce :

en **1 seul posage** sur un centre d'usinage 3 axes horizontal ou vertical.

MODELISATION (extrait du tableau «pièce de type fraisage»)	MOYEN(S)	Nb DE POSAGES
➡	CU 3 axes horizontal ou vertical	1
⬅ ➡	CU 4 axes horizontal	1
	CU 3 axes horizontal ou vertical	2

Tableau « pièce de type fraisage »

Détermination du nombre de posage et des moyens de fabrication en fonction des directions d'accès

MODÉLISATION DES DIRECTIONS D'ACCÈS	NOMBRE DE POSAGE	MOYEN(S) DE FABRICATION *
➡	1	C.U. 3 axes
⬅ ➡	1	C.U. 4 axes
	2	C.U. 3 axes
➡ ↙	1	C.U. 4 axes
	2	C.U. 3 axes
⬅ ➡ ↙	1	C.U. 4 axes
	2	C.U. 4 axes + C.U. 3 axes
	3	C.U. 3 axes
⬅ ➡ ↙	1	C.U. 4 axes
	2 ou 3	C.U. 4 axes
	4	C.U. 3 axes
↑ ➡ ↙	1	C.U. 5 axes
	2	C.U. 4 axes + C.U. 3axes
	3	C.U. 3axes
↑ ➡ ↙	1	C.U. 5 axes
	2 ou 3	C.U. 4 axes + C.U. 3axes
	4	C.U. 3axes
↑ ⬅ ➡ ↙	1	C.U. 5 axes
	2 ou 3 ou 4	C.U. 4 axes + C.U. 3axes
	5	C.U. 3axes
↑ ⬅ ➡ ↙	2	C.U. 5 axes + C.U. 3 axes
	3 ou 4 ou 5	C.U. 4 axes + C.U. 3axes
	6	C.U. 3axes

* les centres d'usinage (C.U.) peuvent disposer d'une broche horizontale ou verticale.

Diagramme de puissance de la Broche SpeedMaster STANDARD

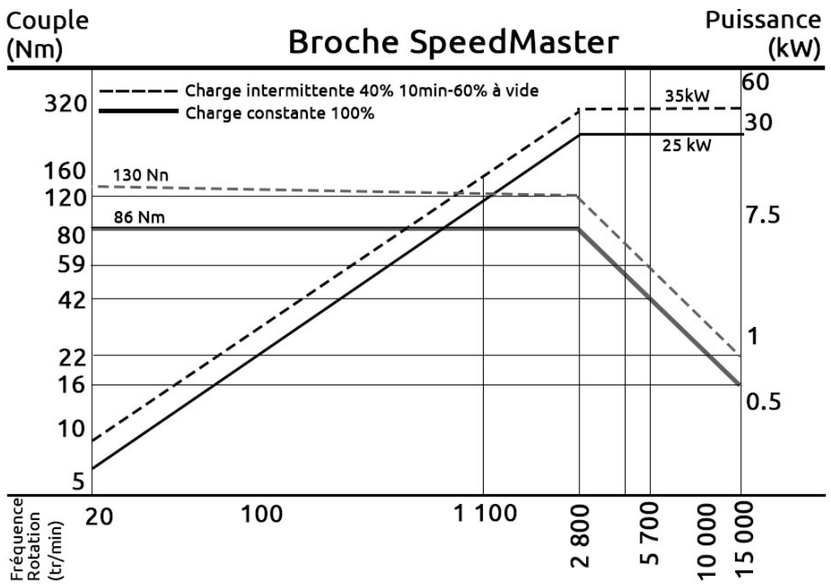
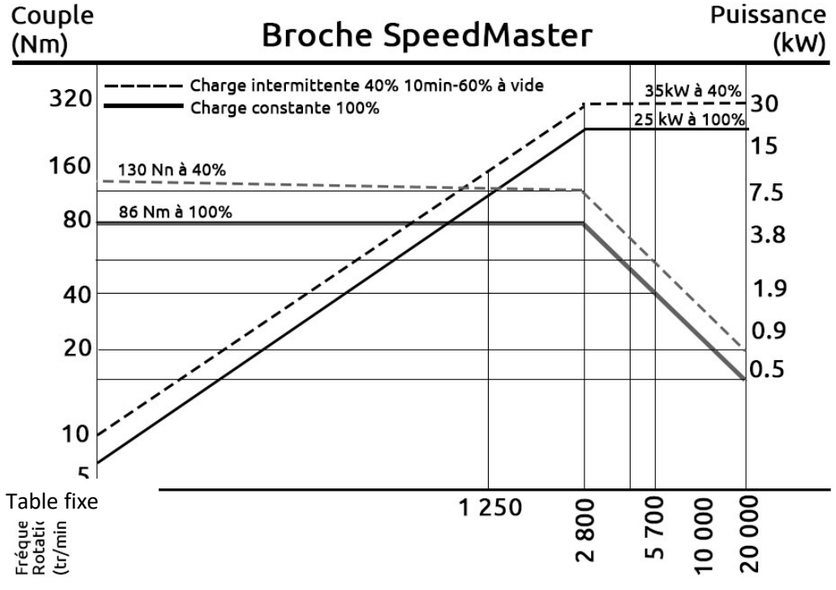


Diagramme de puissance de la Broche SpeedMaster 20 000 tr/min



Formulaire

Vitesse de coupe (Vc) $m.min^{-1}$

$$Vc_{(m/min)} = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

Fréquence de rotation (n) $tr.min^{-1}$

$$n_{(tr/min)} = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$$

Vitesse d'avance (Vf) $mm.min^{-1}$ (en perçage et alésage)

$$Vf_{(mm/min)} = f \times n$$

Vitesse d'avance (Vf) $mm.min^{-1}$ (en fraisage)

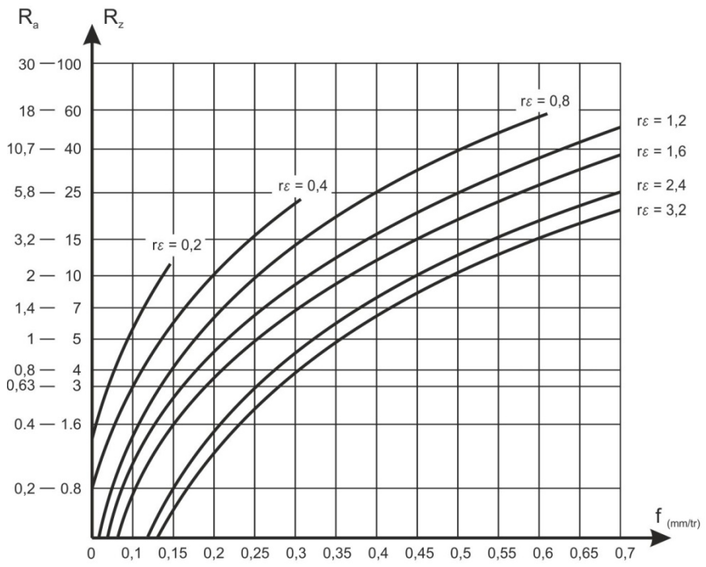
$$Vf_{(mm/min)} = fz \times Z \times n$$

Temps d'usinage (Tu) min

$$Tu_{(min)} = \frac{L}{Vf}$$

L : Longueur à usiner en mm

Choix du couple rayon de bec rε et de l'avance f pour obtenir un état de surface Rz ou Ra



Rz µm	Ra µm
0,8	0,2
1,6	0,4
3,0	0,63
4,0	0,80
5,0	1
7,0	1,4
10,0	2,0
15,0	3,2
25,0	5,8
40,0	10,7
60,0	18
100	30

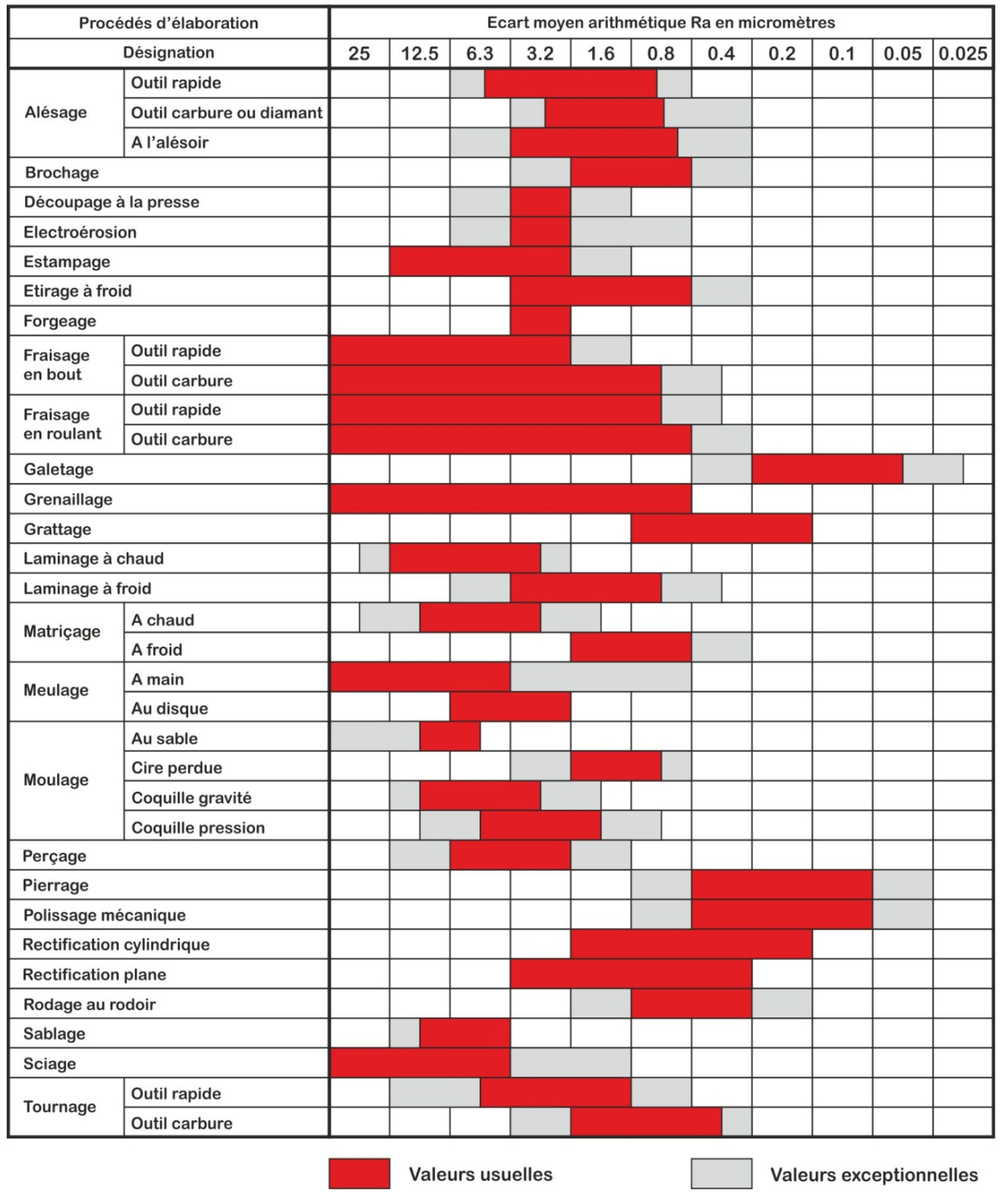
Tableau de conversion Rz - Ra

Tableau comparatif des procédés pouvant être utilisés pour la réalisation d'un alésage

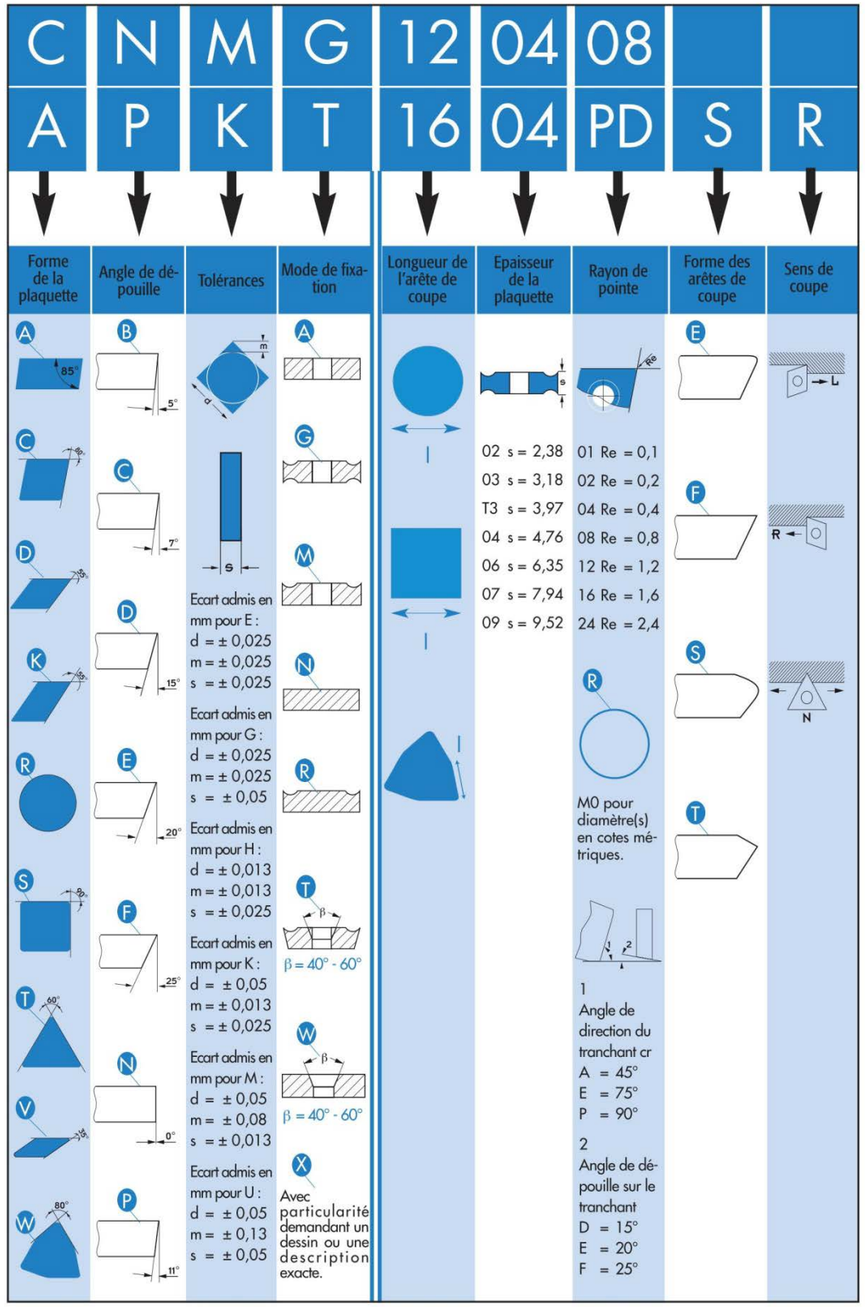
Outil utilisé	Ra	IT	⊕	⌀
Fraise 2 tailles carbure monobloc (contournage)	★★	★★	★★★	★★
Tête à alèser micrométrique	★★★	★★★	★★★	★★★
Alésoir	★★★	★★★	★★	★★★
Foret carbure à plaquettes indexables	★	★	★★	★★

★ Acceptable ★★ Bon ★★★ Très bon

PROCEDES D'ELABORATION ET ETATS DE SURFACE



Désignation ISO des plaquettes

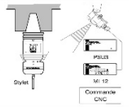


Zone des tolérances géométriques

Zone de tolérance **plane** limité par :	2 **droites parallèles** distantes de **t** (1)	2 **cercles concentriques** distants de **t** (2)	2 **lignes** distantes de **t** (3)
Zone de tolérance **volumique** limité par :	2 **plans** distants de **t** (4)	2 **cylindres coaxiaux** distants de **t** (5)	2 **surfaces** distantes de **t** (6)
Cas de l'inscription **Øt**, la zone de tolérance est limitée par :	Un **cercle** de **Øt** (7)	Un **cylindre** de **Øt** (8)	
Cas de l'inscription **SØt**, la zone de tolérance est limitée par :	Une **sphère** de **SØt** (9)		

Solution de palpage pour machines-outils à CN

Choix de la tête de palpage pour machine-outil en fonction du type de machine



Technologie Cinématique Résistif

Technologie Jauge de contrainte

Types de machines		Centres d'usinage verticaux à CN			Centres d'usinage horizontaux à CN			Centres d'usinage sur portique à CN	Tours à CN			Machines multitâche à CN			Rectifieuses à CN
Produits		P*	M*	G*	P*	M*	G*	Toutes	P§	M§	G§	P‡	M‡	G‡	Toutes
Palpeurs à précision standard, répétabilité 1,00 µm 2σ	OMP40-2	●	●		●	●						●			
	OLP40								●	●		●			
	OMP60		●	●		●	●					●	●		
	RMP40	●	●		●	●						●	●		
	RLP40								●	●	●	●	●		
	RMP60		●	●		●	●	●					●	●	
	LP2	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Palpeurs haute précision, répétabilité 0,25 µm 2σ	OMP400	●	●		●	●						●			
	OMP600		●	●		●	●					●	●		
	RMP600		●	●		●	●	●				●	●	●	
	MP250														●
Réglage d'outils et détection de bris d'outils à contact	OTS	●	●		●	●									
	RTS		●	●		●	●	●							
	TS27R	●	●	●	●	●	●	●							
	LTS	●	●	●	●	●	●	●							
Réglage d'outils et détection de bris d'outils sans contact	NC4	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	●
Détection de bris d'outil sans contact	TRS2	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	
Bras de réglage d'outil à contact	HPRA								●	●	●	●	●	●	
	HPPA								●	●	●	●	●	●	
	HPMA								●	●	●	●	●	●	
	HPGA								●	●	●	●	●	●	●

P (Petite)	M (Moyenne)	G (Grande)
< 700 x 650	< 1200 x 650	> 1200 x 650
Taille de la table de la machine en mm		

	P (Petite)	M (Moyenne)	G (Grande)
§	Taille de mandrin 6 à 8 pouces ou moins	Taille de mandrin 10 à 15 pouces	Taille de mandrin 18 à 24 pouces
‡	Plage opérationnelle <1500 mm	Plage opérationnelle <3500 mm	Plage opérationnelle >3500 mm

Palpeurs de précision standard



Palpeur	OMP40-2	OMP60	RMP40	RMP60
Dimensions	Ø40 mm × 50 mm	Ø63 mm × 76 mm	Ø40 mm × 50 mm	Ø63 mm × 76 mm
Type de machine	Petite à moyenne	Moyen à grand	Petit à moyen	Moyen à grand
Type de transmission	Infrarouge (optique)	Infrarouge (optique)	Radio (FHSS)	Radio (FHSS)
Précision des performances	Standard (cinématique)	Standard (cinématique)	Standard (cinématique)	Standard (cinématique)
Répétabilité	1,00 µm	1,00 µm	1,00 µm	1,00 µm
Variation de précourse 3D en X Y Z	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
Longueur maximale de stylet recommandée	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Méthode de mise en marche	Code M optique ; Auto Start	Code M optique ; Auto Start ; rotation ou contacteur sur cône	Code M radio ; rotation	Code M radio ; rotation ou contacteur sur cône
Type de piles	1/2 AA	AA	1/2 AA	AA

Technologie recommandée

*Tailles des tables	P (Petite)	M (Moyenne)	G (Grande)
	<700 mm × 600 mm	<1200 mm × 600 mm	>1200 mm × 600 mm

Application	Cinématique	Jauge de contrainte
Réglages des procédés	●	●
Contrôle en cours de procédé	●	●
Vérification sur machine	●	●
Calibration multiaxe		●
Option Palpeur sur broche/Kit de système de réglage d'outils combinés	●	●

Facteurs à prendre en compte		
Répétabilité	1,0 µm 2σ	0,25 µm 2σ
Caractéristiques de déclenchement	Variation de précourse	Sans variation de précourse
Longévité déclenchements	Normalement > 1 000 000	Normalement > 10 000 000
Longueur maximale stylet	Normalement ~ 100 mm	Normalement ~ 200 mm

Palpeurs de haute précision



Palpeur	OMP400	OMP600	RMP600
Dimensions	Ø40 mm × 50 mm	Ø63 mm × 76 mm	Ø63 mm × 76 mm
Type de machine	Petite à moyenne	Moyenne à grande	Moyenne à grande
Type de transmission	Infrarouge (optique)	Infrarouge (optique)	Radio (FHSS)
Précision des performances	Haute (jauge de contrainte)	Haute (jauge de contrainte)	Haute (jauge de contrainte)
Répétabilité	0,25 µm	0,25 µm	0,25 µm
Variation de précourse 3D en X Y Z	±1,00 µm	±1,00 µm	±1,00 µm
Longueur de stylet maximale recommandée	200 mm	200 mm	200 mm
Méthode de mise en marche	Code M optique ; Auto Start	Code M optique ; Auto Start ; rotation ou contacteur sur cône	Code M radio ; rotation ou contacteur sur cône
Type de piles	1/2 AA	AA	AA

Choix du « bon » Stylet

Pour maintenir la précision au point de contact, utilisez un stylet aussi court que possible.

Plus un stylet plie ou fléchit, moins la mesure est précise.

Réduisez le nombre de jonctions.

L'assemblage de stylets et d'allonges supplémentaires introduits des points de flexion et de fléchissement potentiels.

Utilisez une bille aussi grosse que possible.

Ceci maximise le jeu bille/tige, réduit les risques de faux déclenchements causés par un contact sur la tige et empêche les variations de mesure causées par la finition de surface du composant.

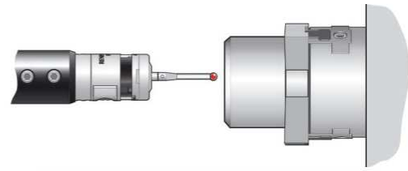
Explication des technologies de palpage

Cinématique résistif

Mis à l'épreuve pendant quatre décennies, cette conception a été le choix N°1 des constructeurs de machines-outils et des utilisateurs pour garantir la précision et la fiabilité.

Le fait que le mécanisme de palpage puisse revenir au repos après s'être déclenché à 1 µm près est fondamental pour la répétabilité et une bonne métrologie.

Qu'il s'agisse simplement d'une détection d'arête ou d'un alignement de pièces et de comparaison sur machine, cette technologie est disponible dans tous les modèles Renishaw miniatures, ultra compacts et compacts.

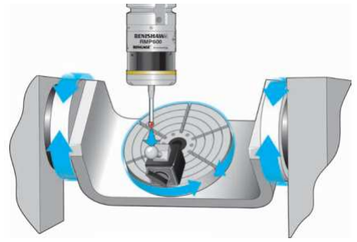


Jauge de contrainte

Cette technologie brevetée est dotée du même mécanisme cinématique mais avec des jauges de contrainte de « détection » . Elle est uniquement utilisée dans les palpeurs Renishaw portant la marque déposée **RENGAGE™**.

Les niveaux incomparables de précision et de répétabilité font de cette technologie le choix n°1 quand il s'agit de travailler avec plusieurs axes et de calibrer les machines.

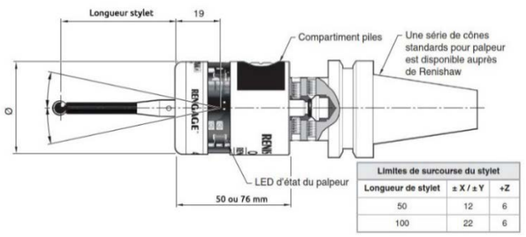
Les palpeurs à jauge de contrainte peuvent tirer des avantages encore supérieurs des machines multiaxes hautes spécifications et c'est pour cette raison qu'ils sont désormais largement adoptés.



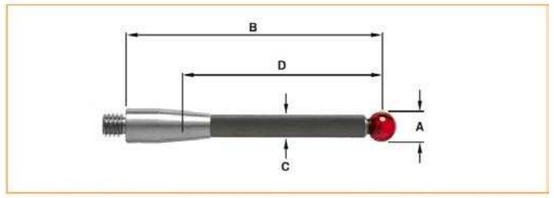
Stylet recommandé

Modèle tête de palpage	Matière stylet	Longueurs
OMP40-2	Céramique	De 50 à 150 mm
OMP60	Céramique	De 50 à 150 mm
RMP40	Céramique	De 50 à 150 mm
RMP60	Céramique	De 50 à 150 mm
OMP400	Fibre de carbone à module élevé	De 50 à 200 mm
MP700	Fibre de carbone creuse	De 50 à 200 mm
OMP600	Fibre de carbone à module élevé	De 50 à 200 mm
RMP600	Fibre de carbone à module élevé	De 50 à 200 mm

Dimensions du palpeur



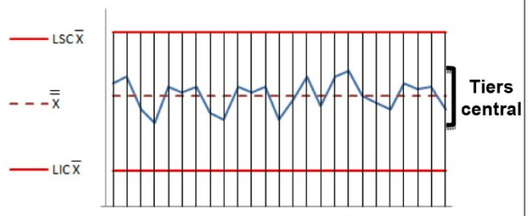
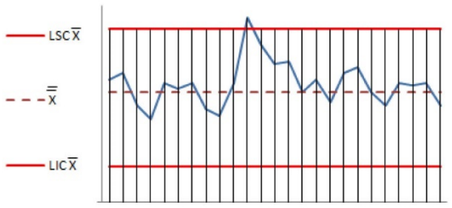
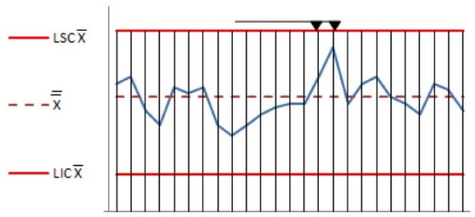
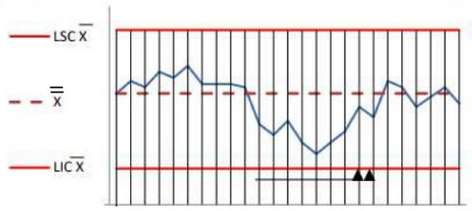
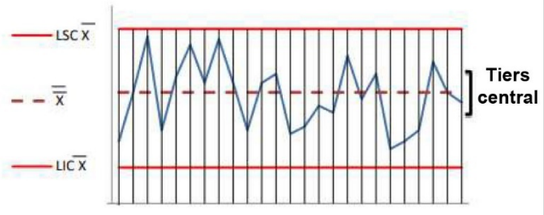
Limites de surcourse du stylet		
Longueur de stylet	± X / ± Y	+Z
50	12	6
100	22	6

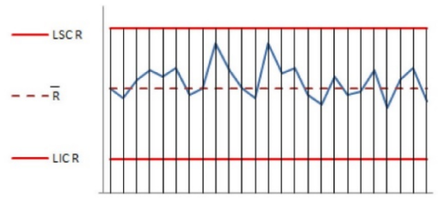
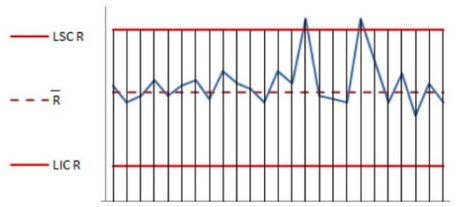
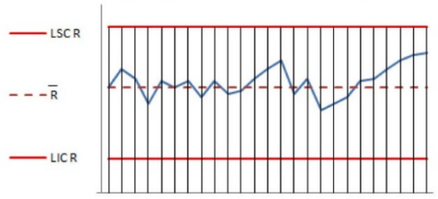
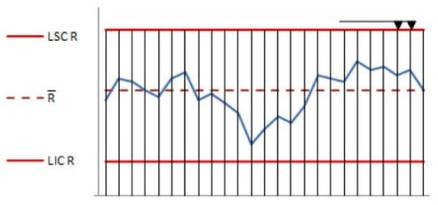
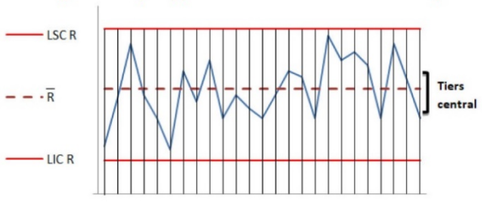


Référence		A-5003-7306 Fibre de carbone	A-5003-6510 Fibre de carbone	A-5003-6511 Fibre de carbone	A-5003-6512 Fibre de carbone
A	Ø bille mm	6,0	6,0	6,0	6,0
B	Longueur mm	50,0	100,0	150,0	200,0
C	Diamètre de tige mm	4,5	4,5	4,5	4,5
D	LTE mm	36,0	88,0	138,0	186,0
	Masse en grammes	4,1	6,2	7,5	8,7

(d'après la documentation Renishaw ®)

Tableau d'interprétation des cartes de controle

Allure du graphique des moyennes	Interprétation
Procédé sous contrôle 	Le procédé est sous contrôle statistique. Le graphique est normal. Règles : - 2/3 des points sont situés dans le tiers central, - 1/3 des points sont situés dans les 2/3 extérieurs.
Procédé non sous contrôle (un point au-delà des limites de contrôle) 	Le procédé n'est pas sous contrôle statistique. La présence d'un ou plusieurs points au-delà de l'une ou l'autre des limites de contrôle constitue une preuve de la présence de causes assignables en ce ou ces points. C'est le signal déclenchant une analyse immédiate. On peut l'interpréter ainsi : - la LC ou le point est faux ; - le procédé « a glissé » (incident isolé) ; - le système de mesure a changé (voir journal de bord).
Procédé non sous contrôle (longues séries en augmentation) 	La présence de tendances inhabituelles peut constituer une preuve de changement de capabilité. Lorsque l'on observe : - 7 points consécutifs d'un même côté de la moyenne, - 7 intervalles consécutifs en augmentation ou diminution régulière, c'est le signe qu'une dérive ou une tendance a commencé dans le procédé.
Procédé non sous contrôle (longues séries au-dessus et au-dessous de la moyenne) 	On marquera le point déclenchant la décision (□). Il est parfois utile de souligner la série depuis son début jusqu'au point de décision (□□). On interprète ainsi : - la moyenne du procédé a changé et peut être encore en cours de changement ; - le système de mesure a changé (voir journal de bord).
Procédé non sous contrôle (points trop rapprochés des limites de contrôle) 	Répartition inhabituelle de points : • (cas de la figure) moins des 2/3 des points sont dans le tiers central, on vérifiera : - qu'il n'y a pas d'erreurs de calcul dans les LC ou dans le tracé ; - l'absence de plusieurs méthodes d'échantillonnage ; • plus de 2/3 des points sont dans le tiers central, on vérifiera : - qu'il n'y a pas d'erreurs de calcul ou de tracé ; - l'absence de plusieurs méthodes d'échantillonnage ; - que les données ont été corrigées ou modifiées.

Allure du graphique des étendues	Interprétation
Procédé sous contrôle 	Le procédé est sous contrôle statistique. Le graphique est normal.
Procédé non sous contrôle (un point au-delà des limites de contrôle) 	Procédé non sous contrôle statistique. La présence d'un ou plusieurs points au-delà de l'une ou l'autre des limites de contrôle constitue une preuve évidente d'absence de contrôle en ce ou ces points. D'autre part une cause assignable est responsable de la valeur extrême observée et ceci doit déclencher le signal d'analyse immédiate de l'opération pour rechercher cette cause. Cela conduit à une action corrective. On interprète de la façon suivante : • un point au-dessus de LSC indique : - une erreur de calcul ou de tracé ; - une variabilité pièce par pièce, ce peut être une augmentation de R de la population ou une aggravation ; • un point en dessous de LIC indique : - une erreur de calcul ou de tracé ; - une diminution de R de la population (amélioration) ; - un changement du système de mesure.
Procédé non sous contrôle (longues séries montantes) 	La présence de tendances inhabituelles peut constituer une preuve de contrôle ou de changement dans la dispersion du procédé. Cela peut constituer le premier avertissement de conditions défavorables qu'il faudra corriger rapidement. Lorsque l'on observe : - des points consécutifs d'un même côté de la moyenne, - des intervalles consécutifs en augmentation ou diminution régulière, c'est le signe qu'un glissement ou une tendance commence.
Procédé non sous contrôle (longues séries au-dessus et au-dessous de l'étendue moyenne) 	On marquera le point déclenchant la décision. Il est parfois utile de souligner la série depuis sont début jusqu'au point de décision (xx). On interprète ainsi : • une série supérieure à R ou croissante : - mauvais fonctionnement du matériel ; - lot de matière moins uniforme ; - changement du système de mesure ; • une série en dessous de R ou décroissante : - dispersion plus faible (condition favorable) ; - changement du système de mesure.
Procédé non sous contrôle (points trop rapprochés des limites de contrôle) 	Le procédé est sous contrôle statistique. Le graphique est normal. Règles : - 2/3 des points sont situés dans le tiers central, - 1/3 des points sont situés dans les 2/3 extérieurs.

CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS

TECHNICIEN D'USINAGE

SESSION 2023

FREIN À MAIN HYDRAULIQUE DE VOITURE DE SPORT

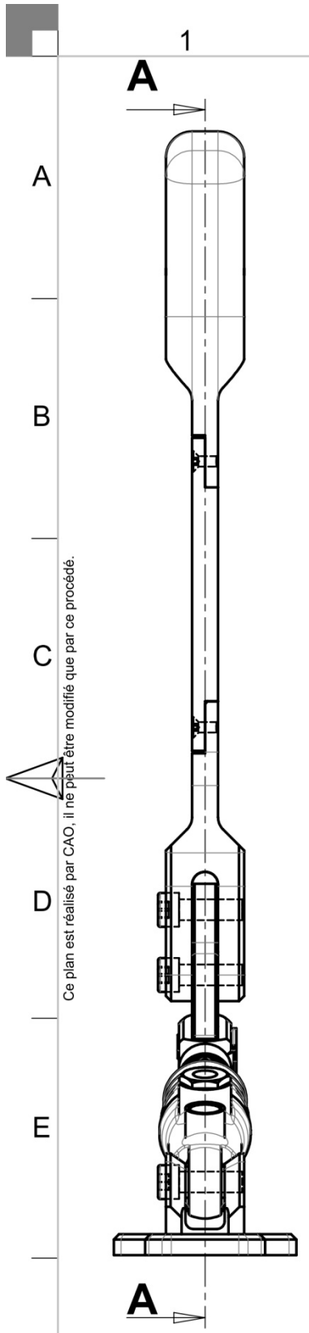


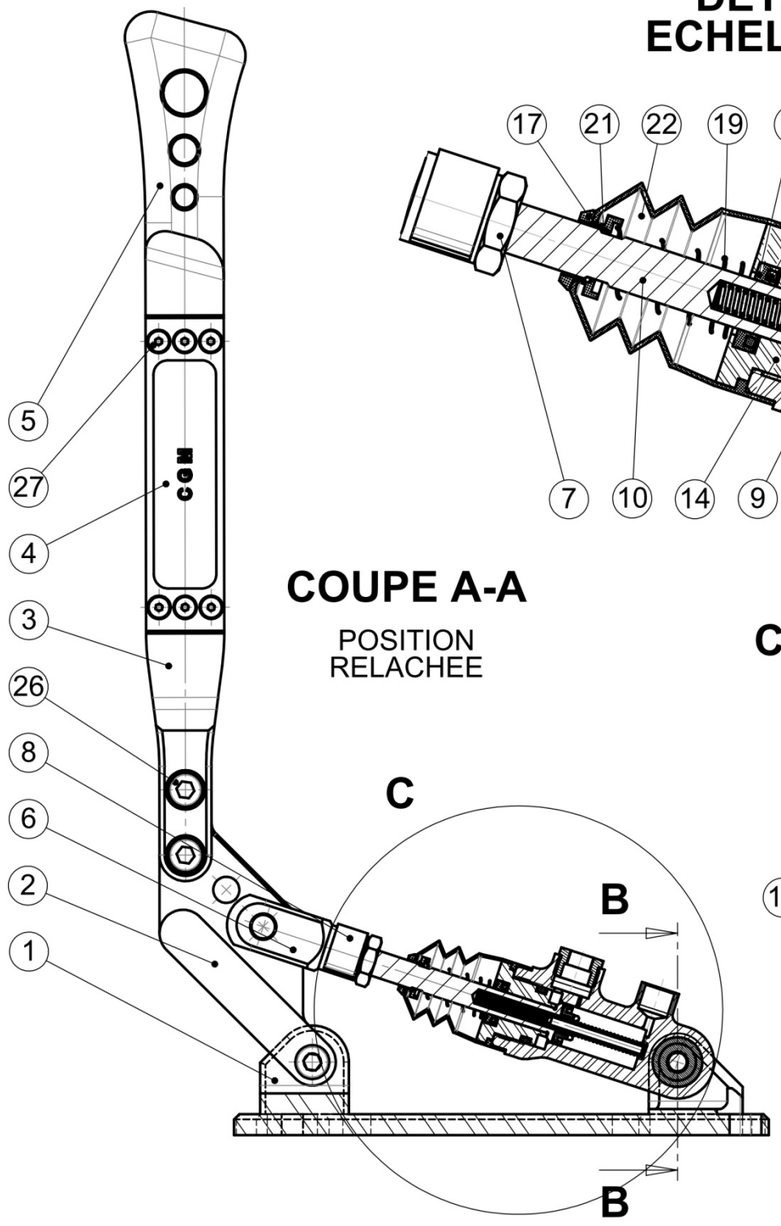
DOSSIER TECHNIQUE

SOMMAIRE

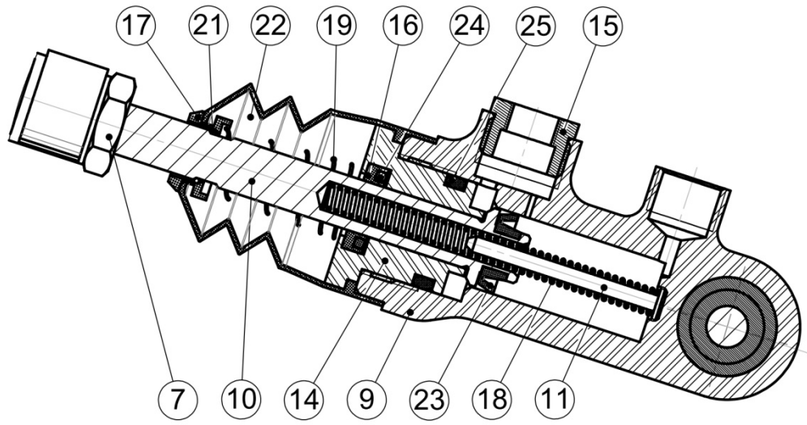
Dessin d'ensemble du frein à main hydraulique	DT 2
Vue éclatée du frein et nomenclature des pièces	DT 3
Dessin de définition du corps du maître-cylindre	DT 4
Dessin technique du brut	DT 5
Étude d'outillage (moule) du corps du maître-cylindre	DT 6
Repérage des surfaces et gamme de fab. du corps du maître-cylindre	DT 7
Contrat de phase d'usinage du corps du maître-cylindre	DT 8
Comparatif de procédés d'obtention des bruts	DT 9
Prix de revient	DT 9

Le dossier technique est composé de 9 pages, celle-ci comprise.



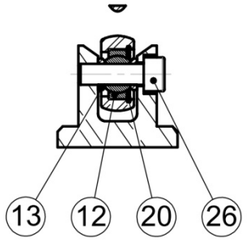


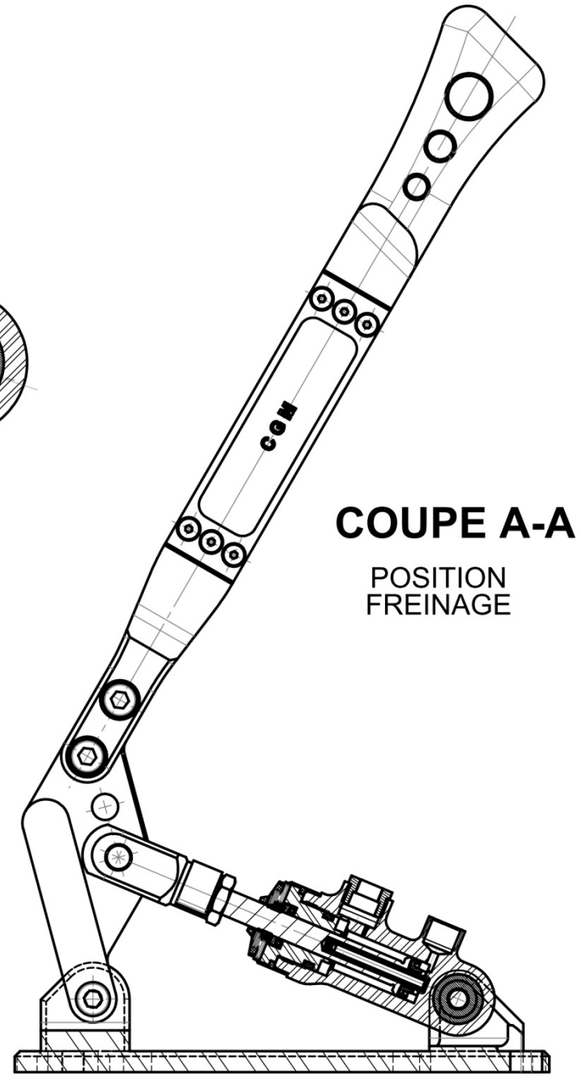
DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1



COUPE A-A
POSITION RELACHEE

COUPE B-B





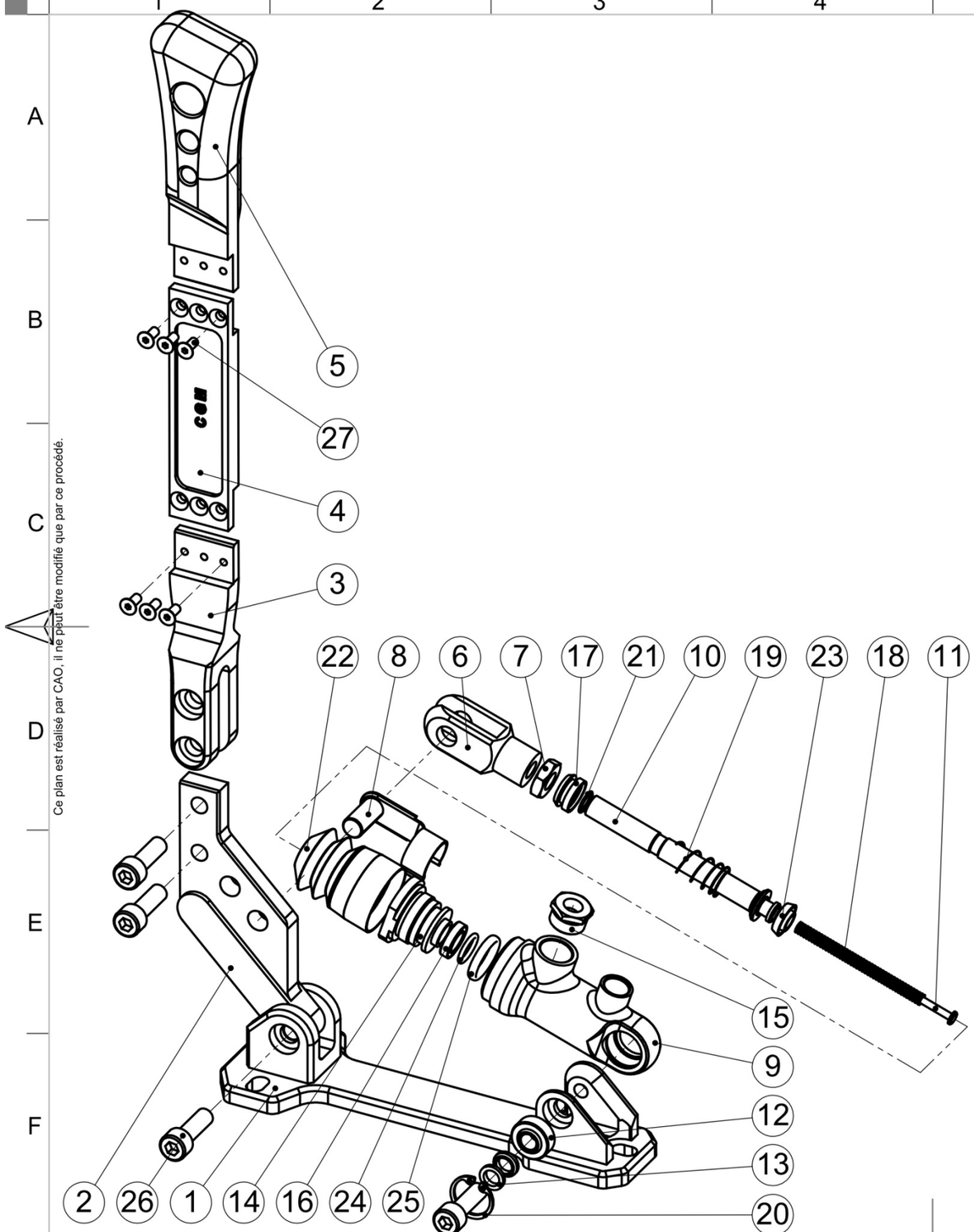
COUPE A-A
POSITION FREINAGE

Ce plan est réalisé par CAO, il ne peut être modifié que par ce procédé.
Ce plan ne peut être modifié sans autorisation.

Origine : **Labo. Construction L.P.**	**FREIN A MAIN HYDRAULIQUE**	N° de Plan : **CGM 001**
A3	**ENSEMBLE**	Matière : /
Echelle 1:2		Traitement : /
Feuille 1/1	**CONCOURS GENERAL DES METIERS 2023**	Edité le : **11/12/2022**

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

000 Ensemble Frein à Main SW



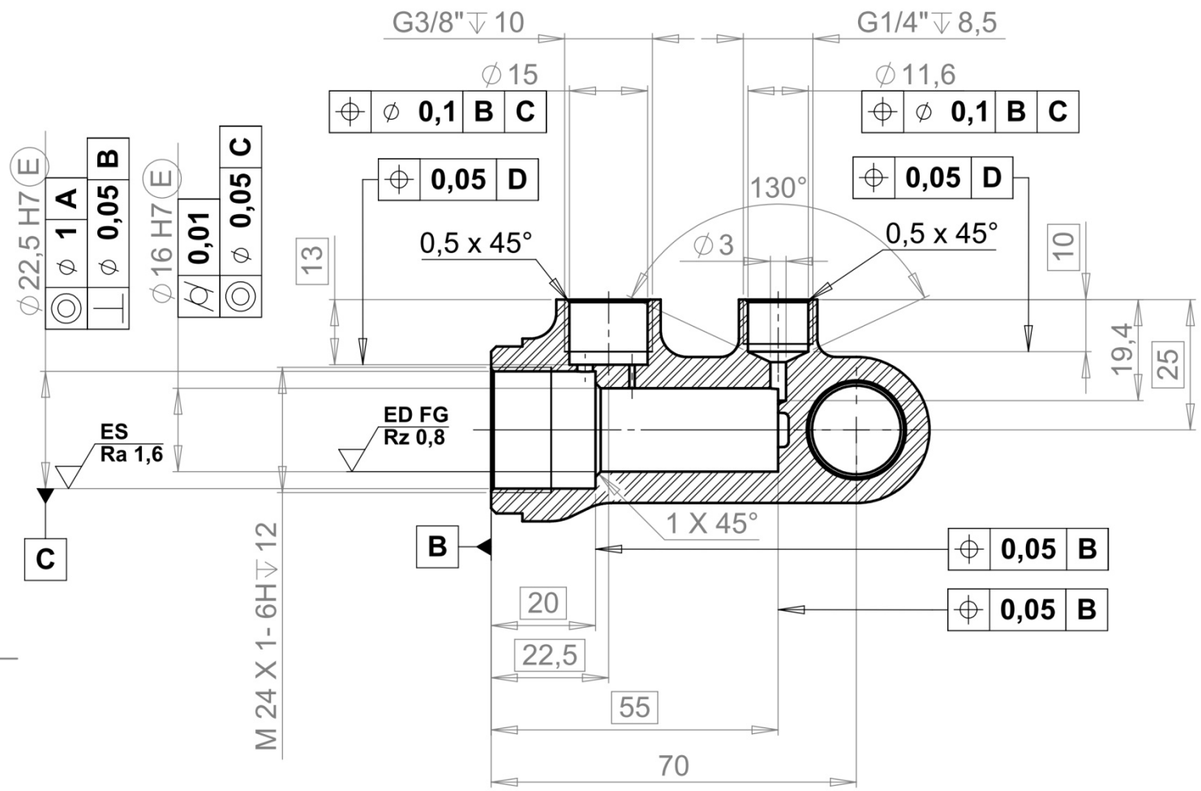
NO. ARTICLE	DESIGNATION	QTE	MATERIAUX
27	VIS FHC M4X12 - 8.8	6	EN ISO 10642
26	VIS CHC M8X25 - 8.8	4	EN ISO 10642
25	JOINT TORIQUE 9 X 4	1	NBR
24	JOINT TORIQUE 11,4 X 2	1	NBR
23	JOINT À LÈVRES HYDRAULIQUE	1	EPDM
22	SOUFFLET	1	NBR
21	JONC	1	DIN 7993
20	ANNEAU ELASTIQUE	1	NFE 22 165
19	RESSORT SOUFFLET	1	XC75
18	RESSORT	1	XC75
17	BAGUE SOUFFLET	1	ABS
16	BAGUE ANTI-EXTRUSION	1	ABS
15	RACCORD	1	X6 Cr Ni Mo Ti 17 12 2
14	PISTON GUIDE	1	EN AB-4600
13	ENTRETOISE	2	16 Ni Cr 6
12	ROTULE	1	ISO 12240-1
11	DOIGT	1	12C27
10	PISTON	1	20 MnV6 Chromé
9	CORPS DU MAITRE-CYLINDRE	1	EN AB-4600
8	AXE CHAPE	1	ISO 15552
7	ECROU	1	ISO 4032
6	CHAPE PISTON	1	ISO 15552
5	POMMEAU	1	EN AB-4600
4	LEVIER	1	EN AB-4600
3	CHAPE LEVIER	1	EN AB-4600
2	RENVOI	1	EN AB-4600
1	EMBASE	1	EN AB-4600

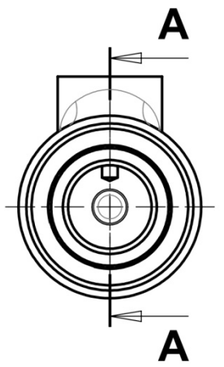
Origine : Labo. Construction L.P.	**FREIN A MAIN HYDRAULIQUE**	N° de Plan : **CGM002**
A3	**NOMENCLATURE**	Matière : /
Echelle 1:2		Traitement : /
Feuille 1/1	**CONCOURS GENERAL DES METIERS 2023**	Edité le : **11/12/2022**

Ce plan est réalisé par CAO, il ne peut être modifié que par ce procédé.
Ce plan ne peut être modifié sans autorisation.
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

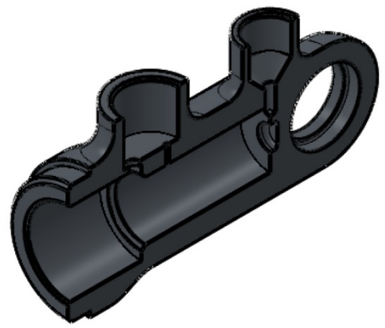
000 Ensemble Nomenclature + Eclaté

COUPE A-A

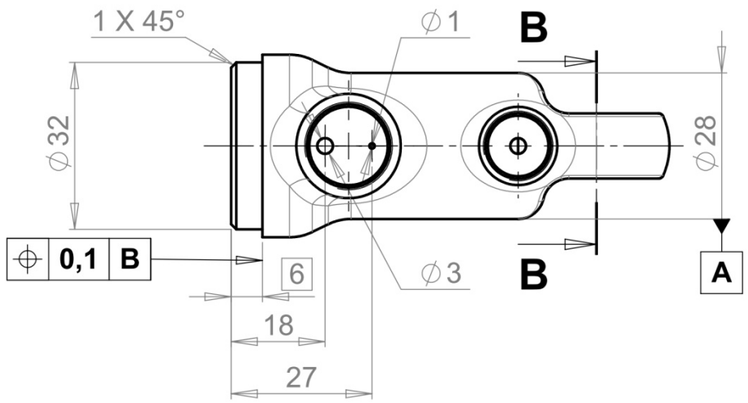


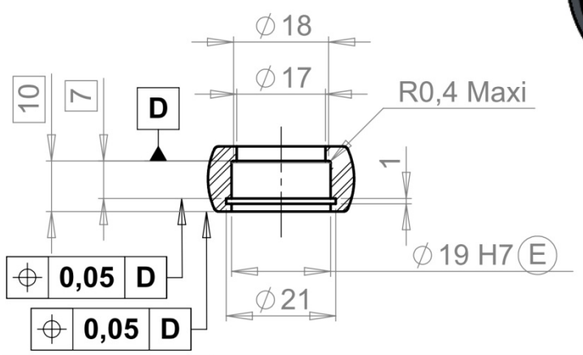






COUPE B-B





ISO 8015

Tolérances générales
ISO 2768 m-K

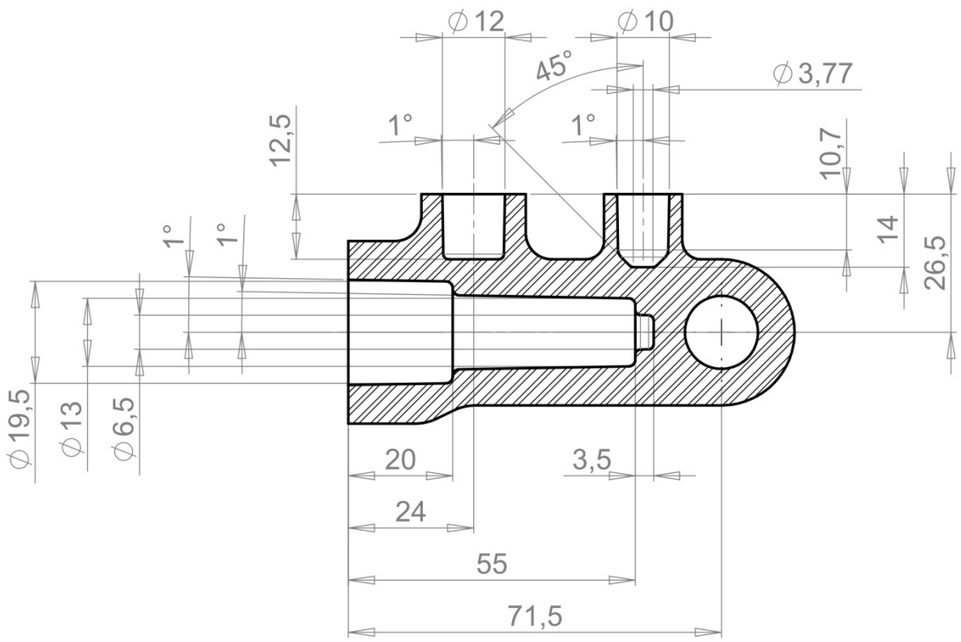
Origine : Labo. Construction	FREIN A MAIN HYDRAULIQUE	N° de Plan : CGM005
A3	CORPS DU MAITRE-CYLINDRE	Matière : EN-AB 46000
Echelle 1:1		Traitement : /
Feuille 4/4	CONCOURS GENERAL DES METIERS 2023	Edité le : 11/12/2022

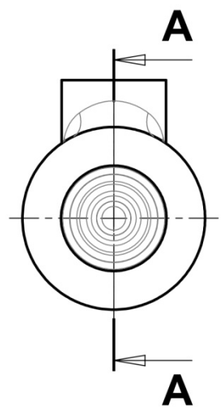
Indice	Date	Modification	Rédacteur
01	11/22	Mise à jour	M. P.
00	10/22	Conception	M. F.

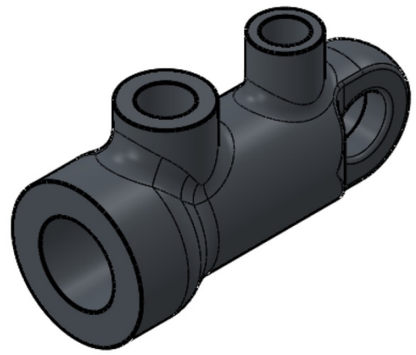
Ce plan est réalisé par CAO, il ne peut être modifié que par ce procédé.
Ce plan ne peut être modifié sans autorisation.
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Etude de moulage Maitre cylindre - Ind 01

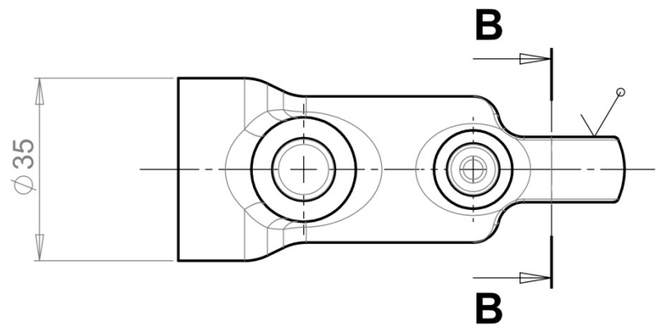
COUPE A-A

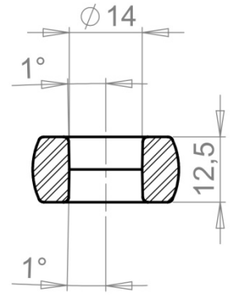






COUPE B-B





NOTA

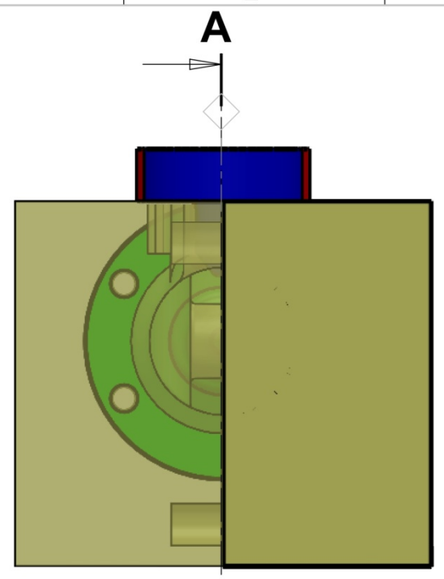
- Pièce après parachèvement
- Cnd par radiographie
- Tolérances générales **ISO 8062-3**

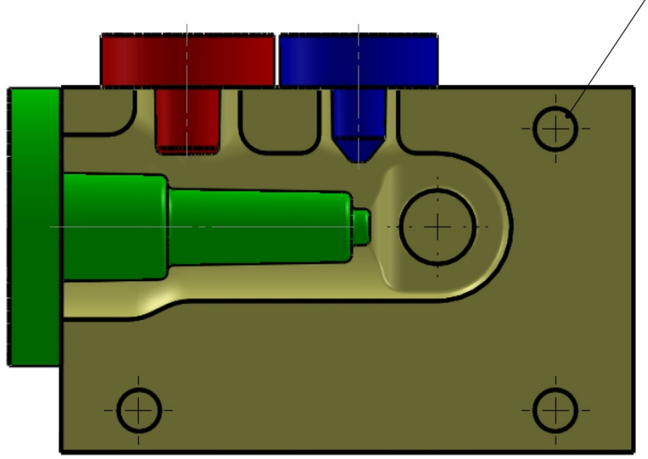
Indice	Date	Modification	Rédacteur
01	11/22	Mise à jour	M. P.
00	10/22	Conception	M. F.

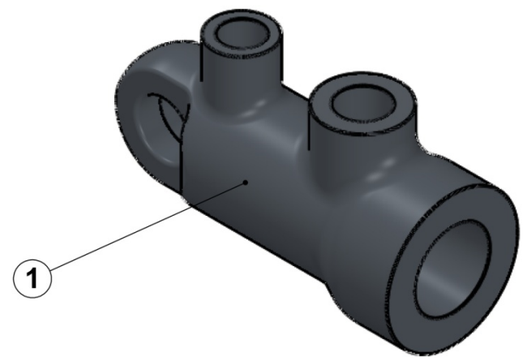
Origine : **Labo. Construction**	**FREIN A MAIN HYDRAULIQUE**	N° de Plan : **CGM004**
A3	**CORPS DU MAITRE-CYLINDRE BRUT**	Matière : **EN-AB 46000**
Echelle 1:1		Traitement : **/**
Feuille 3/4	**CONCOURS GENERAL DES METIERS 2023**	Edité le : **11/12/2022**

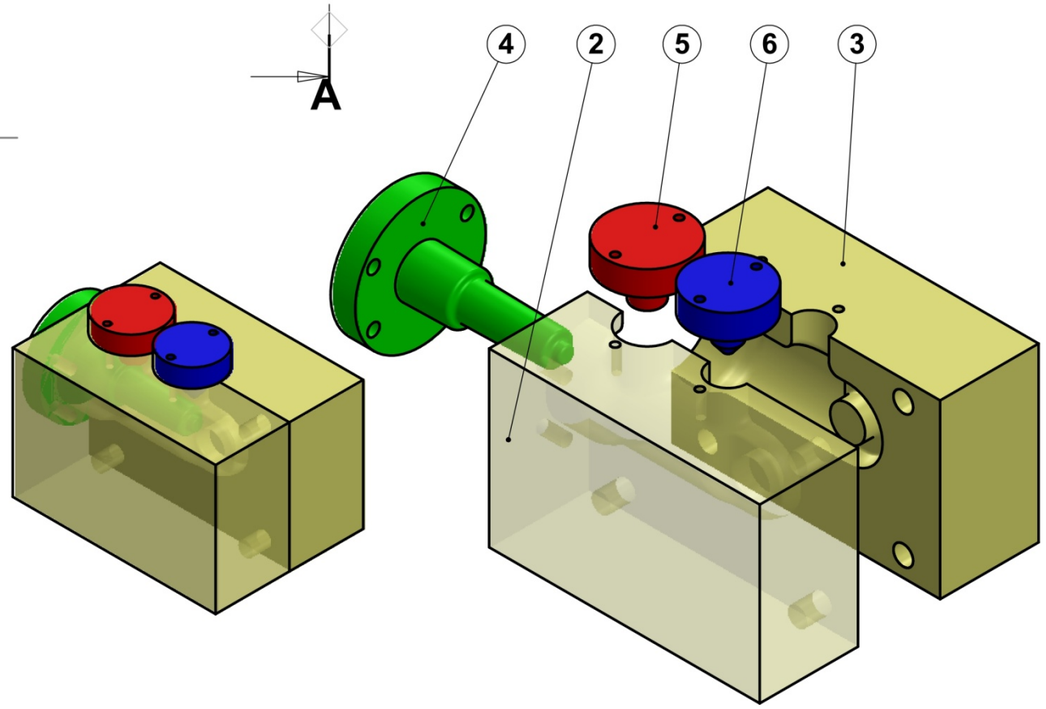
Ce plan est réalisé par CAO, il ne peut être modifié que par ce procédé.
Ce plan ne peut être modifié sans autorisation.
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Etude de moulage Maitre cylindre - Ind 01









NOTA

Ne sont pas représentés:
- Le système d'attaque de la coulée
- Les masselottes
- Le système d'injection
- Le système d'éjection de la pièce

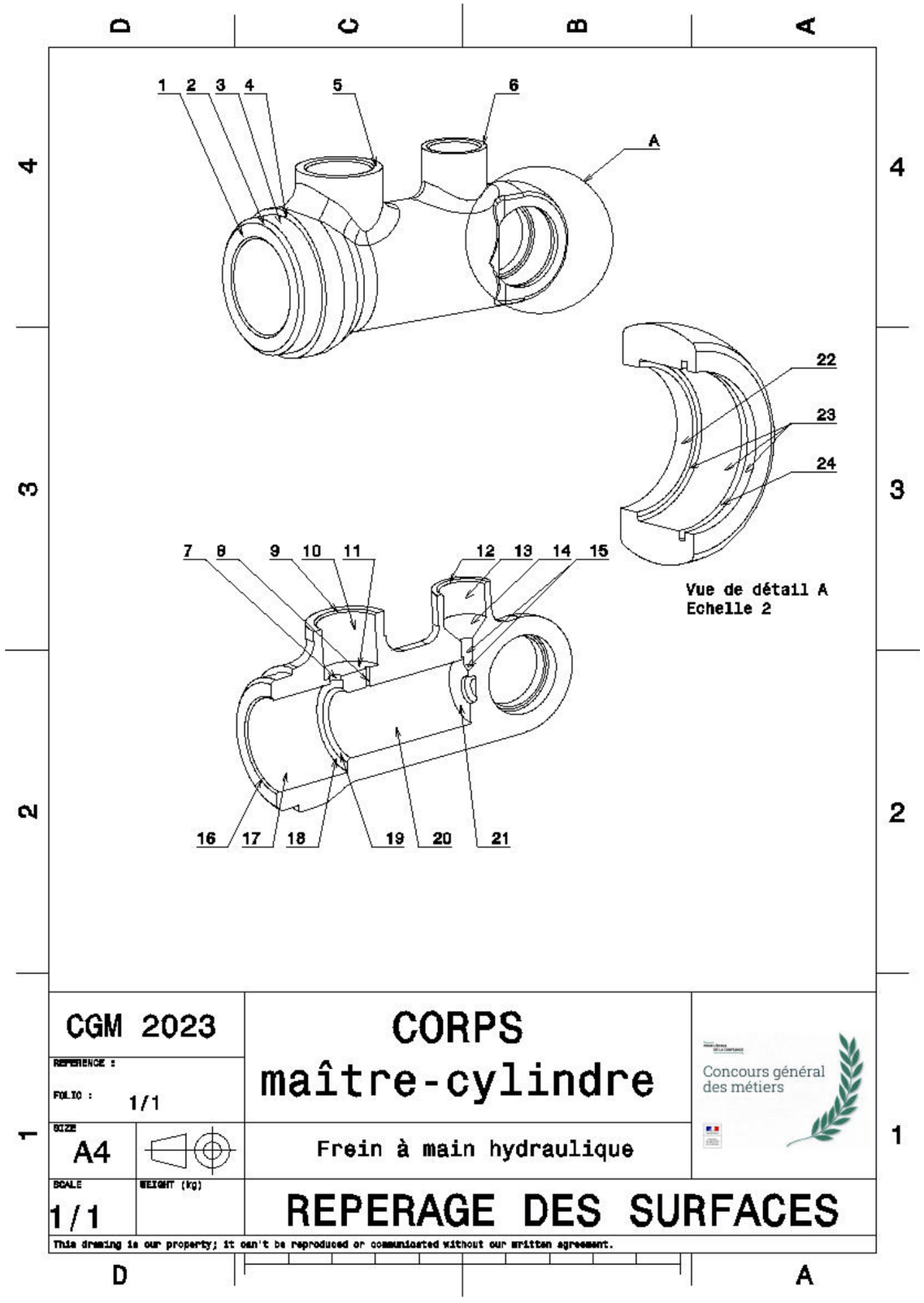
REP	NB	DÉSIGNATION	MATIÈRE
6	1	BROCHE LATERALE 2	X37CRMOV5-1
5	1	BROCHE LATERALE 1	X37CRMOV5-1
4	1	NOYAU	X37CRMOV5-1
3	1	COQUILLE DROITE	X37CRMOV5-1
2	1	COQUILLE GAUCHE	X37CRMOV5-1
1	1	CORPS BRUT MAITRE CYLINDRE	EN AB-46000

Origine : Labo. Construction		FREIN A MAIN HYDRAULIQUE	N° de Plan : CGM003
A3		CORPS DU MAITRE-CYLINDRE ETUDE OUTILLAGE	Matière : /
Echelle 1:1			Traitement : /
Feuille 1/4		CONCOURS GENERAL DES METIERS 2023	Edité le : 11/12/2022

Indice	Date	Modification	Rédacteur
01	11/22	Mise à jour	M. P.
00	10/22	Conception	M. F.

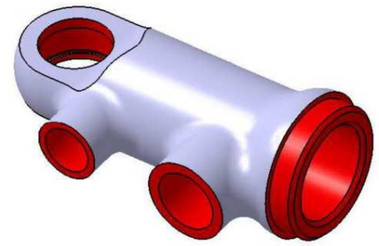
Ce plan est réalisé par CAO, il ne peut être modifié que par ce procédé.
Ce plan ne peut être modifié sans autorisation.
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Etude de moulage Maitre cylindre - Ind 01

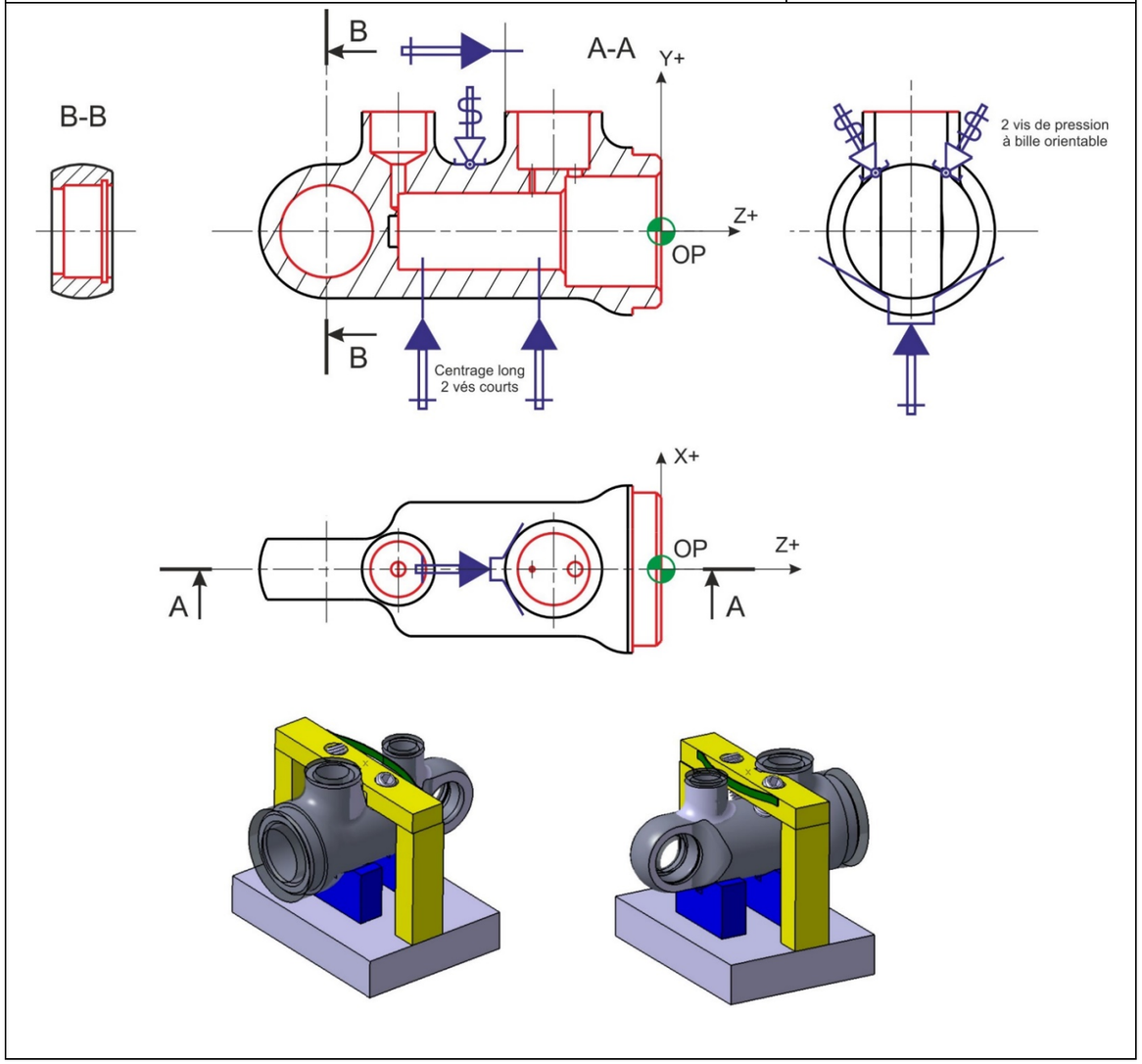


GAMME DE FABRICATION	Ensemble : Frein à main hydraulique	BUREAU D'INDUSTRIALISATION
	Elément : Corps du maître-cylindre	
	Matière : EN – AB 46000	
	Programme : 250 pièces / mois / 5 ans	

CGM 2023 spécialité Technicien d'usinage

PHASE	DESIGNATION	MACHINE-OUTIL	SCHEMA DE PHASE
100	Contrôle du brut de fonderie		
200	**FRAISAGE CN** 201 – Surfacer les bossages ①⑤⑥ (finition) 202 – Percer ⑳ ㉑ à Ø15,5 ébauche 203 – Usiner ③④ finition 204 – Aléser ⑰⑱ ½ finition 205 – Aléser ⑩⑪ finition 206 – Aléser ㉒ finition 207 – Aléser ㉓ à Ø22H8 finition 208 – Percer le trou ⑬⑭ à Ø11,6 209 – Percer les deux trous ⑦⑮ à Ø3 210 – Percer le trou ⑧ Ø1 211 – Chanfreiner ②⑯⑲⑨⑫ 212 – Aléser ⑰ Ø22,5H7 finition 213 – Aléser ⑳ finition 214 – Réaliser la gorge ㉔ finition 215 – Fileter ⑩ G3/4 216 – Fileter ⑬ G1/2 217 – Fileter ㉓ à M24x1 218 – Galeter ⑳ en superfinition pour Ø16H7 et Ra=0,2µm	CUCN 5 Axes DMC 85 H	
300	**FINITION PARACHEVEMENT** 301 – Ebavurer les arêtes vives 302 – Nettoyer la pièce		
400	**CONTROLE FINAL** 401 – Contrôler toutes les cotes et spécifications 402 – Relever l'état général de la pièce, les traces de chocs et les rayures 403 – Epreuve de la pièce sous pression		

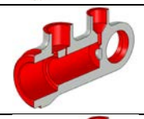
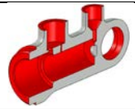
CONTRAT DE PHASE N°200	ENSEMBLE : Frein à main hydraulique	DATE :
	PIÈCE : Corps du maître-cylindre	INDICE : /
	MATIÈRE : EN – AB 46000	BUREAU D'INDUSTRIALISATION
	PROGRAMME : 250 pièces / mois / 5ans	
DÉSIGNATION : FRAISAGE 5 AXES		
MACHINE-OUTIL : DMC 85 H		
PORTE-PIÈCE : Spécifique pour 4 pièces sur palette		



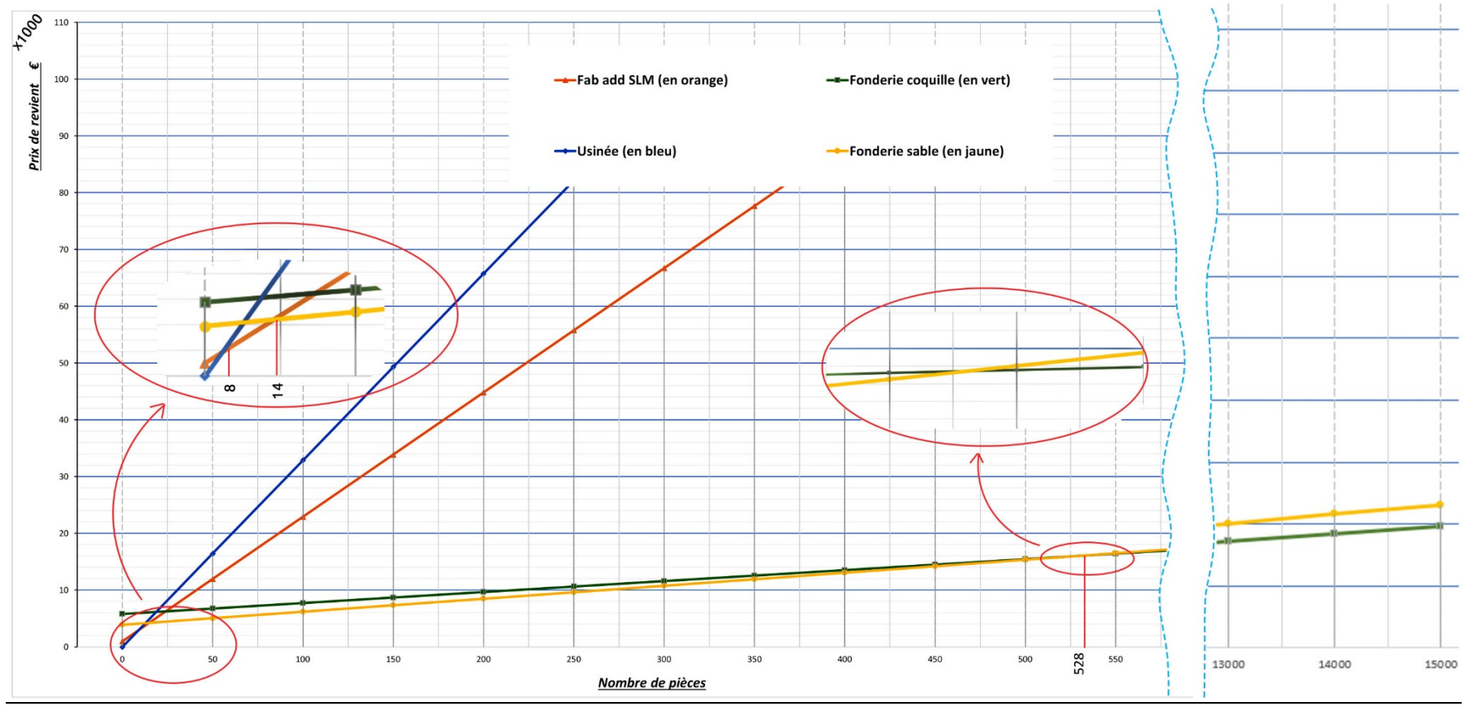
Opérations	Outillage de coupe	Vc m.min^{-1}	f ou fz mm.tr^{-1} mm.dent	N tr.min^{-1}	Vf mm.min^{-1}
201 – Surfacer les bossages ①⑤⑥ (finition)	Fraise pour épaulements à 90° CoroMill® 390 coromant Capto® Réf : R390-040C4-11M	340	0.1	2700	810
202 – Percer ⑳ ㉑ à Ø15,5 ébauche	***A définir***				
203 – Usiner ③④ finition 204 – Aléser ⑰⑱ ½ finition 205 – Aléser ⑩⑪ finition 206 – Aléser ㉒ finition 207 – Aléser ㉓ à Ø22H8 finition	Fraise Amaya® SA9 Ø10 - 3 dents alliages légers	600	0.07	19099	4011
208 – Percer le trou ⑬ ⑭ à Ø11,6	Foret Carbure Amaya® F104 NUMERYX Ø11.6 extra-court	200	0.28	5490	1537
209 – Percer les deux trous ⑦⑮ à Ø3	Foret Carbure Amaya F104 NUMERYX Ø3 extra-court	100	0.1	10600	1060
210 – Percer le trou ⑧ à Ø1	Micro foret carbure Ø1	60	0.05	19100	955
211 – Chanfreiner ②⑯⑲⑨⑫	Fraise Amaya® V4 TYPHOON Ø8 à chanfreiner 90°, 3 dents - Double taille - Revêtue	180	0.15	7200	1080
212 – Aléser ⑰ Ø22,5H7 finition	Tête à aléser Sandvik® C4-391.37A-12 055B + barre R429U-A12-17042TC09 + plaquette TCMT 09 02 04	110	0.05	1500	78
213 – Aléser ⑳ Ø à définir finition	***À définir***				
214 – Réaliser la gorge ㉔ finition	Tête de fraisage carbure monobloc CoroMill® 327 pour les gorges Réf : 327R06-10 11000-GM	400	0.04	13000	1500
215 – Fileter ⑬ G1/2 216 – Fileter ⑩ G3/4	Fraise à fileter Amaya® au pas du gaz 1/4 - 3/8 Réf : B05 XB1010D22 19W AC	200	0.1	6370	637
217 – Fileter ㉓ à M24x1	Fraise à fileter M24x1	200	0.1	6370	637
218 – Galeter ⑳ en superfinition pour Ø16H7 et Ra=0,2µm	Outil à galeter Schnegg Tools® ***à définir***				

Comparatif entre différents procédés d'obtention de brut du corps du maître-cylindre

* porte-pièce modulaire : son coût est amorti sur plusieurs fabrications

Procédés d'obtention du brut	Formes possibles	Matière	Masse volumique (Kg/dm³)	Volume du brut (cm³)	Poids du brut (g)	Volume de la pièce finie (cm³)	Poids de la pièce finie (g)	Volume copeaux (cm³)	Prix de revient du brut (€ HT)	Investissement du moule pour la série (€ HT)	Prix de l'outillage reprise usinage (€ HT)	Entités à usiner Après obtention du brut	Coût de l'usinage (€ HT)	Coût de fabrication (€ HT)	Délai de livraison Présérie (jours ouvrés)
USINAGE CNC « dans la masse »	Ø60 x 120 	EN AW 2017 A	2.7	339.3	919	32.79	89	306.51	8	/	/	/	320.6	328.6	20
FABRICATION ADDITIVE MÉTAL Technologie SLM		Al Si 10 Mg	2.7	43.87	119	32.79	89	11.08	205.83	/	1 000*	Reprise de toutes les surfaces fonctionnelles	14	219.83	7+7
FONDERIE Moulage coquille		EN AB 46000	2.7	43.87	119	32.79	89	11.08	5.3	4800	1 000*		14	19.3	84+7
FONDERIE Moulage sable		EN AB 43100	2.7	43.87	119	32.79	89	11.08	8.9	2900	1 000*		14	22.9	22+7

Prix de revient du corps du maître-cylindre en fonction du procédé d'obtention du brut



CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS

TECHNICIEN D'USINAGE

SESSION 2023

FREIN À MAIN HYDRAULIQUE DE VOITURE DE SPORT



DOSSIER RÉPONSE

SOMMAIRE

PARTIE A : Validation des exigences des utilisateurs du frein à main hydraulique

PARTIE B : Étude de la phase de pré-industrialisation

PARTIE C : Optimisation du processus d'usinage dans la phase d'industrialisation

PARTIE D : Optimisation des phases de contrôle dans la phase de production

Le dossier réponse est composé de 15 pages, celle-ci comprise.

<u>TRAVAIL DEMANDÉ</u> : (Durée totale 6h)

Il est conseillé de consacrer 30 minutes à la lecture complète du sujet.

L'étude se présente en 4 parties :

- Partie A : durée conseillée 1h 30 min
- Partie B : durée conseillée 1h
- Partie C : durée conseillée 2h
- Partie D : durée conseillée 1h

Ces 4 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre à l'initiative du candidat.

Pour chaque étude et chaque question les documents techniques DT et les documents ressources DRESS à mobiliser pour répondre sont indiqués dans un cadre grisé

PARTIE A : Validation des exigences des utilisateurs du frein à main

Le frein à main hydraulique équipe principalement les voitures de course, comme les voitures de rallye. Il remplace alors le frein à main à câble qui équipe les véhicules de série. Il permet notamment de bloquer les roues arrière de la voiture pour la faire pivoter brusquement. Cela permet au pilote de négocier les virages rapidement et efficacement dans une situation de course automobile. Le freinage est plus précis et le pilote peut notamment négocier des virages très serrés. Le frein à main hydraulique permet de bloquer immédiatement les roues pour un effet de freinage maximal, ce qui n'est pas le cas d'un frein à main à câble qui n'a pas la même réactivité ni le même effet.

Pour ce produit, les utilisateurs ont exprimé, entre autres, les besoins suivants :

- *un freinage efficace ;*
- *des contraintes d'esthétique et de corrosion ;*
- *un changement du joint de pression 1 fois / an pour respecter les impératifs de sécurité et de maintien en état du système dans les conditions normales d'utilisation.*

A1 - Validation de l'efficacité du freinage.

On se place sur le rallye de Corse car c'est le cas le plus défavorable. La Corse comporte 4000 virages sur 700 kilomètres de spéciale, ce qui nous donne en moyenne un virage tous les 175 m.

La vitesse moyenne reste faible mais elle est de 100 km.h^{-1}, le pilote actionne son frein à main tous les 5 virages ce qui nous donne une fréquence horaire moyenne de 120 actions par heure.

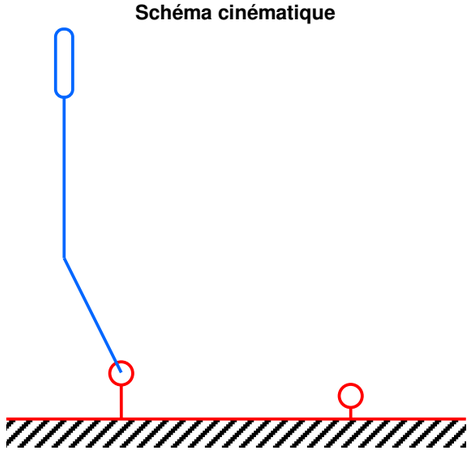
À noter : la voiture peut être pilotée sans distinction de genre, par une femme ou par un homme.

DT2 Dessin d'ensemble du frein à main hydraulique
DT3 Vue éclatée du frein à main hydraulique
DT4 Dessin de définition du corps du maître-cylindre
DRESS3 Graphe de structure et classes d'équivalence cinématique
DRESS3 Symbole des liaisons
DRESS3 Identification des efforts
DRESS3 Limites de l'effort
DRESS4 Calcul de pression en bar

1.1 - Analyse des liaisons du mécanisme.

Compléter le schéma cinématique en vous aidant du graphe de structure, des classes d'équivalence cinématique et des symboles des liaisons.

Schéma cinématique



1.2 - Détermination de l'effort exercé par le pilote sur le levier en respectant les règles d'ergonomie.

- Pour un effort « Tirer assis avec appui pour les pieds », identifier la courbe repère à l'aide du DRESS3.

Courbe repère	

- Indiquer les limites de l'effort dans le cas d'une « posture bonne ».

Valeur de l'effort	N

1.3 - Calcul de l'effort appliqué sur le piston.

- Compléter sur la page suivante le dynamique des forces des actions mécaniques sur l'ensemble levier (Pièces n°2, 3, 4, 5, 26,27).
- Indiquer le nom des actions.
- Compléter le tableau du bilan actions mécaniques des forces qui agissent sur **l'ensemble levier**.

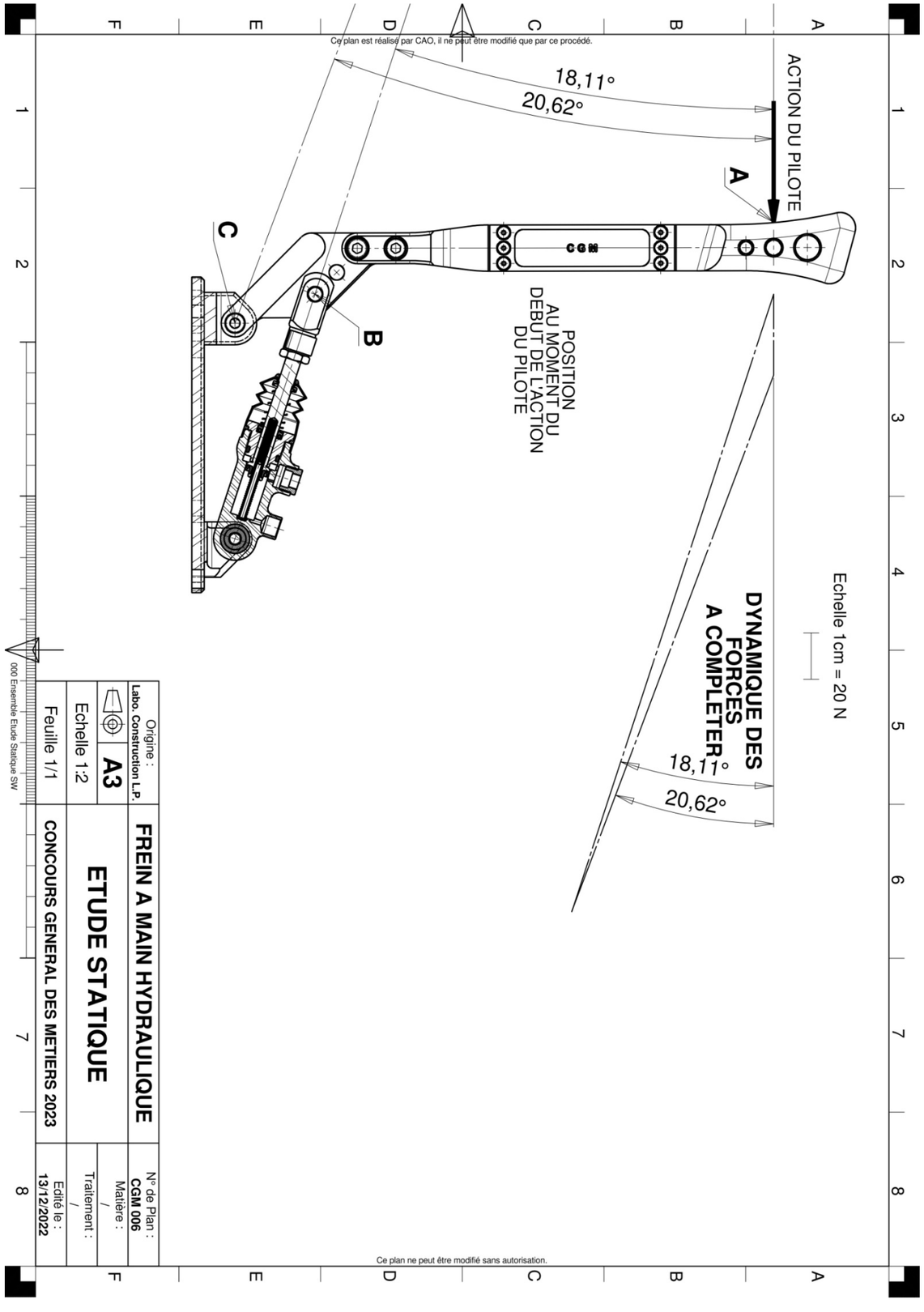
Nom de l'Action	Point d'application	Droite d'action	Direction	Sens	Norme en N
$\overrightarrow{F_{action\ pilote/ensemble\ levier}}$	A	———	Horizontale	→	
$\overrightarrow{F_{ensemble\ piston/ensemble\ levier}}$	B	\	-18,11°par rapport à l'horizontale		
$\overrightarrow{F_{axe\ de\ rotation\ levier/ensemble\ levier}}$	C	\	-20,62°par rapport à l'horizontale		

- Compléter tableau des du bilan actions mécaniques des forces qui agissent sur le **piston.**

Nom de l'Action	Point d'application	Droite d'action	Direction	Sens	Norme en N
$\overrightarrow{F_{ensemble\ levier/ensemble\ piston}}$	B	\	-18,11°par rapport à l'horizontale	→	
$\overrightarrow{F_{fluide/ensemble\ piston}}$	Surface du piston	\	-18,11°par rapport à l'horizontale		

- En déduire la valeur de l'action du piston sur le fluide.

Valeur de la force $\overrightarrow{F_{ensemble\ piston/fluide}}$	N



1.4 - Détermination de la pression obtenue pour garantir un freinage efficace.

Pour la suite des calculs, on prendra une valeur de 281 N pour l'effort appliqué sur le piston.

- Rechercher le diamètre intérieur du corps du maître-cylindre accueillant le piston.

Valeur du diamètre	

- Déterminer la surface projetée qui appuie sur le liquide de frein en cm². On donne la valeur du diamètre extérieur de ressort : 5,3 mm

Valeur de la surface	

- Déterminer la pression en bar du piston.

Valeur de la pression	

1.5 - Validation de l'efficacité de freinage.

Sachant que la pression de service permettant de garantir un freinage efficace doit être de 60 bars au minimum, conclure.

A2 – Validation des contraintes de corrosion et d'esthétique du corps du maître-cylindre.

Le liquide de frein est incompressible, c'est-à-dire que son volume ne peut être réduit par la pression. C'est lui qui transmet la puissance nécessaire pour arrêter le véhicule.

Lors du freinage, le changement de vitesse du véhicule est dissipé sous forme de chaleur engendré par la friction entre les plaquettes et le disque. Le liquide de frein est en contact avec cette chaleur.

Mais le liquide de frein dispose aussi de points faibles. Il est hygroscopique, c'est-à-dire qu'il absorbe l'humidité de l'air. Il est également hydrophile, ce qui veut dire qu'il peut se mélanger à l'eau.

Cette présence d'eau entraîne une dégradation chimique du liquide de frein, celui devient corrosif entrainant un accroissement de l'oxydation.

Pour empêcher cette corrosion le bureau d'étude souhaite au travers de son changement de gamme apporter une modification du matériau mis en œuvre.

DRESS5 Famille des fontes et des aluminiums

2.1 - Identification des matériaux utilisés.

Décoder les deux désignations ci-après.

Ancienne matière : EN-GJL-350 appelé communément fonte grise.

Nouvelle matière : EN-AB46000 [EN AC-Al Si9Cu3(Fe)].

2.2 - Vérification de la contrainte de corrosion.

D'après le tableau des propriétés physiques (DRESS5), indiquer si les matériaux proposés sont adaptés à la résistance à la corrosion.

2.3 - Vérification de la contrainte d'esthétique.

En fonction du choix du procédé d'obtention du brut, les états de surface obtenus sont différents.

- Moulage au sable (matériau EN-GJL-350) : Ra 6,3 à 12,5.
- Moulage en coquille (matériau EN-AB46000) : Ra 1,6.

Indiquer le procédé qui conviendra le mieux pour répondre à l'exigence du client et justifier votre choix.

A3 – Validation du changement du joint de pression.

Pour respecter le rythme d'un changement annuel du joint de pression (numéroté 23) dans des conditions normales d'utilisation, il est nécessaire de prendre en compte les recommandations du fabricant du joint.

DT2 Dessin d'ensemble du frein à main hydraulique
DT3 Vue éclatée du frein à main hydraulique
DT4 Dessin de définition du corps du maître-cylindre
DRESS4 Mesure de la rugosité
DRESS4 Principaux procédés d'obtention
DRESS4 Fonctionnalités des surfaces

3.1 - Identification des recommandations de fonctionnement et de montage.

- Identifier le matériau du joint (entourer la bonne réponse).

Joint EPDM	Joint PTFE

- Identifier le type de fonctionnement du joint (entourer la bonne réponse).

Fonctionnement statique	Fonctionnement dynamique

- Donner le Rz correspondant à la plage de fonctionnement préconisée par le fabricant de joint SKF.

- Identifier la rugosité de la surface intérieure du corps du maître-cylindre (Zone de contact avec le joint 23).

Rugosité Rz du corps du maître-cylindre	

- La mesure de rugosité se fait sur une longueur d'évaluation divisé en 5 segments appelée longueur de base (l1, l2, l3, l 4, l5). Donner la différence entre Ra et Rz.

Ra	
Rz	

3.2 - Interprétation des indications.

Indiquer si la rugosité donnée sur la surface interne du corps du maître-cylindre correspond à la rugosité préconisée par le fabricant du joint et justifier la réponse.

OUI	NON

Justification :

3.3 – Validation du respect des conditions de montage du sous-ensemble piston.

- Identifier sur la vue éclatée les pièces 26, 20, 7, 19, 23 puis les nommer et choisir les outils nécessaires à leur assemblage.

Numéro de l'élément	Quantité	Nom de l'élément	Nom de l'outil permettant le montage de cet élément
26			
20			
7			
19			
23			

- Entourer en rouge sur le graphe de montage le joint repéré 23.

- Compléter le graphe de montage du maître-cylindre.

- Identifier les pièces à lubrifier et les nommer.

Pièces à lubrifier	

- Choisir le(s) liquide(s) de frein à utiliser et en donner leurs caractéristiques.

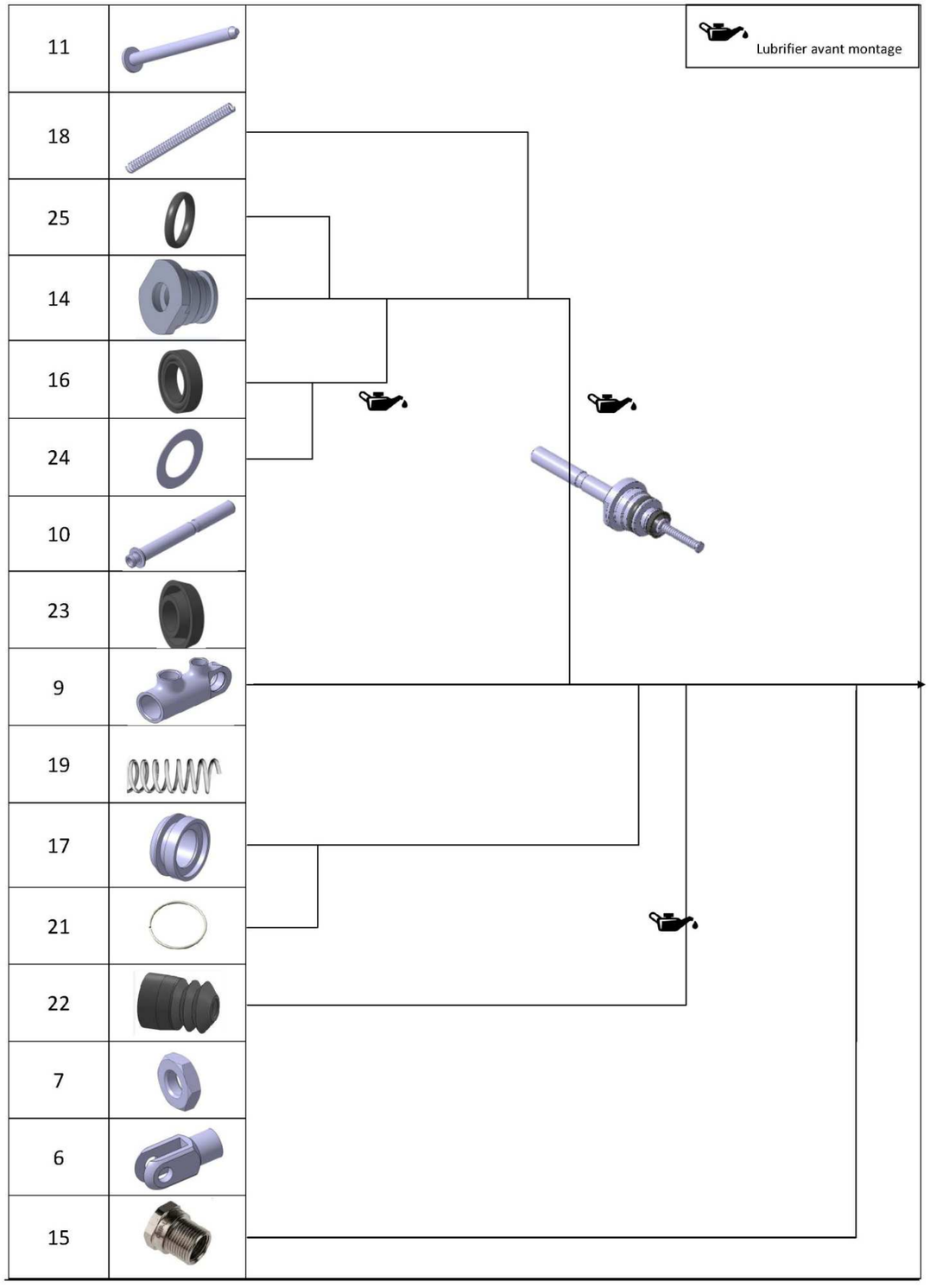
Liquide(s) de frein	
Caractéristiques	

A4 – Validation des exigences des utilisateurs

4.1 - Compléter le tableau.

Élément de validation	Non validé	Validé	Justification
Efficacité de freinage			
Résistance à la corrosion			
Esthétique du corps du maître-cylindre			
Changement du joint de pression			

Graphe de montage du maître-cylindre



PARTIE B : ÉTUDE DE LA PHASE DE PRÉ-INDUSTRIALISATION

Afin d'optimiser les coûts de production, une réflexion sur les procédés d'obtention du brut doit être menée.

B1 - Choix du procédé d'obtention du brut

DT9 Comparatif entre différents procédés d'obtention de brut DT9 Graphe du prix de revient en fonction du procédé

1.1 - Calculer le nombre total de pièces à produire, en considérant un taux de rebut prévisionnel de 3%.

Calcul :	

Nombre total de pièces à produire :	pièces

1.2 - Comparer les différents procédés d'obtention du brut proposés.

	MOULAGE SABLE PAR GRAVITE
Principe	
Avantages	
Inconvénients	

	MOULAGE COQUILLE PAR GRAVITE
Principe	
Avantages	
Inconvénients	

	FABRICATION ADDITIVE METAL TECHNOLOGIE SLM
Principe	
Avantages	
Inconvénients	

1.3 - Identifier le procédé qui présente un intérêt économique en fonction du nombre de pièces produites.

De 0 à ……..pièces	Procédé N°1 : ……
De + de ……à ……..pièces	Procédé N°2 : ……
De + de ……à ……..pièces	Procédé N°3 : ……
De + de ……à ……..pièces	Procédé N°4 : ……

1.4 - En déduire le procédé qui présente un intérêt économique pour la série considérée.

Procédé retenu	

Justifier votre réponse.

PARTIE C : OPTIMISATION DU PROCESSUS D'USINAGE DANS LA PHASE D'INDUSTRIALISATION

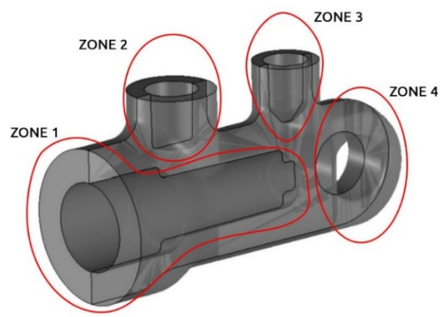
Le bureau des méthodes souhaite proposer un processus d'usinage minimisant le nombre de machines nécessaires à la fabrication pour répondre aux exigences de coût et de qualité.
L'entreprise n'exclue pas d'investir dans une nouvelle machine-outil si cela s'avère nécessaire.

C1 : Recherche du processus d'usinage optimal

DT4 Dessin de définition du corps du maître-cylindre	DT7 Repérage des surfaces
DT5 Dessin de définition du brut	DRESS6 Principe des directions d'accès pour
DT6 Étude d'outillage (moule)	usiner la pièce

1.1 - Identifier les éléments du moule qui mettent en forme les surfaces intérieures de la pièce brute.

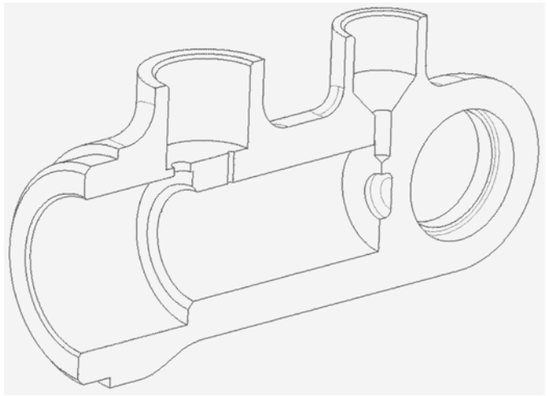
(tableau à compléter page suivante)



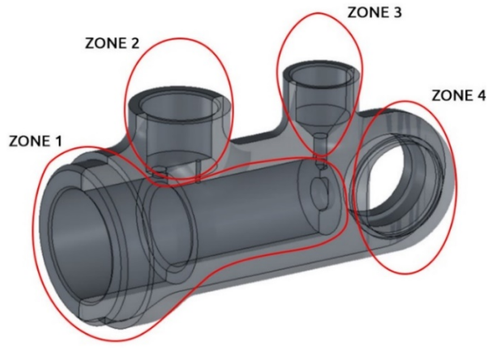
Repère de la partie du moule	Désignation de la partie du moule	Choix de la zone pré ébauchée *
3		☐ Zone 1 ☐ Zone 2 ☐ Zone 3 ☐ Zone 4
4		☐ Zone 1 ☐ Zone 2 ☐ Zone 3 ☐ Zone 4
5		☐ Zone 1 ☐ Zone 2 ☐ Zone 3 ☐ Zone 4
6		☐ Zone 1 ☐ Zone 2 ☐ Zone 3 ☐ Zone 4

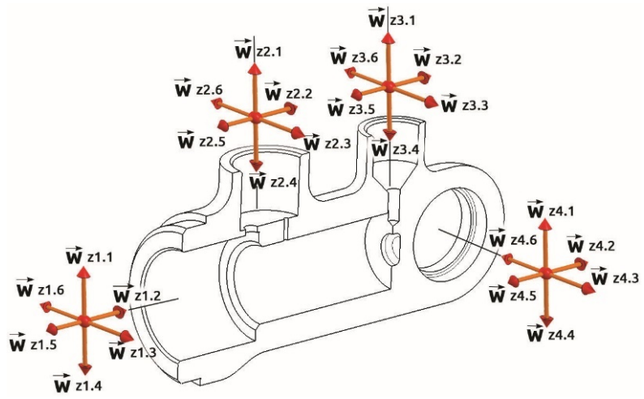
* cocher la ou les bonnes réponses

1.2 - Colorier en rouge les surfaces à usiner.



1.3 - Rechercher les directions d'usinage $\vec{w}$ possibles (direction axe outil) ainsi que le numéro des surfaces usinées pour chaque zone considérée.



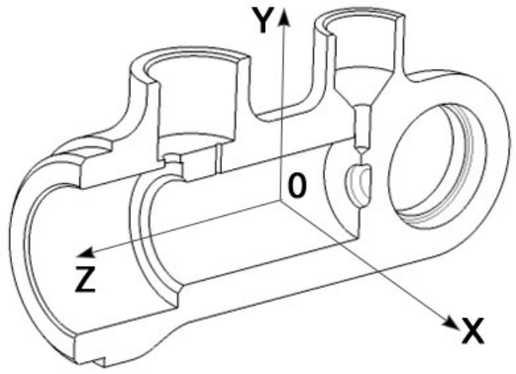


Vue en coupe

	Directions d'accès possibles*	N° des surfaces usinées
ZONE 1	◯Wz1.1◯ Wz1.2◯ Wz1.3 ◯Wz1.4 ◯Wz1.5 ◯Wz1.6	
ZONE 2	◯Wz2.1◯ Wz2.2◯ Wz2.3 ◯Wz2.4 ◯Wz2.5 ◯Wz2.6	
ZONE 3	◯Wz3.1◯ Wz3.2◯ Wz3.3 ◯Wz3.4 ◯Wz3.5 ◯Wz3.6	
ZONE 4	◯Wz4.1◯ Wz4.2 ◯ Wz4.3 ◯Wz4.4 ◯Wz4.5◯Wz4.6	

*cocher la ou les bonnes réponses

1.4 - Tracer ci-dessous les directions d'accès possibles pour chacune des zones.



1.5 - Choisir pour chacune des zones la direction d'accès pertinente*.

* cocher la ou les bonnes réponses

	Directions d'accès pertinentes*
ZONE 1*	◯ Ox ◯ Oy ◯ OZ
ZONE 2*	◯ Ox ◯ Oy ◯ OZ
ZONE 3*	◯ Ox ◯ Oy ◯ OZ
ZONE 4*	◯ Ox ◯ Oy ◯ OZ

1.6 - Déterminer le nombre de directions d'accès $\vec{w}$ minimal.

* cocher la ou les bonnes réponses

Nombre minimum de $\vec{w}$* :	◯1 ◯2 ◯3 ◯4 ◯5

1.7 - Proposer la ou les machines les plus adaptées aux posages considérés à l'aide du DRESS 6.

Moyens de fabrication	CAS N°1 ……	Nb de posages :	……
	CAS N°2 ……	Nb de posages :	……
	CAS N°3 ……	Nb de posages :	……

1.8 - En déduire le nombre de posages minimum en vue de minimiser le nombre de phases.

Nombre de posages minimum :	

Justifier le choix du type de machine.

……
……
……
……

C2 - Étude des caractéristiques de la nouvelle machine et validation de ce choix

L'achat de la machine suivante est envisagé :
CUCN DMG MORI DMC 85H (fraiseuse numérique 5 axes).



- Option de table choisie : table bi rotative à engrenage unilatéral.
- Options de broche possibles :
SPEEDMASTER HSK- A63 Standard ou 20 000 $tr.min^{-1}$
- Option magasin d'outils : système à chaîne

Ressource numérique « Caractéristiques de la MOCN.pdf »
DRESS7 Diagramme de puissance des broches
DT8 Contrat de phase 200

2.1 - Rechercher les caractéristiques de la machine choisie.

Course axe X en mm	
Course axe Y en mm	
Course axe Z en mm	
Dimensions de la table	
Nombre d'outils stockés dans le magasin	
Orientation de la broche de la machine	
Matériau utilisé pour la structure de cette machine, afin d'avoir de bonnes propriétés d'amortissement	
Directeur de commande numérique	

	Option 1 : Broche standard	Option 2 : Broche 20 000
Couple maxi (Nm)		
Puissance maxi (kW)		
Fréquence de rotation maxi ($tr.min^{-1}$)		

2.2 - Présenter les avantages de cette machine.

2.3 - Rechercher dans le contrat de phase l'opération nécessitant la fréquence de rotation maximale.

Désignation de l'opération	Fréquence de rotation

2.4 - Choisir l'option de broche adaptée à la fabrication du corps du maître-cylindre.

☐ Option broche standard ☐ Option broche 20 000

2.5 - Définir l'espace nécessaire à l'implantation de la machine, ainsi que sa masse.

Hauteur de la machine	Largeur de la machine	Profondeur de la machine	Masse

2.6 - Analyser les options de palettisation.

Nombre de palettes possibles (carrousel de palettes)	
Avantages du système de palettisation	

2.7 - Donner les avantages de cette machine au niveau de son ergonomie d'utilisation.

	Avantages
Seuil de chargement bas	
Toit ouvrant	
Pupitre orientable et inclinable	

2.8 - Conclure sur le choix de cette MOCN pour la réalisation du corps du maître-cylindre.

Espace d'usinage suffisant pour le corps du maître-cylindre*	OUI	NON
Usinage du corps du maître-cylindre possible en une seule phase*	OUI	NON
Gain de temps d'usinage envisagé*	OUI	NON
Fréquence de rotation suffisante*	OUI	NON

* entourer vos choix

L'étude suivante portera sur la phase de fraisage du process 5 axes et notamment sur la réalisation de l'alésage Ø16H7. Elle permettra de choisir la solution optimale parmi 3 procédés proposés.

C3 – Choix du foret pour l'opération d'ébauche de l'alésage Ø16H7

DT4 Dessin de définition du corps du maître-cylindre
DRESS5 Extrait de tolérances ISO pour alésage
Ressource numérique « Forets King Drill®.pdf »

3.1 - Compléter le tableau ci-dessous.

Ø16H7	Calcul	Valeur en mm
Cote nominale		
Cote Maxi		
Cote mini		
I.T.		
Cote moyenne		

3.2 - Déterminer le diamètre du foret sachant que l'on veut conserver une surépaisseur d'environ **ae=0,25mm au rayon** pour l'opération d'alésage qui va suivre. Le calcul se fera à partir de la cote nominale.

Diamètre en mm	

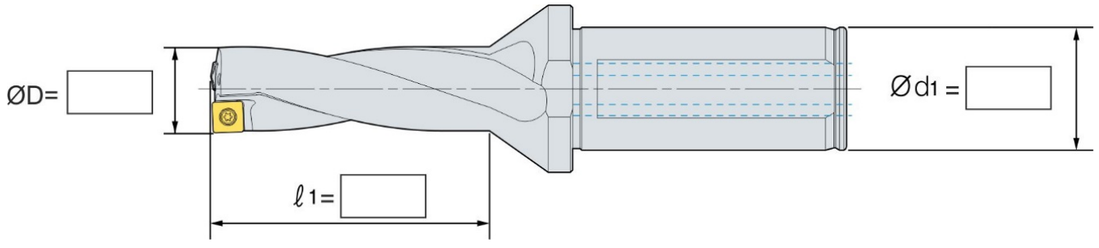
3.3 - Indiquer la longueur utile minimale (lu) pour assurer le perçage.

Longueur utile minimale (lu) en mm	

3.4 - Rechercher la référence du foret capable de réaliser le perçage en ébauche du Ø16H7.

Référence	

3.5 - Compléter avec les dimensions, le schéma du foret déterminé précédemment puis indiquer les conditions de coupe moyennes.



Vitesse de coupe moyenne (Vc)		Avance moyenne (f)	

C4 – Comparer 3 procédés permettant d'usiner l'alésage Ø16H7 en finition

- Méthode 1 : alésage à la **fraise avec un cycle de contournage** « pleine fraise » ;
- Méthode 2 : alésage au **grain avec tête d'alésage micrométrique ;**
- Méthode 3 : alésage à **l'alésoir machine carbure monobloc** pour fond plat.

DRESS8 : Procédés d'élaboration et états de surface

4.1 - Indiquer si ces 3 procédés d'usinages permettent de garantir un état de surface Rz=0,8µm (équivalent à un Ra=0,2µm) comme stipulé sur le dessin de définition.

OUI ◯ NON ◯

4.2 - Lister les procédés permettant d'obtenir usuellement un tel état de surface.

Notre choix se porte sur une opération de galetage pour calibrer l'alésage et obtenir l'état de surface demandé.

Le galetage est une opération de superfinition mettant en contact des galets en acier traité poli miroir et une pièce d'une dureté inférieure. La pression engendrée par les galets provoque une déformation régulière sur la surface en contact. Le résultat est une finition poli miroir et une augmentation en surface de la dureté matière. Le tout permet d'obtenir une finition largement supérieure à celle obtenue par outil coupant.





Outil de galetage

4.3 - Recherche des caractéristiques de l'outil de galetage pour la superfinition du Ø16H7.

Ressource numérique : « Outil à galeter.pdf »

- Indiquer la référence de l'outil à galeter capable de réaliser la cote moyenne.

Référence	

Le galetage, nécessite d'avoir un alésage calibré avec une dimension comprise entre -0.02 et -0.03mm par rapport à la cote moyenne du Ø16H7.

- Calculer les diamètres mini et maxi de l'alésage **avant galetage.**

Diamètre maxi	mm
Diamètre mini	mm

- En déduire la cote de réglage avant galetage.

Cote de réglage	mm

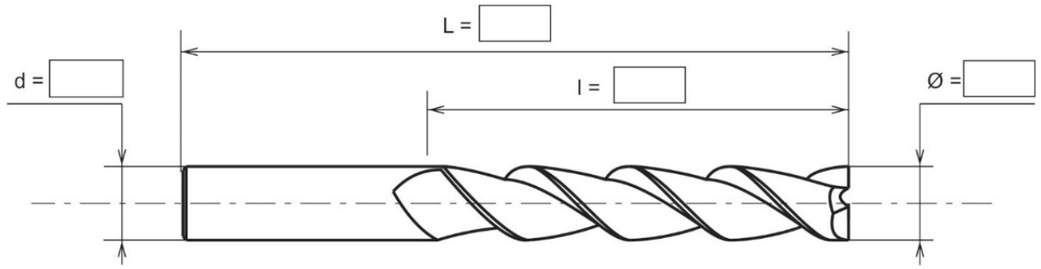
4.4 - Analyse de la méthode 1 : alésage à la fraise.

Ressource numérique : « Fraise carbure série longue M26A.pdf »

- Choisir une fraise qui permettra de réaliser le Ø16 en une seule passe avec un cycle de contournage puis compléter le tableau ci-dessous (préciser les unités). Le trou étant ébauché au Ø15,5 on choisira la fraise qui aura le maximum de rigidité.

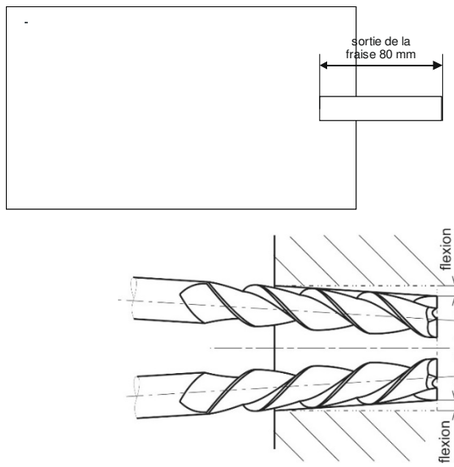
Ø	d	L	l	Vc	N	Vf

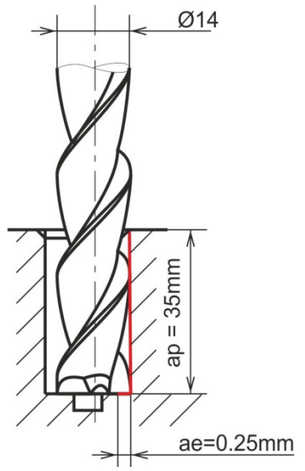
- Reporter les dimensions déterminées précédemment, sur le schéma ci-dessous de la fraise.

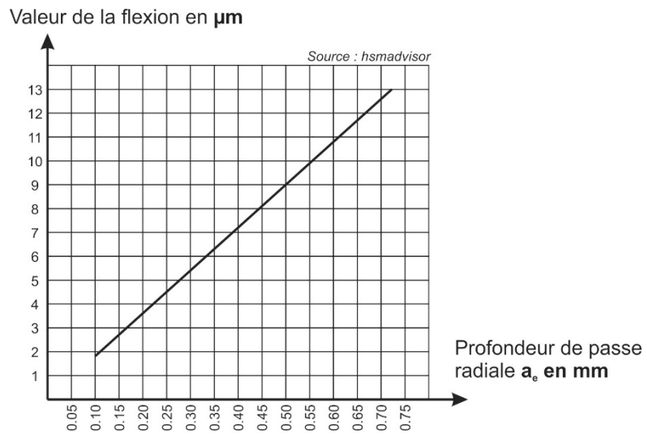


Le problème se pose ici en termes de flexion de l'outil. Celui-ci, sous l'effet des efforts de coupe à tendance à réaliser un trou légèrement conique, de ce fait on risque ne pas garantir la dimension tout le long de l'alésage.

En exagérant le défaut on se retrouve dans la configuration ci-contre :







- Évaluer la flexion de la fraise à l'aide du schéma et de l'abaque ci-dessus.

Flexion estimée	

- Sélectionner le critère le plus restrictif pour la réalisation de notre alésage. (Entourer la bonne réponse)

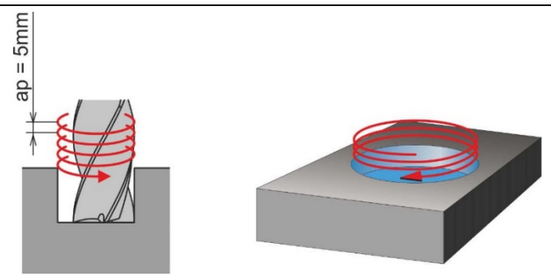
Ø16H7 (IT=18µm)

Le constructeur de la machine-outil garanti une précision de positionnement de 0,005mm (5µm).

- Conclure sur la faisabilité de l'alésage dans les conditions définies précédemment.

Pour pallier à ces inconvénients on décide de modifier la stratégie d'usinage en modifiant la trajectoire de la fraise.

Cette fois ci la pénétration axiale de la fraise se fera progressivement avec une trajectoire hélicoïdale avec un pas de 5mm

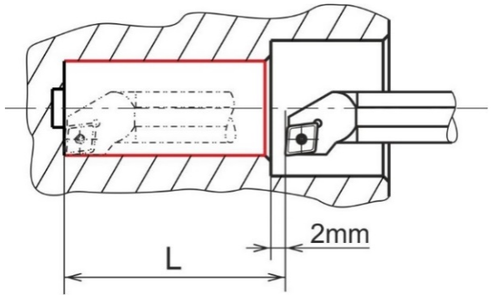


La valeur de la flexion de l'outil diminue alors à 0,001mm (1µm) ce qui nous permet de satisfaire les tolérances géométriques et dimensionnelles de l'alésage.

4.5 - Analyse de la méthode 2 : alésage à la tête à aléser.

Ressource numérique : « Tête d'alésage Capto® et barre d'alésage.pdf »
DRESS9 Désignation ISO des plaquettes
DRESS8 Choix du couple rayon de bec Rε et de l'avance f pour obtenir un état de surface Rz ou Ra

- Donner la référence de la tête à aléser capable d'effectuer la finition du Ø16H7 sachant que l'on souhaite standardiser l'outillage en taille Coromant Capto® **C4**.



Référence de la tête à aléser	

- Déterminer la référence de la barre à aléser qui se monte sur la tête à aléser.

Référence de la barre à aléser	

- Justifier votre choix.

- Indiquer la valeur du rayon de bec de la plaquette sachant que la plaquette recommandée est du type TCMT 090202.

r ε	

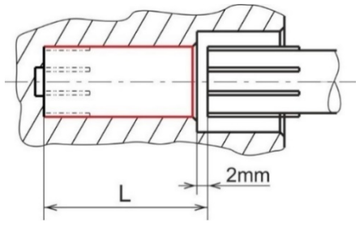
Le galetage nécessite d'avoir une rugosité Ra de la surface finie comprise entre 2 et 3µm pour fonctionner de manière optimale.

- Évaluer à l'aide de l'abaque du DRESS8 l'avance théorique à programmer pour obtenir un état de surface Ra=2µm.

f	

4.6 - Analyse de la méthode 3 : alésage à l'alésoir machine.

Le trou étant borgne et à fond plat, nous allons pouvoir utiliser un alésoir haute précision taille droite.



Ressource numérique : « Alésoir pour fond plat.pdf »
DRESS7 Formulaire

- Donner le diamètre moyen de perçage avant alésage :

Diamètre moyen de perçage	

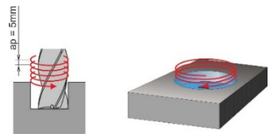
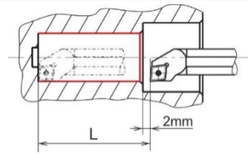
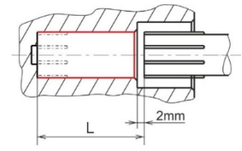
- Préciser les plages des paramètres de coupe utilisables pour cet alésoir. (Préciser les unités)

Plage de Vc	Plage de f

4.7 - Choix du procédé qui présente la durée d'usinage minimale.

Dans cette partie ne pas tenir compte des valeurs trouvées aux questions précédentes. **Utiliser seulement les valeurs figurant dans le tableau.**

- Indiquer dans la ligne « calculs détaillés » les opérations permettant de trouver le résultat ;
- Reporter le résultat dans la ligne « Résultats » ;
- Mettre une croix dans la colonne du procédé qui présente la durée d'usinage minimale.

Procédés	**Fraise**	**Tête à aléser**	**Alésoir**
Schéma			
Données	Vc = 180 m.min^{-1} Vf = 550mm.min^{-1} Longueur de l'hélice L = 400mm	Vc = 100 m.min^{-1} f = 0.15 mm.tr^{-1} L = (à calculer)	Vc = 35 m.min^{-1} f = 0.15 mm.tr^{-1} L = (à calculer)
Calculs détaillés			
Résultats	Tu = min	Tu = min	Tu = min
Procédé choisi	☐	☐	☐

4.8 - Choix du procédé d'usinage le plus adapté pour l'opération de finition de l'alésage Ø16H7.

DRESS 8 : Tableau comparatif des procédés pouvant être utilisés pour la réalisation d'un alésage

- Reporter dans la première ligne du tableau les temps d'usinage des 3 procédés déterminés précédemment ;
- Reporter dans la deuxième ligne le nombre total d'étoiles (score) pour chaque procédé à l'aide du DRESS8 ;
- Choisir le procédé le plus adapté (cocher le procédé choisi).

Procédé	Fraise	Tête à aléser micrométrique	Alésoir machine
Temps d'usinage (Tu)			
Score (nombre total d'étoiles)			
Choix	☐	☐	☐

C5 - Choix des interfaces (attachements) avec la machine :

Ressources numériques :
« Adaptateur vers Coromant Capto®.pdf »
« Adaptateur vers Weldon.pdf »

5.1 - Indiquer l'attachement présent sur la machine.

BT40	BT50	HSK63	HSK80

5.2 - Déterminer la référence de l'adaptateur nécessaire pour monter le foret carbure weldon sur la machine (s'aider les valeurs déterminées à la question 3.4 cf. partie C3, DR9).

Référence du weldon	

5.3 - Déterminer la référence de l'adaptateur nécessaire pour monter la barre d'alésage sur la machine sachant que l'on souhaite standardiser l'outillage en taille Coromant Capto® C4.

Référence Capto	

PARTIE D : OPTIMISATION DES PHASES DE CONTRÔLE DANS LA PHASE DE PRODUCTION

Dans l'objectif de maintenir la production sous contrôle, l'entreprise équipe son centre d'usinage d'un système de palpage intégré pour réagir rapidement à toutes les erreurs de fabrication et ainsi préserver un haut niveau de qualité.

Cet équipement automatisé permet de :

- *mesurer la pièce pendant l'usinage notamment lors d'opérations critiques tel que l'alésage Ø 16H7 ;*
- *contrôler les positions de l'alésage Ø16H7 ainsi que les perçages avant taraudage (G3/8 '' et G1/4'') sans démontage et sans stopper la machine ;*
- *contrôler les dimensions du brut de fonderie une fois celui-ci mis en position sur le porte-pièce ;*
- *vérifier la position du corps du maître-cylindre par rapport à la position programmée ;*
- *suivre la production en collectant les résultats de mesure et si besoin corriger les écarts ;*
- *s'assurer de la qualité de la fabrication du corps du maître-cylindre avant même que celui-ci soit démonté du porte-pièce.*

D1 – Choix d'une solution de palpage pour un centre d'usinage 5 axes

L'entreprise privilégie une solution de **palpage très haute répétabilité et une transmission type radio.**

DT4 Dessin de définition du corps	DRESS10 Solutions de palpage pour machines-outils
DT5 Dessin du brut	Ressource numérique « Caractéristiques de la MOCN.pdf »
DRESS5 Extrait de tolérances ISO pour alésage	DRESS9 Zone des tolérances géométriques

1.1 - Inventorier en complétant le tableau suivant l'ensemble des spécifications dimensionnelles, géométriques et d'états de surface pour l'alésage du corps du maître-cylindre Ø 16H7.

Spécification(s) dimensionnelle(s)	Exigence(s) particulière(s)	Spécification(s) géométrique(s)	Dimension(s) théorique(s) exacte(s) (Valeur saisie dans la M.M.T.)	Spécification(s) d'état(s) de surface

1.2 - Pour la spécification géométrique identifiée, indiquer la nature géométrique de la zone de tolérance à l'aide du DRESS9.

Numéro de la zone de tolérance : ☐

1.3 - Renseigner le tableau d'analyse de la spécification géométrique. (Tableau à compléter page suivante)

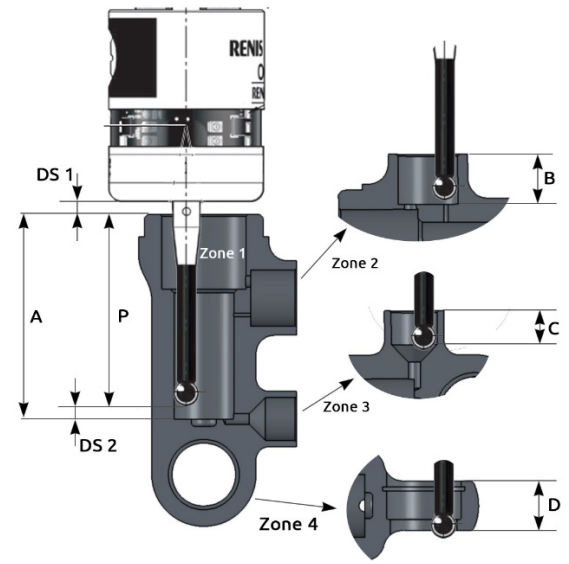
1.4 - Choisir le palpeur pour machine-outil adapté au palpage du corps du maître-cylindre à l'aide du DRESS10.

☐OMP40-2 ☐OMP60 ☐RMP40 ☐RMP60 ☐OMP400 ☐OMP600 ☐RMP600

- Justifier votre réponse.

1.5 - Trouver les distances suivantes à l'aide du DT4.

On donne DS1=5 mm mini et DS2=5mm



A =	mm
B =	mm
C =	mm
D =	mm
P =	mm

1.6 - Conclure sur les caractéristiques du stylet approprié.

Longueur du stylet =	mm
Diamètre bille =	mm
Matière du stylet =	

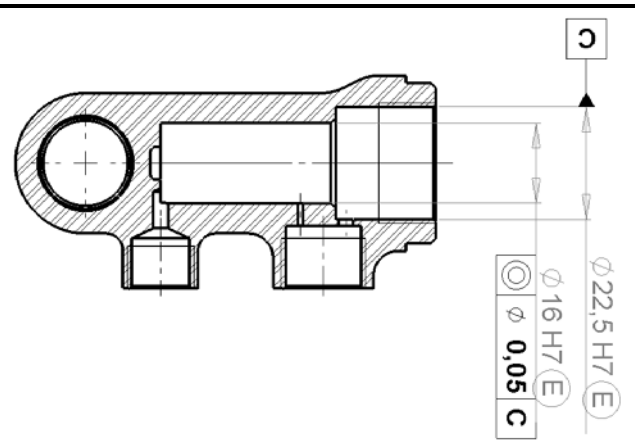
- Justifier vos choix.

1.7 - Élaboration du mode opératoire de contrôle pour vérifier la géométrie spécifiée.

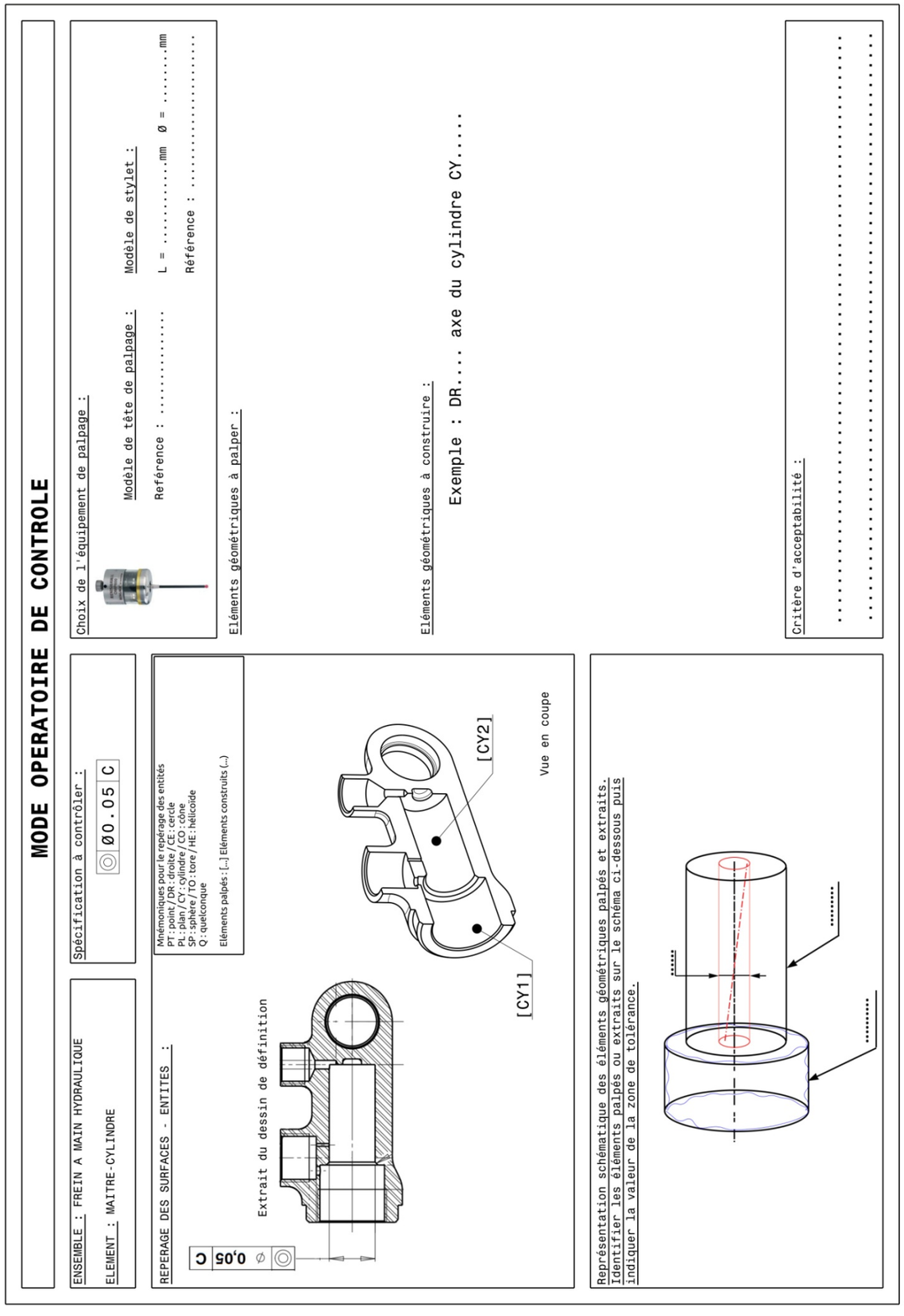
- Compléter la représentation schématique des éléments géométriques en identifiant les éléments palpés et extraits.
- Identifier la tête de palpage utilisé, la longueur et le diamètre du stylet.
- Choisir les surfaces à palper et les éléments géométriques à construire.
- Énoncer le critère d'acceptabilité.

Analyse d'une spécification par zone de tolérance

Tolérancement normalisé	Éléments idéaux (modèle théorique parfait) *Ce que calcule la M.M.T.*	Éléments non idéaux (skin model réel) *Ce que je mesure avec la M.M.T.*
Symbole de la spécification : *Dessiner le symbole de la spécification*		
Type de spécification Forme Orientation Position Battement *Entourer l'élément correct et compléter par la spécification*		
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.		
	Zone de tolérance	Élément(s) de référence
	Contrainte : ***Orientation*** et/ou ***position*** par rapport à la référence spécifiée *Entourer l'élément correct.*	☐ Unique ☐ Multiples *Cocher l'élément correct*
	☐ Simple ☐ Composée *Cocher l'élément correct*	Référence(s) spécifiée(s) ☐ Simple ☐ Commune ☐ Système *Cocher l'élément correct*
	Représenter la zone de tolérance parfaite en rouge.	*Représenter les éléments géométriques parfaits de référence en vert.*
	Représenter les éléments géométriques parfaits de référence en vert. *Représenter la zone de tolérance parfaite en rouge.*	*Dessiner les surfaces mesurées en bleu.*



Dessiner les surfaces mesurées en bleu.



D2 – Suivi de la production

Dans le cadre du contrôle de la qualité et pour s'assurer de la maîtrise du processus, une dimension critique va faire l'objet d'un suivi. En effet, l'obtention finale de cette spécification dimensionnelle par le procédé de galetage nécessite de maîtriser l'épaisseur du copeau de l'opération d'alésage. Le service qualité est donc amené à mettre en place un report des mesures sur une carte de contrôle.

Une série de 18 prélèvements de 5 pièces a été effectuée toutes les 3 heures par l'opérateur.

L'objectif de cette partie est d'analyser les dérives dimensionnelles.

DRESS11 Interprétation des cartes de contrôle

2.1 - Indiquer la spécification dimensionnelle mise sous surveillance.

Spécification sous surveillance	

2.2 - Justifier le choix d'avoir mis cette spécification sous surveillance.

2.3 - Donner la signification des caractéristiques suivantes : $\overline{X}$, $\overline{R}$, LIC, LSC.

$\overline{X}$	
$\overline{R}$	
LIC	
LSC	

2.4 - Relever la moyenne des moyennes $\overline{\overline{X}}$ et la moyenne des étendues $\overline{R}$ sur la carte de contrôle sur DR15.

$\overline{\overline{X}}$	

$\overline{R}$	

2.5 - Repasser en rouge sur la carte de la moyenne les limites de contrôle supérieures et inférieures.

2.6 - Calculer la moyenne des 3 derniers échantillons (16, 17, 18) puis compléter le tableau. Reporter les résultats obtenus sur le graphique.

2.7 - Interpréter la courbe des moyennes.

2.8 - Calculer la moyenne de l'étendue des 3 derniers échantillons (16, 17, 18) puis compléter le tableau. Reporter les résultats obtenus sur le graphique.

2.9 - Interpréter la courbe des étendues.

2.10 - Au vu des constats précédents, indiquer si le procédé est sous contrôle.

☐ OUI ☐ NON

2.11 - Indiquer si l'opérateur régleur doit agir sur la production. Si oui, sur quel échantillon ?

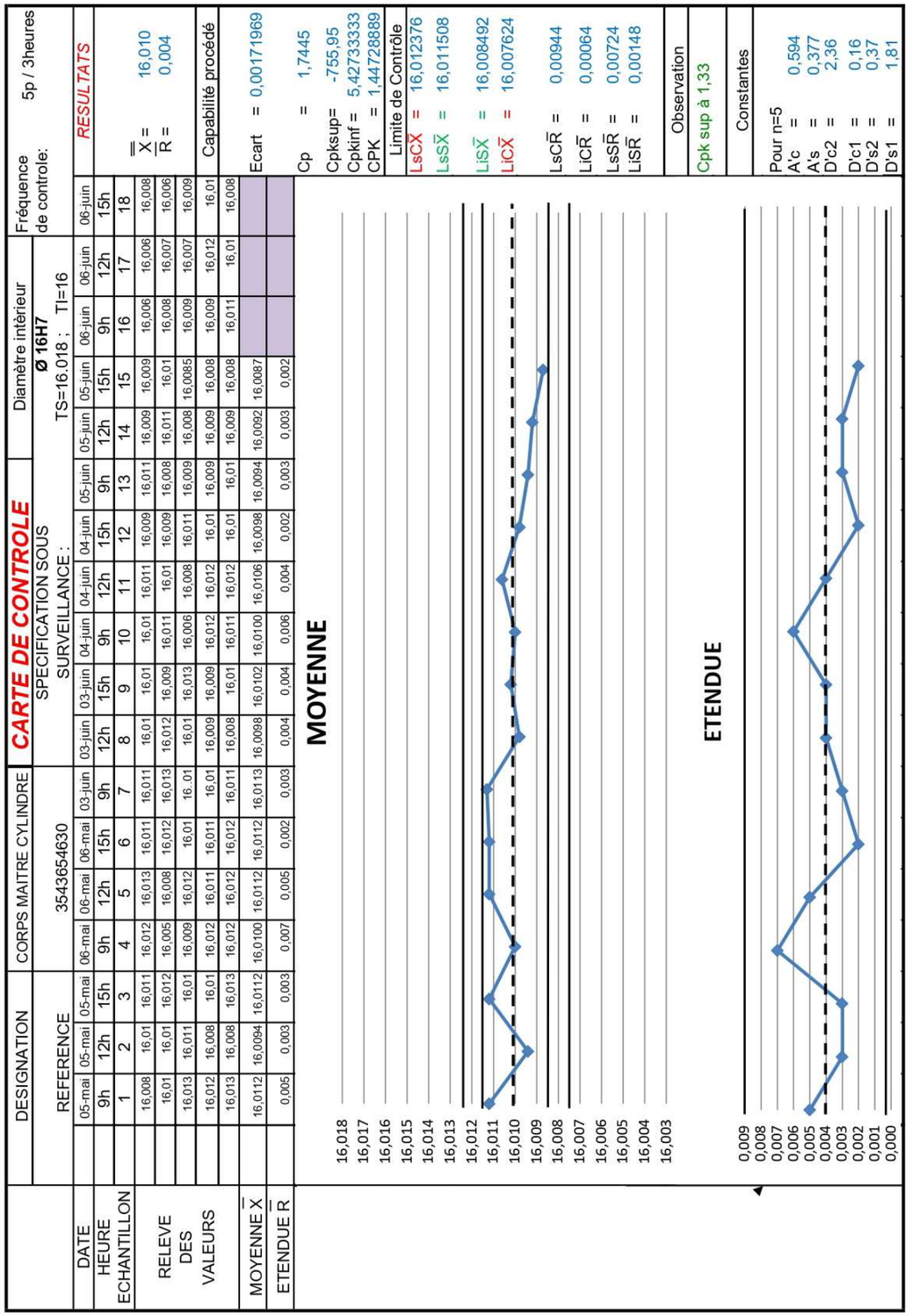
☐ OUI ☐ NON

Numéro échantillon	

2.12 - Parmi les causes suivantes, choisir celle (s) qui selon vous influent sur la dérive du processus.

☐ Usure de l'outil ;
☐ Lubrification inefficace ou inexistante ;
☐ Dispersion montage pièce/porte-pièce.

2.13 - Proposer une ou plusieurs solutions afin de remédier aux causes mises en évidences à la question précédente.



Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.