



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 en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception des Processus de Réalisation de Produits

Session 2019

Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

Coefficient 6 – Durée 6 heures


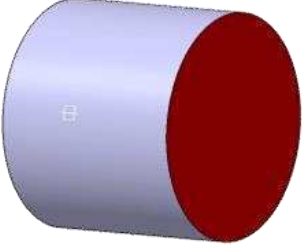
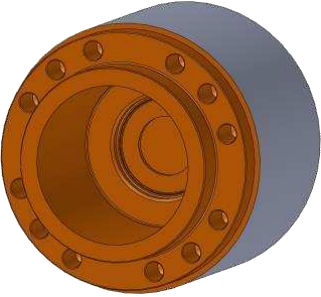
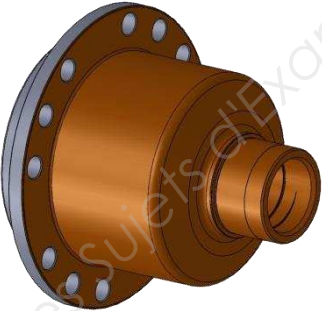
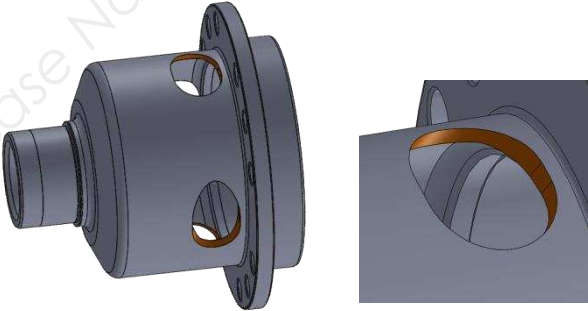
Aucun document autorisé


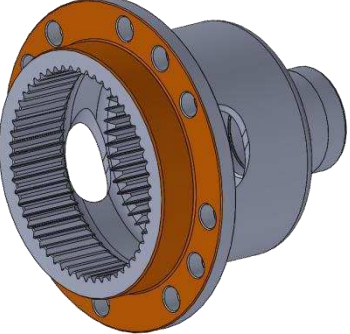
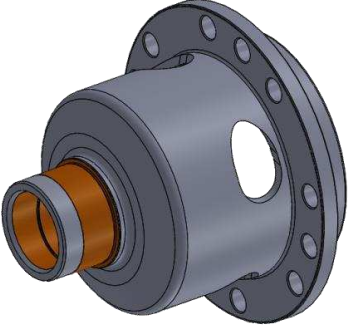
L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

BOITE DE VITESSE ETLC - DOSSIER TECHNIQUE

○ DT1	Nomenclature des phases du boîtier différentiel	page 15
○ DT2	Temps des opérations d'usinage de l'ancienne gamme	page 16
○ DT3	Puissance en perçage	page 16
○ DT4	Données techniques machines	page 17
○ DT5	Dessin de définition du boîtier de différentiel	page 18
○ DT6	Dessin de définition de l'axe de commande	page 19
○ DT7	Repérage partiel des surfaces à usiner de l'axe de commande	page 20
○ DT8	Résultats de simulation de l'axe	page 20
○ DT9	Décodage de la perpendicularité	page 21
○ DT10	Dessin de définition de la fourchette de sélection usinée	page 22
○ DT11	Dessin de définition du brut de fonderie de la fourchette de sélection	page 23
○ DT12	Extrait du dessin de définition du support de crabot	page 24
○ DT13	Nomenclature des phases de la fourchette de sélection	page 25
○ DT14	Dessin d'ensemble du montage phase 30	page 26
○ DT15	Extrait de la norme NF E04-013 (Symbolisation de niveau 2 des prises de pièces)	page 27
○ DT16	Article de presse sur une imprimante 3D à sable	page 28
○ DT17	Dessin de définition de la fonderie du capot de pompe à huile	page 29
○ DT18	Dessin de définition du bloc empreinte capot	page 30
○ DT19	Données techniques outil-matériau	page 31

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 14 sur 43

<div>  </div>		NOMENCLATURE des PHASES		Bureau des méthodes
Ensemble : Boîte de vitesse ETLV		Elément : Boîtier de différentiel		1 / 2
Matière : 18 Cr Ni Mo 7-6		Programme : 500 pièces / an / 5 ans		
N° phase	Opérations	Machines	Observations/Croquis	
Phase 10	Débiter et contrôler le brut	Scie	<div>  <div>Dimensions : Ø145 mm L : 128 mm</div> </div>	
Phase 20	Tournage CN : <ul style="list-style-type: none"> - percer Ø80 - usiner le profil extérieur - usiner le profil intérieur - usiner la gorge (fond de denture) - percer les 12 trous Ø12.2 	Tour CN 3 axes	Porte-pièce : mandrin 3 mors durs à serrage concentrique. Liaison pivot glissant sur Ø145 ; liaison ponctuelle sur bout brut <div>  </div>	
Phase 30	Tournage CN : <ul style="list-style-type: none"> - usiner le profil extérieur, - percer Ø32, - aléser en finition le Ø34H7 - usiner la rainure hélicoïdale 	Tour CN 2 axes	Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique. Liaison appui plan sur plan A ; liaison linéaire annulaire sur Ø105g6 <div>  </div>	
Phase 40	Fraisage CN : <ul style="list-style-type: none"> - fraiser les 4 lumières à 90°, 	Centre d'usinage 4 axes.	Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique. Liaison pivot sur Ø105g6 ; liaison ponctuelle sur plan A <div>  </div>	

Phase 50	Tailler la denture	Tailleuse CN avec outil pignon	Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique. Liaison pivot glissant sur Ø 98 ; liaison ponctuelle sur bout <div>  </div>
Phase 60	Cémentation ionique		Profondeur de cémentation 0,8mm
Phase 70	Recuit de régénération		Affinage du grain après la cémentation
Phase 80	Trempe + revenu		Dureté à atteindre : 720-760 HV
Phase 90	Rectifier les surfaces (repérées en couleur)	Rectifieuse cylindrique CN	Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique. Liaison pivot glissant sur Ø 98 ; liaison ponctuelle sur bout <div>  </div>
Phase 100	Rectifier les surfaces (repérées en couleur)	Rectifieuse cylindrique CN	Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique. Liaison Appui plan sur A ; liaison linéaire annulaire sur Ø 105g6 <div>  </div>
Phase 110	Contrôler les spécifications	MMT	

DT2 Temps des opérations d'usinage de l'ancienne gamme

Temps des opérations d'usinage de l'ancienne gamme				
Phase	N° de la tâche	Opération	V _c en m·min ⁻¹	Temps en sec.
20	❶	Percer Ø80 (ébauche de la forme cannelée)	200	40
	❷	Contourner en ébauche l'extérieur du boîtier	185	31
	❸	Contourner en ébauche l'intérieur du boîtier	200	41
	❹	Contourner en finition l'intérieur du boîtier (sauf Ø32)	430	32
	❺	Contourner en finition l'extérieur du boîtier + Remonter de face	530	11
	❻	Réaliser la gorge (fond de denture)	160	7
	❼	Pointer les 12 trous	65	110
	❽	Percer les 12 trous.	120	23
30	❾	Percer Ø34H7 en ébauche (sur longueur 55)	200	12
	❿	Contourner en ébauche l'extérieur du boîtier	185	163
	⓫	Contourner en finition l'extérieur du boîtier	530	59
	⓬	Aléser en finition le Ø34H7	430	2
	⓭	Usiner la rainure hélicoïdale	120	5
40	⓮	Réaliser les 4 lumières	100	144

DT3 Puissance en perçage

$$P_C = \frac{K_c \times f \times D \times V_c}{240 \times 10^3}$$

Avec P_C en kW,
 K_c en N·mm⁻²,
 f en mm,
 D en mm,
 V_c en m·min⁻¹

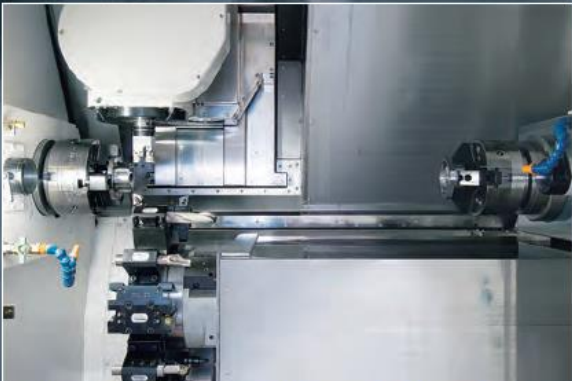
multitasking turning center Super NTJX

Flexible!

The compact design of the tool spindle and the between spindle center distance of 1290, minimize tooling interference and provide a wide working area for a variety of parts such as shaft, bar or flange work. Furthermore, each saddle has its own independent slide, eliminating any limitations in slide movement.



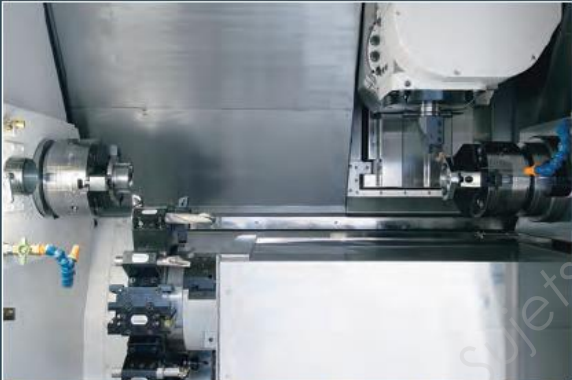
Milling / Tool spindle milling on right side spindle, lower turret machining on the L side. Through compact turret and tool spindle, tooling interference is minimized.



Simultaneous turning with upper and lower tools. Thanks to tool spindle orientation, a multi-tool holder can be used.



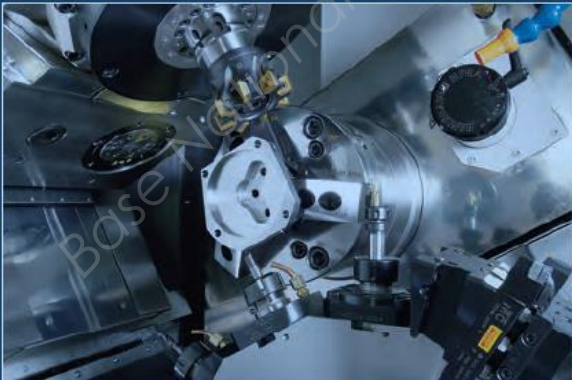
Milling on tool spindle / Drilling on lower turret. With a large between spindle distance and compact tool spindle, drilling with the lower turret during machining on tool spindle can be achieved.



Turning / Tool spindle machining on the right hand side, lower tool on the left hand side spindle. Adjustment of the center height of cutting tool, using Y-axis positioning on upper and lower turrets, provides the possibility for high accuracy machining.



Parts transfer process. By directly chucking the work piece, a highly accurate positioning and phase synchronization is obtained.



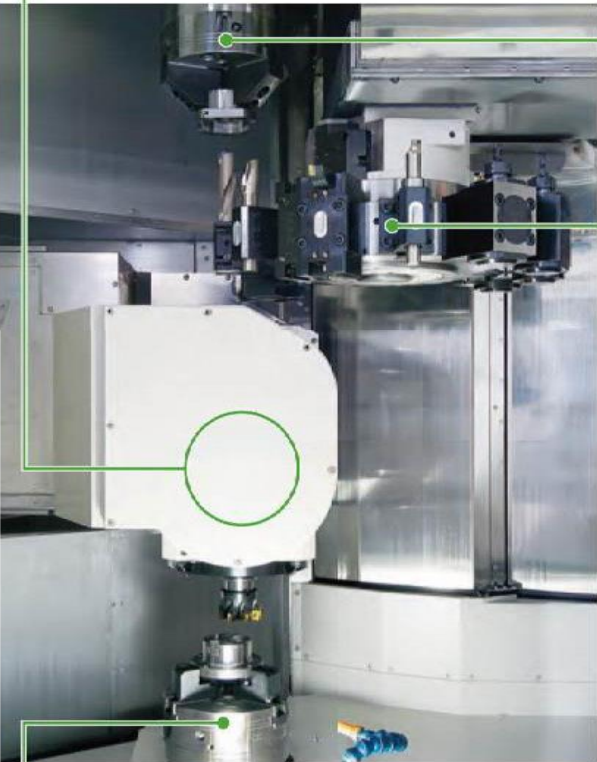
Simultaneous Y-axis machining with Upper and Lower tools. Tool spindle ± 70mm, Lower turret +20mm, -50mm

D'après les documents de NAKAMURA-TOME PRECISION INDUSTRY CO., LTD.

Machine Structure

Accuracy Ensured

64 stations
Very-rigid turret



Left Spindle

- Bar capacity $\phi 51\text{mm}$
- Spindle motor
15 / 11kW
221.5 / 162.5N·m
6000min⁻¹
- C-axis
C-axis synchronous control

Standard

Option

- Bar capacity $\phi 65\text{mm}$
- Spindle motor
15 / 11kW
221.5 / 162.5N·m
4500min⁻¹

Tool spindle

- 8000min⁻¹
- 7.5 / 3.7kW
Low speed
54 / 36 / 22N·m
High speed
18 / 8.8N·m
- Y-axis stroke
 $\pm 70\text{mm}$

Standard

Option

- 12000min⁻¹
- 7.5 / 3.7kW
Low speed
54 / 36 / 22N·m
High speed
18 / 8.8N·m

ATC : 40 tools, up to 120
Tool to Tool 1.3 sec.
Clamp to Clamp 7.0 sec.

Right spindle

- Bar capacity $\phi 51\text{mm}$
- Spindle motor
11 / 7.5kW
208 / 115N·m
6000min⁻¹
- C-axis
C-axis synchronous control

Standard

Lower turret

- Dodecaagonal / 24-station
Number of driven-tool stations : 12
Servo-driven turret
- 5.5/3.7kW
24/16N·m
6000min⁻¹
- Milling
- Y-axis stroke +20mm -50mm

Standard

Y-axis on upper and lower slides! Y-axis stroke Upper 140mm, Lower 70mm

Tool spindle power 7.5/3.7kW, Lower turret driven-tool power 5.5/3.7kW

Servo driven ATC, 40 Tool magazine [op. 80, 120]

B-axis positioning range 190° [±95°]

Up to 2618.5kW cutting power available for turning shaft-work with synchronized spindles.

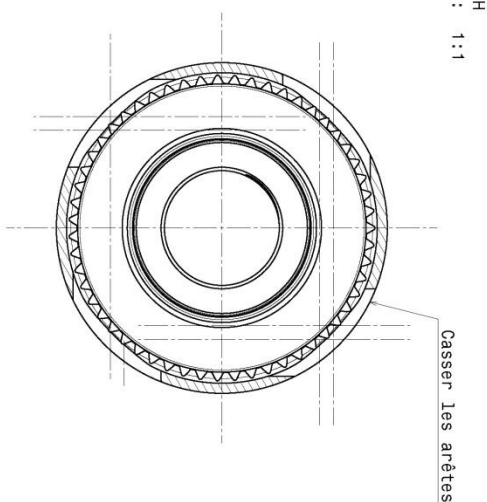
Motor power L : 15/11kW R : 11/7.5kW

Upper tool spindle / lower turret and opposed two-spindle construction contribute to balancing and reducing cycle time.

More tooling (up to 24) by half turret index with combination holder.

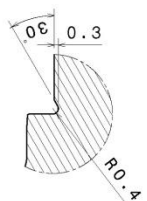
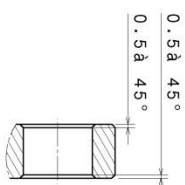
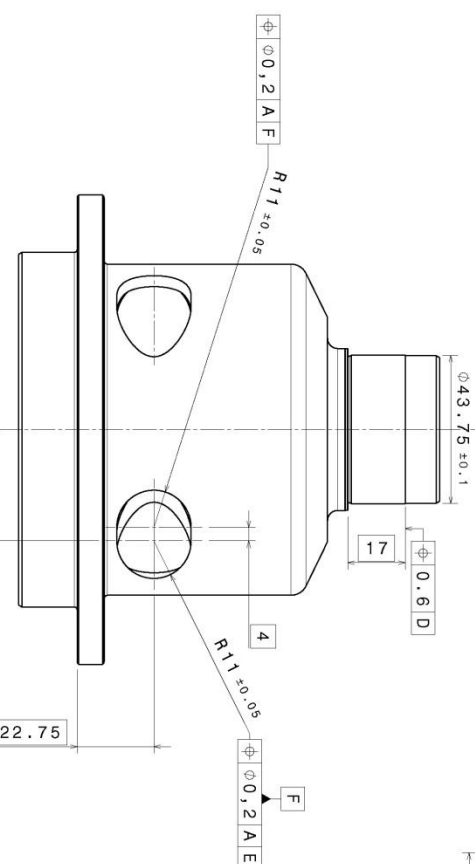
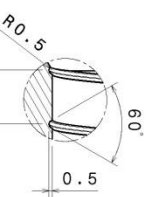
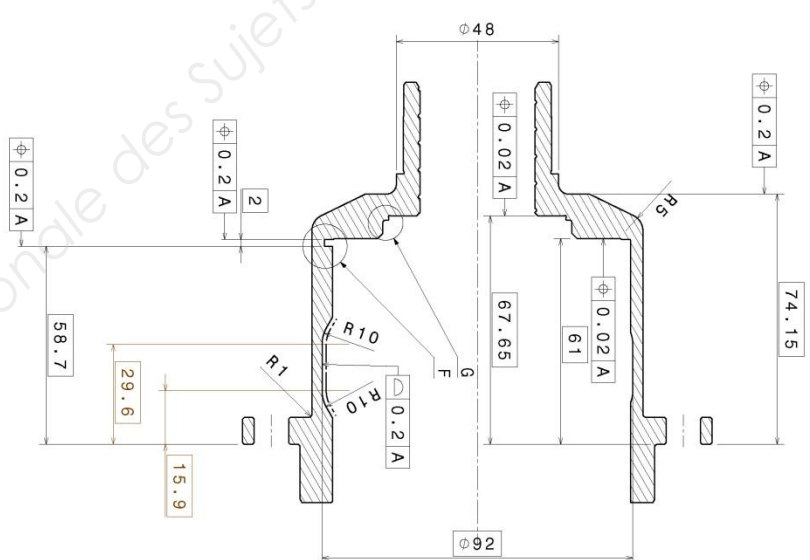
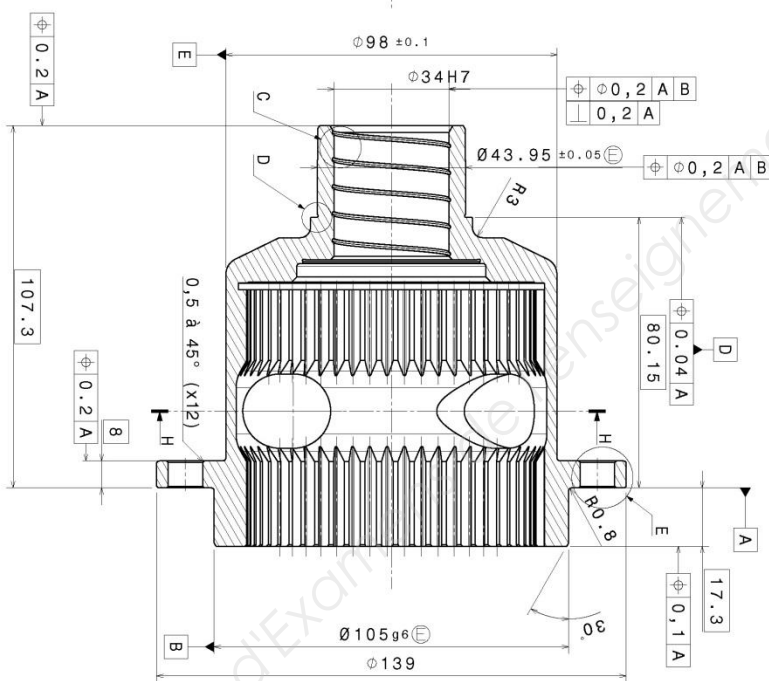
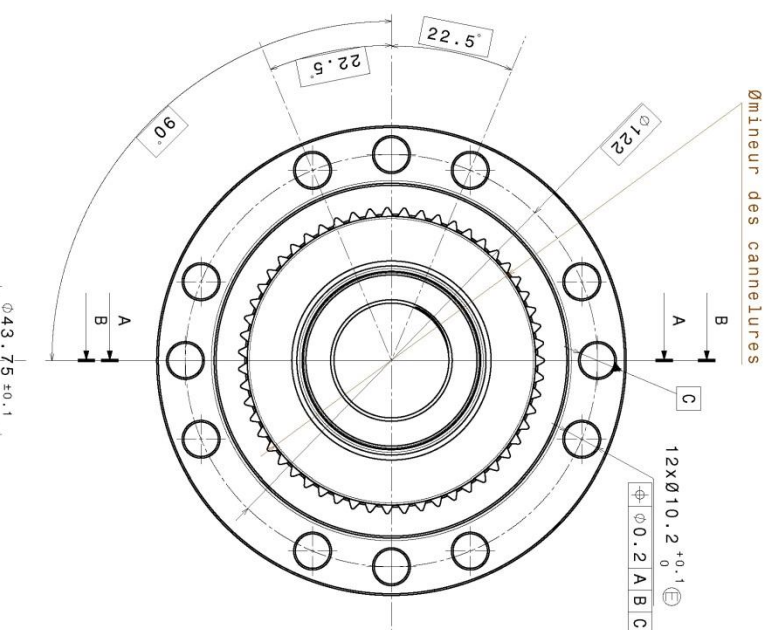
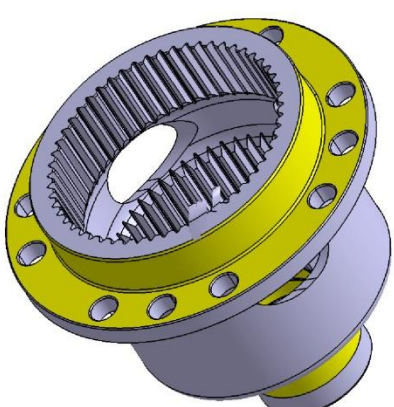
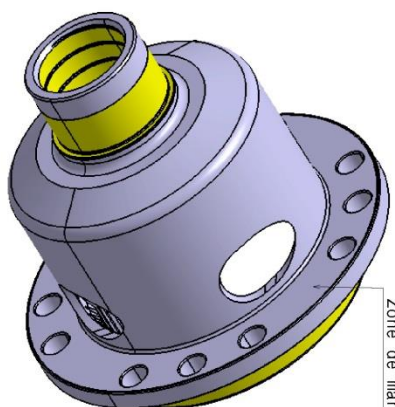
Large window ensures better visibility


Parts catcher G		Option
Method	Swing / Infeed	
Workpiece size	Diameter [Dia. mm] $\phi 12 - 65$ Length [mm] 15 - 150 Weight [kg] 3	
Cycle time [sec.]	6.1	
Reflecting method	Belt conveyor & Chute	

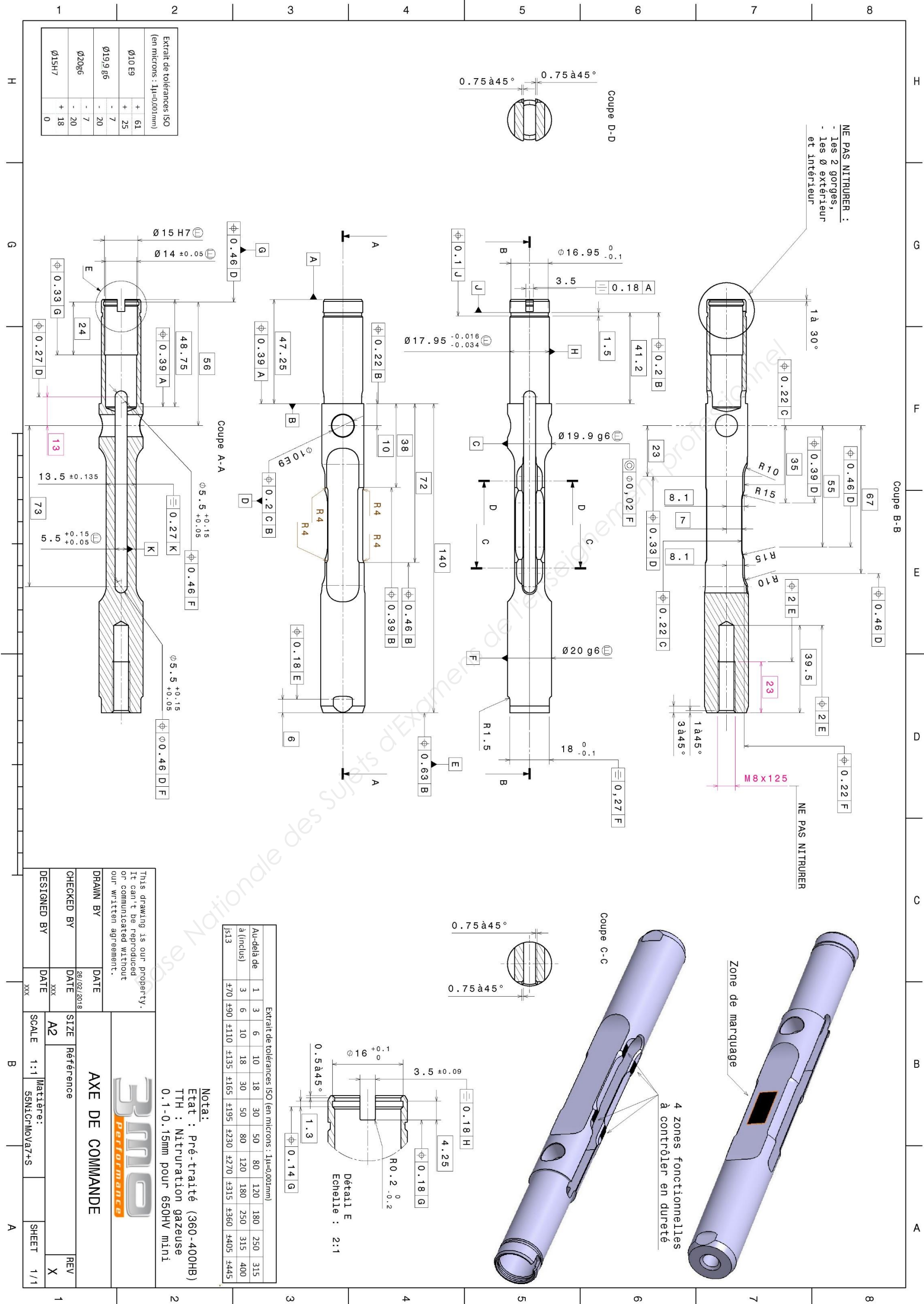


CANNELURES CYLINDRIQUES A FLANC EN DEVELOPPANTE	
Type de cannelure	Cote de contrôle (après TTH) Interne
Concentricité	Cote d'usage (avant TTH) interne
Nombre de dents	55
Angle de pression	30°
Module	1,5875 (16/32)
Ø primitif	Ø87.313
Ø base	Ø75.615
Pas de base	4.319
Ø majeur	90.632
Ø mineur	Ø85.725/85.852
EPAISSEUR	Effectif max
	Effectif min
	Reel max
CIRCULAIRE	Reel min
	2.593
Cote sur pîge Ø2.5	84.397/84.264
Qualité de tallage	84.597/84.464
Observation	7
	Flancs droits admis

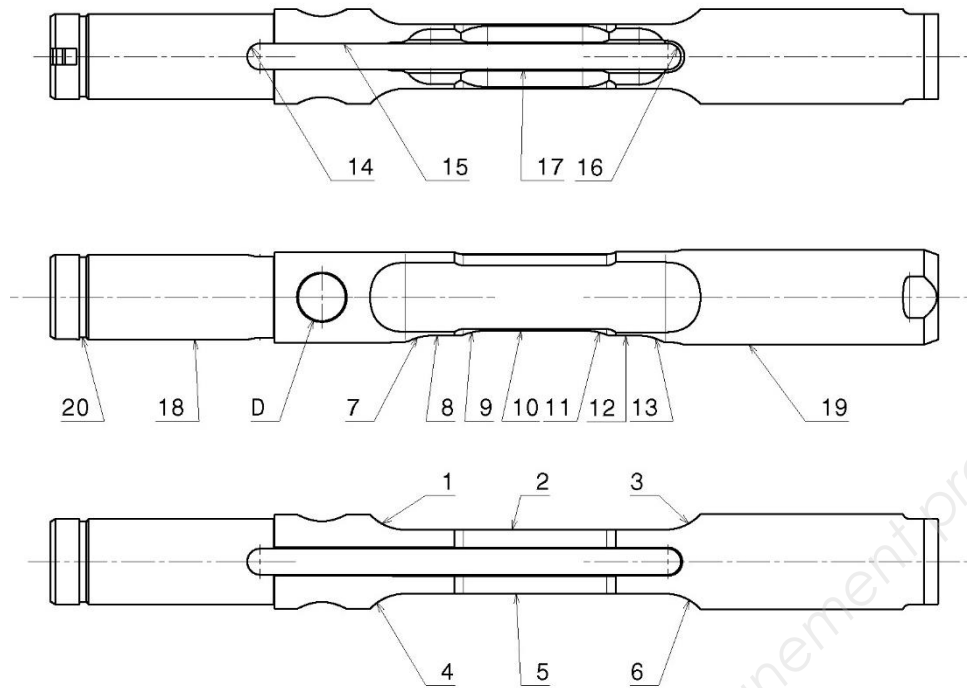
Nota:	
Matière : 18CrNiMo7-6 Selon norme NF EN10084	
1. Etat de livraison : Recuit 200H environ	
2. Traitement thermique :	
2.1 Cémentation profondeur : 0.7/0.9mm pour une dureté superficielle de 720-760HV	
2.2 Trempe + revenu pour :	
- Si pièce à engrenage : dureté racine de dent 365-415HV	
- Si pièce sans engrenage : dureté à coeur de 7mm de la surface : 365-415HV	
3. Contrôle :	
- Contrôle destructif si pièce à engrenage : 1 pièce/lot	
- filiation de dureté Racine de dent	
- mesure de dureté Racine de dent	
OU	
- Contrôle non destructif si pièce sans engrenage : 1 pièce/lot	
- dureté superficielle	



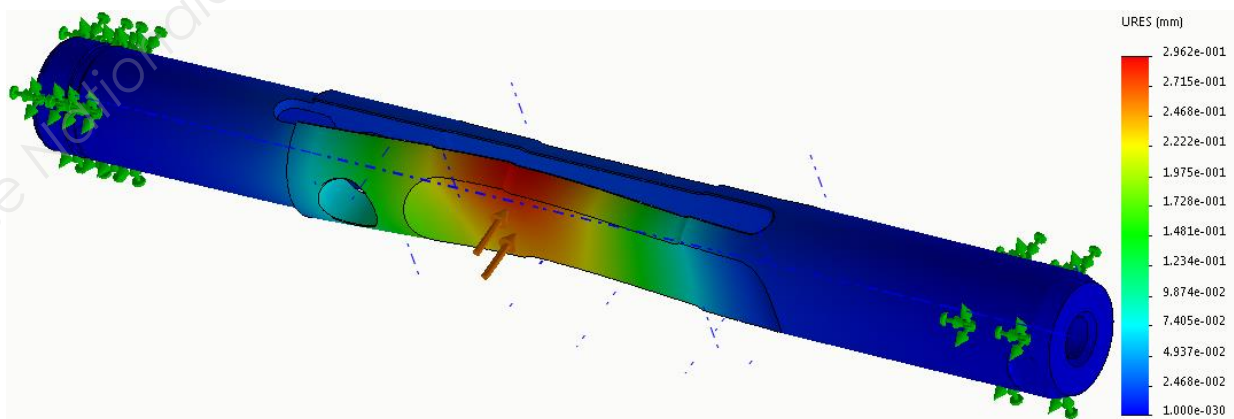
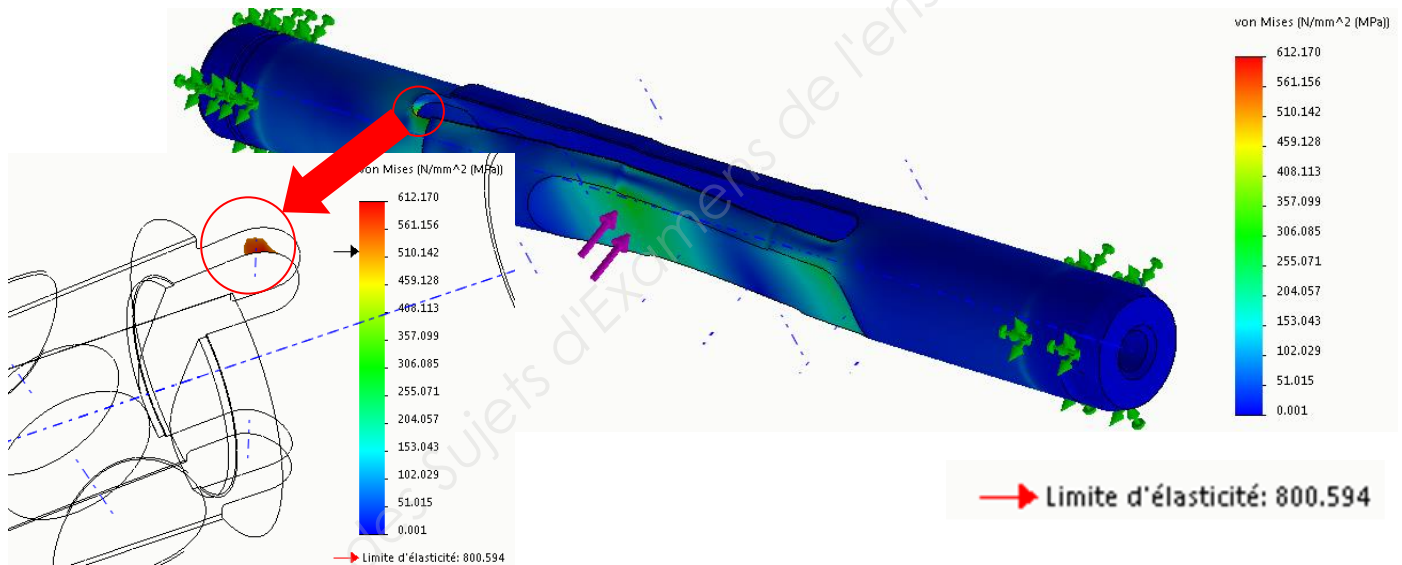
<p>This drawing is our property. It is not to be reproduced or communicated without our written agreement.</p>			
DRAWN BY	DATE	<p align="center">Boitier de différentiel-ETHC</p>	
CHECKED BY	DATE		
DESIGNED BY	DATE		
	<p>13/02/2018</p>	SIZE	REV
	<p>XXX</p>	A1	X
	<p>XXX</p>	SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,25
		SHEET	1 / 1



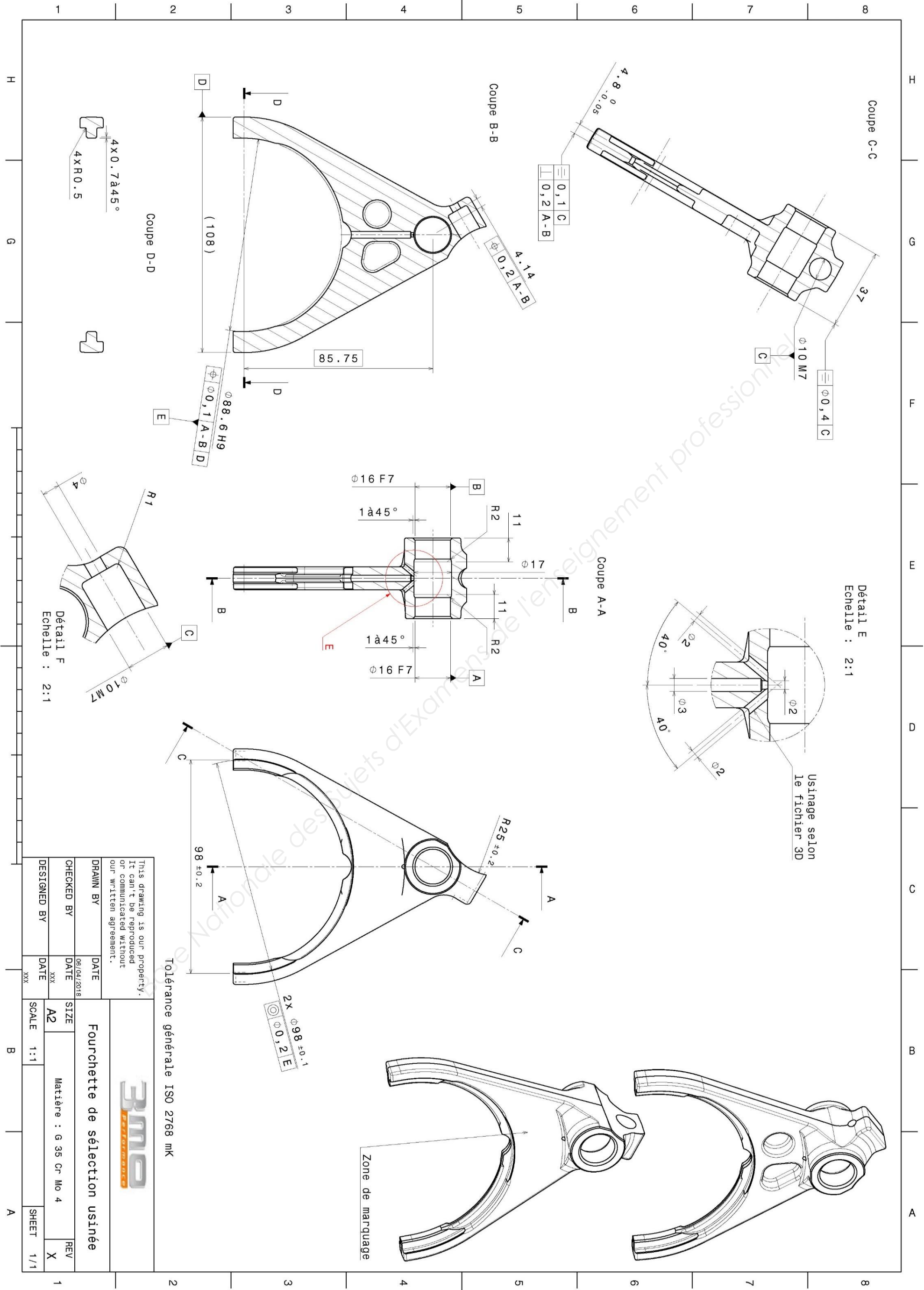
DT7 Repérage partiel des surfaces à usiner de l'axe de commande

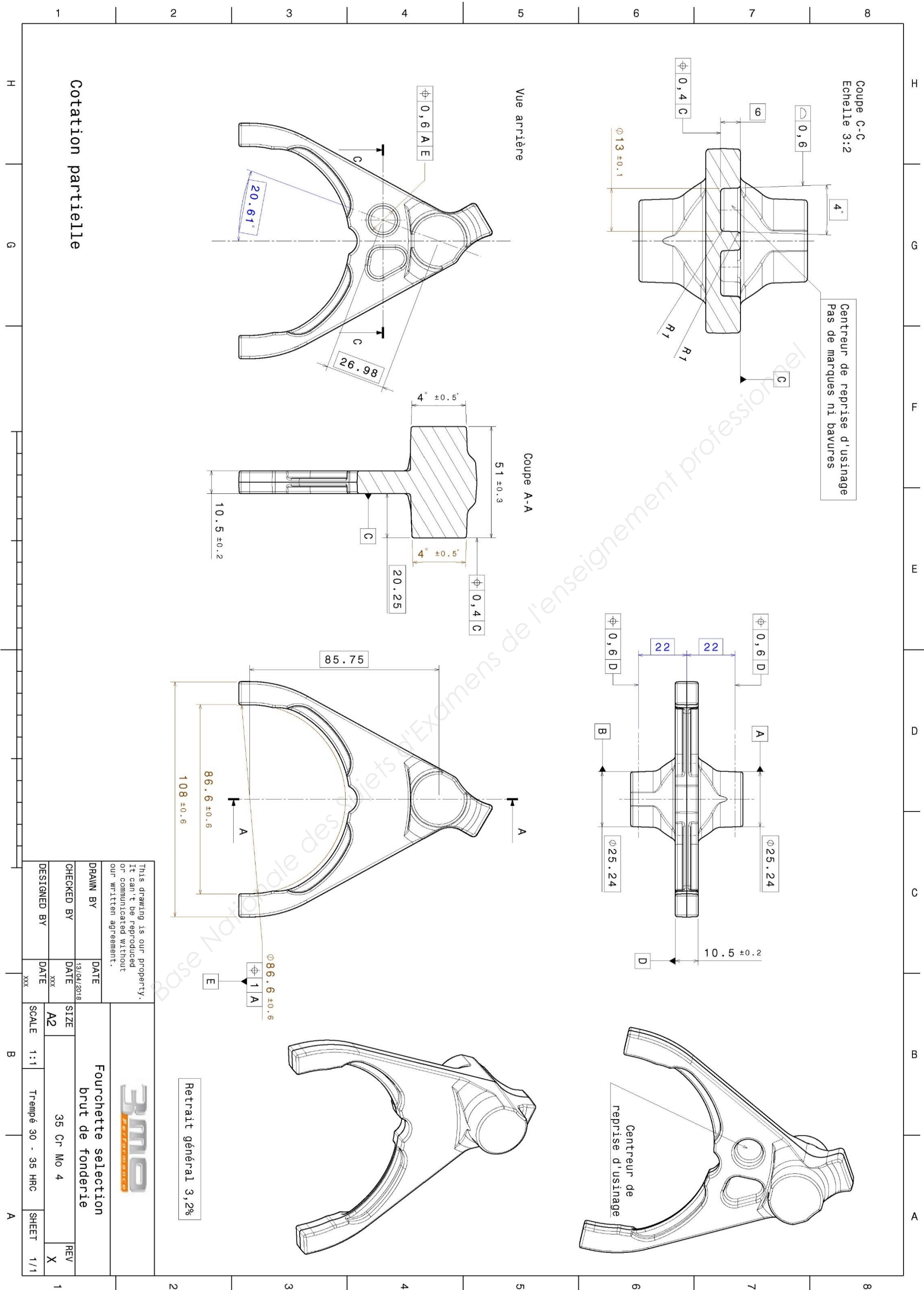


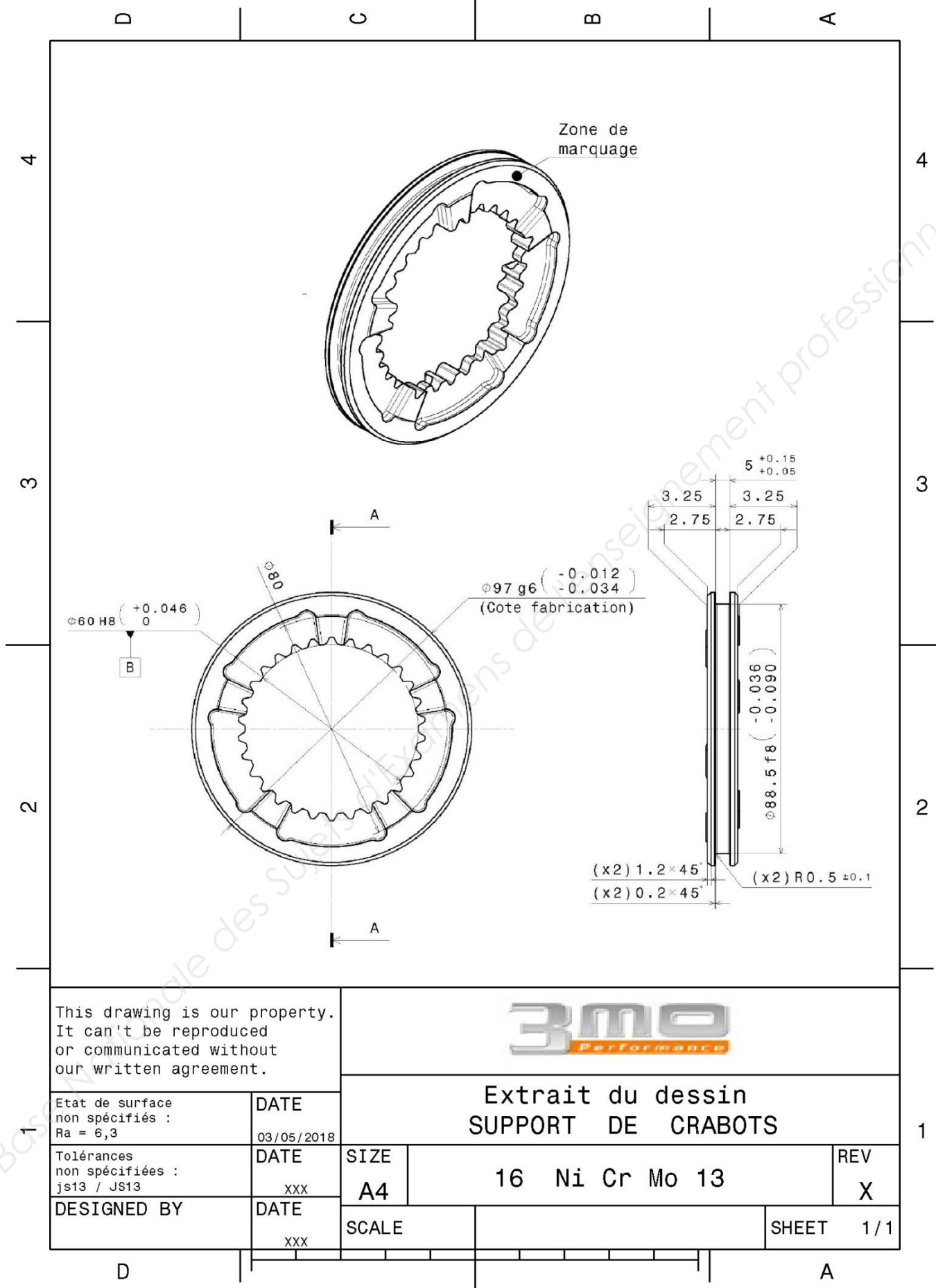
DT8 Résultats de simulation de l'axe


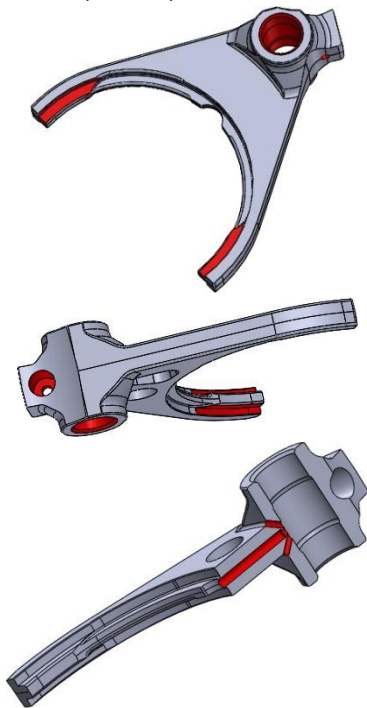


Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
TOLERANCEMENT NORMALISE	Symbole de la spécification	Eléments non idéaux extraits du « Skin Modèle »		Eléments Idéaux
		Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	
	Type de spécification Forme Orientation Battement Position			
	Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.			
		Plan médian extrait de deux surfaces nominale- ment planes.	Deux surfaces nominale- ment planes	Référence(s) spécifiée(s) simple commune système
				simple composée
				Contraintes orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée
				Les 2 plans formant la zone de tolérance doivent être parallèles et disposés également de part et d'autre de la référence K.
				La zone de tolérance est formée de 2 plans parallèles distants de 0.27mm.
				Plan médian parfait de deux plans tangents à l'extérieur de la matière et minimisant les défauts de forme







		NOMENCLATURE des PHASES		Bureau des méthodes
Ensemble : Boîte de vitesse ETLV		Elément : Fourchette de sélection		1 / 1
Matière : G 35 Cr Mo 4		Programme : 1500 pièces / an / 5 ans		
N° Phase	Désignation	Machine - outils	Observations - Croquis	
Phase 10	Fonderie cire perdue		Phase sous-traitée	
Phase 20	Trempe + revenu		Phase sous-traitée : 30 à 35 HRC	
Phase 30	Fraisage	CU Vertical 5 axes	Porte-pièce : montage dédié (DT15) 	
Phase 40	Nitruration incolore		Profondeur 0,1 à 0,2 mm Dureté superficielle : 650 HV mini	

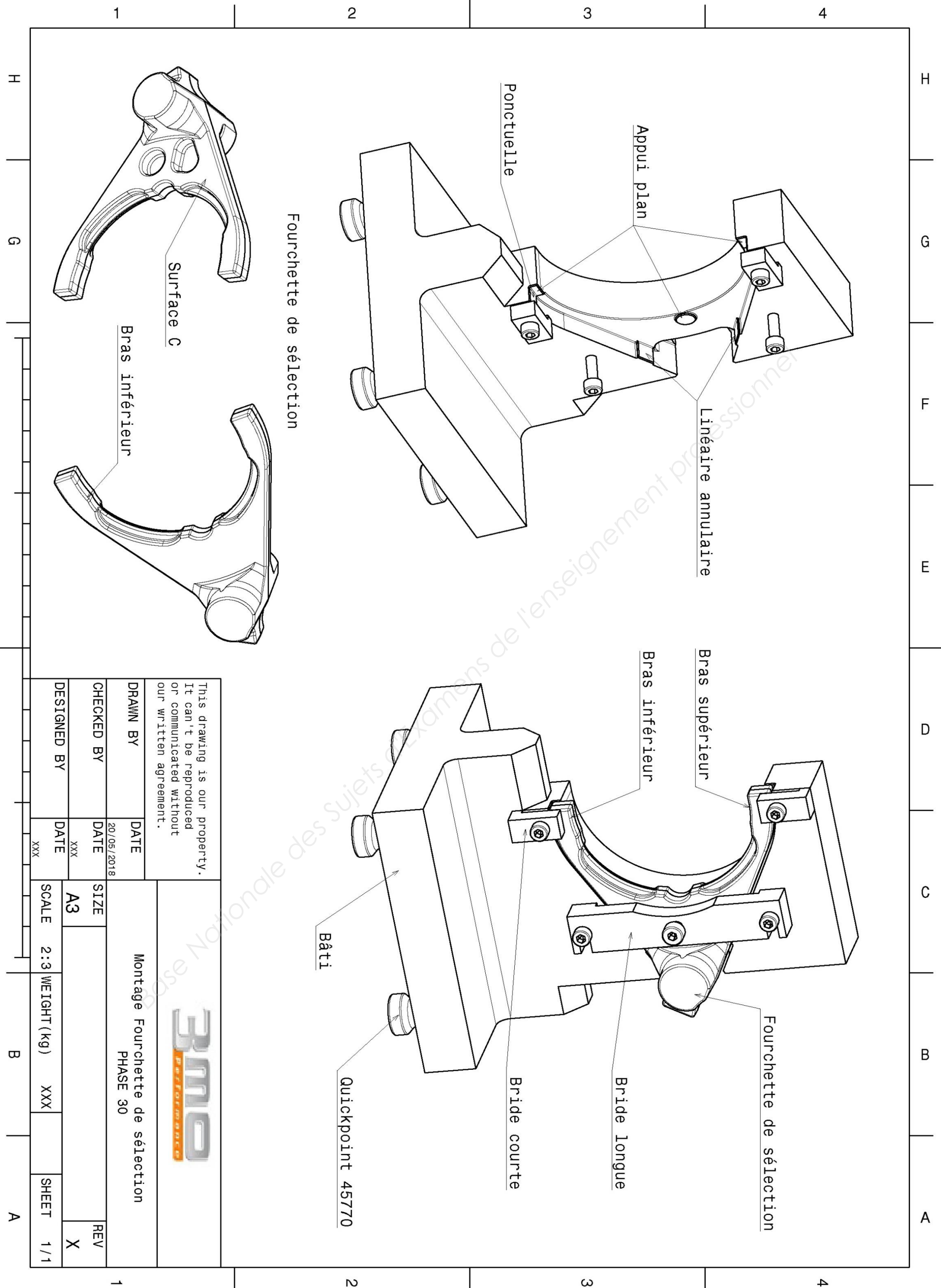


Tableau 2 — Symboles élémentaires représentant la fonction des éléments technologiques

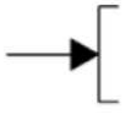


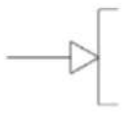


Fonction	Exemple (en vue de côté)	Symbole (en vue de côté)	Symbole projeté (en vue de face)
Mise en position rigoureuse (réalisant l'isostatisme) à partir de l'identification des surfaces actives de mise en situation	 (triangle plein)		
Maintien en situation (attachement) Ou Prépositionnement Ou Opposition aux déformations ou aux vibrations	 (triangle vide)		

Tableau 3 — Symboles élémentaires représentant le type de technologie























Type de technologie	Symbole	Exemple	
Appui fixe (avec contact franc ou flottant avec jeu ^{a)})			
Appui fixe (avec contact flottant et sans jeu)	/		
Centrage fixe (avec contact flottant et avec jeu)	○		
Centrage fixe (avec contact flottant et sans jeu)	∅		
Système à serrage	U		
Système à serrage concentrique	G		
Système de soutien irréversible	✓		
Système de soutien réversible	~		
Système de centrage réversible	~○		

Tableau 4 — Symboles élémentaires représentant la nature de la surface active de mise en situation de la pièce

Nature de la surface	Symbole	Exemple	
Surface usinée	—		
Surface brute	▬		

« Rencontre avec la fonderie BOUTTE et son imprimante 3D à sable ! »

Société basée à BEAUCHAMPS dans le Nord Pas de Calais Picardie, spécialisée dans le prototypage de turbos pour l'automobile, la fonderie BOUTTE est la première fonderie en France à avoir fait l'acquisition d'une imprimante 3D à sable. Une machine industrielle développée par l'allemand VOXELJET, mesurant plus de deux mètres de hauteur pour plus de trois tonnes, [...] pour la fabrication de ses moules et noyaux. Le montant global de l'investissement s'élève à 800 000€. [...]

La Fonderie BOUTTE avec son expérience du prototype turbo et de l'utilisation de produits imprimés a souhaité s'équiper pour être autonome, mais surtout être indépendant de la sous-traitance afin d'optimiser les délais. Les délais dans le cadre du prototypage rapide étant l'élément essentiel, il n'y avait pas d'autre choix possible.

« Nous associons l'impression 3D avec la fonderie dite classique »

Présentons-nous la VX 1000. Comment fonctionne-t-elle et quelles sont ses principales applications ? L'imprimante a une capacité d'impression de 312 litres, dans un volume de 1060mm*500mm*600mm. Après avoir établi les différents fichiers, ceux-ci sont injectés dans la machine (STL). L'opérateur définit la conception d'un « job » (ou d'un volume imprimé), positionne les différents éléments à imprimer dans l'espace.

Ensuite, la machine réalise l'impression, par couches successives de 150 microns : la tête d'impression balaie toute la surface utile et dépose de la résine, là où il y a besoin de lier les grains de sable. Un bras balaie la surface avec deux objets, chauffe la surface de sable et dépose une nouvelle couche de sable de 150 microns. Un cycle complet est d'environ 72 secondes.

Un job complet (312 litres) est imprimé en environ 40/42 heures.

Par ce procédé, nous imprimons :

- soit des noyaux que nous insérons dans des moules réalisés par la fonderie. Nous associons l'impression 3D avec la fonderie dite classique.
- soit des moules et noyaux dans lesquels nous coulons un alliage élaboré.

« Le délai qui est réduit d'environ 3 semaines »

Après plusieurs mois d'utilisation, selon vous quels sont les atouts mais aussi les limites de la fabrication additive par rapport aux techniques de fabrication traditionnelle ? [...]

« Les atouts de notre système d'impression sable sont... »

- La précision dimensionnelle, les bureaux d'étude recherchent de plus en plus souvent à réaliser des gains de poids. L'impression 3D permet d'aller dans ce sens.
- Les formes presque sans limites.
- Le délai qui est réduit d'environ 3 semaines dans le cas de réalisations de prototypes turbos automobiles.
- La réalisation de pièces sans réaliser auparavant des outillages (coût et délai).
- Les possibilités offertes aux bureaux d'étude de nos clients qui peuvent aujourd'hui dessiner des pièces qui n'étaient pas « fabricables » auparavant.
- Nous pouvons presque donner satisfaction à toutes les demandes des bureaux d'études.

« Comme inconvénients, nous pouvons citer... »

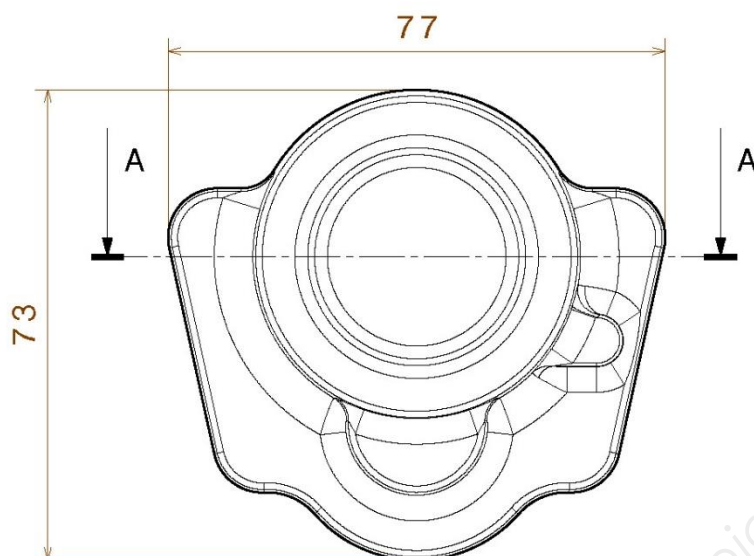
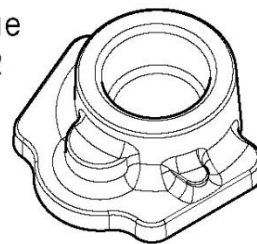
- Les cadences d'impression (impression couche par couche de 150 microns).
- Le montant de l'investissement.
- Le coût des consommables.
- Le coût de maintenance.

<http://www.primante3d.com/voxeljet-vx1000-26092016/> consulté le 10/02/2018



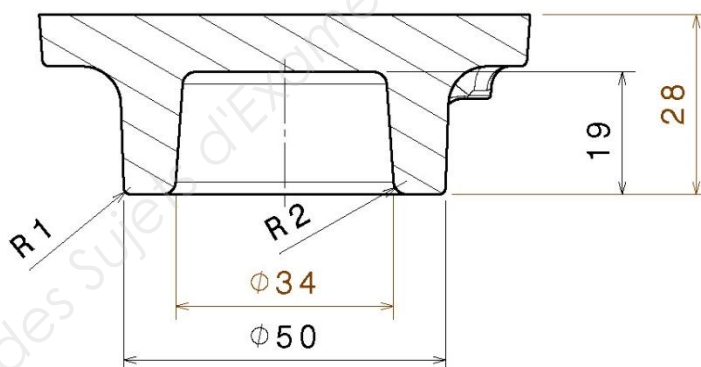
BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 28 sur 43

D C B A

Vue isométrique
Echelle : 1:2

Cotation partielle

Coupe A-A



Tolérances générales: JS15/js15

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.



DRAWN BY

DATE

03/07/2018

Fonderie du Capot
de pompe à huile (boite ETLC)CHECKED BY
XXXDATE
xxxSIZE
A4Matière:
Al Si 7 Mg 03REV
XDESIGNED BY
XXXDATE
xxx

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

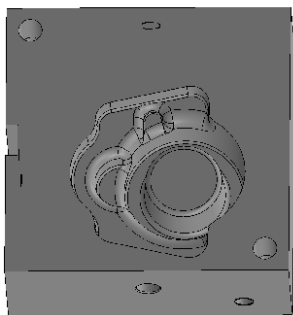
0,06

SHEET

1/1

D

A



MATÉRIAUX À USINER
MATERIALS TO BE MACHINED

GROUPES & SOUS-GROUPES DE MATÉRIAUX MATERIALS GROUPS & SUBGROUPS		DÉSIGNATION DESIGNATION	EXEMPLES EXAMPLES	
1. ACIERS / STEELS				
1.1	Aciers doux magnétiques Magnetic soft steels Resistance <= 400 Mpa		1.0718	S 250 Pb
1.2	Aciers de construction et de cémentation Structural steels and case carburising steels Resistance <= 700 Mpa	Aciers de construction Structural steels	1.0035	A33
			1.1141	XC 18
1.3	Aciers au carbone Carbon steels Resistance <= 850 Mpa		1.1158	XC 25
			1.0904	55 S 7
1.4	Aciers alliés Alloyed steels Resistance <= 850 MPa	Aciers à outils Tool steels Aciers rapides High Speed Steels Aciers alliés Alloyed Steels	1.2363	Z 100 CDV 5
			1.3243	HS 6-5-2-5
			1.5919	16 NC 6
			1.7220	35 CD 4
			1.7361	30 CD 12
1.5	Aciers alliés / aciers traités Alloyed steels / tempered steels Resistance de 850 - 1200 MPa	Aciers à outils Tool steels	1.3207	HS 10-4-3-10
			1.2379	Z160 CDV 12
		Aciers traités Temperd steels Aciers de nitration Nitride steels	1.7225	42 CD 4
			1.6580	30 CND 8
1.6	Aciers alliés / aciers traités Alloyed steels / tempered steels Resistance de 1200 - 1600 MPa		1.2713	55 NCDV 7
1.7	Aciers traités Tempered steels Dureté / Hardness : 50 - 56 HRC		1.2343	Z 38 CDV 5
			1.2713	55 NCDV 7
1.8	Aciers traités Tempered steels Dureté / Hardness : 56 - 62 HRC		1.2379	Z 160 CDV 12
2. ACIERS INOXYDABLES / STAINLESS STEELS				
2.1	Aciers INOX Stainless steels Resistance <= 850 MPa		1.4104	Z 13 CF 17
2.2	Aciers austénitiques Austenitic steels Resistance <= 850 MPa		1.4404	Z 3 CND 17-12-03 (316L)
			1.4306	Z 2 CN 18-10 (304L)
2.3	Aciers ferritiques + austénitiques et martensitiques Ferritic + austenitic and martensitic steels Resistance <= 1100 MPa		1.4125	Z 100 CD 17
			1.4545	Z 7 CNU 15-05
3. FONTE / CAST IRON				
3.1	Fonte grise à graphite lamellaire Lamellar cast iron Resistance <= 500 MPa		0.6020	Ft 20
			0.6030	Ft 30
3.2	Fonte grise à graphite lamellaire Lamellar cast iron Resistance 500 - 1000 MPa		0.6030	Ft 30
			0.6040	Ft 40
3.3	Fonte grise à graphite sphéroïdale Nodular cast iron Resistance <= 700 MPa		0.7043	FGS 370-17
			0.7050	FGS 500-7
3.4	Fonte grise à graphite sphéroïdale Nodular cast iron Resistance 700 - 1000 MPa		0.7070	FGS 700-2
4. TITANE / TITANIUM				
4.1	Titane pur Pure titanium Resistance <= 700 MPa		3.7034	Ti 99.7
4.2	Alliages de titane Titanium alloys Resistance <= 900 MPa		3.7164	TA 6 V
4.3	Alliages de titane Titanium alloys Resistance 900 - 1200 MPa		3.7164	TA 6 V

D'après une documentation LECLERC Outils Coupants

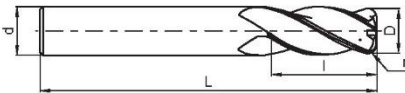
FRAISES 4 DENTS HAUT-DEBIT
4 FLUTES «HIGH CHIP REMOVAL» END-MILLS

FRAISES
END-MILLS

ACIERS
STEELS

elco . 10

K2632.10



D - h9	d - h6	l	L	r	Code	Prix - €
3	3	7	38	0,2	K2632.10.030.02	16,40
3	3	7	38	0,5	K2632.10.030.05	16,40
4	4	11	50	0,2	K2632.10.040.02	19,10
4	4	11	50	0,5	K2632.10.040.05	19,10
5	5	13	50	0,2	K2632.10.050.02	19,50
5	5	13	50	0,5	K2632.10.050.05	19,50
5	5	13	50	1,0	K2632.10.050.10	19,50
6	6	13	57	0,2	K2632.10.060.02	23,10
6	6	13	57	0,5	K2632.10.060.05	23,10
6	6	13	57	0,8	K2632.10.060.08	23,10
6	6	13	57	1,0	K2632.10.060.10	23,10
6	6	13	57	1,2	K2632.10.060.12	23,10
6	6	13	57	1,5	K2632.10.060.15	23,10
7	8	16	63	0,2	K2632.10.070.02	33,80
8	8	19	63	0,2	K2632.10.080.02	27,10
8	8	19	63	0,5	K2632.10.080.05	27,10
8	8	19	63	0,8	K2632.10.080.08	27,10
8	8	19	63	1,0	K2632.10.080.10	27,10
8	8	19	63	1,2	K2632.10.080.12	27,10
8	8	19	63	1,5	K2632.10.080.15	27,10
8	8	19	63	2,0	K2632.10.080.20	27,10
9	10	19	72	0,2	K2632.10.090.02	42,80
10	10	22	72	0,3	K2632.10.100.03	43,60
10	10	22	72	0,5	K2632.10.100.05	43,60
10	10	22	72	0,8	K2632.10.100.08	43,60
10	10	22	72	1,0	K2632.10.100.10	43,60
10	10	22	72	1,2	K2632.10.100.12	43,60
10	10	22	72	1,5	K2632.10.100.15	43,60
10	10	22	72	2,0	K2632.10.100.20	43,60

						Groupes & sous-groupes de matériaux Materials groups & subgroups							
						1.3	1.4	1.5	1.6	3.1 / 3.3	5.2	8.2	
K2632.10						Vc	145	125	110	70	145	45	160
K2633.10						Vc	145	125	110	70	145	45	160
D	ae ¹ max	ap ² max	ae max	ap max	fz	fz	fz	fz	fz	fz	fz	fz	fz
4	4	4	2	6	0,018	0,017	0,015	0,014	0,018	0,015	0,015	0,015	
6	6	6	3	9	0,031	0,028	0,026	0,023	0,031	0,026	0,026	0,026	
8	8	8	4	12	0,043	0,040	0,036	0,033	0,043	0,036	0,036	0,036	
10	10	10	5	15	0,055	0,050	0,046	0,041	0,055	0,046	0,046	0,046	
12	12	12	6	18	0,066	0,061	0,055	0,050	0,066	0,055	0,055	0,055	
16	16	16	8	24	0,087	0,080	0,072	0,065	0,087	0,072	0,072	0,072	
20	20	20	10	30	0,092	0,084	0,077	0,069	0,092	0,077	0,077	0,077	

¹ : ae > D/2 -> Vc x 0,8

² : ap > D/2 -> fz x 0,75

D'après une documentation LECLERC Outils Coupants

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.

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.