

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**PRODUCTIQUE MÉCANIQUE****E4: CONCEPTION DES OUTILLAGES**

Sous-épreuve : U.41 - Conception d'un outillage

Durée : 3 heures 30

Coefficient : 2,5

Aucun document autorisé

Contenu du dossier

Texte du sujet: feuille 1 /10 à feuille 10/10

Cette sous-épreuve a pour objectif de valider les compétences

- C 21 : analyser une solution d'outillage
- C 23 : valider et/ou dimensionner tout ou partie d'une solution d'outillage
- C 24 : améliorer une solution d'outillage

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machine entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

Tous les documents réponses (feuilles de copies et feuilles réponses du sujet) seront placés dans cette chemise de présentation et rendus à la fin de la sous-épreuve.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**PRODUCTIQUE MÉCANIQUE****E4: CONCEPTION DES OUTILLAGES**

Sous-épreuve.- U 41 - Analyse et validation d'un outillage

Sous-épreuve.- U 42 - Conception d'un outillage

DOSSIER TECHNIQUE**Contenu du dossier**

		Page
DT 1	Présentation du contexte de l'étude	DT1 - 1/12
DT 2	Dessin de définition Chape brute	DT2 - 2/12
DT 3	Dessin de définition Chape usinée	DT3 - 3/12
DT 4	Nomenclature des phases	DT4 - 4/12
DT 5	Contrat de phase n° 20	DT5 - 5/12
DT 6	Dessin de l'outillage de fraisage existant	DT6 - 6/12
DT 7	Nomenclature de l'outillage de fraisage existant	DT7 - 7/12
DT 8	Spécification M.O.C.N BROTHER TC22A	DT8 - 8/12
DT 9	Spécifications techniques du système EROWA	DT9 - 9/12
DT 10	Documentations techniques Pieds rotulés et broches à patin	DT10 - 10/12
DT 11	Caractéristiques des vis et écrous au profil métrique	DT11 - 11/12
DT 12	Tableau des coefficients spécifiques de coupe	DT12 - 12/12

Présentation du contexte de l'étude.

La Société SAGEM est une entreprise spécialisée dans la fabrication de pièces mécaniques de précision. Elle travaille habituellement dans le domaine de la petite et grande série, pour l'industrie aéronautique, aérospatiale, militaire et l'automobile.

L'étude proprement dite porte sur la réalisation en phase 20 d'une chape en alliage d'aluminium Al Si 7 Mg dont le brut est obtenu en moulage en cire perdue.

La chape usinée est définie par le document DT3 et le brut par le document DT2.

La nomenclature des phases est définie par le document DT4 et le contrat de phase par le document DT5. Ce document étant le support de l'étude.

Le contexte de fabrication qui a conduit à la solution de réalisation était fortement contraint par la production renouvelable de lots de 50 pièces, tous les mois. La société SAGEM a ainsi étudié et réalisé un montage de fraisage défini par les documents DT6 et DT7.

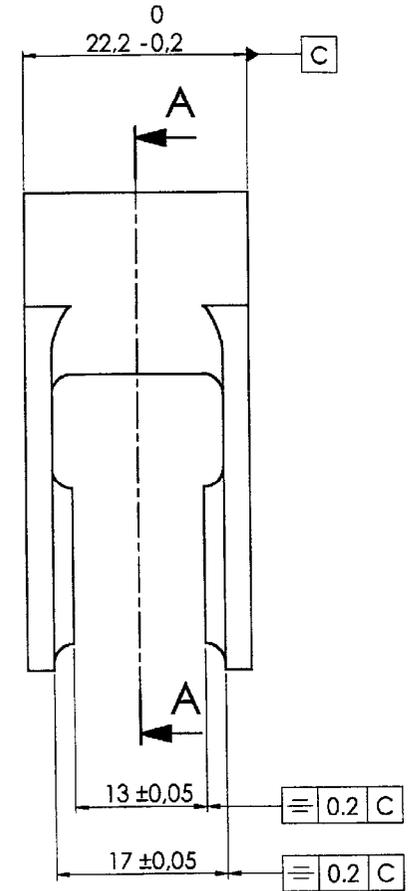
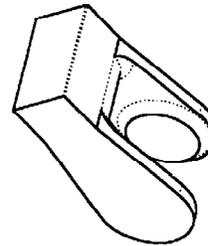
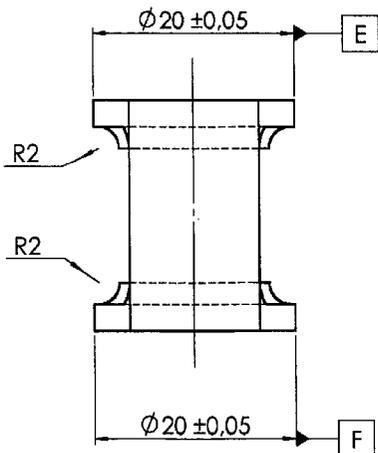
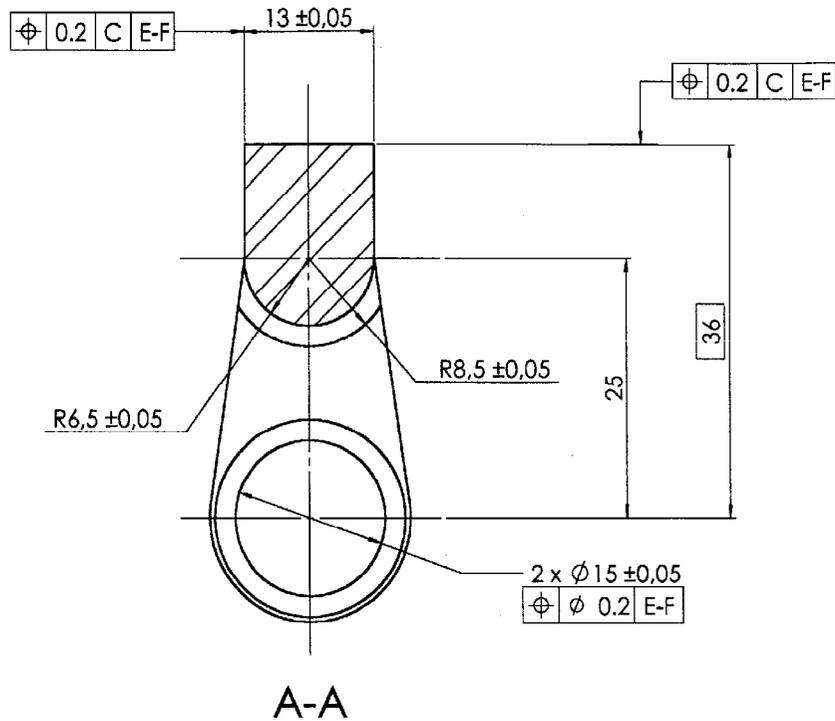
Le centre d'usinage vertical BROTHER TC22A (document DT8 pour information) possède un système de pallétisation permettant l'utilisation de deux outillages identiques, un en position chargement déchargement et l'autre en position usinage.

Afin de réduire le temps de changement de production, les montages sont assemblés sur des palettes de repositionnement EROWA. Ce système décrit document DT9 est composé d'une embase fixée sur la table de la machine outil, et de palettes sur lesquelles sont fixées les montages d'usinage.

La qualité de repositionnement permet, si l'on ne démonte pas les montages des palettes, une remise en production très rapide.

Le client ayant décidé de passer un contrat pour une production de lots de 200 pièces, tous les mois, pendant 10 ans, la société SAGEM décide de faire une nouvelle étude pour ce montage, permettant de résoudre les problèmes rencontrés jusqu'alors, tout en limitant l'investissement.

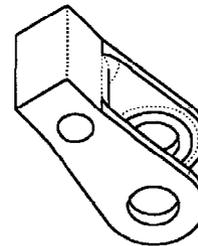
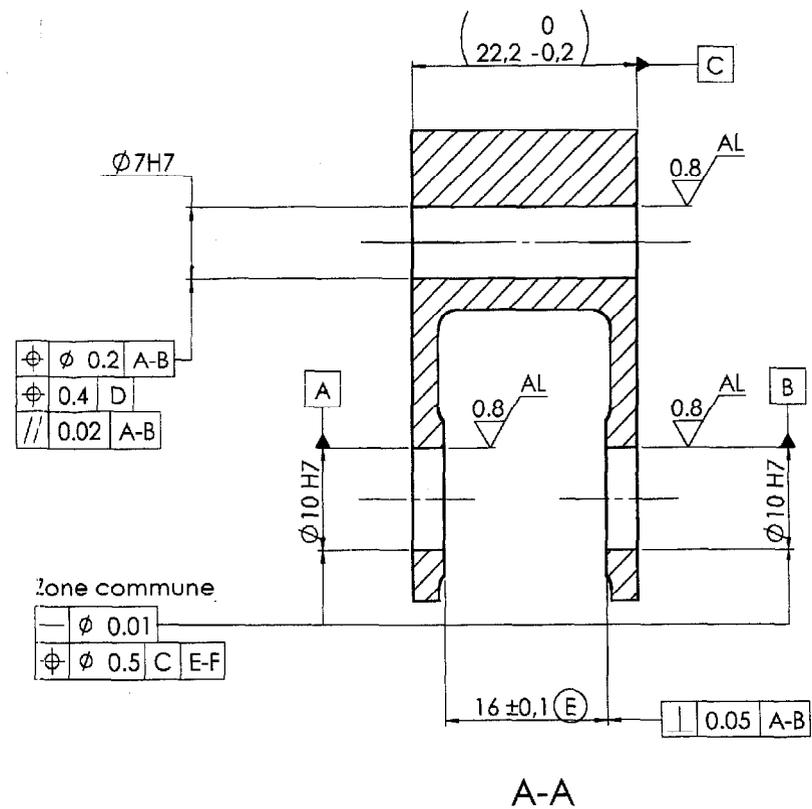
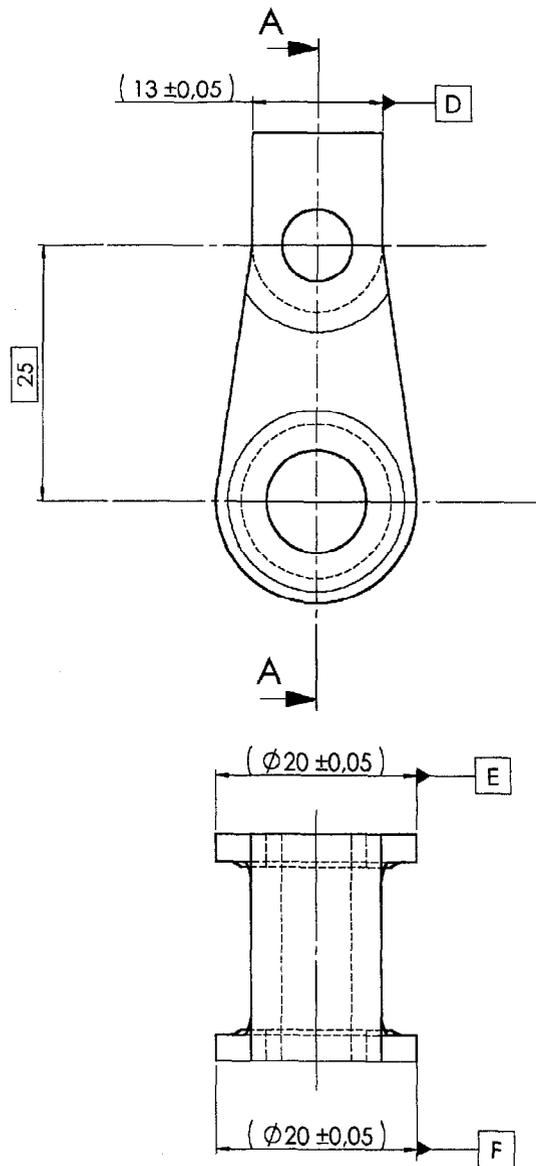
DOCUMENT DT1



Matière suivant AIR 3380/C
 Moulé procédé cire perdue
 Classe de contrôle : CAT 3.0
 Fini de surface : CLA 3.2 (sablage CORINDON)
 Certificat de contrôle par coulée
 Relevé dimensionnel par lot
 Rayons non cotés 0.2

Licence d'éducation SolidWorks
 A titre éducatif uniquement

1	1	Chape brute	AlSi7Mg		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
		CHAPE BRUTE			
		Format : A3H			
		Echelle : 2:1			
		Dessiné par :			
		Document DT2			
		date : 23 07 2001			

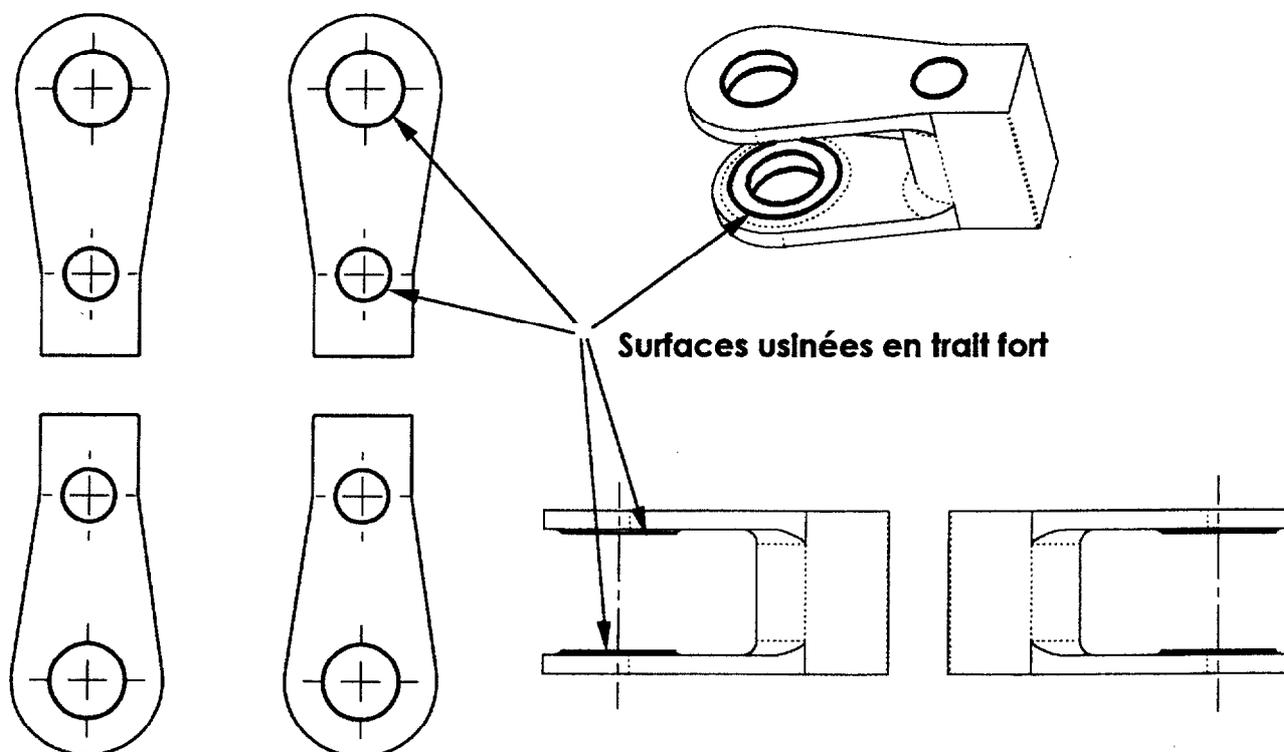


Tolérances générales 2768 mK
Aucun marquage toléré

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

1	1	Chape	AlSi7Mg	Moulé cire perdue	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
		CHAPE USINEE			
		Format : A3			
		Echelle : 2:1			
		Dessiné par :			
		Document DT3			
		date : 23 07 2001			

NOMENCLATURE DES PHASES		Ensemble : Dispositif de freinage		BUREAU DES METHODES
		Élément : Chape		
		Matériau : Al Si 7 Mg		
		Programme : 200 pièces / mois		
Phase	Désignation	Machine-outil	Observations	
00	Contrôle du brut			
10	Doucissage	Opération manuelle	Le doucissage consiste à blanchir une face avec un abrasif, afin d'obtenir une bonne planéité de surface qui réalise l'appui plan	
20	Fraisage - Percer \varnothing 6,8 H11 - Aléser \varnothing 7 H7 - Percer \varnothing 9,8 H11 - Aléser \varnothing 10 H7 - Fraiser rainure intérieure (faces supérieure et inférieure)	BROTHER TC-22A REVOLUTION 4 axes - Foret carbure \varnothing 6,8 - Alésoir carbure \varnothing 7H7 - Foret carbure \varnothing 9,8 - Alésoir carbure \varnothing 10 H7 - Fraise 3 T \varnothing 63 ARS ep 1.5mm 40dents	Mise position de la pièce - Appui plan sur C - Orientation sur F - Appui ponctuel	
30	Ebavurage	Manuel + Mécanique		
40	Protection peinture	Manuel		
50	Contrôle	Traditionnel + M.M.T		



Pièces en position d'usinage vue de dessus

CONTRAT DE PHASE PHASE N°20

Ensemble : Dispositif de freinage
 Elément : Chape
 Matière : Al Si 7 Mg

**BUREAU DES
METHODES**

NOM :

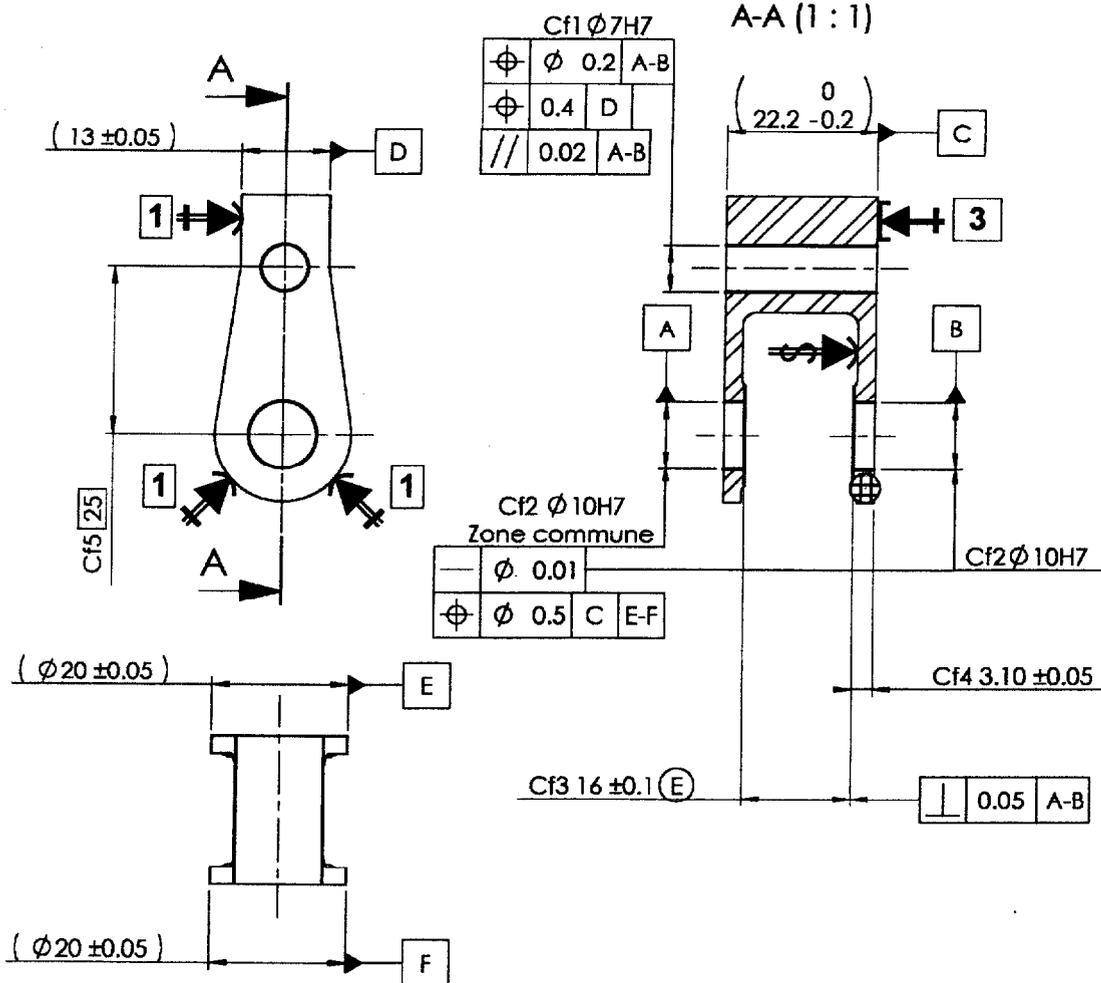
Programme : 200 pièces par mois

Date : 23 07 2001

DESIGNATION : FRAISAGE CN



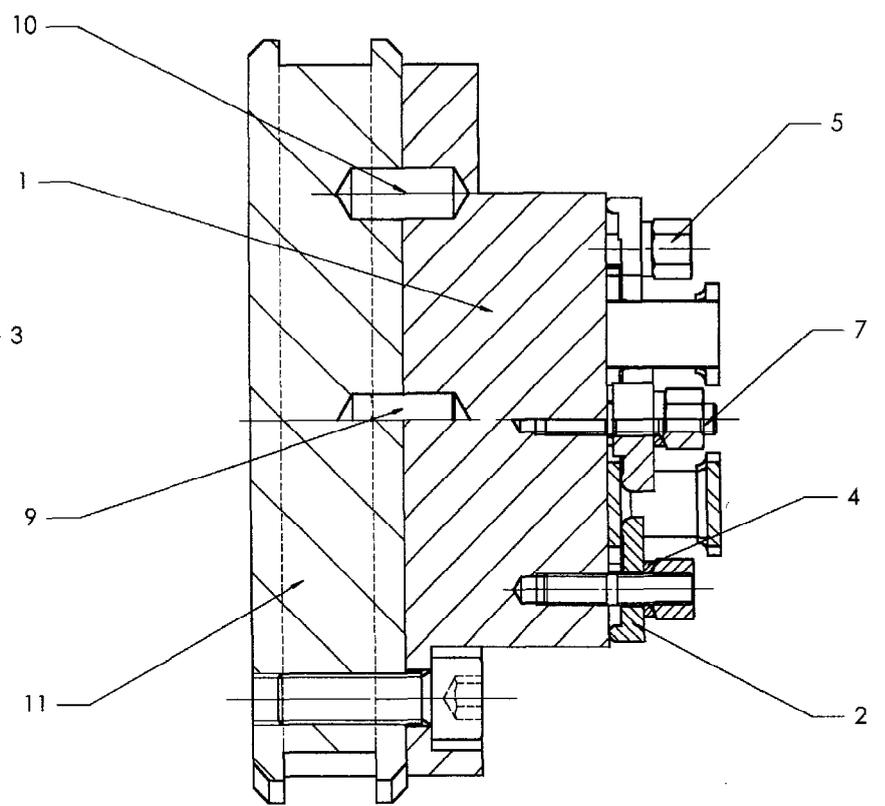
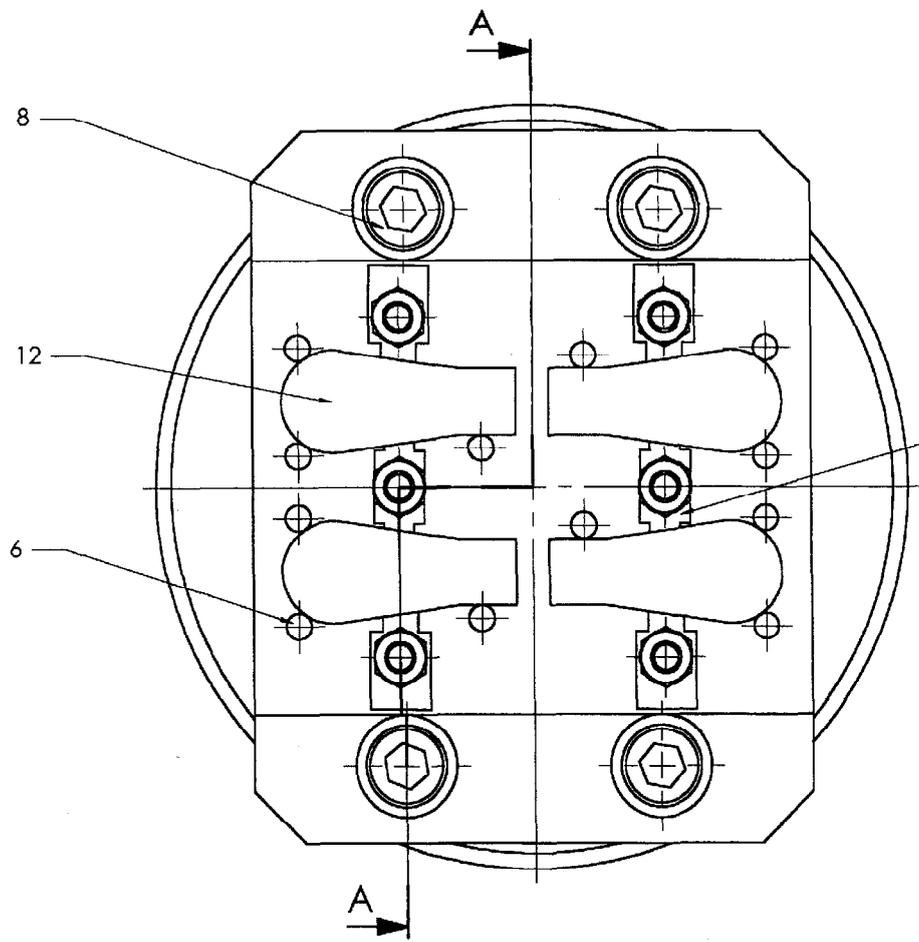
MACHINE OUTIL : BROTHER TC-22A REVOLUTION



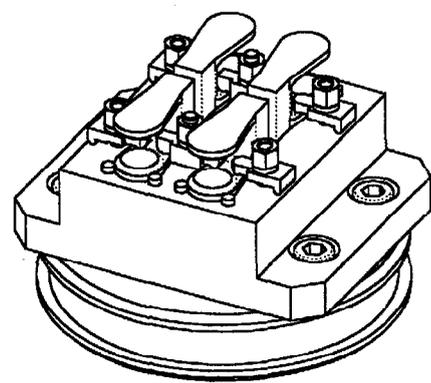
Ø7H7 = Ø 7 (0/+ 0.018) Ø10H7 = Ø 10 (0/+0.018)
 Rugosité des alésages Ra = 0.8

Désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m/min	N tr/min	f mm/tr	Vf mm/min	a mm
- Perçage Ø6.8 H11	Foret carbure Ø6.8	128	6000		250	
- Alésage Ø7H7	Alésoir carbure Ø7H7	22	1000		100	
- Perçage Ø9.8 H11	Foret carbure Ø9.8	128	4200		168	
- Alésage Ø10H7	Alésoir carbure Ø10H7	22	700		70	
- Fraisage rainure intérieure Faces supérieure et inférieure	Fraise 3T Ø63 Ep 1.5 40 dents	75	1200		400	

Document DT 5



A-A



Vue 3D echelle 1 : 2

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

1	1	Outillage de fraisage pour chape		
Rep	Nbre	Désignation	Matière	Observations
			Echelle 1:1 A3H	OUTILLAGE DE FRAISAGE POUR CHAPE PHASE N° 20 - CU TC22A BROTHER
Date : 23/07/2001				DOCUMENT DT6

NOMENCLATURE DESSIN MONTAGE EXISTANT

12	4	Chape (Pièce usinée)	Al Si 7Mg	
11	1	Palette EROWA		
10	1	Locating	100 Cr6 Ø 10	
9	1	Centreur	100 Cr6 Ø 10	
8	4	Vis CHc M10 x 30		
7	6	Goujon M6x25		
6	12	Pions de centrage	100 Cr6 Ø 5	Monté collé
5	6	Ecrou à portée sphérique M6		
4	6	Rondelle à portée sphérique Ø 6.5		
3	2	Bride double	C35	
2	4	Bride simple	C35	
1	1	Semelle	40 Cr Mn Mo 8	Rectifiée
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
MONTAGE DE FRAISAGE USINAGE CHAPE			Echelle 1 : 1	

TC-22A

Machine specifications

Item		TC-22A
GNC unit model		CNC-A00
Movement amount	X axis mm(inch)	500 (19.7)
	Y axis mm(inch)	400 (15.7)
	Z axis mm(inch)	410(16.1) (Including ATC80)
	Distance between table top and spindle nose end mm(inch)	200 - 610 (7.9 - 24.0)
Table	Work area size mm(inch)	650×400 (25.6×15.7)
	Maximum loading capacity(uniform load) kg(lbs)	200(441)
Spindle	Spindle speed min ⁻¹	12 - 12,000
	Speed during tapping min ⁻¹	MAX.8,000
	Tapered hole ^{*-5}	Selective specification
Feed rate	Rapid traverse rate X×Y×Z axes m/min(inch/min)	56×56×56 (2,205×2,205×2,205)
	Cutting feed rate mm/min(inch/min)	1 - 20,000 (0.04 - 787)
ATC unit	Tool shank type ^{*-5}	Selective specification
	Pull stud type ^{*-5}	Selective specification
	Tool storage capacity ^{*-1} pcs.	18(+1)/26(+1)
	Max. tool length mm(inch)	200 (7.9)
	Max. tool diameter ^{*-2} mm(inch)	55 (2.2) (Max. tool diameter 125 (4.9))
	Max. tool weight ^{*-3} kg(lbs)	3.5 (7.7) (total weight:40 (88.2) /18) (total weight:55 (121.3) /26)
	Tool selection	Memory random
Electric motors	Tool change time (Tool to Tool) sec.	0.7
	Main spindle motor (10 min/continuous) ^{*-4} kw	7.2/5.2
	Feed spindle motor kw	1.2(X, Y, Z)
Power source	Power supply	AC 3 phase V±10%, 50/60Hz ±1Hz
	Power capacity(max.) kVA	11(25)
	Pneumatic source	Working air pressure MPa
Required flow L/min		100(at atmospheric pressure)
Machine dimensions	Machine height mm(inch)	2,274 (89.6)
	Required floor space(with control unit door opened) mm(inch)	1,671×2,846 (65.8×112.0)
	Machine weight (including control unit and splash guard) kg(lbs)	2,200 (4,850)
Accuracy ^{*-4}	Positioning accuracy mm(inch)	0.005/300 (0.0002/11.8)
	Repeatability mm(inch)	±0.003 (±0.00012)
Standard accessories		1 operating manual, 4 anchor bolts, 4 leveling plates, 1 splash guard with manual door, 1 set of fuses.

- *-1 When all tools are small diameter tools (φ55 or less).
- *-2 When using large diameter tools, the tool change sequence differs.
- *-3 Actual tool weight varies according to the configuration and center of gravity; the figures shown here are only for reference.
- *-4 The measurement method is based on the JIS Standards B6201-1987.
- *-5 Selective specifications
- * The specifications of the products listed in this catalog are subject to change for improvements.

Optional Specifications

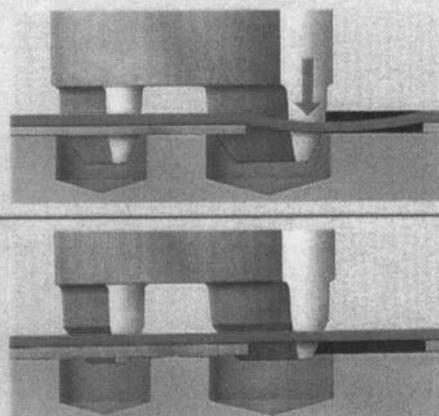
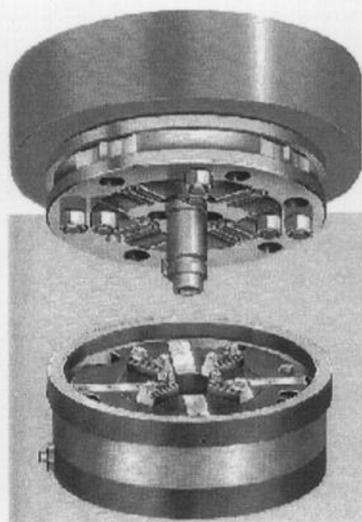
Spindle taper	7/24 taper No.30	1/10 taper	1/10 taper
Tool shank type	MAS-BT30	HSK-A40	NC5-46
Pull-stud type	MAS-P30T-2	None	PS-N46
Spindle through coolant	No	Yes (optional)	Yes (optional)

DOCUMENT DT8



EROWA®

Caractéristiques techniques	PowerChuck F
Taille des palettes	Ø 115 et Ø 148 mm
Dimension du mandrin H x Ø	H = 51 x Ø 156 mm
Hauteur du système (mandrin et palette)	H = 91 mm
Dimensions de pièces recommandée	Jusqu'à 160 x 160 x 250 mm
Précision de répétabilité	0,002 mm
Indexation	4 x 90°
Force de serrage	9000 N
Serrage	Par ressort
Ouverture	Pneumatique, min 6 bar
Commande	Unité de commande ou pistolet pneumatique
Domaines d'application	Fraisage – Tournage – Perçage – Rectification – Electro-érosion

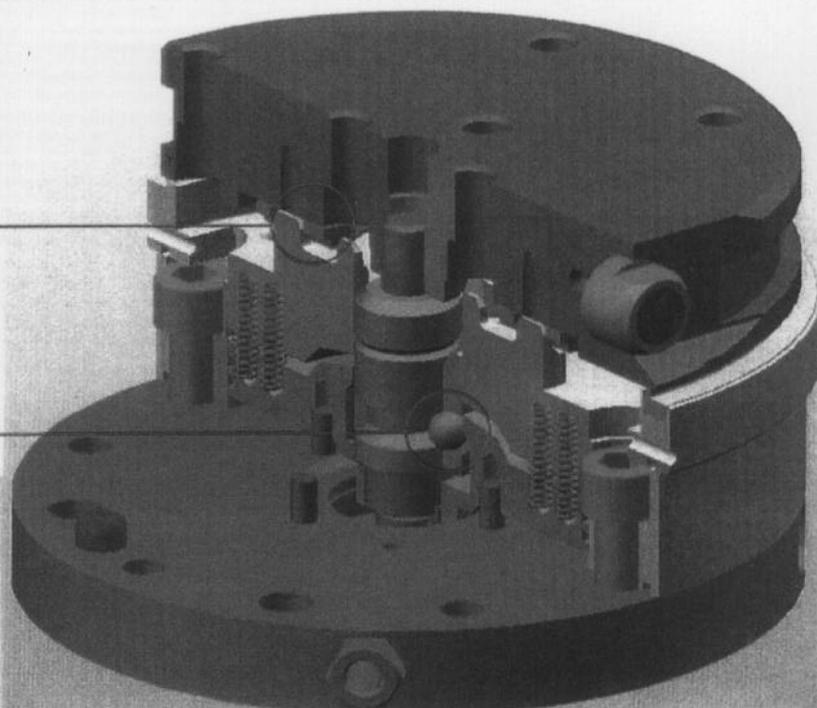


Ces deux figures illustrent les aspects du brevet ITS. Après un centrage préliminaire grossier, ce n'est qu'après flexion de la plaque en appui sur les prismes de centrage rigides que la position de référence est obtenue. Cette flexion élastique, combinée aux appuis Z, donne la stabilité et la précision de positionnement.

Les plaques de centrage G rectifiées assurent un positionnement sûr et efficace. Les plaques de centrage G à centrage rectifié et lames de ressort de 0,7 mm d'épaisseur permettent un positionnement précis et puissant.

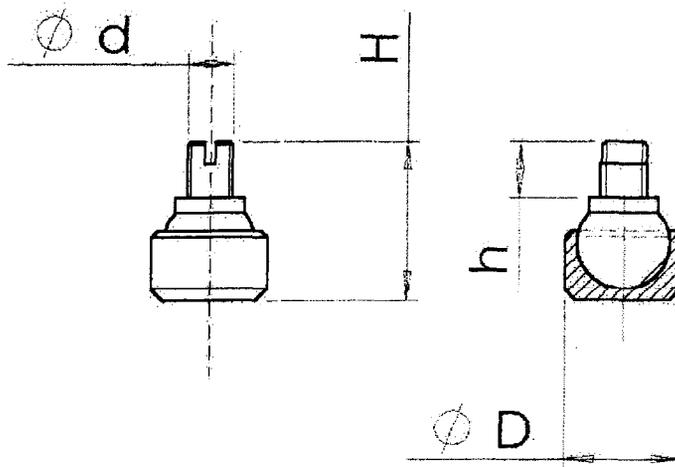
La fermeture autobloquante à bille génère une force de serrage de 9'000 N, celle-ci restant maintenue même en cas de chute de pression.

Les surfaces d'appui des butées sont nettoyées lors du processus de serrage.



Document DT9

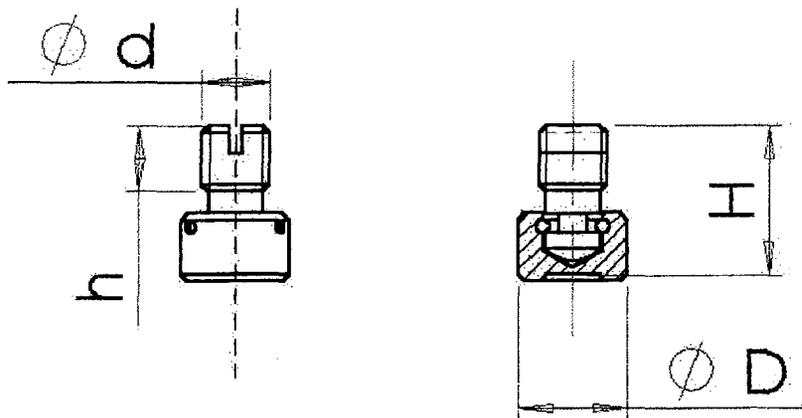
PIEDS ROTULES



Matière C 40 – Dimensions en mm

Références	D	H	d	h
PR-3-8-12	8	12	M 3	4
PR-4-10-14	10	14	M 4	5
PR-5-12-16	12	16	M 5	6
PR -6-14-18	14	18	M 6	8

BROCHES A PATIN

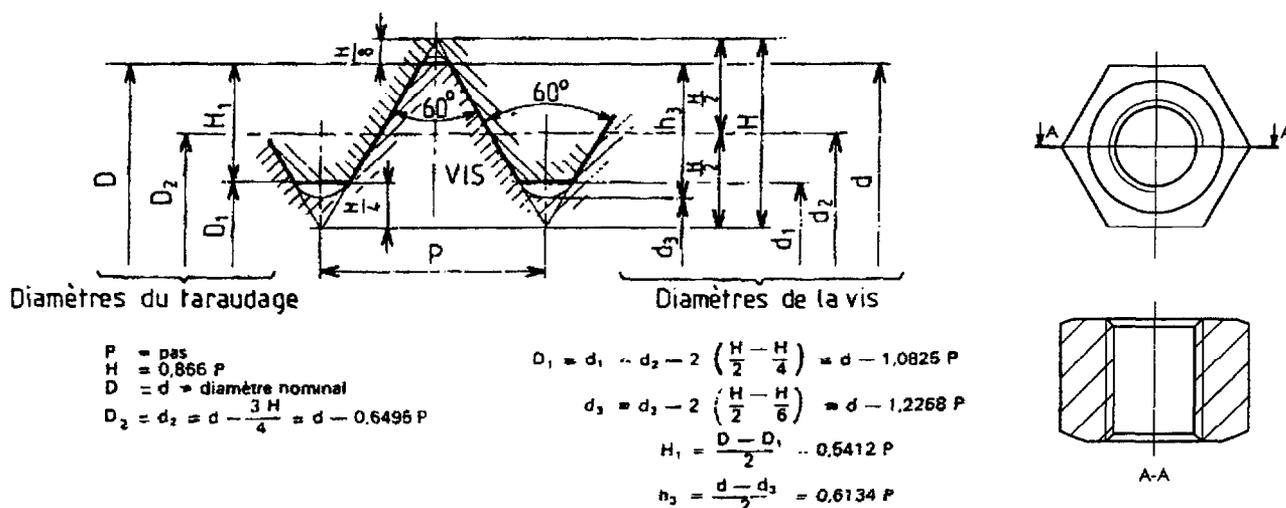


Matière C 40 – Dimensions en mm

Références	D	H	d	h
BP-4-8-11	8	11	M 4	4
BP-5-10-14	10	14	M 5	5
BP-6-12-18	12	18	M 6	6
BP-8-16-22	16	22	M 8	8

DOCUMENT DT10

CARACTERISTIQUES DES VIS ET ECROUS AU PROFIL METRIQUE



VIS à profil métrique I.S.O. (symbole M)					Écrou à portée sphérique	
Diamètre Nominal	Pas	Diamètre sur flancs	Diamètre du noyau de la vis	Section du noyau de la vis mm ²	Diamètre intérieur de l'écrou	Diamètre Extérieur appui
d=D	P	d2=D2	d3		D1	dw
1,6	0,35	1,373	1,171	1,08	1,221	2,4
2	0,41	1,740	1,509	1,79	1,567	3,1
2,5	0,45	2,208	1,948	2,98	2,013	4,1
3	0,5	2,675	2,387	4,47	2,459	4,6
3,5	0,6	3,110	2,764	6,00	2,850	5,1
4	0,7	3,545	3,141	7,75	3,242	5,9
5	0,8	4,480	4,019	12,7	4,134	6,9
6	1	5,350	4,773	17,9	4,918	8,9
8	1,25	7,188	6,466	32,9	6,647	11,6
10	1,5	9,026	8,160	52,3	8,376	14,6
12	1,75	10,863	9,853	76,2	10,106	16,6
14	2	12,701	11,546	105	11,855	19,6
16	2	14,701	13,546	144	13,835	22,5
18	2,5	16,376	14,933	175	15,294	25,1
20	2,5	18,376	16,933	225	17,294	27,7

Tableau des coefficients spécifiques de coupe (données CETIM)

MATIERES			Kmc (m.daN / mm ³)			Kf (daN / mm ²)		
Nuance	Dureté (HB)	Résistance N / mm ²	Avance en mm / tr					
			f < 0,2	0,2 ≤ f ≤ 0,45	f > 0,45	f < 0,2	0,2 ≤ f ≤ 0,45	f > 0,45
S 185 (A 33)			0,039	0,033	0,027	116	103	95
C 10 (XC 10)	150		0,046	0,041	0,038			
C 45 (XC 48)	200		0,038	0,034	0,03	136	117	113
30 Cr Ni 6 (30 NC 6)	260		0,045	0,038	0,032	158	155	161
35 Cr Ni 6 (35 NC 6)	325		0,041	0,04	0,037			
16 Cr Ni 6 (16 NC 6)	187		0,037	0,032		97	79	
X 4 Cr Mo S 18 (Z8 CF 17)		540	0,052	0,034	0,034			
X 30 Cr 13 (Z30 C 13)		970	0,05	0,041	0,039	200	150	150
X 5 Cr Ni 18-10 (Z6 CN 18-10)	185		0,056	0,045	0,036	181	131	108
X 5 Cr Ni 25-20 (Z12 CN 25-20)		660	0,064	0,042	0,039			
Ft 25	217 / 229		0,026	0,024	0,021	78	65	60
Ft 26	205		0,025	0,02	0,018			
FGS 420 - 12	190		0,035	0,022	0,022	130	90	90
Ti Al 6 Va (TA6V)		680	0,054	0,037	0,034	293	128	103
Magnésium			0,008	0,007	0,005			
Al Cu 4 Mg (AU4G)			0,02	0,016	0,015	107	76	67
Al Si Mg Mn (ASGM)			0,024	0,018	0,017			
Cuivre			0,026	0,022	0,02			
Laiton			0,012	0,01	0,009			
Al Si 7 Mg (AS7G)			0,021	0,018	0,017	113	80	70

Document DT 12

ANALYSE DE LA SOLUTION EXISTANTE RELATIVE AU PORTE PIECE - PHASE 20

Mise en situation de l'étude.

Certains problèmes sont apparus lors de la fabrication des pièces :

- Taux de rebut important dû :
 - Au non-respect de la spécification de localisation du $\varnothing 7H7$.
 - A un bris de pièces lors de l'usinage du $\varnothing 10H7$ en phase d'ébauche.

- Marquage des pièces lors du bridage.

- Ergonomie et efficacité du dispositif de bridage (temps de bridage des pièces trop important par rapport au temps de cycle d'usinage de la phase 20).

L'ETUDE PROPOSEE VA PORTER SUR L'ANALYSE CRITIQUE DU MONTAGE.

TOUTES LES REPONSES SERONT REDIGEEES SUR FEUILLE DE COPIE

A. ANALYSE DE LA MISE EN POSITION D'UNE PIÈCE SUR L'OUTILLAGE

Données de l'étude :

- Quatre pièces sont posées sur la semelle du montage d'usinage voir DT6
- Le contact des pièces sur la butée $\underline{6}$ n'est pas assuré lors du bridage (voir schéma pour une pièce fig.1), ce qui implique le non-respect de la spécification de localisation du $\varnothing 7H7$.

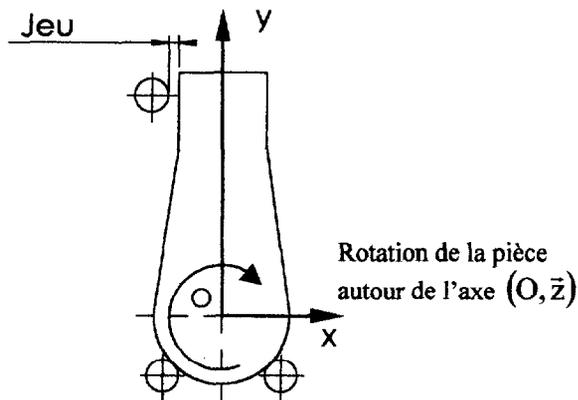


fig. 1

- Pour garantir cette spécification géométrique, on propose de modifier cette liaison (voir fig.2).

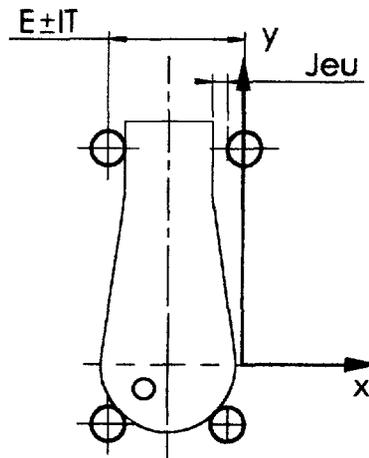


fig. 2

- Jeu mini de montage de la pièce = 0,05 mm.
- Jeu Maxi = 0,1 mm.
- \varnothing Pion = $\varnothing 5h6$.

A1. Déterminer l'entraxe E entre les deux pions et son intervalle de tolérance pour garantir la spécification de localisation du $\varnothing 7H7$.

B. ANALYSE DU MAINTIEN EN POSITION D'UNE PIÈCE GRACE A LA BRIDE 2

Données de l'étude :

- Le maintien en position sur le montage d'une chape par l'une des brides 2, peut être modélisé par le schéma cinématique suivant :

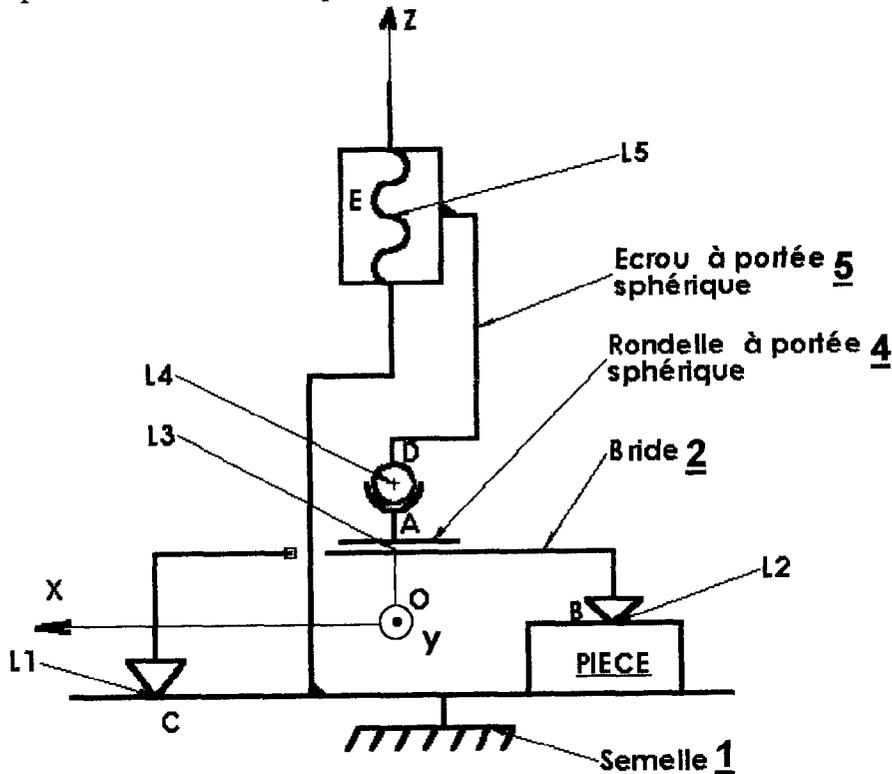


fig.3

- Coordonnées des points dans le repère $(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$:
 $A(0,0,a)$; $D(0,0,e)$; $B(-b,0,0)$; $E(0,0,f)$; $C(c,0,-d)$

B1. A partir du schéma cinématique ci-dessus (fig.3), réaliser le graphe des liaisons. Déduire de leur symbolisation, la nature des liaisons retenues.

B2. Déterminer la liaison équivalente, due au système de serrage, entre la semelle 1 et la pièce en utilisant, soit les torseurs statiques, soit les torseurs cinématiques de liaisons. Les torseurs associés à la liaison L_i seront notés :

$$\{T_i\}_P = \begin{Bmatrix} X_i & L_i \\ Y_i & M_i \\ Z_i & N_i \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})} \quad \text{pour le torseur statique et} \quad \{V_i\}_P = \begin{Bmatrix} \alpha_i & u_i \\ \beta_i & v_i \\ \gamma_i & w_i \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})} \quad \text{pour le torseur cinématique}$$

Montrer que la liaison équivalente induite par le serrage n'est pas une liaison libre.

B3. Exprimer le degré d'hyperstatisme de la liaison équivalente entre la bride 2 et l'ensemble {pièce, semelle 1}. En considérant que les géométries de la semelle et de la pièce sont parfaites, indiquer la spécification géométrique à installer sur la bride pour ne pas remettre en cause le positionnement de la pièce sur le montage.

C. ANALYSE DES RISQUES DE MARQUAGE DES PIÈCE LORS DU SERRAGE

1. Détermination des efforts de serrage appliqués à une pièce

Données de l'étude :

- Une pièce est maintenue en position sur le montage par les brides 2 et 3 voir DT6 et (fig. 4).
- Le serrage est assuré par deux ensembles {goujon, écrou à portée sphérique et rondelle concave}.
- Le rayon de contact aux points et B et D est :
 $r=5\text{mm}$.
- On donne les coordonnées des vecteurs dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$:

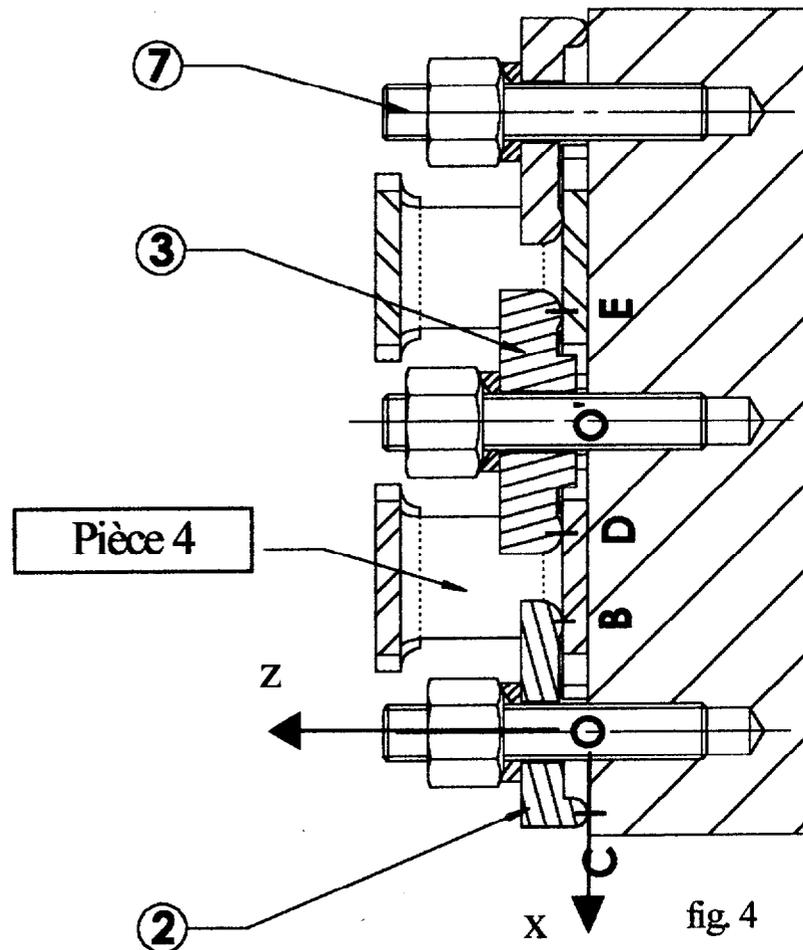
$$\vec{OC}(11, 0, -2)$$

$$\vec{OB}(-8, 0, 0)$$

$$\vec{OD}(11, 0, 0)$$

$$\vec{OE}(-11, 0, 0)$$

unité : mm



- Le problème admet le plan (O, \vec{x}, \vec{z}) comme plan de symétrie pour la géométrie des pièces et des actions mécaniques extérieures qui leurs sont appliqués.
- Le poids des différents éléments du montage est négligeable.
- La longueur (notée L) de la clé utilisée pour le serrage est de $L=100\text{ mm}$.
- D'après les principes ergonomiques, l'opérateur ne peut exercer un effort de plus de 100 N.

$$\|\vec{R}_{op \rightarrow clé}\| = 100\text{ N}$$
- Le serrage est réalisé par l'intermédiaire d'un écrou à portée sphérique M6 au pas de 1mm.

C1. Déterminer la valeur du couple de serrage exercé par la clé sur l'écrou 5 noté $\|\vec{C}_{\text{clé} \rightarrow 5}\|$.

C2. Déterminer l'effort de serrage de l'écrou 5 sur la bride 2 noté : $\|\vec{R}_{5 \rightarrow 2}\|$.

Rappel : Relation couple/effort de serrage dans un système vis-écrou

$$\|\vec{C}_{\text{clé} \rightarrow \text{écrou}}\| = \|\vec{C}_f\| + \|\vec{R}_{\text{écrou} \rightarrow \text{bride}}\| \times \frac{d_2}{2} \times \tan(\varphi' + \alpha)$$

Avec :

- $\|\vec{C}_f\|$: Couple de frottement "perdu" entre l'écrou, la rondelle à portée sphérique et la bride. Le couple de frottement $\|\vec{C}_f\|$ absorbe 40% du couple de serrage.
- d_2 : rayon moyen du filetage voir DT11
- φ' : angle tel que : $\tan \varphi' = \frac{\tan \varphi}{\cos \beta}$.
- β : demi-angle au sommet du filet (pour profil ISO $\beta = 30^\circ$).
- f : coefficient de frottement acier sur acier : $f = \tan \varphi = 0,15$.
- α : angle d'inclinaison d'hélice : $\tan \alpha = \frac{\text{pas}}{\pi \times d_2}$.

C3. Isoler la bride 2 et déterminer l'action de la bride 2 sur la pièce 4 au point B. Quels que soient les résultats déterminés pour la question **C2**, on prendra :

$$\|\vec{R}_{\text{écrou} \rightarrow \text{bride2}}\| = 5600\text{N}$$

2. Analyse des pressions de contact sur la pièce en B

Pour des raisons de sécurité (pièces aéronautiques), aucune marque n'est tolérée sur les différentes pièces.

Données de l'étude :

- Pression admissible par la pièce est $P_{\text{adm}} = 180 \text{ MPa}$.

C4. Déterminer la pression de contact en B entre la pièce 4 et la bride 2. Conclure sur les risques de marquage de la pièce. (Voir rappel sur les lois de Hertz suivante).

Rappel : Relation de Hertz relative au contact linéique entre deux solides notés 1 et 2.

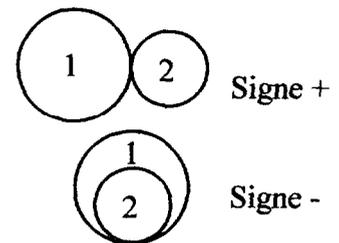
$$p = 0.418 \sqrt{\frac{\|\tilde{\mathbf{R}}\| Ee}{r_r \cdot l}}$$

Avec :

- p : pression de contact (MPa)
- $\|\tilde{\mathbf{R}}\|$: résultante des efforts au contact de la pièce (N).
- r_r : rayon de courbure relatif au niveau du contact (mm).

$$\text{Relation : } \frac{1}{r_r} = \left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|$$

- r_1 : rayon de courbure du cylindre 1.
- r_2 : rayon de courbure du cylindre 2.
 - ◆ Signe + pour la tangence extérieure.
 - ◆ Signe - pour la tangence intérieure.



- Ee : Module d'élasticité équivalent (MPa).
- Relation : $\frac{1}{Ee} = \frac{1}{2} \times \left| \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right|$
- E_1 : Module d'élasticité du matériau du solide 1.
- E_2 : Module d'élasticité du matériau du solide 2.
- $E_{\text{acier}} : 210\,000 \text{ MPa}$ $E_{\text{alu}} : 75\,000 \text{ MPa}$
- l : longueur de contact : $l = 7 \text{ mm}$ en B.

3. Modification du système de serrage

La question précédente montre qu'il y a matage de la pièce à cause des efforts de bridage. D'autre part l'analyse du maintien en position de la pièce montre que les liaisons choisies engendrent de l'hyperstatisme voir questions B.

C5. Modifier la liaison (contact bride / pièce) par une ou plusieurs liaisons assurant :

- Une liaison libre entre la bride et la pièce.
- Une pression de contact bride / pièce acceptable

Justifier vos réponses et **proposer** un schéma cinématique ou un croquis à main levée des modifications

D. INFLUENCE DES EFFORTS DE COUPE EN PERÇAGE SUR LA PIÈCE LORS DE L'USINAGE DU Ø9,8 mm

1. Analyse des contraintes appliquées à la pièce pendant l'usinage

Données de l'étude :

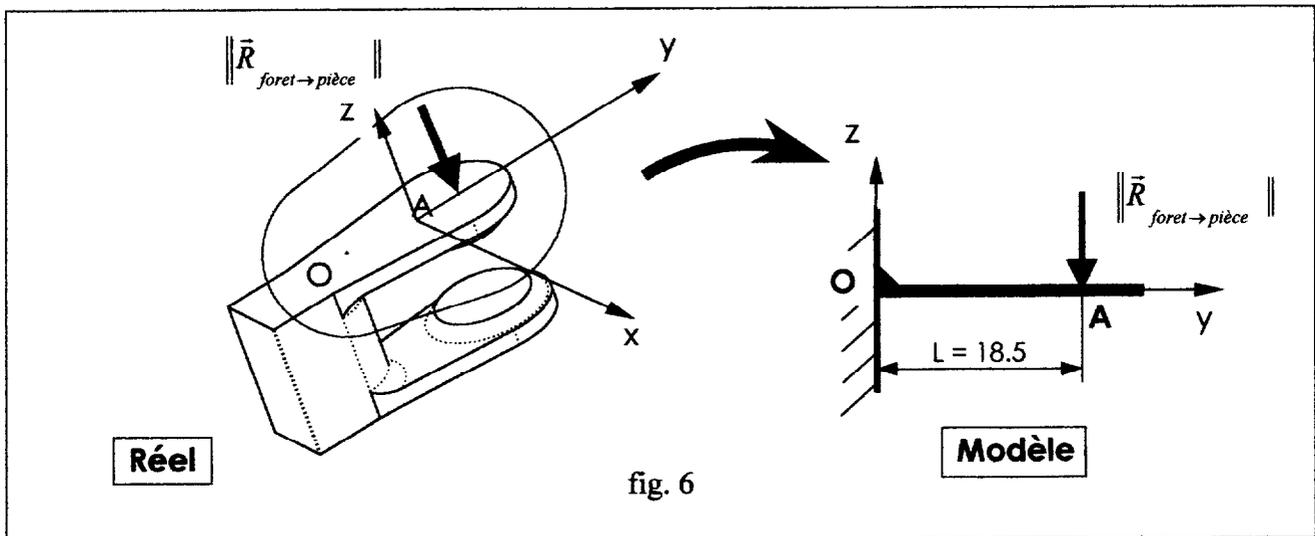
- Pour l'étude de résistance des matériaux, on propose la modélisation de la (fig. 6) qui néglige l'effet du moment du couple de perçage en A.
- Une étude des efforts de coupe a permis de déterminer l'action du foret sur la pièce :

$$\|\bar{R}_{\text{foret} \rightarrow \text{pièce}}\| = 442 \text{ N}$$

- La poutre est considérée rectiligne, de section constante et admet un plan de symétrie (O, \bar{y}, \bar{z}) .
- La pièce est réalisée en alliage d'aluminium Al Si 7 Mg, pour lequel :
 $E = 75\,000 \text{ MPa}$, $R_e = 180 \text{ MPa}$ et $R_r = 520 \text{ MPa}$.

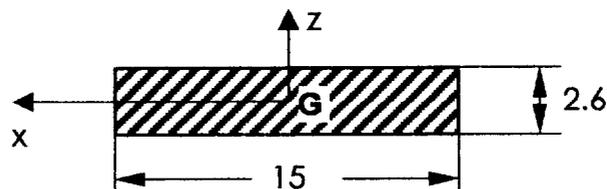
D1. Identifier la nature de la sollicitation appliquée à la poutre.

D2. Déterminer le moment de flexion $|M_{f_x}|_{\text{Maxi}}$ ainsi que la section la plus sollicitée.



D3. Déterminer la valeur de la contrainte normale $|\sigma|_{\text{MAXI}}$ et **conclure** sur la résistance de la pièce.

Remarque : Dans sa section la plus sollicitée, la poutre a pour dimensions :



2. Modification du brut

Données de l'étude :

- Suite aux résultats précédents, la société, en concertation avec son donneur d'ordre, décide modifier la pièce brute. Pour des raisons de sécurité, la contrainte $|\sigma|_{\text{MAXI}}$ doit rester inférieure à 120 MPa. Ceci entraîne la réalisation d'un avant trou sur le brut de fonderie (voir fig. 7).

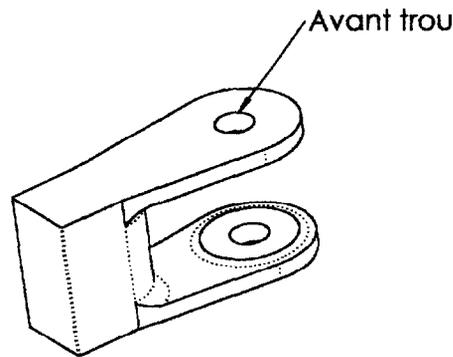


fig. 7

D5. Déterminer en fonction de $|\sigma|_{\text{MAXI}}$ la valeur de $|Mf_x|_{\text{MAXI}}$ dans la section la plus sollicitée.

D6. En déduire la valeur de l'effort appliqué par le foret sur la pièce en cours d'usinage.

D7. Déterminer le diamètre du trou réalisé en fonderie, pour cela on donne la relation suivante :

$$\|\vec{R}_{\text{foret} \rightarrow \text{pièce}}\| = 0,44 \times K_f \times f \times (d - d_a)$$

Avec :

- $\|\vec{R}_{\text{foret} \rightarrow \text{pièce}}\|$: résultante de l'action d'avance du foret sur la pièce (N).
- K_f : pression spécifique de coupe (MPa).
- f : avance par tour (mm/tr).
- d : diamètre du foret (mm).
- d_a : diamètre d'avant trou (mm).

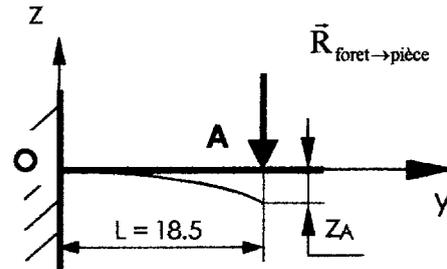
E. ANALYSE DES DEFORMATIONS DE LA CHAPE**1. Etude par la Résistance des Matériaux****Données de l'étude :**

- Quels que soient les résultats déterminés précédemment, on prendra $\|\vec{R}_{\text{foret} \rightarrow \text{pièce}}\| = 110 \text{ N}$.
Cet effort est obtenu avec un avant trou de fonderie.

- Rappel :**

$$|z_A| = \frac{F \times l^3}{3.E.I_{(G,\bar{x})}}$$

avec $\|\vec{R}_{\text{foret} \rightarrow \text{pièce}}\| = F$



E1. Déterminer la déformée de la poutre au point A, notée $|z_A|$.

2. Analyse des résultats obtenus à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis**Données de l'étude :**

- Le document ci-joint (page 10/10) montre les déformations de la pièce lors de l'opération de perçage $\varnothing 9,8 \text{ mm}$ avec un avant trou de fonderie comme déterminé précédemment.

E2. Comparer le résultat de la flèche obtenue par la formule issue de la théorie de la Résistance des Matériaux à celle obtenue avec le logiciel. **Conclure** sur la validité du "modèle poutre" pour la détermination des déformations.

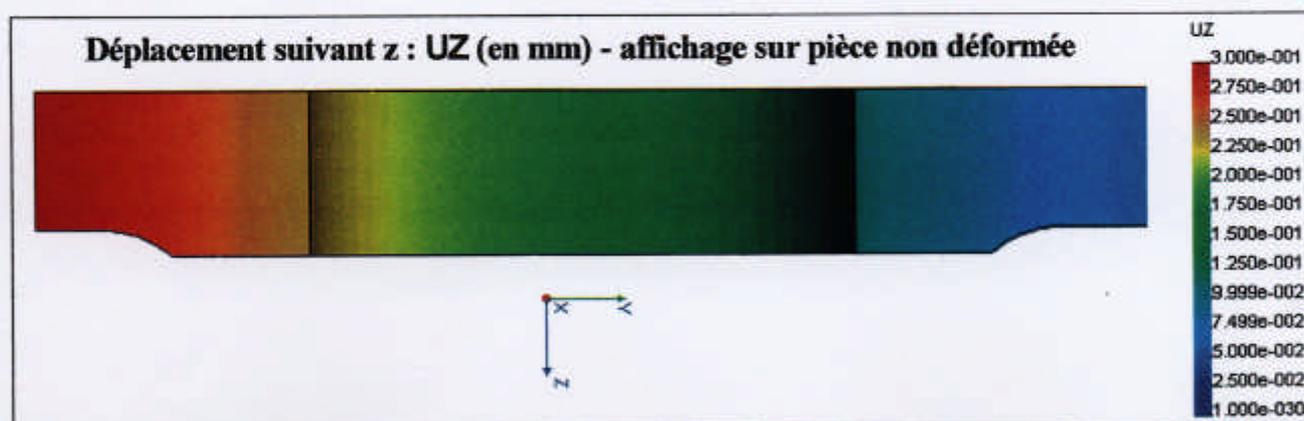
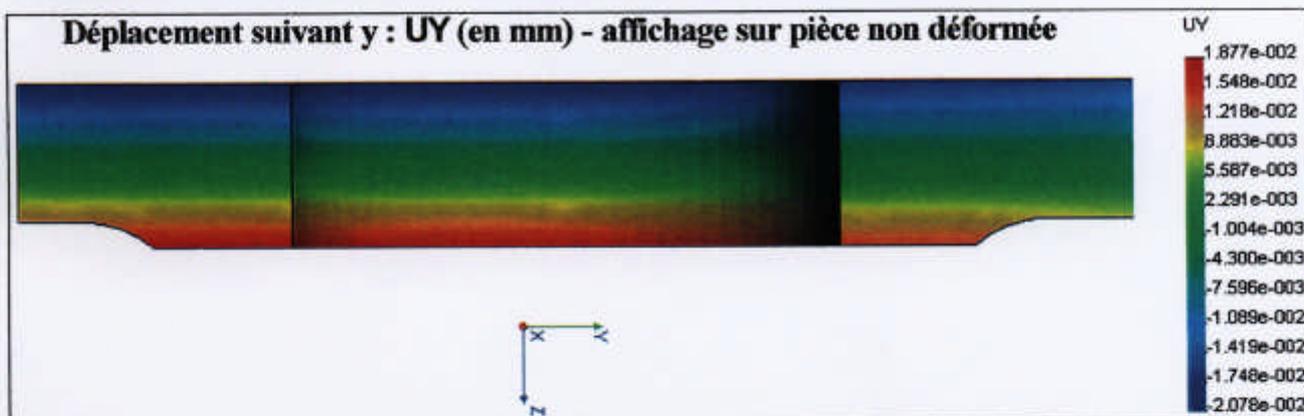
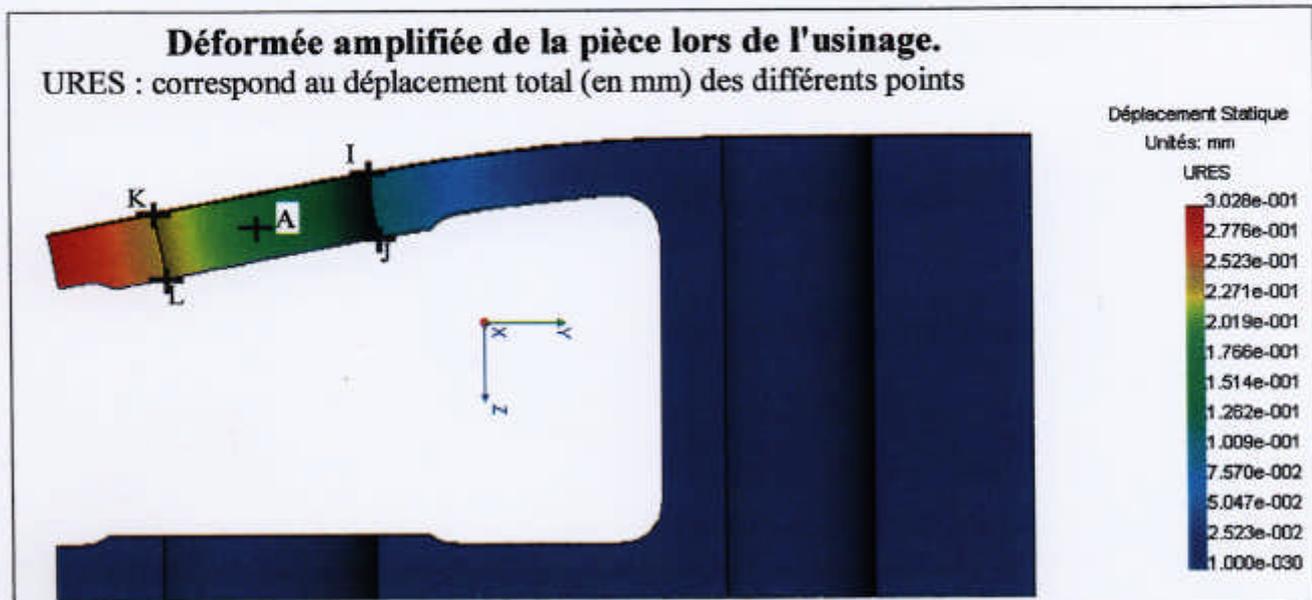
E3. Indépendamment des écarts dimensionnels liés à l'opération de perçage par foret et compte tenu de la géométrie de la pièce, **justifier** qualitativement, l'obligation de réaliser une opération de finition à l'alésoir pour obtenir le diamètre $\varnothing 10\text{H7}$ ainsi que la rectitude en zone commune $\varnothing 0,01 \text{ mm}$.

On rappelle $10\text{H7} = 10^{+0,015}_0$

Simulation avec un logiciel de calcul par éléments finis

- **Données de la simulation.**

Seul l'effort axial dû au perçage, avec avant trou, a été pris en compte.



Déplacement (mm)/point	A	I	J	K	L
UY	-	-0,018	0,015	-0,021	0,019
UZ	0,172	0,111	0,111	0,238	0,238