

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**PRODUCTIQUE MECANIQUE****E4 : CONCEPTION DES OUTILLAGES**

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

Durée : 3 heures 30

Coefficient : 2,5

Aucun document autorisé

Contenu du dossier

- Contexte de l'étude (page 2 et 3)
- Enoncé du sujet (pages 4 à 11)
- Documents annexes (2 formats A4)
- Document réponse DR1 (1 format A4)

Cette sous- épreuve a pour objectif de valider les compétences :

- C21 : analyser une solution d'outillage
- C23 : Valider et/ou dimensionner tout ou partie d'une solution technologique
- C24 : Améliorer une solution d'outillage

CALCULATRICE AUTORISEE

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 fraudes, 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.

CONTEXTE D' ETUDE RELATIVE A LA SOUS EPREUVE U41

Après avoir identifié quelques aléas de fabrication, il est prévu, pour le rendre opérationnel en usage de série, de corriger les défauts et d'améliorer les performances du porte pièces de présérie ayant servi à la validation du processus.

Nous nous proposons donc de rechercher des solutions permettant de :

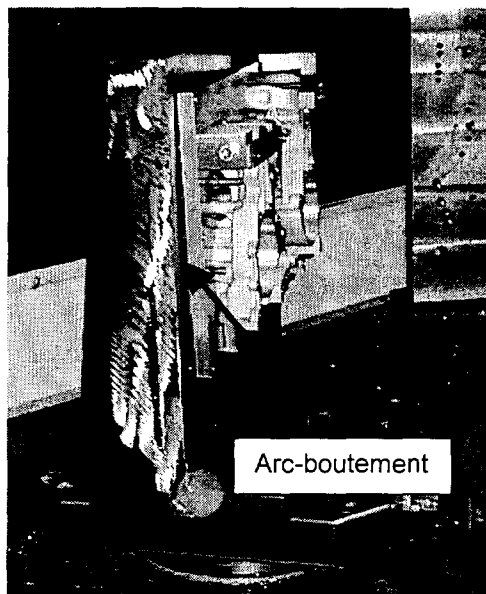
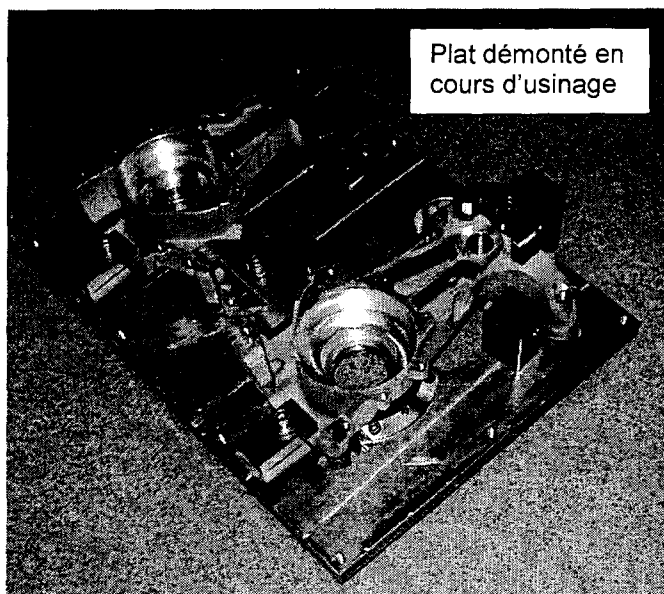
Au niveau de la liaison **porte pièces / équerre** :

- Faciliter la mise en position car un arc-boutement à l'installation du porte pièces sur l'équerre de la machine est apparu.
- Assurer une mise en position univoque suivant l'axe X de la machine et une orientation univoque du porte pièces sur l'équerre.
- Diminuer les temps de fixation du porte pièces sur l'équerre machine.

Au niveau de la liaison **pièce / porte pièces** :

- Réduire et faciliter les temps de chargement des pièces sur le porte pièces (beaucoup d'éléments de celui-ci sont indépendants et peuvent être égarés).
- Eviter la déformation locale (matage) de la face extérieure de la pièce au niveau des appuis (non toléré par le bureau d'études).
- Assurer le maintien de la pièce sur son référentiel lors du pointage des trous taraudés de la face arrière de la pièce (un déplacement de la pièce est apparu, le problème a été résolu provisoirement en ajoutant un plat de maintien qui sera démonté en cours d'usinage).

Montage actuel :



A LIRE ATTENTIVEMENT

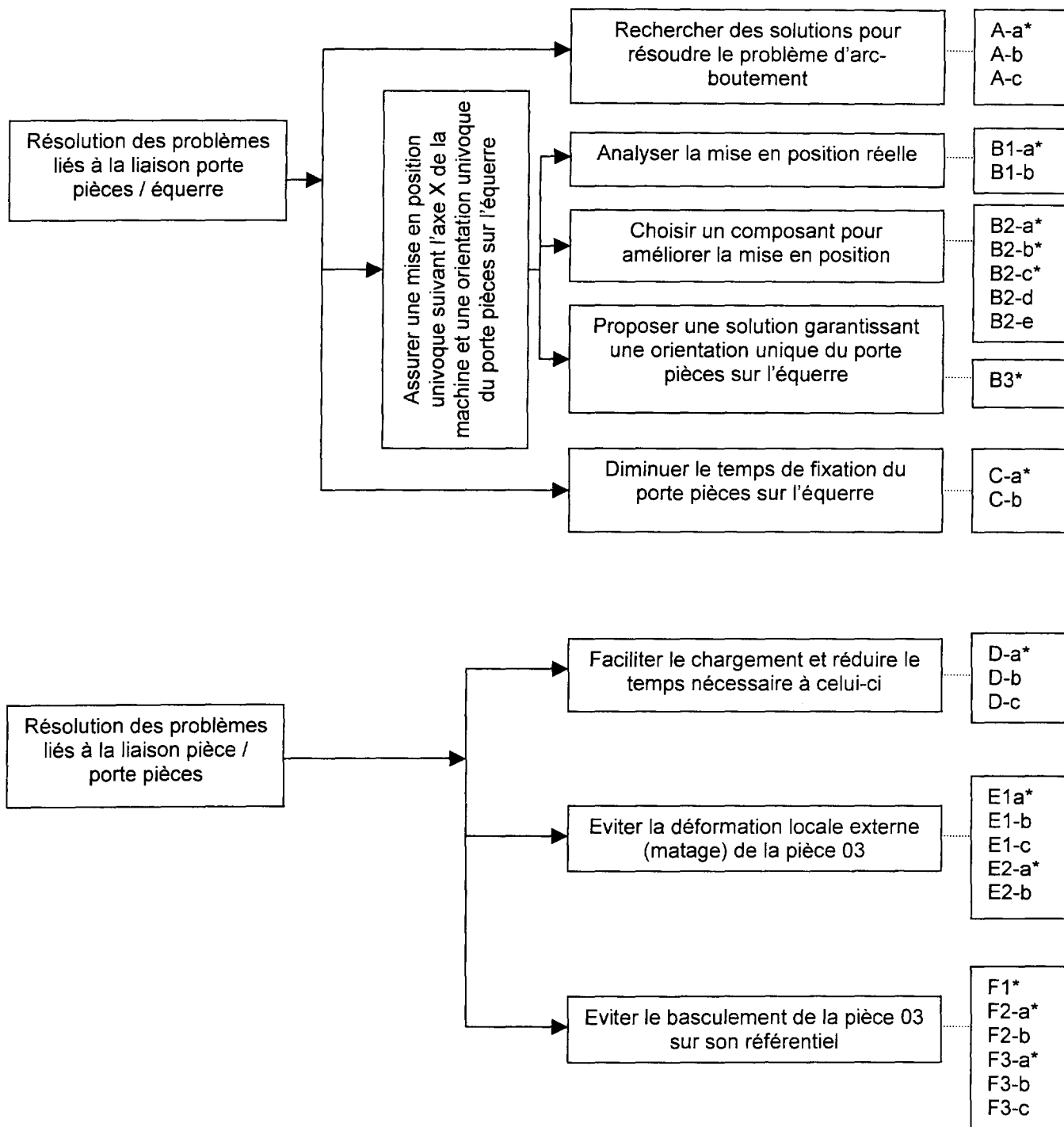
Conseils aux candidats

- rédiger votre note de calcul sur feuille de copie ou document réponse prévu à cet effet.
- apporter un soin particulier à **la rédaction de votre note de calcul.**
- chaque partie peut être traitée indépendamment et devra posséder **un titre.**
- il sera porté une attention particulière lors de la correction à la présence :
 - des relations littérales.
 - des valeurs numériques retenues
 - du résultat avec son unité.

Vous avez à votre disposition des formulaires (annexes 1 et 2) nécessaires à l'élaboration de votre note de calcul dans lesquels vous aurez à choisir la relation en rapport avec le cas proposé.

L'étude se déroulera de la façon suivante :

Questions



* Ces questions sont indépendantes.

Résolution des problèmes liés à la liaison porte pièces / équerre

A - Rechercher des solutions pour résoudre le problème d'arc-boutement

Question A-a :

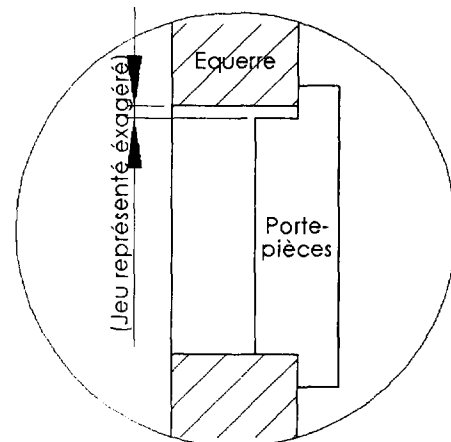
- A l'aide d'un croquis, mettre le porte pièces dans une position conduisant à l'arc-boutement.
On donne ci-contre le croquis du porte pièces mis en place correctement.

Question A-b :

- Quelles précautions doit prendre l'opérateur lors de l'installation du porte pièces sur l'équerre pour éviter l'arc-boutement. (utiliser les références définies sur les figures du document DT8).

Question A -c :

- Quelles modifications du porte pièces proposez-vous pour supprimer le risque d'arc-boutement ?



B1 - Analyser la mise en position réelle

Question B1-a :

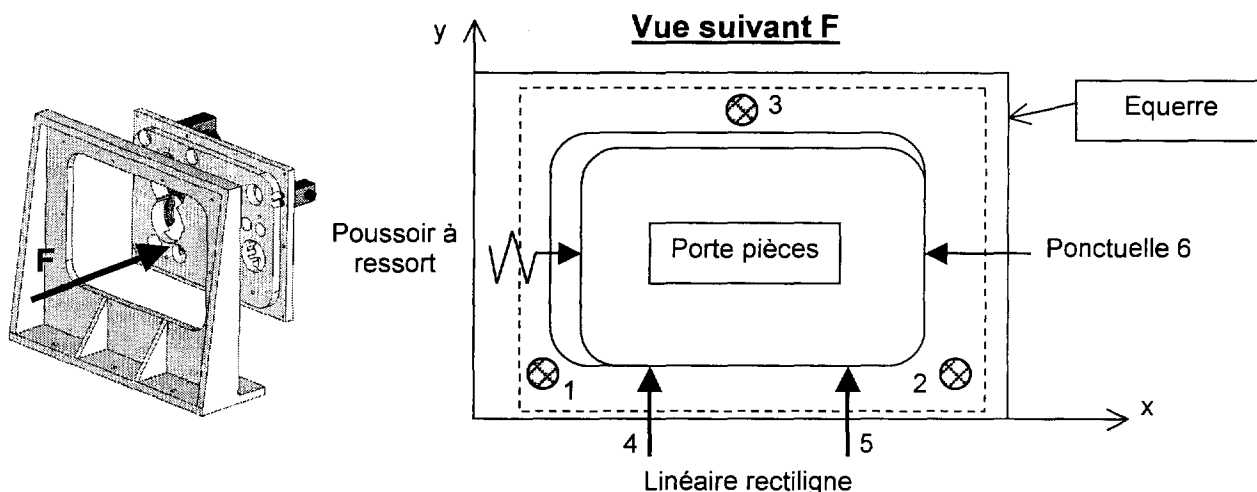
- Compte-tenu des ajustements, précisez les plans de contact (DT8).

Question B1-b :

- Cette solution engendre-t-elle une mise en position unique du porte-pièce sur l'équerre suivant x ? Pourquoi ?

B2 - Choisir un composant pour améliorer la MIP

La mise en position du porte pièces sur l'équerre étant équivoque, on décide d'utiliser un poussoir à ressort afin d'assurer le contact du porte pièces avec l'appui 6 de l'équerre :



Lors de la mise en position, l'opérateur pose le porte pièces sur la linéique rectiligne 4 et 5 et laisse glisser le porte pièces sous l'action du poussoir à ressort jusqu'à la butée 6.

Pour déterminer le poussoir à ressort qu'il faut utiliser, il faut étudier l'équilibre du porte pièces dans la phase de mise en position.

Au posé du porte pièces sur l'équerre, le poussoir à ressort doit vaincre les forces de frottement pour pouvoir appliquer le porte pièces sur sa butée 6.

Pour choisir le type du poussoir à ressort, il faut modéliser et chiffrer les forces en présence soit l'action de pesanteur sur le porte pièces, l'action de l'équerre sur le porte pièces et l'action du poussoir sur le porte pièces.

Hypothèses :

- Les actions de l'appui plan et de l'opérateur sont négligées.
- Le problème est assimilé à un problème plan.
- Au contact des pièces, le facteur (coefficient) de frottement est : $\mu = \tan \varphi = 0,1$.

Modélisation de l'action de pesanteur

Evaluation du poids du porte pièces :

Hypothèses : le porte pièces est assimilable à un parallélépipède de longueur 390 mm, de largeur 290 mm de hauteur 26 mm et de masse volumique $7,8 \text{ kg/dm}^3$. prendre $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Question B2-a :

- Calculer la masse du porte pièces.
- Calculer le poids du porte pièces.
- Ecrire le torseur d'action mécanique de pesanteur au centre de gravité G dans le repère local du porte pièces sensiblement situé en son centre géométrique (répondre sur le document DR1).

Modélisation de l'action de l'équerre sur le porte pièces :

Question B2-b:

- Représenter le sens du déplacement ou le vecteur vitesse du porte pièces par rapport à l'équerre (répondre sur le document DR1).
- Représenter le cône de frottement et l'action mécanique en A (répondre sur le document DR1).
- Ecrire sous forme de torseur en A l'action mécanique de l'équerre sur le porte pièces dans le repère local.

Modélisation de l'action du poussoir sur le porte pièces.

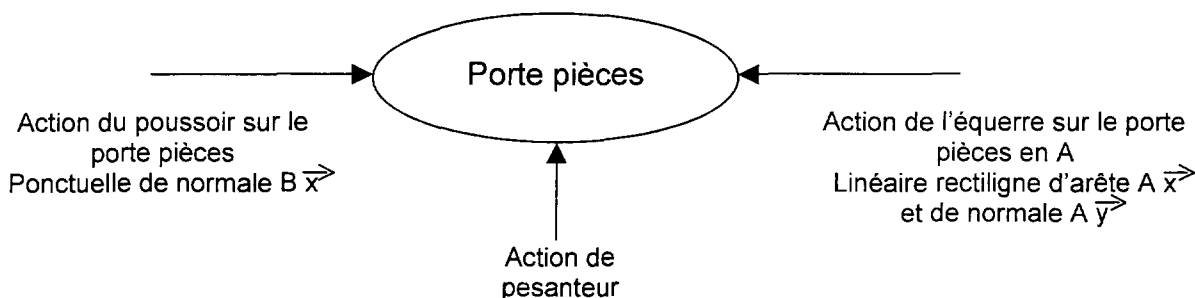
Celui-ci est placé à mi-hauteur du porte pièces et dirigé horizontalement d'axe Bx.

Question B2-c :

- Ecrire sous forme de torseur en B l'action mécanique du poussoir sur le porte pièces dans le repère local (répondre sur le document DR1).

Etude de l'équilibre du porte pièces dans la phase mise en position sur l'appui 6.

On donne le graphe des interactions du porte pièces isolé



Rappel : toutes les actions mécaniques sont considérées dans le plan xy.

Question B2-d :

- Ecrire le bilan des actions mécaniques.
- Ecrire le principe fondamental de la statique appliqué au porte pièces.
- Ecrire les équations de projection de la résultante sur x et sur y permettant de calculer l'effort de poussée du poussoir à ressort (le transfert des torseurs est inutile).
- Résoudre et énoncer le résultat.

Afin de réaliser un appui systématique sur la butée 6, on utilisera un poussoir à ressort :

Question B2-e :

- Appliquer un coefficient de sécurité de 2 sur l'effort calculé précédemment et choisir dans le tableau ci-dessous en le justifiant un poussoir répondant au besoin.

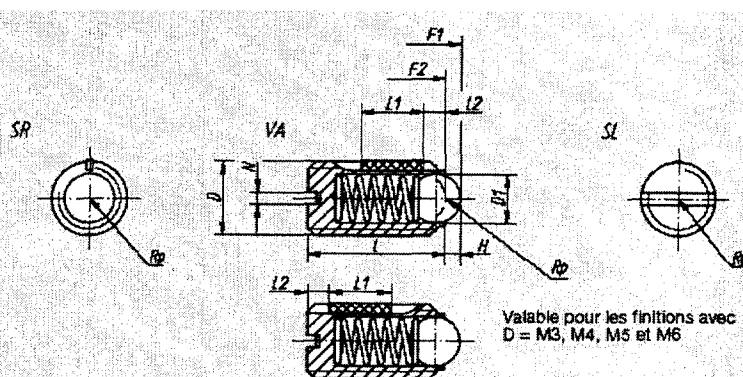


Matière:
 Acier:
 Corps S300, Bille 100C6
 Ressort: corde à piano
 Inox:
 Corps 1.4305,
 Bille 1.4034, Ressort 1.4310
 Sécurité de freinage Nylon

Finition:
 Acier: bruni.
 Inox: naturel.
 Bille: acier ou Inox traité.

Exemple de commande:
 nlm 03011-05

Nota:
 Les poussoirs à ressort permettent l'indexage et le positionnement. Ils servent aussi d'éjecteur.



Référence Acier	D	D ₁	L	L ₁ ±0,5	L ₂	H	N	Force du ressort F en N
03001-03	M 3	1,5	7	4	~2x pas	0,5	0,4	1,5
03001-04	M 4	2,5	9	5		0,6	0,6	4,0
03001-05	M 5	3,0	12	6		0,9	0,8	6,0
03001-06	M 6	3,5	14	7		1,0	1,0	9,0
03001-08	M 8	5,0	16	8		1,5	1,2	15,0
03001-10	M 10	6,0	19	9		2,0	1,6	20,0
03001-12	M 12	8,0	22	10		2,5	2,0	30,0
03001-16	M 16	10,0	24	14		3,5	2,5	65,0

B3 - Proposer une solution qui garantisse une orientation unique du porte-pièces sur l'équerre

D'après DT8, l'opérateur a deux solutions (à 180° près) pour orienter le porte-pièce sur l'équerre.

Question B3 :

- Proposer à l'aide d'un croquis une solution permettant une orientation unique.

C - Diminuer le temps de fixation du porte pièces sur l'équerre (Voir Document DT8)

Question C-a :

- Décrire et critiquer le maintien en position du porte pièces sur l'équerre (actions de l'opérateur), en indiquant les éléments standards utilisés et leur nombre pour réaliser cette fonction.

Question C-b :

- Proposer sous forme de texte ou de croquis une solution permettant un gain de temps et améliorant l'ergonomie.

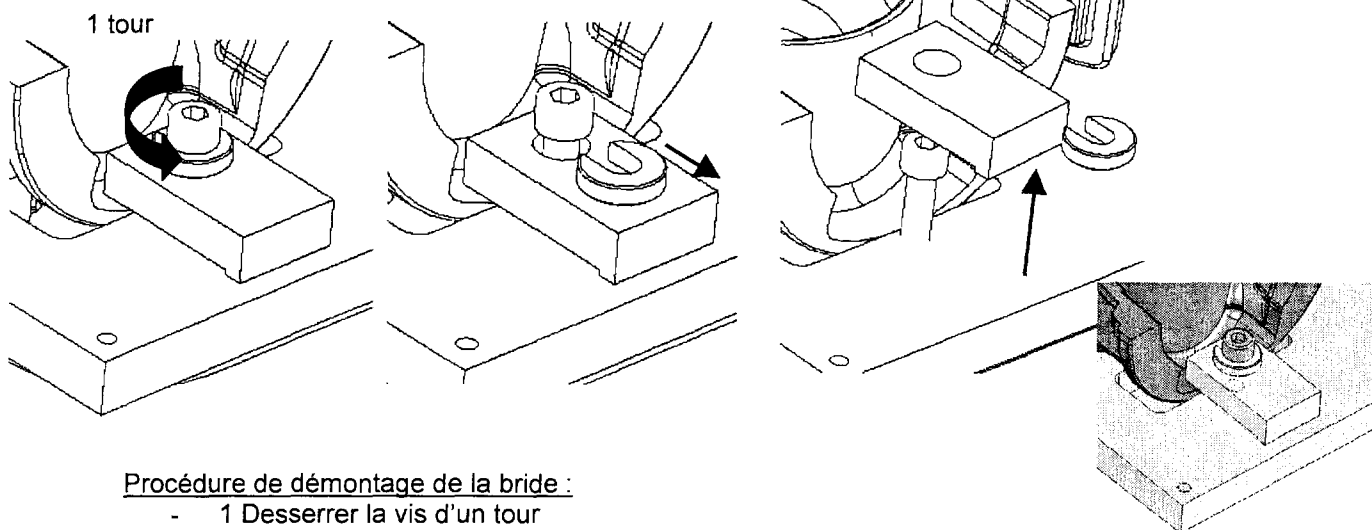
Résolution des problèmes liés à la liaison pièce / porte pièces

D - Faciliter le chargement et réduire le temps nécessaire à celui-ci

Voir documents DT7, DT8, DT9,DT10 et DT11

Toutes les brides se mettent en place et se démontent de la même façon.

Cas d'une bride plate:



Procédure de démontage de la bride :

- 1 Desserrer la vis d'un tour
- 2 Enlever la rondelle fendue
- 3 Retirer la bride

Question D-a :

→ *Décrire le maintien en position de la pièce 04 sur le porte pièces.*

Question D-b :

→ *Critiquer la solution actuelle.*

Question D-c :

→ *Proposer des solutions évitant d'égarer des éléments.*

E - Eviter la déformation locale externe (matage) de la pièce 03

La pièce est maintenue à l'aide de brides, l'effort de bridage générant le matage doit être déterminé au niveau de l'appui 5 sous l'action de la bride plate 19 sur la pièce.

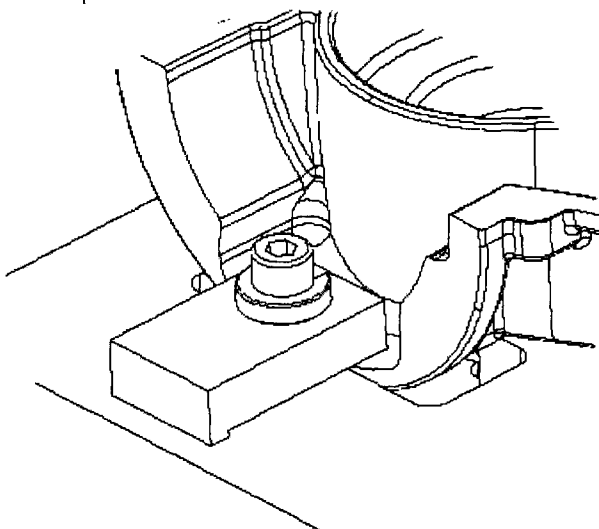
Le marquage de la pièce étant toléré à l'intérieur mais pas à l'extérieur de la pièce, on se limitera à faire le calcul au matage entre l'appui 5 et la pièce.

Afin que la condition de non matage de la pièce soit respectée, on va déterminer en fonction de la contrainte admissible par la pièce, l'effort de serrage maximum admissible sur la pièce.

On négligera l'influence des efforts de coupe sur la pièce et le poids de celle-ci

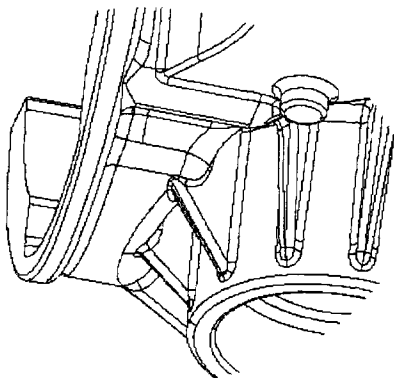
On procédera de la manière suivante :

- Etude au matage de la pièce.
- Etude du couple de serrage de la vis sur la bride.



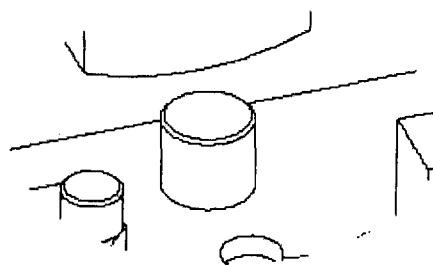
E1 - Vérification au matage

Calcul au matage au point de contact entre la pièce et l'appui le plus sollicité :



La pièce est en alliage d'aluminium Al Si 7 Mg Y23 dont la résistance admissible au matage est de 210 Mpa, le module d'élasticité longitudinal $E=79000$ Mpa et le rayon extérieur de la pièce est de 57 mm.

Les pièces du porte pièces sont en acier C35 dont la résistance au matage est de 380 Mpa, le module de Young $E=210000$ Mpa, la touche est plate et le diamètre est de 11 mm.



Hypothèses : On admettra que le contact sera parfait sur 11 mm.

Question E1-a :

- Donner les formes en contact, en déduire le type de contact.

Question E1-b :

- Choisir la relation à utiliser (voir annexe 1) ;
Ecrire l'expression littérale donnant l'effort F ;
Indiquer les unités et vérifier l'homogénéité.

Question E1-c :

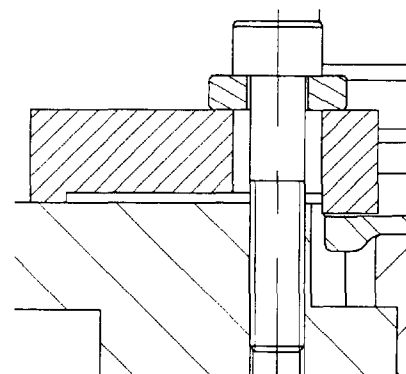
- Calculer l'effort à ne pas dépasser au niveau de l'appui pour éviter le matage.

E2 - Détermination du couple de serrage des vis sur les brides :

En fonction de l'effort déterminé précédemment, une étude statique de la bride nous a donné un effort de serrage de la vis sur la bride de 1850 N à ne pas dépasser .

Afin de maîtriser l'effort de serrage, on désire utiliser une clé dynamométrique dont on va déterminer la valeur de réglage maximale.

Hypothèses : on utilise une vis Chc M8 et le facteur de frottement entre les pièces $\mu = \mu' = \tan \varphi = 0,1$.



Question E2-a :

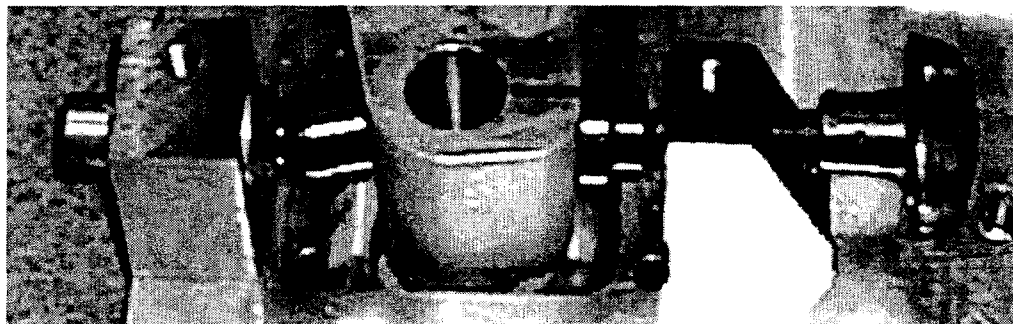
- En fonction du type de filet utilisé, choisir la relation à utiliser (voir annexe2).

Question E2-b :

- Calculer le rayon de l'hélice moyenne de la vis, l'angle d'inclinaison de l'hélice moyenne, le rayon moyen du pivot et le couple de réglage maximum C_s de la clé dynamométrique (voir annexe2).

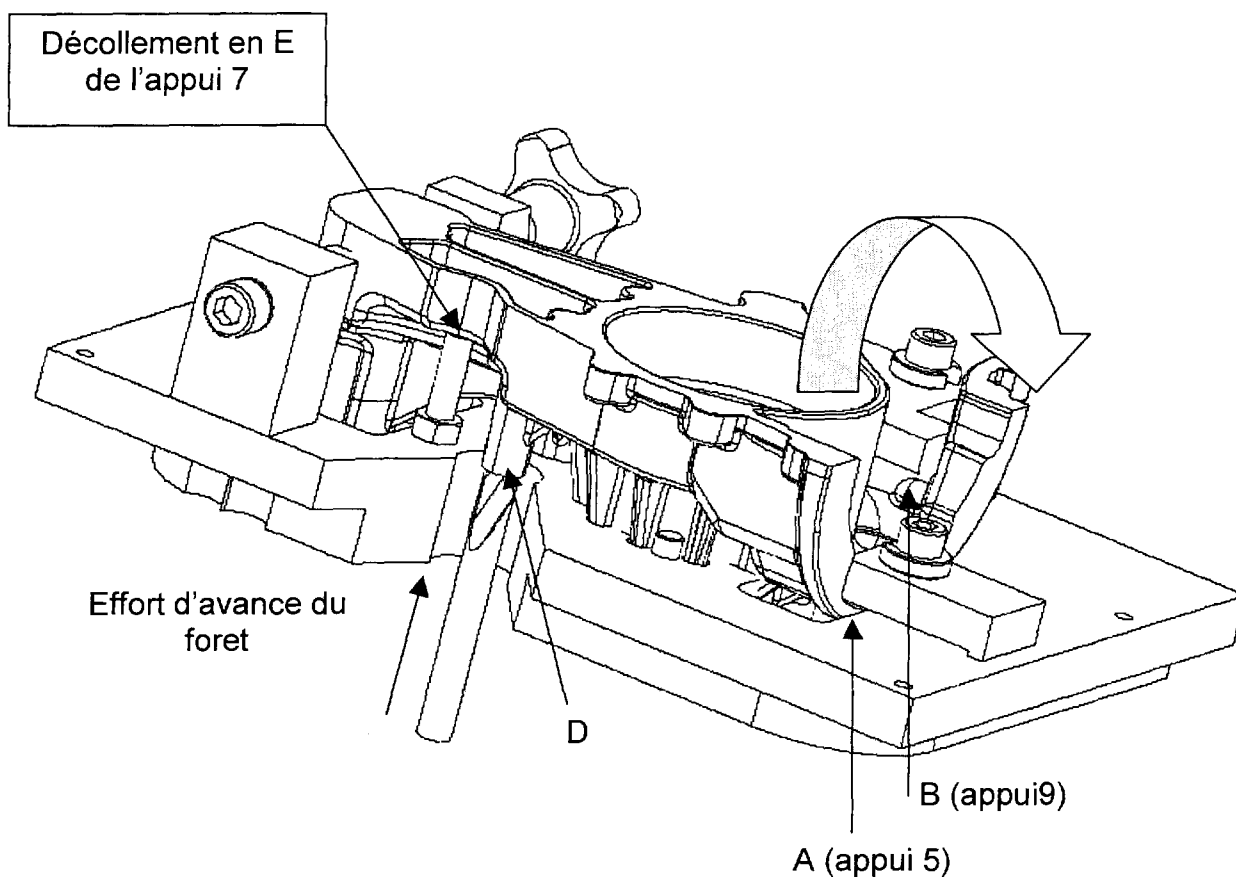
F - Eviter le basculement de la pièce 03 sur son référentiel

La pièce étant bridée, le foret à pointer usine les emplacements des trous taraudés et exécute le **chanfrein d'entrée** $\varnothing 7$. Sous l'effort d'avance on observe une rotation de la pièce autour d'un axe AB (voir ci-dessous) des points de serrage des brides et un glissement entre l'écrou à croisillon et la butée rotulée. On observe un décollement de l'appui 7 ce qui entraîne une non conformité des usinages exécutés après le pointage.

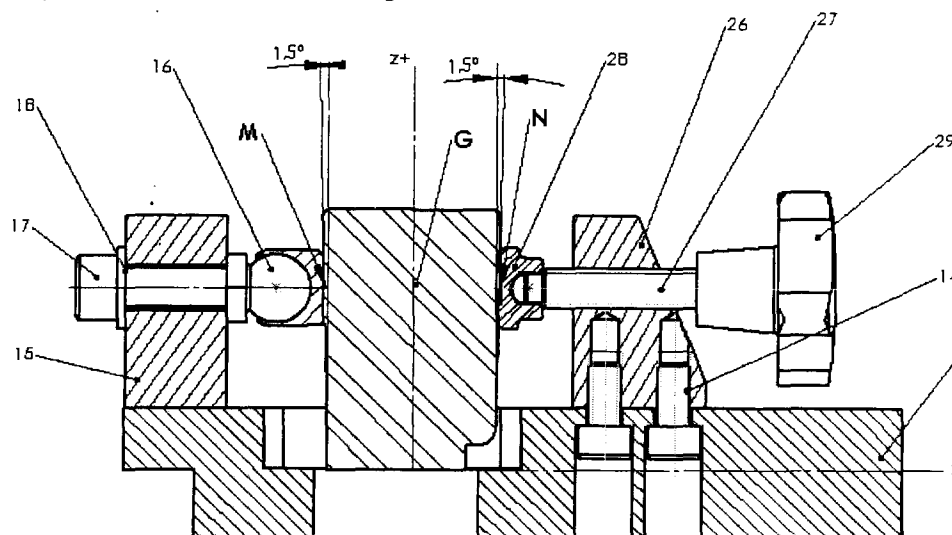


La pièce 03 est maintenue en position dans sa partie inférieure par une bride plate 19 et une bride 24 commune aux deux pièces ; dans sa partie supérieure par une vis à croisillon opposée à l'appui 16.

F1- Etude du maintien à l'aide de la vis à croisillon :



Vue en coupe de la butée 16 et du serrage de la vis à croisillon.



Question F1 :

→ A l'aide d'un schéma cinématique plan ou spatial, modéliser la mise et le maintien en position correspondant uniquement au dessin ci-dessus.

F2- Etude de l'effort d'avance de l'outil lors du pointage :

Afin de vérifier la cause du décollement de la pièce et d'y remédier, on recherche l'effort d'avance maximum de l'outil sur la pièce.

L'effort d'avance est donné par la relation :

$$F_f = k \times f \times d$$

Hypothèses :

- d = diamètre maximum usiné lors du pointage.
- f = 0,1 avance par tour en mm.
- k coefficient spécifique de coupe N/mm² déterminé expérimentalement :
- Aciers < 600 Mpa k = 1100 N/mm²
- Aciers > 600 Mpa k = 1200 N/mm²
- Alliage d'aluminium k = 850 N/mm²
- Fontes grises k = 700 N/mm²
- Laitons k = 800 N/mm²

Question F2-a :

→ Calculer l'effort d'avance du foret sur la pièce lors de l'usinage.

On considère que l'effort peut augmenter de 30% en fonction de l'usure du foret en fin de vie de coupe.

Question F2-b :

→ Calculer l'effort maxi en fin de vie du foret.

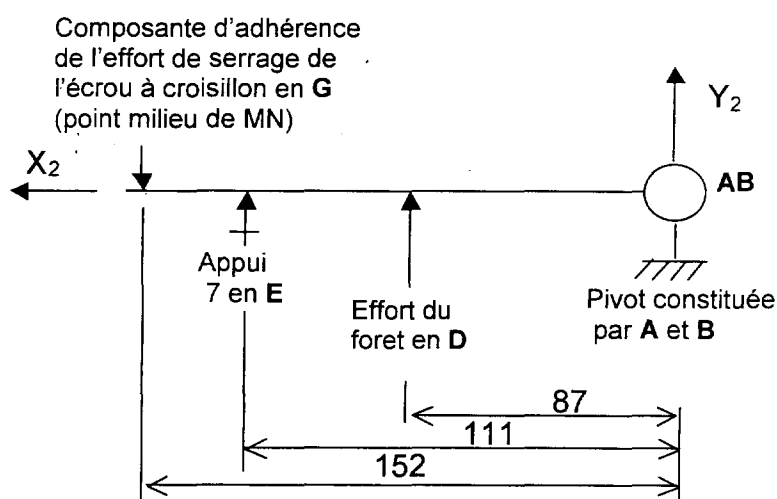
F3 - Recherche de l'effort de l'appui 7 sur la pièce 03

Les deux appuis 5 et 9 et les deux serrages correspondants seront modélisés par une liaison pivot d'axe AB_{z_2} (voir ci-dessous), la rotation étant de faible amplitude.

Hypothèses

Cas de l'étude le plus défavorable : présence de lubrifiant entre la pièce et le patin.

- Facteur de frottement relevé par expérimentation (alu sur acier avec lubrifiant) : 0,052.
- L'effort de serrage de l'écrou à croisillon engendre une composante d'adhérence. Elle est estimée à 250 N, appliquée en G (point milieu de MN), et de direction Y_2 .
- Effort maxi en fin de vie de la coupe du foret : effort d'avance évalué à 780 N quel que soit le résultat trouvé à la question E2-b.
- Poids de la pièce négligé.
- Afin d'en effectuer une étude statique, on utilisera la modélisation plane ci-dessous.



Afin de mettre en évidence l'insuffisance du serrage de l'écrou à croisillon on déterminera l'effort résultant sur l'appui 7 puis on redéfinira une avance maximum évitant le décollement de la pièce de son appui 7.

Question F3-a :

- En effectuant l'équation de moments autour de l'axe AB_{z_2} , déterminer l'effort résultant sur la butée 7 en E

Question F3-b :

- Analyser les résultats de l'étude.

Question F3-c :

- A l'aide du tableau ci-dessous, choisir l'effort d'avance maximum du foret à pointer à indiquer sur le contrat de phase définitif afin d'assurer le maintien en position de la pièce sur son référentiel.

f	Ff effort d'avance	Ff effort foret en fin de vie	Ey Effort d'appui
0.025 mm/tour	149 N	193 N	191 N
0.050 mm/tour	298 N	387 N	39 N
0.075 mm/tour	446 N	580 N	-112 N
0.125 mm/tour	744 N	967 N	-415 N
0.175 mm/tour	1041 N	1354 N	-719 N

Annexe 1

FORMULAIRE SUR LE MATAGE

Le calcul des contraintes de matage est fonction du type de contact: ponctuel, linéique ou surfacique.

F force normale de contact en N

σ sigma contrainte normale en MPa devra être comparée à la pression admissible de la pièce soumise au matage.

D diamètre de la pièce en mm.

S aire de contact en mm².

L longueur de contact en mm

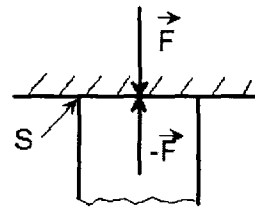
r rayon de contact en mm, lors des contacts ponctuels ou linéiques on recherchera un rayon équivalent

E module de Young ou module d'élasticité longitudinal en MPa, si les matériaux en contact sont de nature et de module (E1 et E2) différents, on prendre un module d'élasticité équivalent déterminé

comme suit: $\frac{1}{E_{\text{eq}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)$

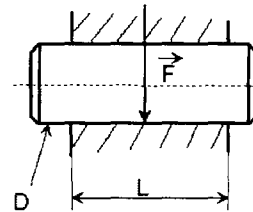
a)- Plan sur plan :contact surfacique

$$\sigma = \frac{F}{S}$$



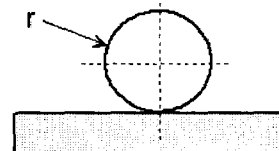
b) Cylindre sur cylindre ajustés : contact surfacique

$$\sigma = \frac{F}{L \times D}$$



c) Sphère sur plan: contact ponctuel

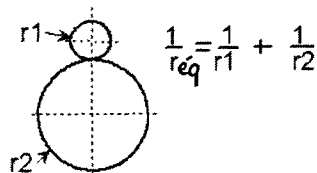
$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{0,0584 \times F \times E_{\text{eq}}^2}{r^2}}$$



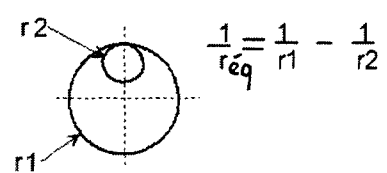
d) Cylindre sur plan ou cylindre sur cylindre avec du jeu: contact linéique rectiligne

$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{0,175 \times F \times E_{\text{eq}}}{L \times r_{\text{eq}}}}$$

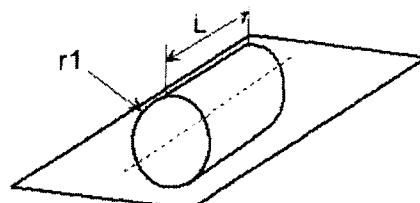
contact convexo-convexe



contact concavo-convexe



Pour un plan r2=∞



Annexe 2

**Formulaire sur la relation couple de serrage
effort presseur dans un système vis écrou**

Filetage à pas carré

$$Cs = P \times (r \times \tan(\alpha + \varphi) + r_m \times \tan \varphi')$$

Filetage à pas ISO

$$Cs = P \times \left(r \times \frac{\tan \alpha + 1,156 \times \mu \times \cos \alpha}{1 - 1,156 \times \mu \times \sin \alpha} + r_m \times \mu' \right)$$

r rayon de l'hélice moyenne du filet en mm avec pour un filetage ISO $r = (d/2) - 0,2706 \times \text{pas}$
 α angle d'inclinaison de l'hélice moyenne avec $\tan \alpha = \text{pas} / (2 \times \pi \times r)$

β demi-angle au sommet du filet soit 30° pour un filetage ISO

$\mu = \tan \varphi$ coefficient de frottement dans le filetage

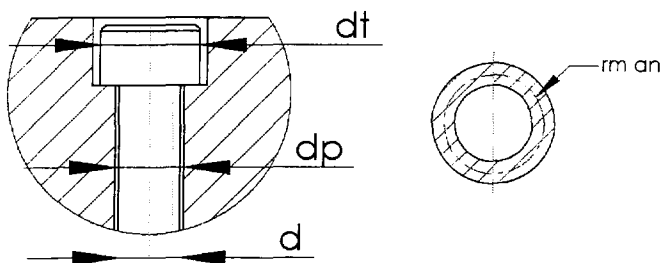
$\mu' = \tan \varphi'$ coefficient de frottement dans le pivot circulaire ou annulaire

r_m rayon du pivot circulaire $r_m \text{ ci}$ ou rayon du pivot annulaire $r_m \text{ an}$ en mm

Cs couple de serrage en Nmm

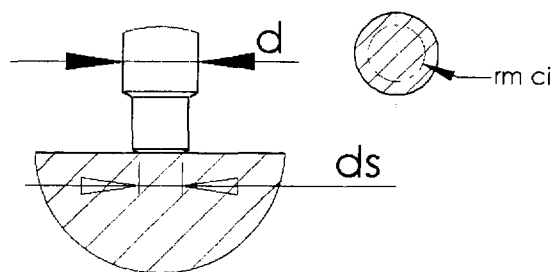
P effort de serrage en N

Cas d'une vis de serrage
Pivot annulaire



$r_m \text{ an}$ rayon moyen d'un pivot annulaire
 dt diamètre extérieur du pivot annulaire
 dp diamètre intérieur du pivot annulaire

Cas d'une vis de pression
Pivot circulaire



$r_m \text{ ci}$ rayon moyen d'un pivot circulaire
 ds diamètre du pivot circulaire

d	pas	S	dt	dp	$r_m \text{ an}$	ds	$r_m \text{ ci}$
3	0,5	4,47	5,5	3,5	2,29	1,5	1
4	0,7	7,75	7	4,5	2,92	2	1,33
5	0,8	12,7	8,5	5,5	3,55	3	2
6	1	17,9	10	6,5	4,19	3,5	2,33
8	1,25	32,9	13	9	5,56	5	3,33
10	1,5	52,3	16	11	6,83	6	4
12	1,75	76,2	18	13	7,82	7,5	5
14	2	105	21	15	9,08	9	6
16	2	144	24	17	10,35	11	7,33

d diamètre nominal en mm

pas du filetage en mm

S section du noyau en mm^2

dt diamètre de tête de la vis en mm

dp diamètre du trou de passage en mm

$r_m \text{ an}$ rayon du pivot annulaire

ds diamètre de contact d'un téton en mm

$r_m \text{ ci}$ rayon du pivot circulaire

Document réponse DR1

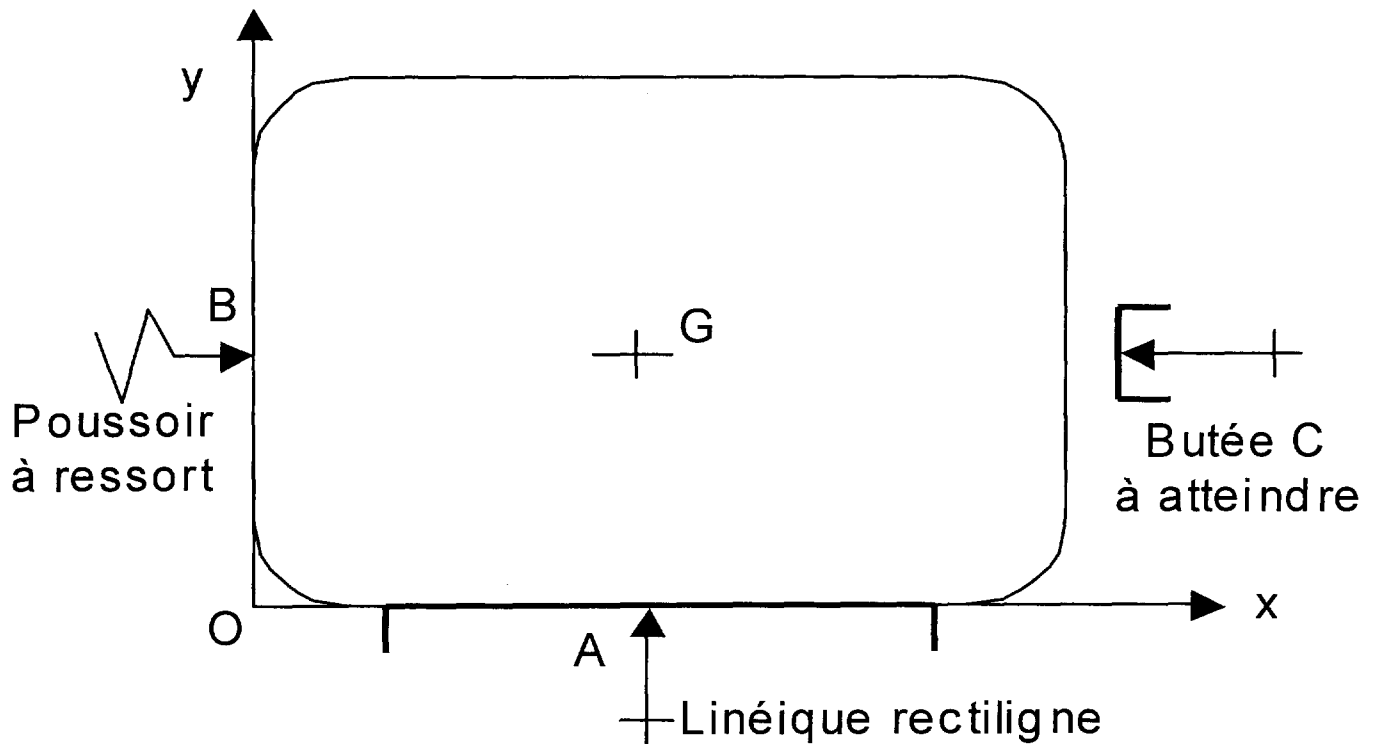
Représentation des actions mécaniques sur le porte pièces durant la phase de mise en position.

B2-a Torseur d'action mécanique de pesanteur sur le porte pièces.

$$\{\tau(\text{terre} \rightarrow \text{porte pièces})\} =$$

B2-b Torseur de l'action mécanique en A de l'équerre sur le porte pièces.

$$\{\tau(\text{éq} \rightarrow \text{Porte pièces})\} =$$



B2-c Modélisation de l'action du poussoir sur le porte pièces.

$$\{\tau(\text{pou} \rightarrow \text{Porte pièces})\} =$$