

**Brevet de Technicien Supérieur**  
**en**  
**Mise en Forme des Matériaux par Forgeage**

---

Session 2005

---

**Epreuve E 4**  
**Etude d'un système d'outillage**  
-----  
**Sous épreuve U 4.1**  
**Comportement mécanique d'une machine et de son outillage**

---

Temps alloué : 2H00

Coefficient : 1

---

DOCUMENTS REMIS AU CANDIDAT :

- Dossier technique ----- pages 2 à 9
- Travail demandé ----- page 10 et 11
- Document réponse «Cinématique de la presse double effet»

*Soit un total de 12 pages (celle-ci incluse)*

DOCUMENTS DISPONIBLES :

- Copies de rédaction
- Feuilles de brouillon

DOCUMENTS PERSONNELS AUTORISES :

- Tous

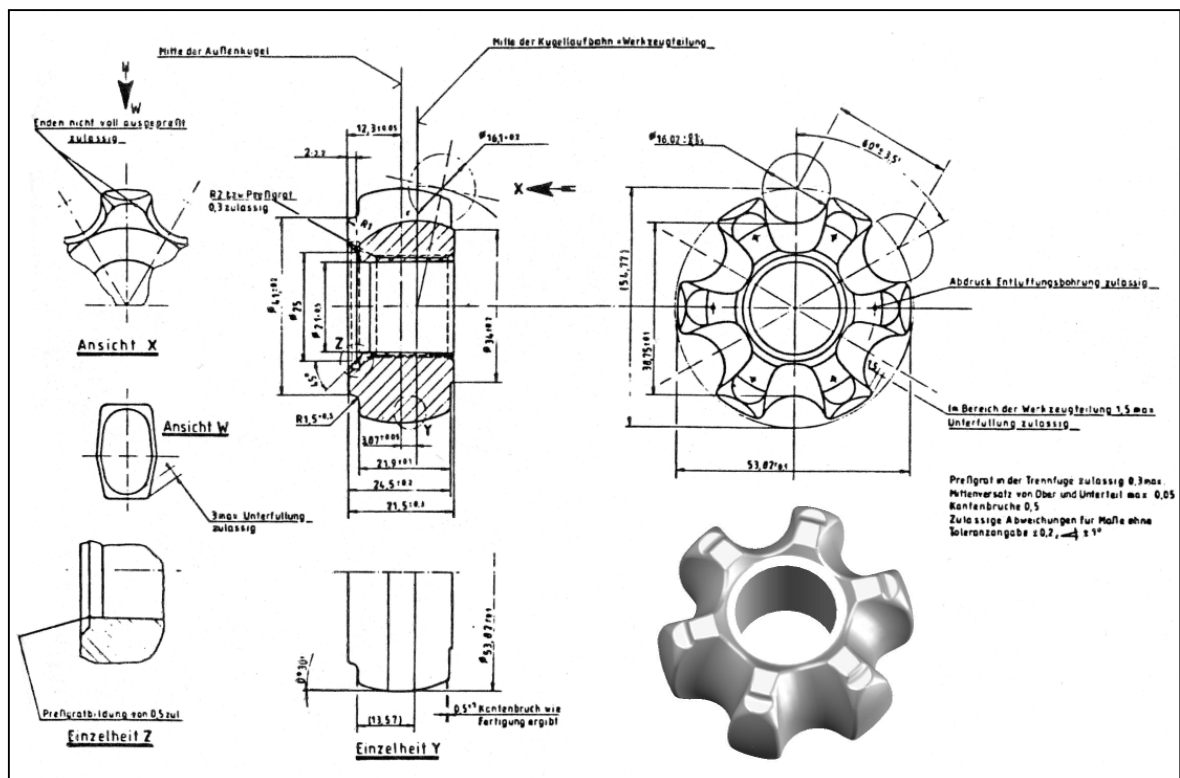
# Etude comparative de trois procédés d'estampage

## Etude particulière de la presse à double effet

### Dossier technique

#### La pièce à produire

On doit produire la pièce « Moyeu pour joint homocinétique ». Le dessin est donné ci-dessous à échelle réduite et pour information. Le moyeu est en 42CrMo4.



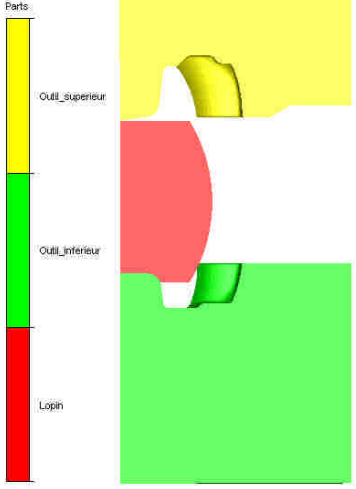
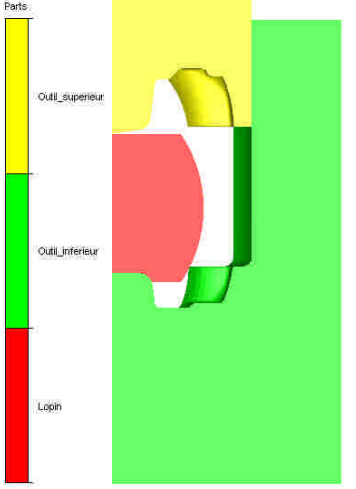
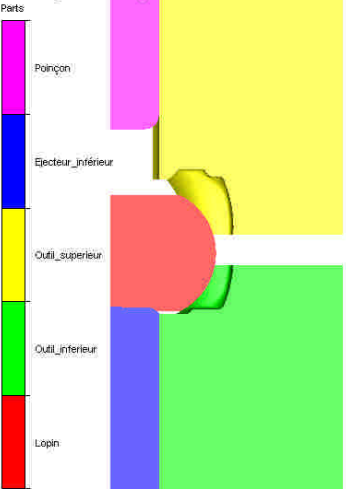
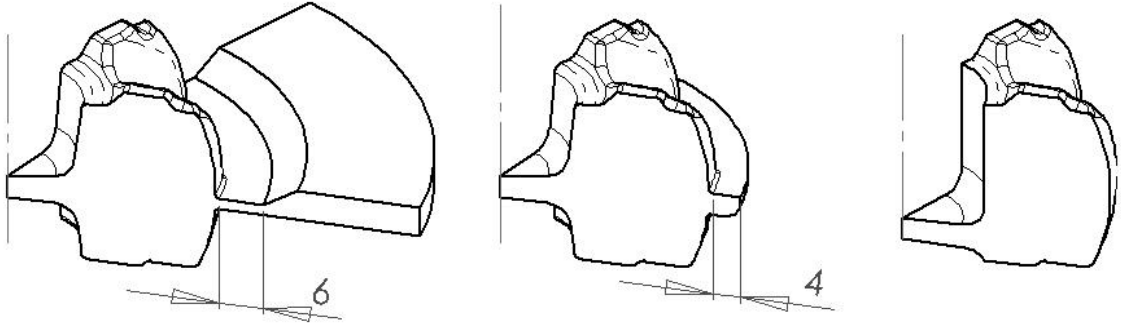
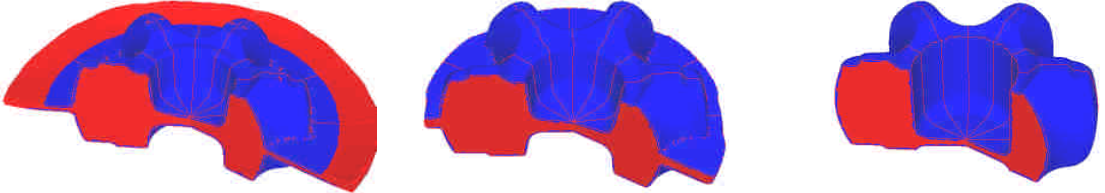
Il faut retenir de ses dimensions :

- Le diamètre sphérique enveloppe de cette pièce est de 53 mm.
- Le diamètre de base du poinçonnage-débouchage est de 21 mm
- La surface au plan de joint (hors toile) est de  $1360 \text{ mm}^2$
- Le volume (ébauré débouché) est de  $27\,000 \text{ mm}^3$  (env. 205gr).

La série de pièces à fabriquer est très importante. Elle correspond à la fabrication d'une transmission homocinétique avant montée sur des véhicules moyens de gamme, soit quelques millions de produits.

## Les procédés d'estampage

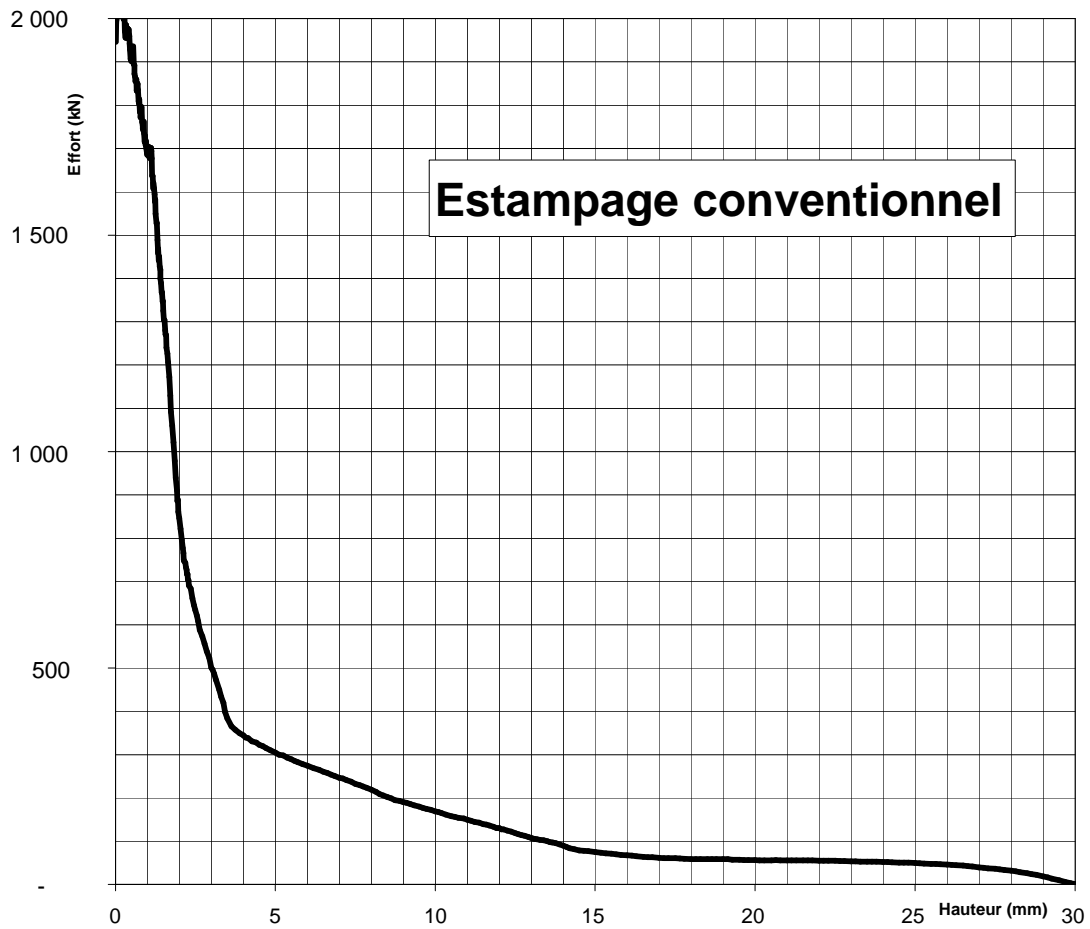
Trois procédés d'estampage sont à comparer :

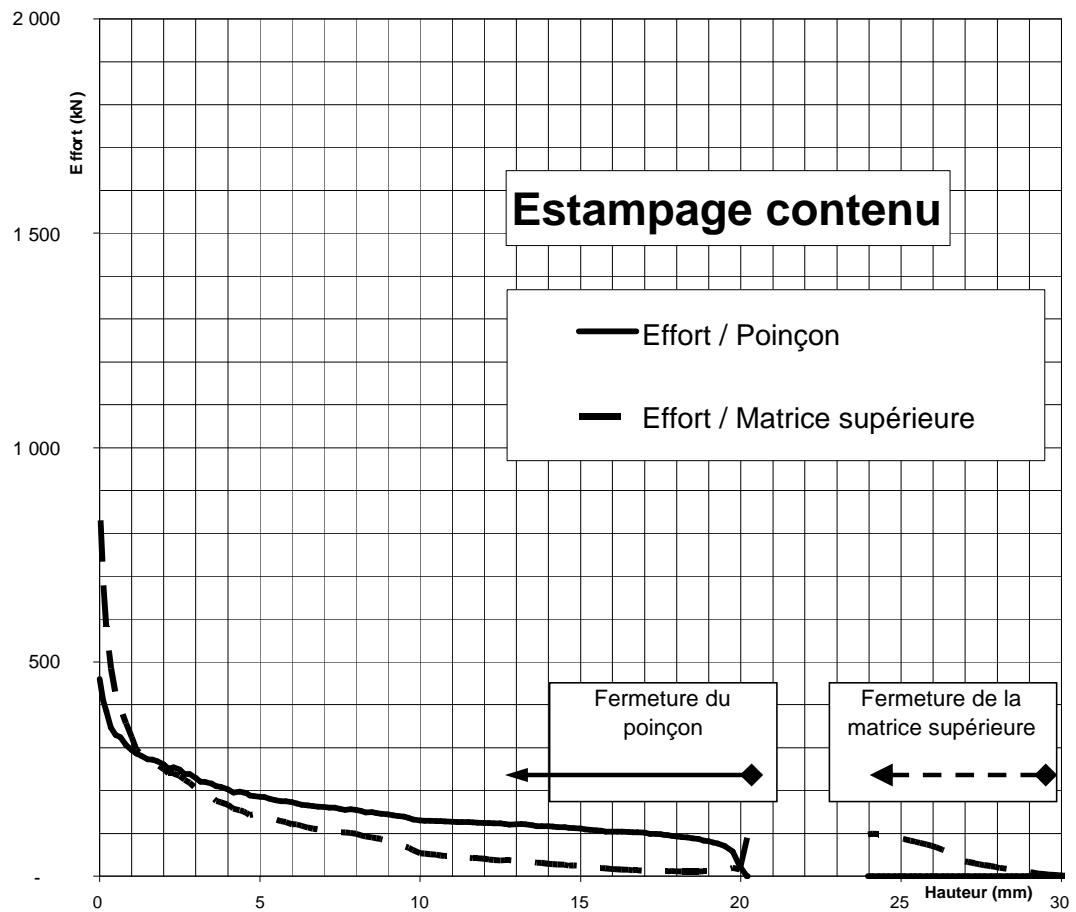
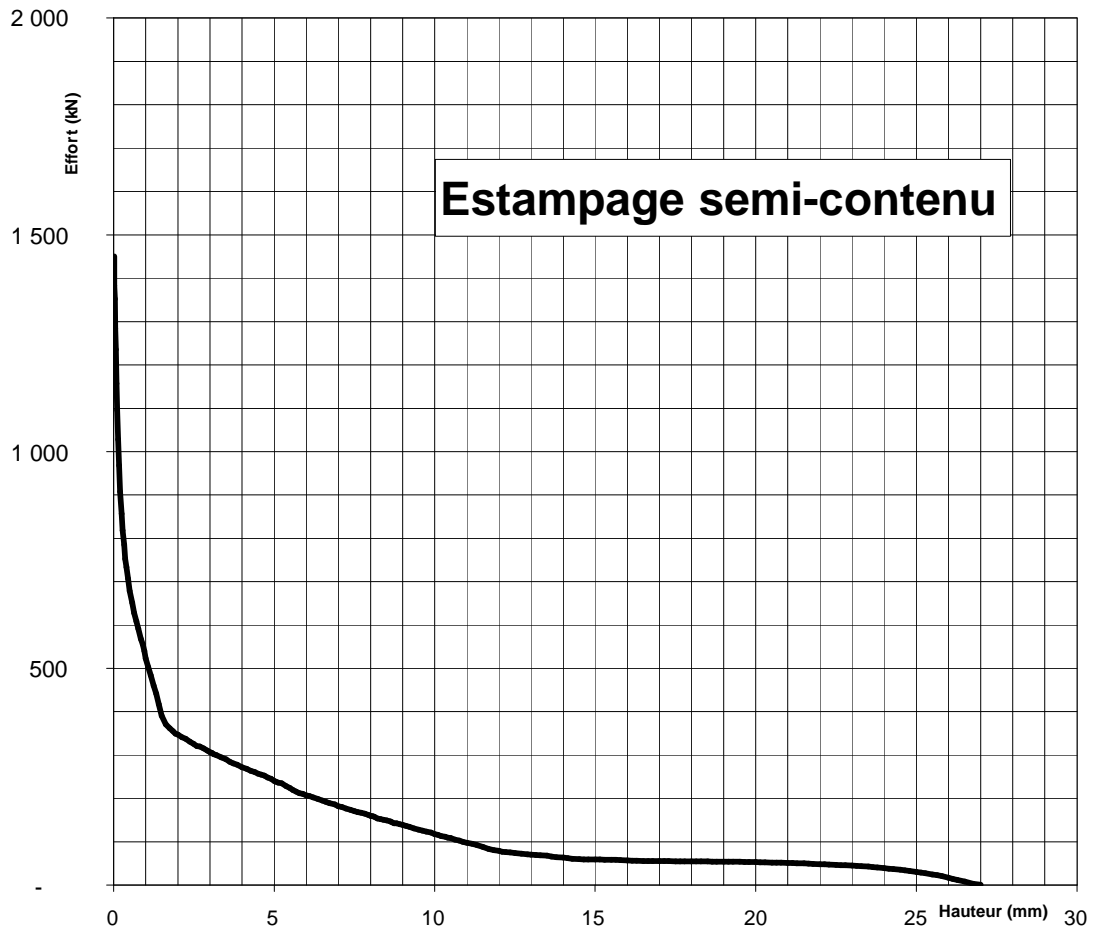
-1- traditionnel avec bavure	-2- semi contenu	-3- contenu
		
<p><i>Outillages en position début de forgeage d'un douzième de pièce</i></p>		
 <p data-bbox="316 1350 1284 1384" style="text-align: center;"><i>Un sixième de la pièce avec toile, cordon de bavure et logement de bavure</i></p>		
<p>Lopin 37 100 mm<sup>3</sup> Pièce ébavurée 30 200 mm<sup>3</sup></p>	<p>Lopin 33 800 mm<sup>3</sup> Pièce ébavurée 30 200 mm<sup>3</sup></p>	<p>Lopin 28 300 mm<sup>3</sup> Pièce estampée 28 300 mm<sup>3</sup></p>
 <p data-bbox="256 1765 1350 1798" style="text-align: center;"><i>Images de fin de simulations mettant en évidence les zones de contact avec les outils</i></p>		

La rhéologie du matériau utilisée est donnée par le tableau suivant :

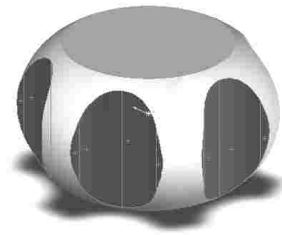


Les courbes suivantes donnent les efforts sur la pièce entière. Elles sont recalculées à partir des efforts sur un douzième (1/12<sup>ème</sup>) de pièce simulé à 1100°C en utilisant la cinématique d'une presse mécanique dite à bielle-manivelle.





N. B. : Le troisième procédé nécessite la fermeture de la matrice supérieure avant le forgeage par enfoncement d'un poinçon. Dans cette configuration le lopin ne doit pas partir en bavure lors de la fermeture des matrices. Ceci nécessite une préparation particulière du lopin : Un écrasement et décalaminage en conteneur pour maîtriser le profil extérieur à six lobes.



La simulation du forgeage contenu a été faite en deux opérations successives et indépendantes : Fermeture de la matrice supérieure (coulisseau extérieur) sur l'ébauche définie ci-dessus puis fermeture du poinçon (coulisseau intérieur).

### La presse à double effet

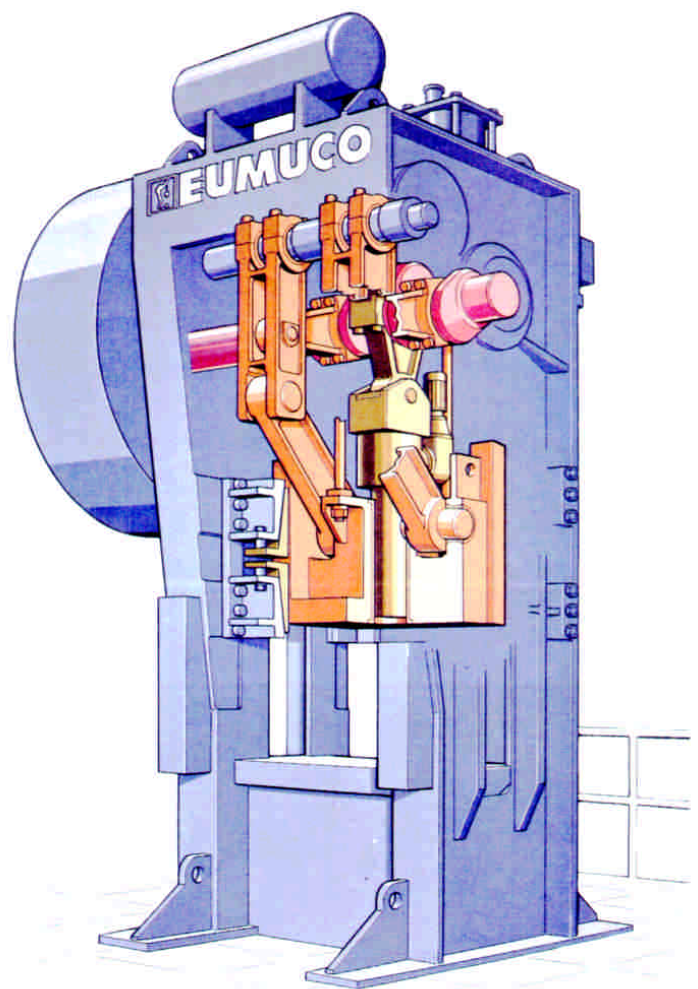
La presse double effet EUMUCO type MPD modèle 400/200 est représentée schématiquement sur la figure ci contre.

C'est une machine qui dispose d'un coulisseau extérieur, entraîné par l'arbre excentrique (premier excentrique) à l'aide d'un système à genouillère, ainsi que d'un coulisseau intérieur actionné directement par l'arbre excentrique (deuxième excentrique).

Cette machine est spécialement conçue pour la déformation massive de pièces formées après fermeture des deux moitiés de la matrice par pénétration d'un mandrin, afin d'obtenir une pièce sans bavure et avec une toile minimale.

Cette manière de procéder prévoit la fixation de la matrice supérieure du poste de finition au coulisseau extérieur pendant que le poinçon est actionné par le coulisseau intérieur.

Dû aux différences cinématiques distinguant les entraînements à genouillère des entraînements excentriques, le coulisseau extérieur est déjà arrivé au PMB pendant que



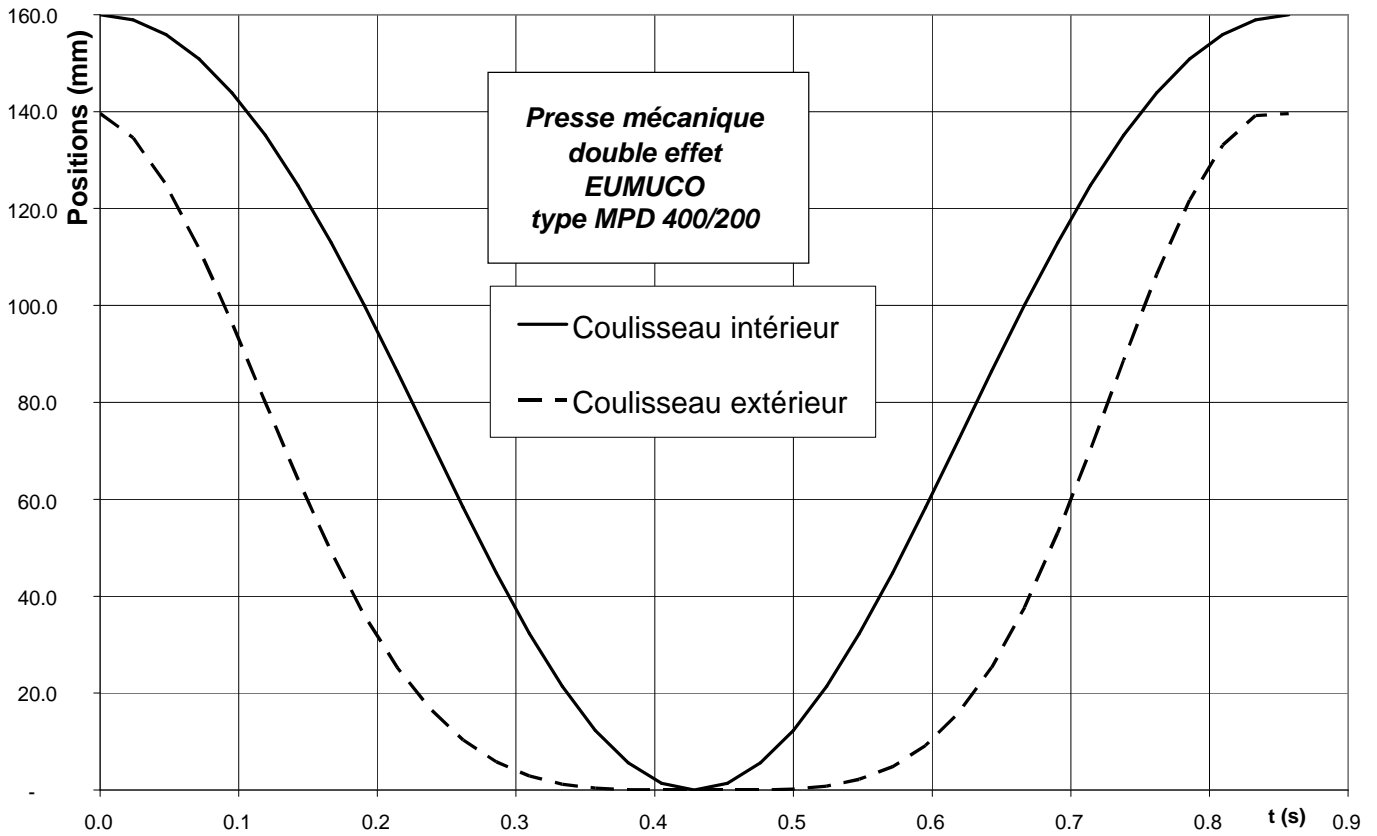
le coulisseau intérieur est toujours en train de descendre. Aussi les deux moitiés de la matrice sont-elles fermées avant que le coulisseau intérieur logeant le poinçon entre dans la pièce.

D'autre part, le coulisseau intérieur, après inversion du mouvement, quitte très rapidement le PMB pendant que le coulisseau extérieur, conformément à la caractéristique d'entraînement, monte de façon retardée. Par conséquent, les moitiés de la matrice ne s'ouvrent avant que le mandrin de poinçonnage n'ait quitté le PMB.

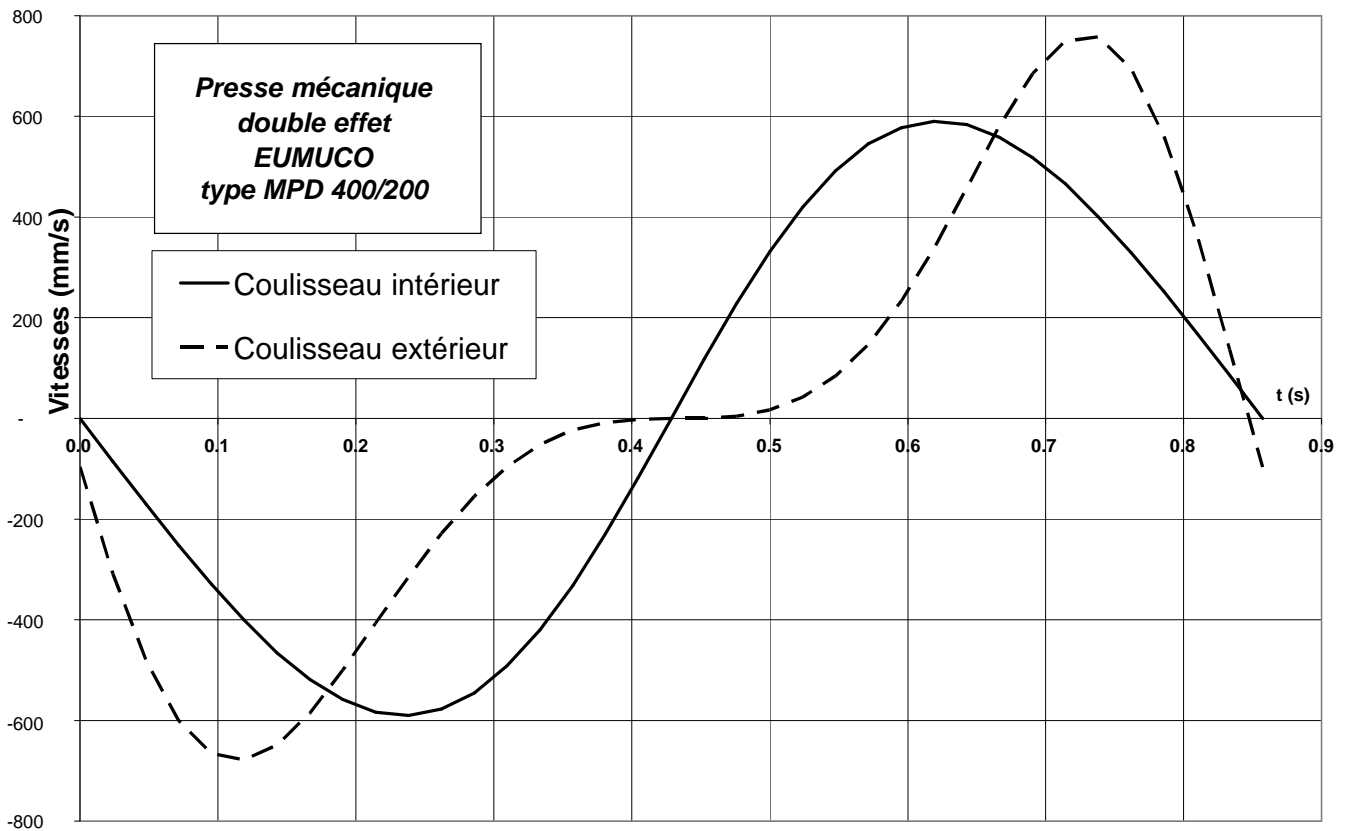
### Caractéristiques techniques

DONNEES TECHNIQUES			
<b><u>Données principales MPD 400/200</u></b>			
force nominale coulisseau extérieur			4000 kN (400 t)
force nominale coulisseau intérieur			2000 kN (200 t)
force totale			6000 kN (600 t)
course coulisseau extérieur			140 mm
course coulisseau intérieur			160 mm
nombre de courses			70 min <sup>-1</sup>
hauteur de fermeture coulisseau extérieur			
au PMB	maxi		882 mm
	mini		874 mm
hauteur de fermeture coulisseau intérieur			
au PMB	maxi		902 mm
	mini		887 mm
étendue libre entre montants			1310 mm
surface table		largeur	1290 mm
		profondeur	1000 mm
surface coulisseau extérieur		largeur	1200 mm
		profondeur	900 mm
surface coulisseau intérieur		diamètre	200 mm
moteur d'entraînement			45 kW
vitesse du moteur	env.		750 min <sup>-1</sup>
hauteur sur-sol	env.		5500 mm
poids	env.		80000 kg

### Diagramme des positions



### Diagramme des vitesses





## Schéma cinématique de la presse

Le bâti  $\boxed{0}$  est considéré comme fixe.

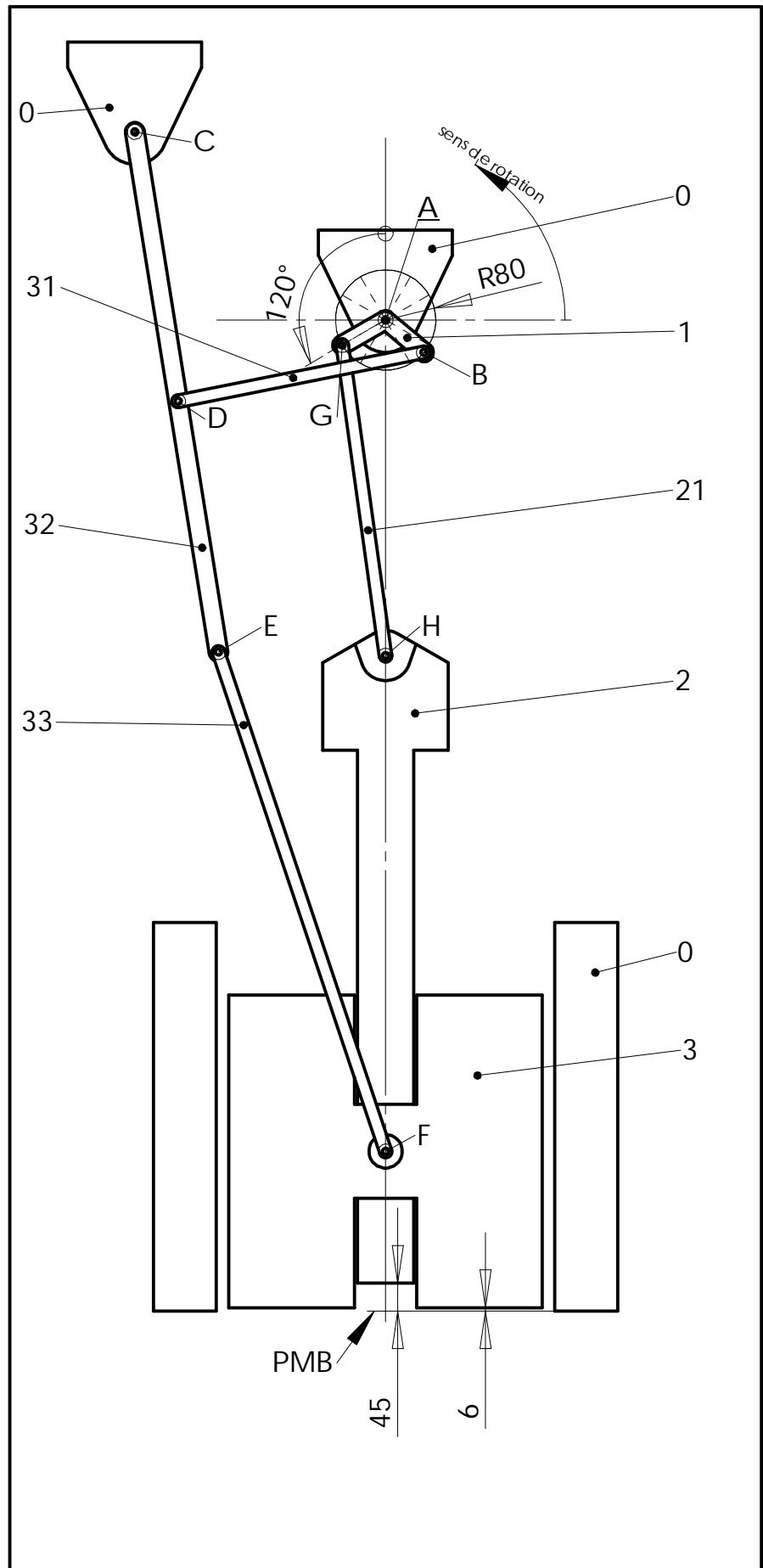
Les pièces liées au bâti sont :

- L'arbre  $\boxed{1}$  à deux excentriques (points B et G), en rotation autour du point A.
- La genouillère  $\boxed{32}$  articulée en C.
- Le coulisseau extérieur  $\boxed{3}$  en translation rectiligne verticale
- Par l'intermédiaire du coulisseau extérieur, le coulisseau intérieur  $\boxed{2}$  en translation rectiligne verticale.

Le coulisseau extérieur  $\boxed{3}$  est entraîné par l'arbre excentrique  $\boxed{1}$  à l'aide d'un système à genouillère constitué des pièces  $\boxed{31}$ ,  $\boxed{32}$  et  $\boxed{33}$ .

Le coulisseau intérieur est entraîné par l'arbre excentrique  $\boxed{1}$  et par l'intermédiaire de la bielle  $\boxed{21}$ .

L'arbre excentrique est supposé tourner à vitesse constante au cours d'un cycle PMH – PMB – PMH.



## Travail demandé

### A- Etude comparative des trois procédés de forgeage

- 1- A partir des résultats des simulations, déterminer dans les trois procédés les efforts et énergies utiles de forgeage.
- 2- Déterminer les pressions moyennes qui règnent en fin de forgeage dans les gravures sur ces trois procédés.  
Dans quel cas les outils semblent-ils les plus contraints ?
- 3- Donner les caractéristiques minimales (forces maximales et énergies cinétiques) des machines pour réaliser ces trois forgeages.  
N. B. : Pour le troisième procédé de forgeage distinguer les efforts sur le coulisseau extérieur (matrice supérieure) et sur le coulisseau intérieur (poinçon).
- 4- Les simulations ont été calculées pour des ébauches forgées à 1100°C. On souhaiterait les forger à mi-chaud soit 780°C environ pour améliorer l'état de surface.  
Déterminer dans ce cas les caractéristiques minimales des machines respectives.  
On pourra prendre arbitrairement  $\varepsilon = 1(m/m)$  et  $\dot{\varepsilon} = 1((m/m)/s)$ .
- 5- Dans le troisième type de forgeage vérifier que la presse EUMUCO MPD400/200 est capable en effort. Si ne n'est pas les cas, donner la température de forgeage minimale.
- 6- Lister les critères de choix entre ces procédés et établir un tableau d'aide au choix en le remplissant avec des symboles de type + (le procédé est favorable), 0 ou - (le procédé est défavorable).  
Si possible conclure.

## **B- Etude particulière de la presse à double effet**

1- Sur le document réponse, déterminer graphiquement les vitesses des deux coulisseaux dans la position de la figure « Schéma cinématique de la presse mécanique » à l'échelle  $1/10^{\text{ème}}$ .

L'arbre excentrique a fait un tiers de tour ( $120^\circ$ ) depuis le départ du cycle.

Vérifier le résultat sur les courbes de vitesse.

2- La simulation du forgeage sur la presse double effet a été décomposée en deux simulations indépendantes et successives. Pour la deuxième simulation les cartes de déformations et de températures ont été récupérées sans calcul de refroidissement et sans homogénéisation de la température.

Vérifier la justesse de cette décomposition.

3- La notice du constructeur dit que l'effort est limité par le couple d'embrayage de l'arbre excentrique. L'effort maximal de 2000 kN sur le coulisseau intérieur de la presse est donné à 10mm du point mort bas.

Si l'on suppose le rendement de chaque mécanisme égal à 1, à quelle hauteur du point mort bas l'effort maximal de 4000 kN sur le coulisseau extérieur est-il donné.

Conclure sur la faisabilité de la pièce.

---

*REMARQUE : Toutes les réponses doivent présenter la démarche de calcul.*

*Barème de notation sur 20 :*

*A-1 sur 2*

*B-1 sur 5*

*A-2 sur 2*

*B-2 sur 3*

*A-3 sur 2*

*B-3 sur 2*

*A-4 sur 2*

*A-5 sur 1*

*A-6 sur 1*