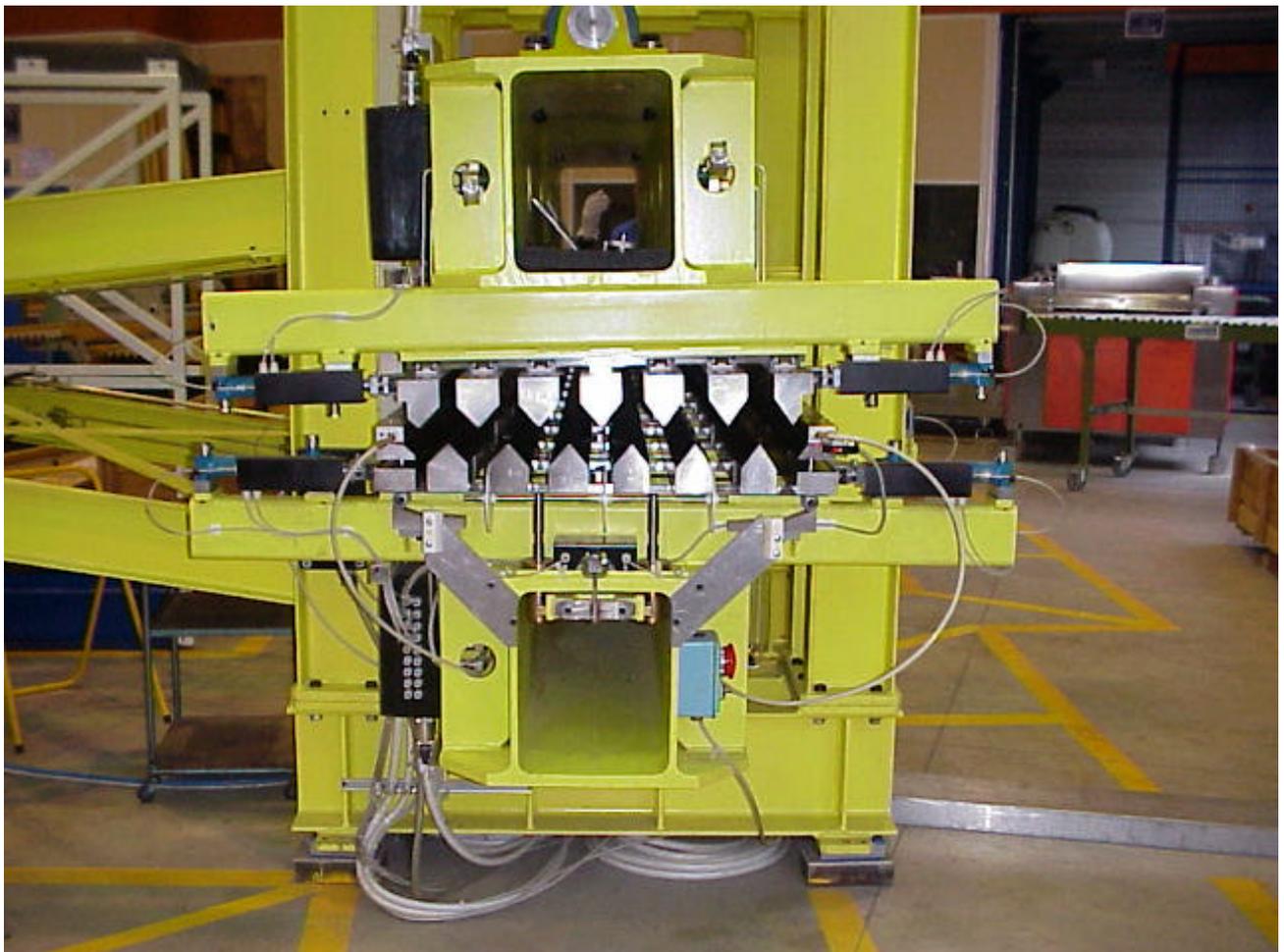


22XD2

Banque filière PT
Epreuve de Sciences Industrielles III
Durée 6 h

CALORIMÈTRE ATLAS (Détecteur ATLAS, LHC du CERN)

Étude de la presse accordéon pour la mise en forme des absorbeurs.



Instructions générales

Matériel autorisé :

Tous instruments de dessin industriel.
Calculatrice de poche non imprimante, sans document d'accompagnement.

Cette épreuve comprend cinq parties :

- Partie 1 : Etude d'un absorbeur et de sa mise en forme.
- Partie 2 : Choix d'architecture de la presse de mise en forme d'absorbeurs réguliers et conséquences.
- Partie 3 : Analyse du tolérancement des fonctions "guidage" et "mise en forme" de l'absorbeur.
- Partie 4 : Grafcet des phases de mise en forme de l'absorbeur et de préparation de la presse.
- Partie 5 : Conception de l'entraînement de l'ensemble du couteau 1.

Vous trouverez dans le dossier, outre les pages du texte de l'énoncé du sujet :

2 pages de figures numérotées de 1 à 6 :

- Figure 1 Schéma de principe du calorimètre.
- Figure 2 Variation de l'angle β .
- Figure 3 Contraintes dans la section droite d'un pli de la plaque sandwich au cours du pliage.
- Figure 4 Principe de la mise en forme d'un absorbeur régulier.
- Figure 5 Equilibre de pans d'absorbeur en cours de déformation.
- Figure 6 Formes brutes et formes usinées de la mâchoire inférieure.

10 documents numérotés de I à X :

- Document I (format A3) : Profil de l'absorbeur à 20°C.
- Document II (format A4 recto) : Exemples d'architectures de la presse accordéon.
- Document III (format A4 verso) : Solution à parallélogramme déformable.
- Document IV (format A4) : Schéma de principe de la presse accordéon.
- Document V (format A4) : Configuration du mécanisme lié au couteau 1.
- Document VI (format A4) : Dessin de définition partiel du couteau 1.
- Document VII (format A4 recto) : Dessin de définition partiel de la mâchoire inférieure.
- Document VIII (format A4) : Tableaux des actionneurs et des capteurs.
- Document IX (format A4 verso) : Grafcet des tâches des phases 2 et 4.
- Document X (format A4) : Vérin d'ouverture.

4 documents à rendre non pliés avec la copie (2 feuilles recto verso) :

- Document II (format A4 recto) : Exemples d'architectures de la presse accordéon.
- Document III (format A4 verso) : Solution à parallélogramme déformable.
- Document VII (format A4 recto) : Dessin de définition partiel de la mâchoire inférieure.
- Document IX (format A4 verso) : Grafcet des tâches des phases 2 et 4.

1 calque préimprimé (à rendre non plié avec la copie).

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le LHC (Large Hadron Collider) du CERN est un accélérateur de particules. Il est installé dans une galerie souterraine torique, creusée à environ 80 m sous la surface du sol et située à proximité de Genève. Cette galerie torique est générée par une section circulaire verticale de 3,8 m de diamètre dont le centre décrit un cercle, de près de 27 km de circonférence, dans un plan horizontal. Cette galerie circulaire contient, dans ce plan horizontal, deux tubes parallèles distants de 194 mm, soumis au vide et parcourus chacun, et en sens contraire, par un flux de protons dont le faisceau a un diamètre de 16 micromètres. En quatre points IP (points d'interaction) de l'anneau, sont prévus des croisements de ces deux faisceaux, où se produisent les collisions des particules.

C'est pour observer les résultats de ces collisions, en l'un de ces points d'interaction appelé IP1, que le détecteur ATLAS a été conçu. Il résulte de la participation de 150 Instituts de 33 pays différents. En cours de construction, il sera opérationnel en 2005.

Il est prévu que le détecteur ATLAS, assemblé dans une vaste cavité, occupe un volume cylindrique de 25 m de diamètre et de 40 m de longueur et possède une masse d'environ 10 000 tonnes. Son axe est confondu avec l'axe du tube dans lequel se produisent les collisions.

Le détecteur ATLAS est lui-même composé de plusieurs détecteurs cylindriques coaxiaux.

L'un de ces détecteurs est le CALORIMÈTRE ATLAS. Il a pour fonction la mesure des énergies des particules neutres et chargées issues des collisions. Il a la forme d'un cylindre de 4,5 m de diamètre extérieur, 2,3 m de diamètre intérieur et de 6,8 m de longueur. Il est en fait formé de deux parties symétriques par rapport au plan passant par IP1 et perpendiculaire à l'axe du tube. Chacune des deux parties du calorimètre est essentiellement constituée de 1 024 plaques métalliques radiales, pliées en forme d'accordéon, dont les plis sont parallèles à l'axe du détecteur (Fig. 1). Ces plaques sont des absorbeurs qui transforment l'énergie incidente de certaines particules, issues de la collision, en une gerbe de nouvelles particules. Ces nouvelles particules traversent l'argon liquide qui entoure les absorbeurs et qui libère des électrons. Ceux-ci sont collectés et mémorisés.

L'étude qui suit s'applique à l'absorbeur puis à la machine qui permet sa mise en forme.

PARTIE 1 : Etude d'un absorbeur et de sa mise en forme.

La forme de l'absorbeur réel (Document I) est caractérisée par deux flancs (gauche et droit), contenus dans le plan moyen, et 14 pans séparés par 15 plis.

L'absorbeur est obtenu par déformation, en accordéon, d'une plaque plane, de largeur $b = 0,771$ m et de longueur $L = 3$ m. Cette plaque plane est un sandwich composé d'une plaque de plomb d'épaisseur $e_p = 1,5$ mm comprise entre deux feuilles de fibres de verre pré-imprégnées d'épaisseur $e_v = 0,13$ mm, l'ensemble compris entre deux feuilles d'acier inoxydable d'épaisseur $e_i = 0,2$ mm (Fig. 3). Une fois mis en forme dans la presse accordéon, cet ensemble est pressé dans une autre machine à sa forme définitive et chauffé. La polymérisation de la résine qui imprègne la fibre de verre fixe entre elles les plaques de plomb et d'acier inoxydable.

Les caractéristiques des plaques et des matériaux qui constituent le sandwich sont rappelées dans le tableau suivant :

	Acier Inox	Plomb	Pré-imprégné
Masse volumique kg/m^3	$i = 7900$	$p = 11300$	$v = 1500$
Nombre de feuilles	2	1	2
Épaisseur de la feuille mm	$e_i = 0,2$	$e_p = 1,5$	$e_v = 0,13$
Limite élastique MPa	$e_i = 200$	0	0

1-1 On se propose de calculer le poids des absorbeurs constituant le calorimètre complet, afin d'envisager une technique de maintien de ceux-ci.

Question 1-1-a : Calculer le poids d'un absorbeur. En déduire le poids total de l'ensemble de tous les absorbeurs de chacune des deux parties du calorimètre et le poids des absorbeurs du calorimètre entier.

On se propose de justifier la géométrie nominale du profil de l'absorbeur réel du Document I. Compte tenu de leur poids, tous les absorbeurs sont maintenus entre eux. Ils sont calés les uns contre les autres par des plots dont, pour des raisons de simplicité de fabrication, la hauteur h est constante (Fig. 2).

Question 1-1-b : Calculer l'angle $\alpha = \alpha_{i+1} - \alpha_i$ entre les plans moyens de deux absorbeurs contigus. Cet angle est supposé petit. Ecrire la relation entre le rayon r_j , l'angle α_j , la hauteur h du plot situé dans le plan moyen de l'absorbeur α_i et l'épaisseur e de l'absorbeur (Fig. 2 et 3). Il est exigé que l'écartement h , entre deux absorbeurs contigus, au voisinage de leurs plans moyens soit constant.

L'écartement entre deux pans n'est cependant pas rigoureusement constant, expliquer pourquoi. Calculer les variations $\pm h$ de l'écartement h entre deux pans de largeur 57 mm. Peut-on néanmoins justifier l'emploi de plots de hauteur constante ?

1-2 On cherche à estimer le moment de flexion nécessaire pour réaliser un pli, dans le sens de la longueur, dans la plaque plane sandwich initiale, afin de prévoir les efforts que devra exercer la presse accordéon.

Pour simplifier les calculs, on considère l'absorbeur régulier du Document I. Son profil est composé de 6,5 motifs identiques et terminé par deux flancs de largeur 13,3 mm et 16,7 mm. Chaque motif a une longueur dépliée de $l = 114$ mm. L'angle entre les pans et la normale au plan moyen vaut $\alpha_0 = 39,9^\circ$.

On néglige les contraintes développées par la flexion dans le plomb et dans le pré-imprégné. La répartition des contraintes dans l'épaisseur de la plaque sandwich au début, et en cours de pliage, est schématisée selon la Fig. 3.

Les contraintes dans les feuilles d'acier inoxydable sont supposées uniformes. Elles ont pour valeur la limite élastique en traction et en compression : $\sigma_{ei} = 200$ MPa.

Question 1-2-a : Justifier la nullité des contraintes de traction dans le plomb et dans la fibre de verre préimprégnée. Justifier la constance de la contrainte dans les feuilles d'acier inoxydable, compte tenu de la courbe de traction de ce matériau (Fig. 3).

Question 1-2-b : Calculer le moment de flexion M nécessaire pour créer un pli de longueur $L = 3$ m dans la plaque sandwich. Donner son expression en fonction de σ_{ei} , σ_{ei} , e_p , e_v et L . Donner sa valeur numérique.

1-3 On se propose de calculer les forces que doit développer la presse accordéon.

La Fig. 4 donne un principe de mise en forme d'un absorbeur :

- serrage du flanc gauche de la plaque, sur une largeur de 13,3 mm, dans un serre-flanc lié au bâti fixe.
- serrage du flanc droit de la plaque, sur une largeur de 16,7 mm, dans le serre-flanc du couteau 15 en liaison glissière par rapport au bâti,
- mise en contact avec la tôle des arêtes des 7 couteaux supérieurs de numéros pairs. Ces couteaux sont en liaison glissière sans frottement avec la table supérieure, elle même en liaison glissière verticale avec le bâti. Les couteaux sont maintenus parallèles et équidistants par des vérins d'ouverture, des ventouses magnétiques et un système d'agrafes non représenté sur la figure 4.
- mise en contact, avec la tôle, des arêtes des 6 couteaux inférieurs de numéros impairs. Ces couteaux sont en liaison glissière sans frottement avec la table inférieure, elle même en liaison glissière verticale avec le bâti. Les couteaux sont maintenus parallèles et équidistants par des vérins d'ouverture, des ventouses magnétiques et un système d'agrafes non représenté sur la figure 4.
- les deux tables supérieure et inférieure se rapprochent en ayant chacune un déplacement vertical égal et opposé par rapport au bâti. Un premier déplacement de 1 mm permet le préformage de la plaque tendue par les vérins d'ouverture. Il est suivi par un second déplacement au cours duquel les ventouses magnétiques ne sont plus alimentées et libèrent l'ensemble des couteaux qui subissent une translation par rapport, à la fois, au bâti, à la table inférieure et à la table supérieure. Ces mouvements se produisent jusqu'à ce que les faces des couteaux viennent au contact de la tôle déformée (Fig. 4-b).
- l'absorbeur ainsi mis en forme est libéré par l'éloignement vertical des deux tables et le desserrage des deux serre-flancs. Il est alors extrait de la presse. Les ventouses magnétiques sont mises sous tension. Les vérins d'ouverture s'allongent, les ventouses magnétiques se fixent sur les

couteaux latéraux. Les vérins d'ouverture se raccourcissent et écartent à nouveau les couteaux et le serre-flanc droits, en attente du chargement d'une nouvelle plaque.

On propose la méthode suivante pour calculer la force verticale qu'exerce chaque table sur l'absorbeur, au cours de sa déformation.

On suppose, au cours de la mise en forme, que chaque pan d'absorbeur est un solide indéformable de longueur $l/2$ ($l/4$ pour les deux pans externes) articulé aux pans voisins par une liaison pivot avec frottement sec (Fig. 5). Le moment de frottement est le moment M calculé au § 1-2-b, supposé constant au cours du temps et égal à 250 Nm.

Question 1-3-a : En écrivant l'équilibre d'un pan d'absorbeur de longueur $l/2$, calculer la force $F(\theta)$ en fonction du moment M et de l'angle θ . Calculer la valeur numérique de $F_0 = F(\theta_0)$, avec $\theta_0 = 39,9^\circ$.

Question 1-3-b : En déduire la force que doit exercer la table supérieure sur l'absorbeur régulier pour $\theta_0 = 39,9^\circ$.

Question 1-3-c : En déduire la force que doit exercer la table inférieure sur l'absorbeur régulier pour $\theta_0 = 39,9^\circ$.

Question 1-3-d : En déduire la force, et son sens, que doit exercer le bâti sur l'absorbeur régulier pour $\theta_0 = 39,9^\circ$.

PARTIE 2 : Choix d'architecture de la presse de mise en forme d'absorbeurs réguliers et conséquences.

Dans une démarche de conception, il est proposé de comparer des architectures de machines, de justifier l'abandon de certaines d'entre elles, et d'étudier les conséquences du choix de l'une d'elles.

2-1 Comparaison d'architectures.

Le Document II propose 5 architectures de la presse de mise en forme d'absorbeurs réguliers. La réduction du nombre des motifs, dans les représentations schématiques de l'absorbeur, ne peut nuire au raisonnement.

Question 2-1 : On suppose que la tôle peut se plier mais ne peut ni s'allonger ni glisser dans les serre-flancs. Ecrire, lignes 3 et 4 du tableau du Document II, les avantages et les inconvénients de chacune des architectures, en particulier vis-à-vis de la forme souhaitée pour l'absorbeur et de la qualité de ses surfaces, en cas de glissement des couteaux sur la tôle.

2-2 Etude d'une liaison à parallélogramme entre le bâti, les serre-flancs et la table supérieure.

L'architecture 5 du Document II impose aux serre-flancs un déplacement vertical, par rapport au bâti, égal à la moitié du déplacement de la table supérieure. Une architecture voisine est retenue dans laquelle sont supprimées les deux liaisons glissières entre chaque serre-flanc et le bâti.

Question 2-2 : Représenter, à main levée, sur le Document III, le schéma d'une solution utilisant des parallélogrammes déformables, avec éventuellement des liaisons appuis ponctuels bilatéraux et glissières, pour imposer aux serre-flancs un mouvement de translation dont le déplacement vertical, par rapport au bâti, est égal à la moitié de celui de la table supérieure. Cette liaison ne doit appliquer aucune force horizontale sur les flancs de l'absorbeur.

2-3 Etude géométrique des liaisons à came entre les serre-flancs et le bâti.

Les liaisons L1 et L2 de l'architecture 5 du Document II, sont décrites dans les Documents IV, V et sur le Calque préimprimé. Le déplacement vertical des serre-flancs est imposé par le roulement d'un galet de came qui roule sur le profil d'une came liée au bâti.

Question 2-3-a : Justifier pourquoi le contact entre la came et le galet est en partie inférieure du galet.

Question 2-3-b : Déterminer l'équation et tracer l'allure de la trajectoire du centre du galet gauche, par rapport au bâti, en supposant que les angles de tous les pans restent identiques au cours du pliage. Il est rappelé que le déplacement horizontal du couteau 8 est nul, que $l = 114$ mm et que $0 < \alpha < \alpha_0$.

Question 2-3-c : On admet que les angles des deux pans latéraux de l'absorbeur, au cours de la déformation, peuvent être différents de l'angle des autres pans. Expliquer succinctement, en s'aidant de schémas, pourquoi la trajectoire du centre du galet peut s'éloigner de la trajectoire de la question 2-3-b.

Les deux trajectoires limites sont représentées sur le Calque préimprimé.

PARTIE 3 : Analyse du tolérancement des fonctions "guidage" et "mise en forme" de l'absorbeur.

Le guidage vertical du couteau 1 et le système de serrage du flanc d'un absorbeur sont réalisés par l'assemblage de différentes pièces. Elles sont représentées sur le Document V, dans trois configurations fonctionnelles du mécanisme. Cet ensemble de composants participe à la réalisation de plusieurs fonctions :

- la fonction "guidage vertical du flanc de l'absorbeur" est réalisée par dix tiges de guidage, solidaires du couteau 1, qui coulisent dans dix bagues autolubrifiantes de la mâchoire inférieure,
- la fonction "mise en forme de l'absorbeur" est assurée par les formes du couteau 1 et par les surfaces réalisant son guidage par rapport à la mâchoire inférieure dans la configuration III du mécanisme,
- la fonction "serrage du flanc de l'absorbeur" est assurée par le couteau 1, le serre flanc couteau 1, 20 vis (CHC, M8, 50), et la chambre pneumatique avec sa plaque de serrage.

Ces deux premières fonctions sont exprimées par les spécifications portées sur le dessin de définition partiel du couteau 1 (Document VI)

3-1 Lecture des spécifications du dessin de définition du couteau 1 (document VI).

Question 3-1-a : Définir les significations de la tolérance de planéité $\text{Ra}3,2$ et du critère d'état de

surface donné par le symbole graphique .

Question 3-1-b : Quelles sont les exigences exprimées par les tolérances dimensionnelles $70 \pm 0,05$ et $\text{Ø}16\text{H7}(\text{E})$, (la tolérance H7 correspond à un intervalle de tolérance de $18 \mu\text{m}$) ?

Question 3-1-c : Dans les tolérances géométriques figurent des lettres qui désignent des éléments géométriques réels (éléments de références) et des éléments géométriques théoriques (références spécifiées et système de références spécifiées).

En s'aidant de toutes les indications du dessin, définir les éléments de références, les références spécifiées et les critères d'association qui figurent dans les trois tolérances géométriques suivantes : $\text{Ø}0,03\text{A}$, $\text{Ø}0,05\text{A|B|C}$, $\text{Ø}0,06\text{A|B-C}$.

Question 3-1-d : On considère les deux plans A et B-C de la référence spécifiée A et du système de références spécifiées A|B-C . Donner pour chacune des trois tolérances géométriques $\text{Ø}0,03\text{A}$, $\text{Ø}0,05\text{A|B-C}$, $\text{Ø}0,06\text{A}$ la forme et les contraintes de position des zones de tolérance ainsi que la condition d'acceptation des exigences demandées.

3-2 Spécification, sur le dessin de définition de la mâchoire inférieure, des deux fonctions : guidage vertical et mise en forme de l'absorbeur.

Les dix bagues autolubrifiantes sont assemblées "serrées" dans la mâchoire inférieure (Document VII). La spécification dimensionnelle du cylindre extérieur de la bague (non assemblée) est $\varnothing 26 \text{ s7 } \textcircled{E}$, celle de son cylindre intérieur $\varnothing 16 \text{ H7 } \textcircled{E}$ (bague assemblée) avec un défaut de coaxialité de $50 \mu\text{m}$ par rapport au cylindre extérieur (bague assemblée).

Question 3-2-a : Ecrire sur le Document VII, à rendre non plié, ces trois tolérances dimensionnelles et géométriques.

Question 3-2-b : La spécification dimensionnelle portée sur chacun des 10 alésages $\varnothing 26$ de la mâchoire inférieure avant assemblage des bagues autolubrifiantes est $\varnothing 26 \text{ H7 } \textcircled{E}$. Justifier ce choix en écrivant une inégalité entre les écarts dimensionnels sur les diamètres $\varnothing 26$ de la bague et de l'alésage.

Question 3-2-c : Si on isole une tige de guidage et sa bague autolubrifiante assemblée dans la mâchoire inférieure, proposer une tolérance dimensionnelle de la tige permettant de réaliser un ajustement glissant juste.

Question 3-2-d : Les dix alésages $\varnothing 26 \text{ H7 } \textcircled{E}$ de la mâchoire inférieure sont usinés sur un centre d'usinage. Il est capable de réaliser l'ensemble des 10 axes réels des alésages dans des zones de tolérance cylindriques de diamètre $\varnothing 0,03 \text{ mm}$, dont les axes des zones sont en position théorique exacte et perpendiculaires à la face théorique d'appui de la table du centre d'usinage. Les bagues étant assemblées dans la mâchoire inférieure, écrire sur le Document VII, la tolérance de localisation des 10 alésages $\varnothing 16 \text{ H7 } \textcircled{E}$. Elle doit être strictement nécessaire pour respecter à la fois le contact plan entre le couteau 1 et la mâchoire inférieure (configuration III du mécanisme), et les contraintes géométriques de fabrication des alésages, de la mâchoire inférieure et des bagues autolubrifiantes.

Question 3-2-e : Dans la configuration III du mécanisme, il est nécessaire d'assurer un jeu minimum de $0,06 \text{ mm}$ entre le tenon de la mâchoire inférieure et le couteau 1 (Document V). En précisant sur un schéma les différentes cotes des pièces concernées, écrire formellement, dans le plan de la figure, la chaîne de cotes permettant de respecter ce jeu minimum. La différence entre le diamètre de l'alésage du couteau 1 et celui de la tige de guidage est comprise entre 6 et $35 \mu\text{m}$. De même, la différence entre le diamètre intérieur de la bague autolubrifiante assemblée et celui de la tige de guidage est comprise entre 6 et $35 \mu\text{m}$. Connaissant les spécifications du couteau 1 (Document VI), calculer la valeur minimale de la cote liée à la mâchoire inférieure.

Question 3-2-f : Ecrire sur le Document VII, la spécification de localisation de la face du tenon avec un intervalle de tolérance de $0,1 \text{ mm}$.

3-3 Spécification avec modificateur de maximum de matière.

La tolérance de localisation $\textcircled{A} \varnothing 0,02 \text{ A}$ des 10 alésages $\varnothing 16 \text{ H7 } \textcircled{E}$ du couteau 1 est remplacée par la tolérance $\textcircled{A} \varnothing 0,02 \text{ MA}$ avec un modificateur de maximum de matière sur l'élément toléré.

Question 3-3 : Définir la nouvelle signification de cette tolérance.

3-4 Etude de la fabrication de la première phase d'usinage de la mâchoire inférieure.

Toutes les surfaces de la mâchoire inférieure sont obtenues par l'usinage d'une barre en acier laminé de section $50 \times 80 \text{ mm}$ et de longueur $3\,205 \text{ mm}$.

On désire réaliser la première phase d'usinage sur fraiseuse à commande numérique. La pièce à l'état brut est en appui sur les surfaces 2, 3 et 5 (Fig. 6). Après bridage, les surfaces suivantes sont réalisées : en une passe la surface 9, en une passe les surfaces 7 et 8, en une passe le chanfrein 10. Enfin les 10 trous $\varnothing 17$ sont percés sur une profondeur de 15 mm .

Question 3-4-a : A l'aide d'un croquis, représenter schématiquement la mise en position isostatique de la pièce sur la table de la fraiseuse.

Question 3-4-b : Quel type de fraise choisir pour usiner les deux faces 7 et 8 ? La largeur de la surface 7 est de 72 mm, choisir un diamètre de fraise parmi les dimensions standard 40 mm (4 dents), 80 mm (6 dents), 100 mm (6 dents), 125 mm (8 dents) et 160 mm (10 dents). Justifier ce choix.

Question 3-4-c : Quel type de fraise choisir pour l'usinage du chanfrein 10 ?

3-5 Détermination du temps d'usinage des surface 7 et 8.

La surface 7, à usiner, a une longueur l_p et une largeur l_r . La fraise a un diamètre D .

Question 3-5-a : Quelle est l'expression, en fonction de la longueur l_p de la surface 7 et du diamètre D de la fraise, du déplacement L_c de l'axe de la fraise au cours d'une passe pendant laquelle sont formés des copeaux ?

Question 3-5-b : Si V est la vitesse de coupe, Z le nombre de dents de la fraise, et f_z l'avance par dent, écrire l'expression de la durée t_o de la passe précédente caractérisée par le déplacement L_c .

Question 3-5-c : En s'aidant d'un croquis, écrire l'expression de la durée t_c pendant laquelle une arête de l'outil coupe effectivement, en fonction de la durée de la passe t_o , du diamètre D de la fraise et de la largeur l_r de la surface 7.

Question 3-5-d : La vitesse de coupe V_{15} est de 120 m/mn et l'avance par dent de 0,15 mm. Que signifie V_{15} ? Quel critère d'usure permet de définir V_{15} ? Calculer le temps nécessaire pour usiner les surfaces 7 et 8 ($l_r = 72$ mm, $l_p = 3205$ mm) avec la fraise choisie à la question 3-4-b.

Question 3-5-e : Combien de passes d'ébauche pourront être réalisées avant l'usure d'un jeu d'arêtes de la fraise ?

PARTIE 4 : Grafset des phases de mise en forme de l'absorbeur et de préparation de la presse.

Le fonctionnement de la presse accordéon suit quatre phases :

- phase 1 : chargement manuel d'une plaque plane dans la presse,
- phase 2 : mise en forme de l'absorbeur,
- phase 3 : extraction manuelle de l'absorbeur,
- phase 4 : préparation de la presse au chargement d'une plaque plane.

Les tableaux du Document VIII présentent les actionneurs et capteurs utilisés au cours des phases 2 et 4. Ils se réfèrent aux Documents IV et V. Toutefois, les deux vérins de poussée 1 et 2 ont des déplacements simultanés identiques. Le vérin 1 « maître » est seul commandé, le vérin 2 est son « esclave ». De même, les vérins d'ouverture de chaque couteau latéral ont des déplacements identiques. Ils sont, pour simplifier, modélisés par un vérin unique qui porte le numéro du couteau correspondant (1, 2, 14, 15).

Description du fonctionnement de la presse accordéon :

Phase 1 : chargement manuel d'une plaque plane dans la presse.

Phase 2 : mise en forme de l'absorbeur,

- le système est dans l'état où les tiges des vérins d'ouverture sont rentrées, les ventouses magnétiques sont alimentées, la pression est nulle dans la chambre pneumatique. Les conditions de début de phase sont : la présence d'une tôle et l'appui sur le bouton poussoir de mise en mode automatique,
- serrage des flancs,
- descente de la table supérieure pour mise en préforme de la plaque. Cette position n'est pas définie par une butée physique, mais par l'information donnée par le capteur de position du vérin de poussée 1,
- libération des couteaux latéraux,
- descente de la table supérieure à sa position basse de fin de mise en forme. Cette position n'est pas définie par une butée physique, mais par l'information donnée par le capteur de position du vérin de poussée 1,
- desserrage des flancs,
- montée de la table supérieure en position haute.

Phase 3 : extraction manuelle de l'absorbeur.

Phase 4 : préparation de la presse au chargement d'une nouvelle plaque plane,

- attente de l'appui, par l'opérateur, sur le bouton poussoir de mise en mode automatique,
- alimentation des ventouses magnétiques,
- sortie des tiges des vérins d'ouverture,
- temporisation de 7 secondes permettant la sortie des tiges des vérins d'ouverture des couteaux,
- rentrée des tiges des vérins d'ouverture qui placent les couteaux dans leur position écartée.

Question 4 : Représenter sur le Document IX le Grafcet correspondant aux phases 2 à 4 décrites ci-dessus, point de vue partie opérative.

PARTIE 5 : Conception de l'entraînement de l'ensemble du couteau 1.

Cette conception conduit à définir des formes qui sont à dessiner sur le **Calque préimprimé** qui sera rendu.

5-1 Conception de la liaison entre la tige de guidage du couteau et la came.

Le galet est constitué d'un ou plusieurs "galets de came à billes", de diamètre extérieur = 32 mm, de diamètre intérieur = 10 mm et de largeur 9 mm.

Question 5-1 : Représenter la liaison entre la tige de guidage du couteau et la came initiale sachant qu'elle doit supporter une charge verticale de l'ordre de 2000 N.

5-2 Conception de la came.

Le couteau 1, représenté en position écartée et haute, peut se déplacer, au cours de la mise en forme de l'absorbeur, horizontalement de 133 mm et verticalement de 22 mm. Le profil rectiligne de la came initialement conçue figure sur la vue de face du Calque préimprimé. Les premiers essais ont montré qu'une came possédant deux pentes lui est préférable car elle éloigne la trajectoire du centre du galet des deux trajectoires limites (voir question 2-3-c).

La conception de la came doit obéir au cahier des charges suivant :

- avoir un profil composé de deux parties rectilignes et d'une ligne de raccordement dont le rôle est d'éviter les chocs.
- avoir, en fin d'ouverture des couteaux, une pente assez faible (dont le calcul n'est pas demandé) pour ne pas risquer de décoller les ventouses magnétiques (celles-ci exercent un effort de 880 N, au plus),
- permettre à l'opérateur de dégager manuellement le flanc gauche de l'absorbeur, sur une largeur de 15 mm, en phase d'extraction de l'absorbeur, après mise à pression nulle des chambres pneumatiques (voir document V configuration III),
- être en appui et fixée d'une façon réglable sur le bâti.

Question 5-2-a : Représenter une came obéissant aux conditions posées. Indiquer les dimensions nominales caractéristiques de la forme et de la position de la double pente par rapport au galet.

5-3 Conception de la liaison entre vérin d'ouverture et ventouse magnétique.

Les ventouses magnétiques initiales ont été remplacées par un nouveau modèle plus puissant, qui a conduit au choix d'un nouveau vérin (Document X).

Question 5-3-a : Représenter la liaison entre la patte avant de fixation du nouveau vérin et le bâti permettant de :

- rehausser le vérin.

Question 5-3-b : Représenter la liaison entre la tige du nouveau vérin et la ventouse magnétique permettant de :

- empêcher la rotation, par rapport au bâti, de la ventouse magnétique autour de l'axe du vérin. Elle pourrait se produire, par exemple, sous l'effet du poids de ses câbles d'alimentation électrique,
- autoriser de petits mouvements de rotation (de l'ordre de $\pm 5^\circ$) de la ventouse magnétique par rapport à la tige du vérin, autour de tout axe d'un plan perpendiculaire à l'axe du vérin (cette condition est exigée pour que la ventouse puisse se plaquer contre le couteau et puisse exercer son effort nominal),
- obliger la ventouse à conserver verticale sa face d'appui avec le couteau lorsque qu'elle n'est plus alimentée,
- autoriser la tige du vérin à exercer une force axiale de l'ordre de 880 N,
- autoriser l'assemblage de l'ensemble,
- autoriser un fonctionnement de l'ordre de 10 000 cycles.

Les ventouses possèdent deux trous filetés M6 de profondeur 10 mm.

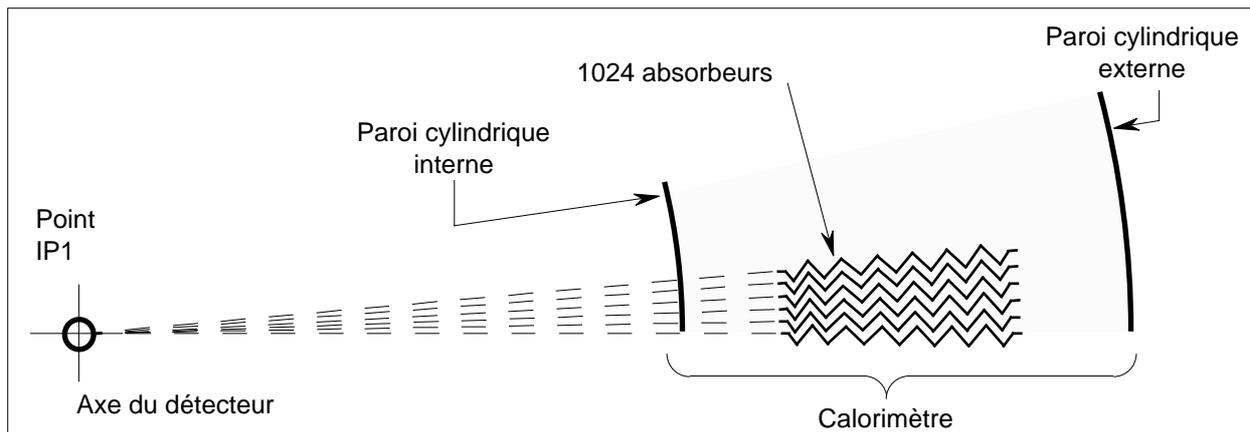


Figure 1 : Schéma de principe du calorimètre.

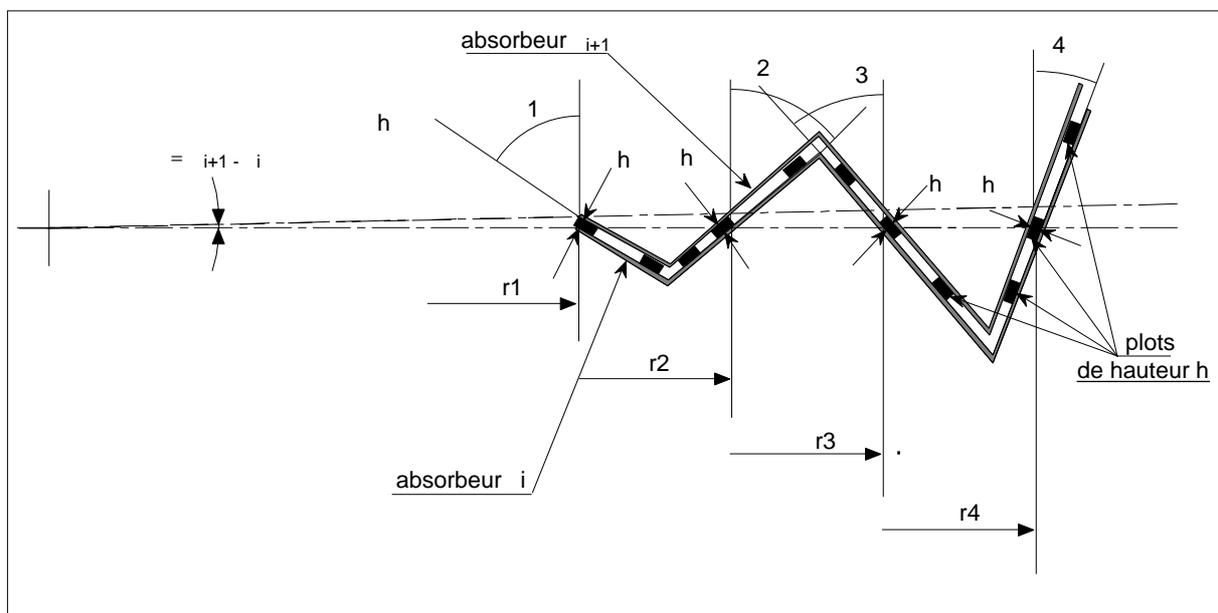


Figure 2 : Variation de l'angle j , pour que l'écartement h entre les pans de deux absorbeurs contigus, au voisinage de leurs plans moyens, soit indépendant de r_j .

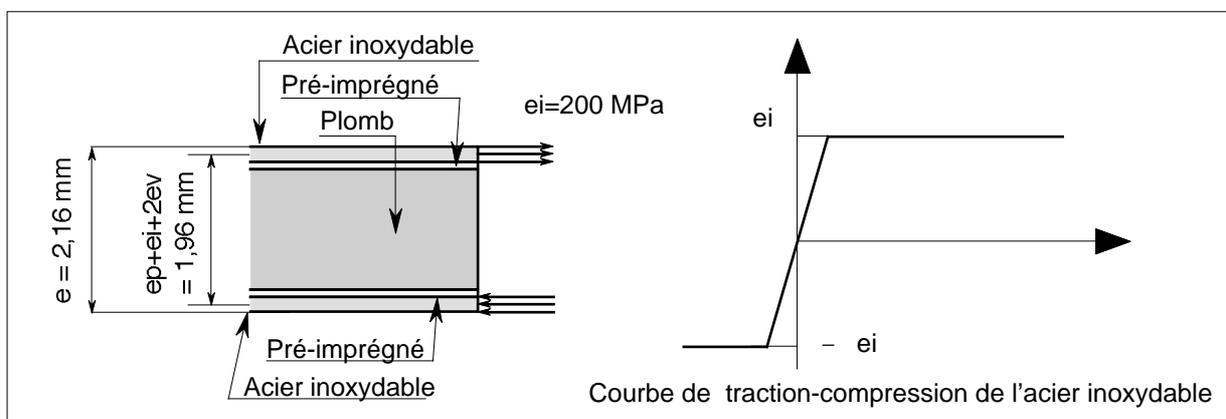


Figure 3 : Contraintes dans la section droite d'un pli de la plaque sandwich au cours du pliage.

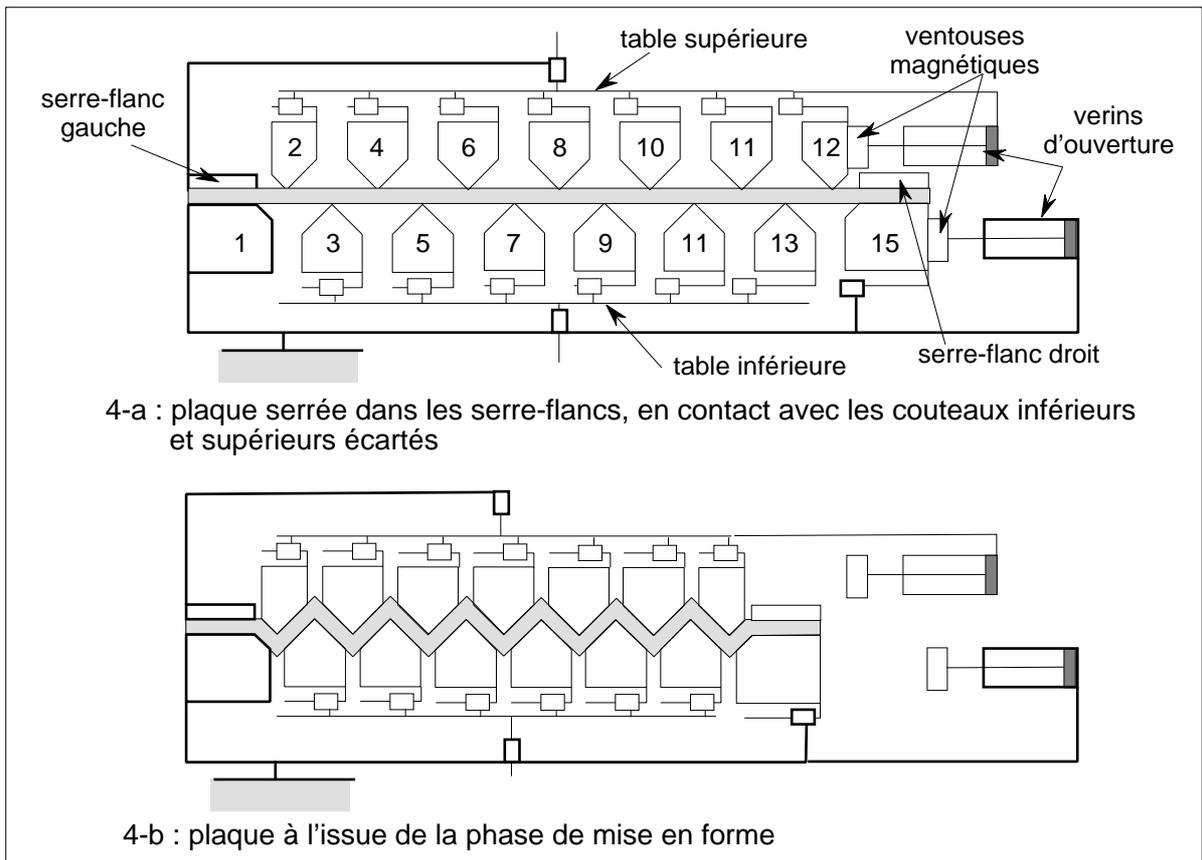


Figure 4 : Principe de la mise en forme d'un absorbeur régulier.

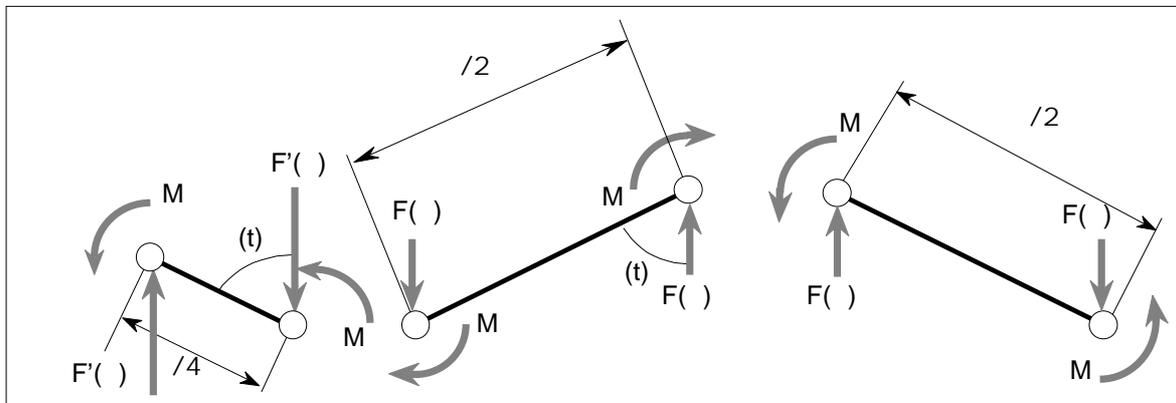


Figure 5 : Equilibre de pans d'absorbeur au cours de la déformation.

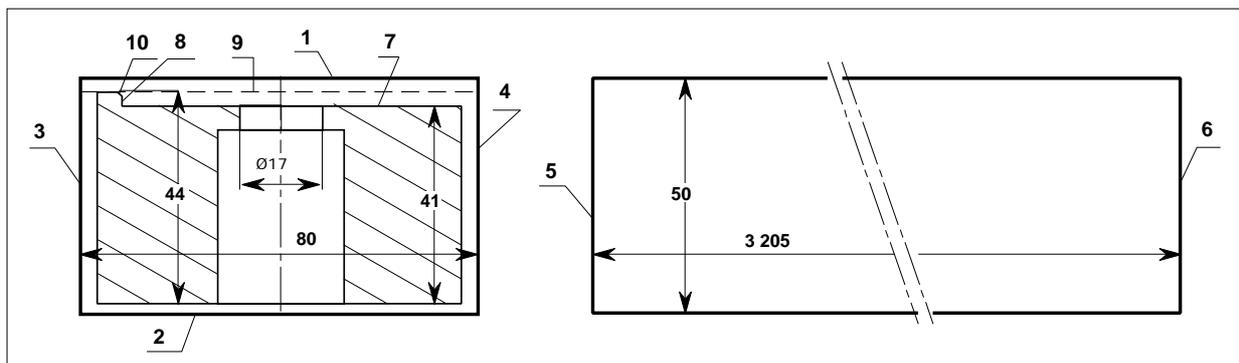
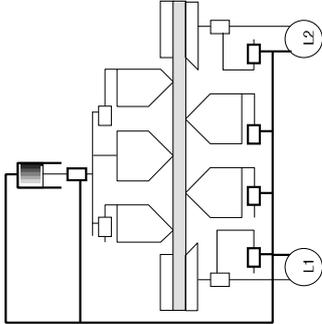
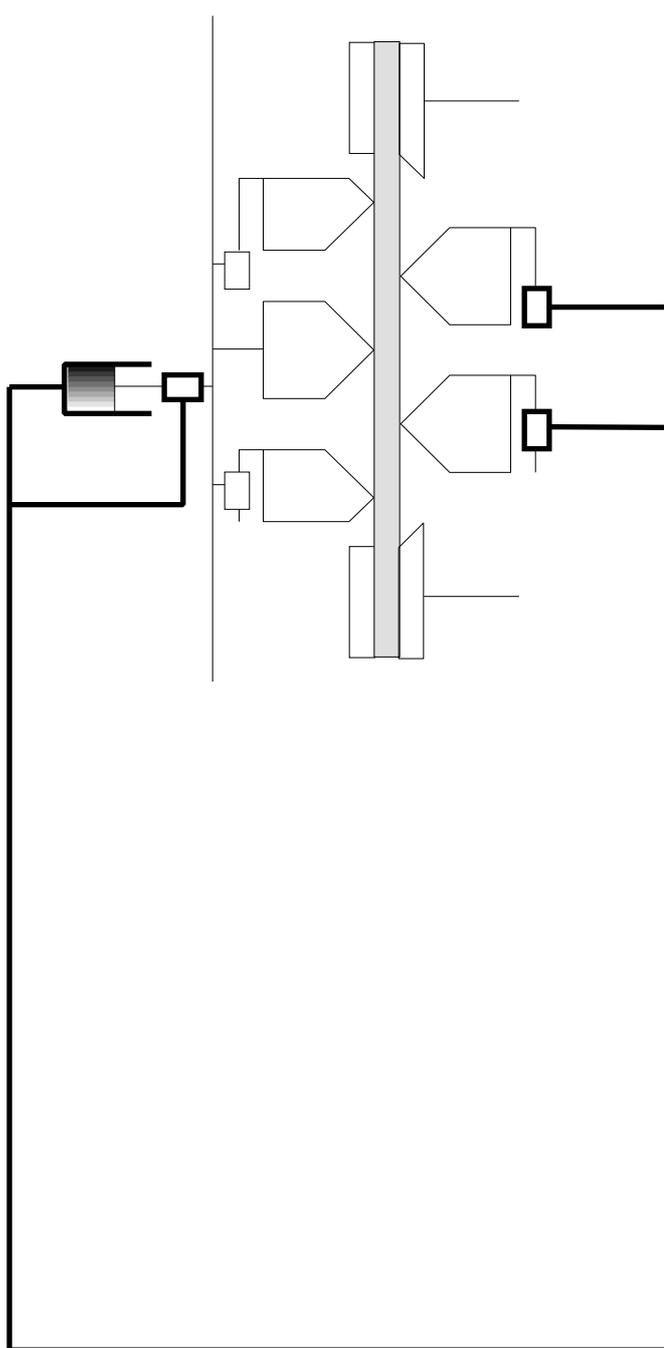


Figure 6 : Formes brutes et formes usinées de la mâchoire inférieure.

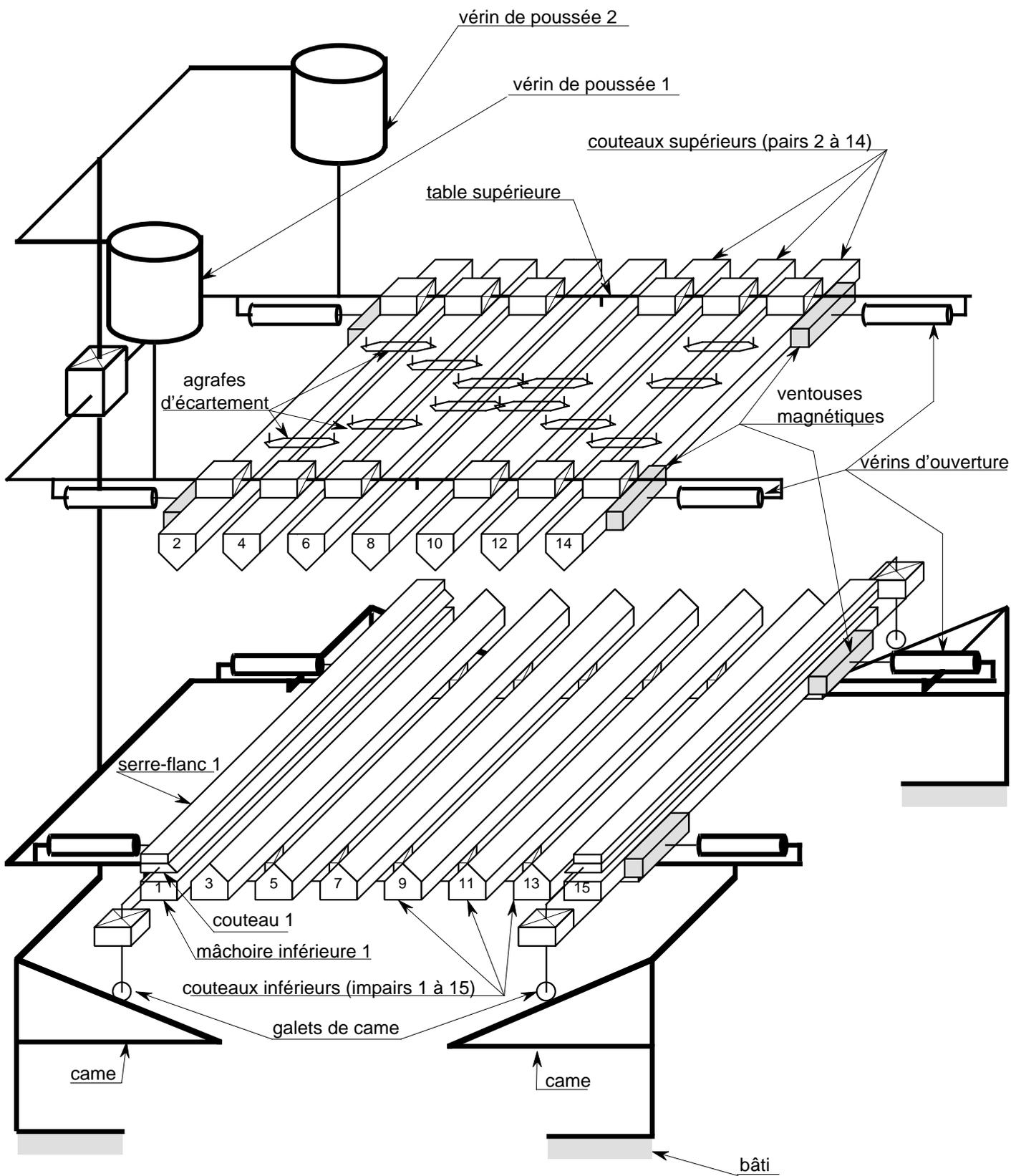
<p>Quelques architectures de la presse de mise en forme d'un absorbeur régulier à nombre de plis réduit</p>					 <p>Architecture 5</p>
<p>Description succincte</p>	<p>Deux tables poussées par deux vérins, à déplacement, par rapport au bâti, commandé. Coueteaux inférieurs et supérieurs en liaison glissière parfaite par rapport aux tables respectives.</p>	<p>Deux tables poussées par deux vérins à déplacement, par rapport au bâti, commandé. Coueteaux inférieurs et supérieurs en liaison glissière parfaite par rapport aux tables respectives.</p>	<p>Deux tables poussées l'une contre l'autre par un seul vérin, à déplacement commandé. Coueteaux inférieurs et supérieurs en liaison glissière parfaite par rapport aux tables respectives.</p>	<p>La table supérieure seule, poussée contre le bâti par un seul vérin à déplacement commandé. Coueteaux inférieurs et supérieurs en liaison glissière parfaite avec le bâti et la table supérieure.</p>	<p>Une seule table supérieure, poussée contre le bâti par un seul vérin à déplacement commandé. Coueteaux inférieurs et supérieurs en liaison glissière parfaite avec le bâti et la table supérieure. Serre-flancs mobiles verticalement et horizontalement par rapport au bâti.</p>
<p>Intérêts, avantages</p>					<ul style="list-style-type: none"> - un seul vérin de poussée - une seule table mobile - un couteau supérieur fixe - très bonne géométrie de l'absorbeur - très bon état de surface
<p>Défauts, inconvénients</p>					<ul style="list-style-type: none"> - les liaisons L1 & L2 imposent un déplacement vertical des flancs moitié de celui de la table supérieure, avec faible tension ou compression d'absorbeur - couteaux latéraux inférieurs complexes

Document II (à rendre non plié)

Exemples d'architectures de la presse accordéon pour absorbeurs réguliers

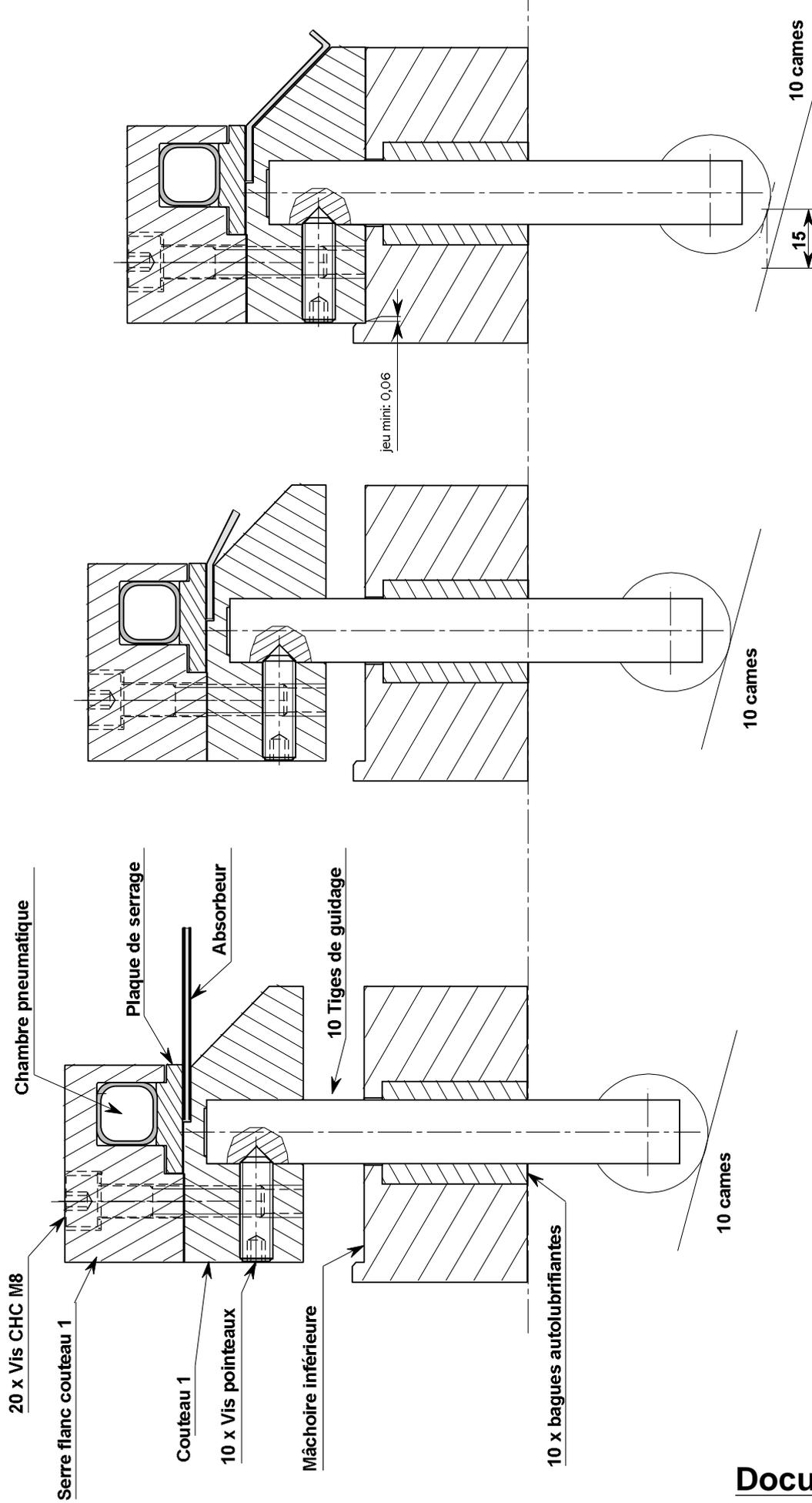


Document III (à rendre non plié)
Solution à parallélogramme déformable



Document IV

Schéma de principe de la presse accordéon pour absorbeur régulier.

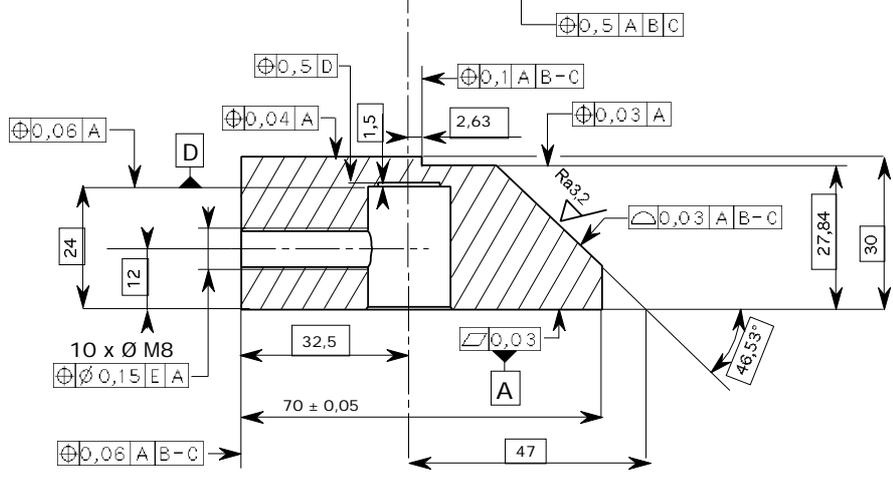
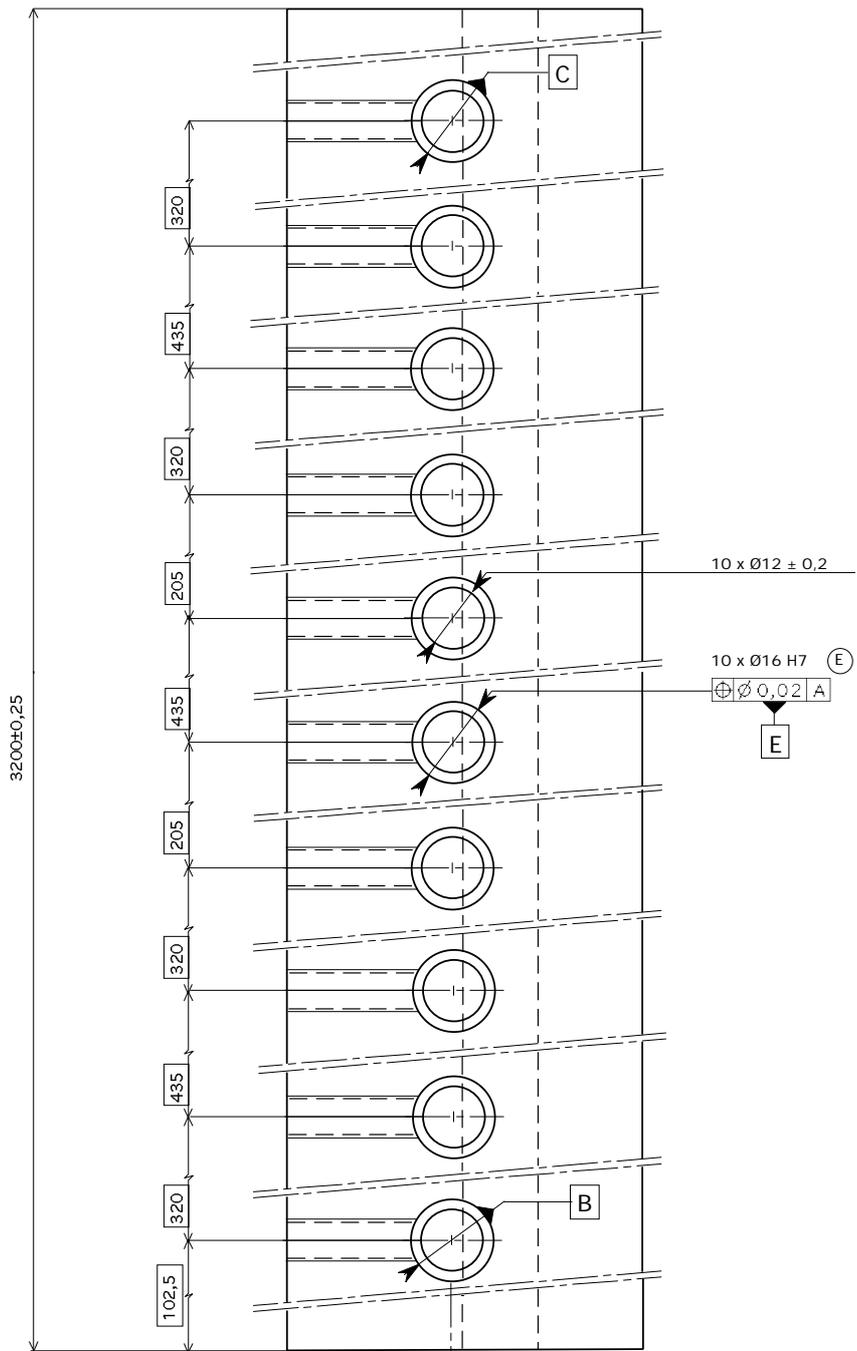


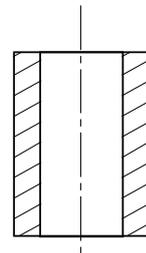
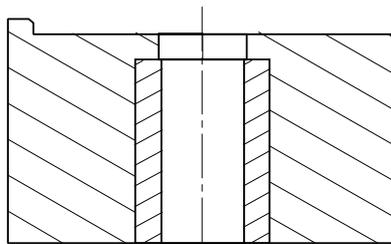
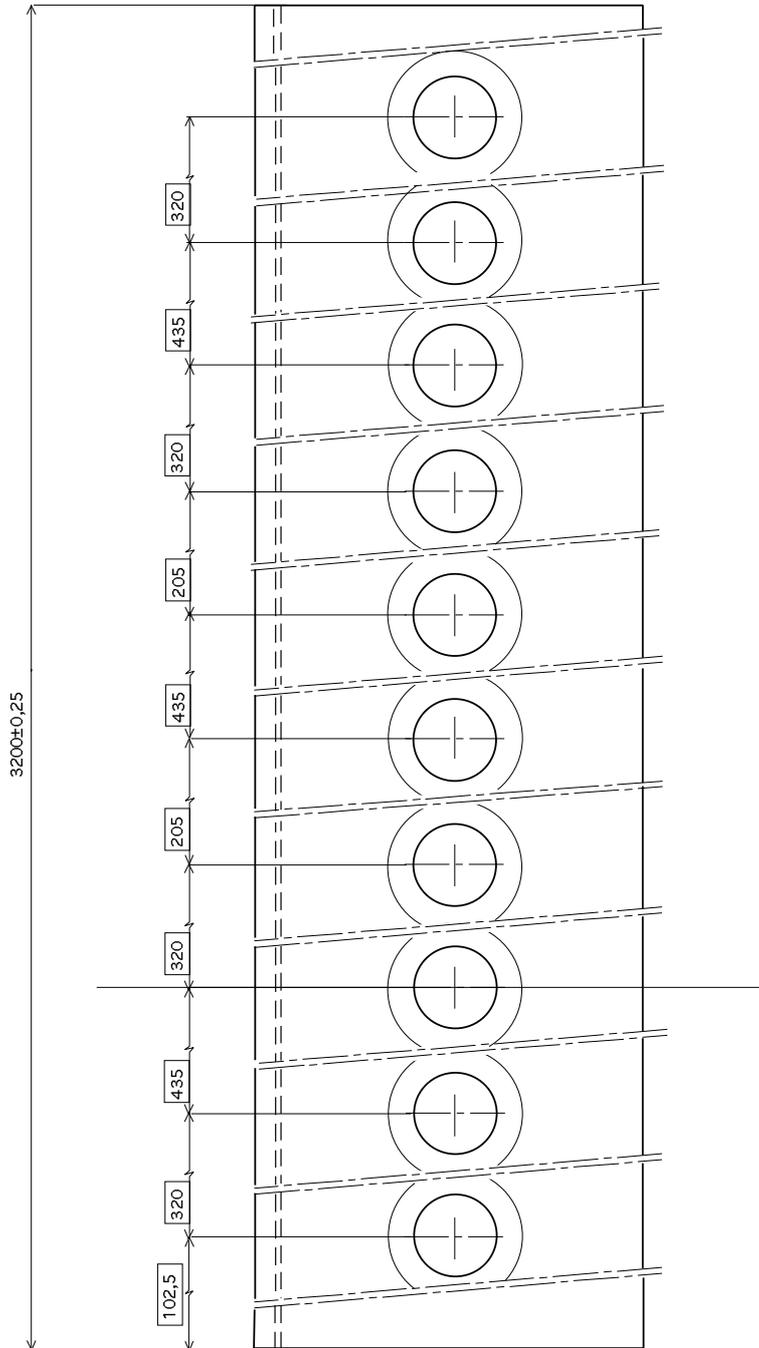
Configuration III : absorbeur formé

Configuration II : mise en forme de l'absorbeur

Configuration I : mise en place de l'absorbeur

Document V





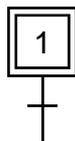
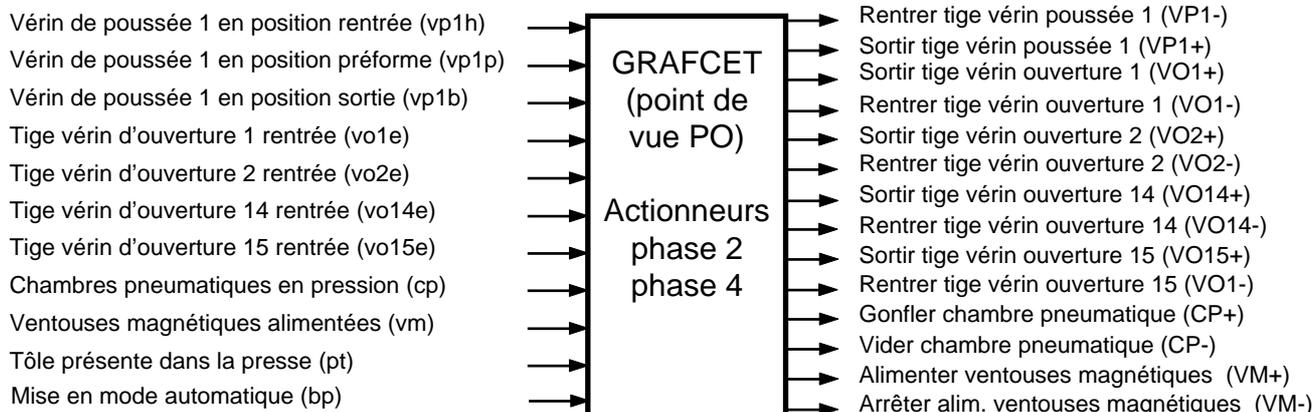
bague autolubrifiante

Actionneurs	Action	Symbole de l'action
Vérin hydraulique de poussée 1	Monter la table supérieure	VP1-
	Descendre la table supérieure	VP1+
Vérin d'ouverture du couteau 1	Sortir la tige	VO1+
	Rentrer la tige	VO1-
Vérin d'ouverture du couteau 2	Sortir la tige	VO2+
	Rentrer la tige	VO2-
Vérin d'ouverture du couteau 14	Sortir la tige	VO14+
	Rentrer la tige	VO14-
Vérin d'ouverture du couteau 15	Sortir la tige	VO15+
	Rentrer la tige	VO15-
Chambre pneumatique	Mettre sous pression	CP+
	Mettre à l'air libre	CP-
Ventouse magnétique	Mettre sous tension 24 V	VM+
	Mettre sous tension nulle	VM-

Capteurs	Information donnée	Symbole
Capteur de déplacement du vérin hydraulique de poussée 1	Table supérieure en position haute	vp1h = 1
	Table supérieure en position de préformation de l'absorbeur	vp1p = 1
	Table supérieure en position basse	vp1b = 1
Détecteur de pression des chambres pneumatiques	Chambre en pression	cp = 1
Détecteur de tension des ventouses magnétiques	Ventouses sous tension électrique (24 V)	vm = 1
Détecteur de fin de course du vérin d'ouverture du couteau 1	Tige du vérin d'ouverture du couteau 1 rentrée	vo1e = 1
Détecteur de fin de course du vérin d'ouverture du couteau 2	Tige du vérin d'ouverture du couteau 2 rentrée	vo2e = 1
Détecteur de fin de course du vérin d'ouverture du couteau 14	Tige du vérin d'ouverture du couteau 14 rentrée	vo14e = 1
Détecteur de fin de course du vérin d'ouverture du couteau 15	Tige du vérin d'ouverture du couteau 15 rentrée	vo15e = 1
Détecteur laser par réflexion	Tôle présente dans la presse	pt = 1
Bouton poussoir de mise en mode automatique	Autorisation de mode automatique	bp = 1

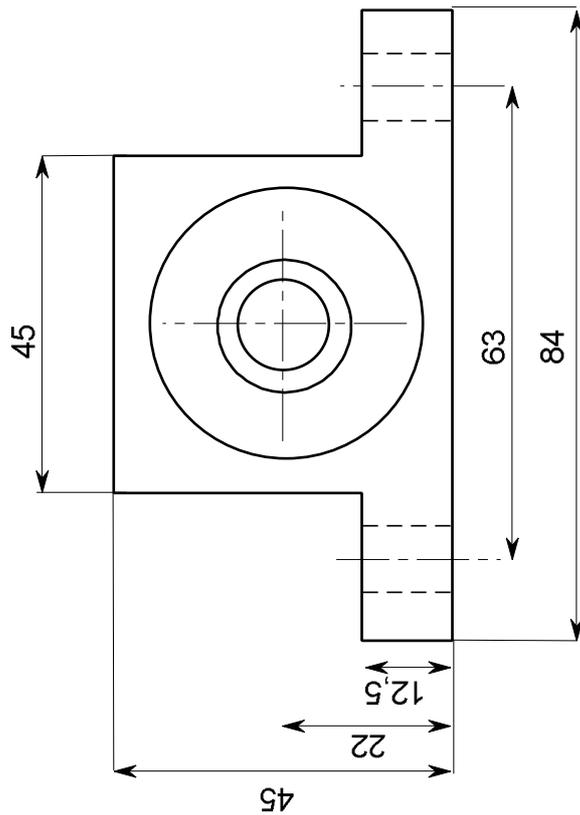
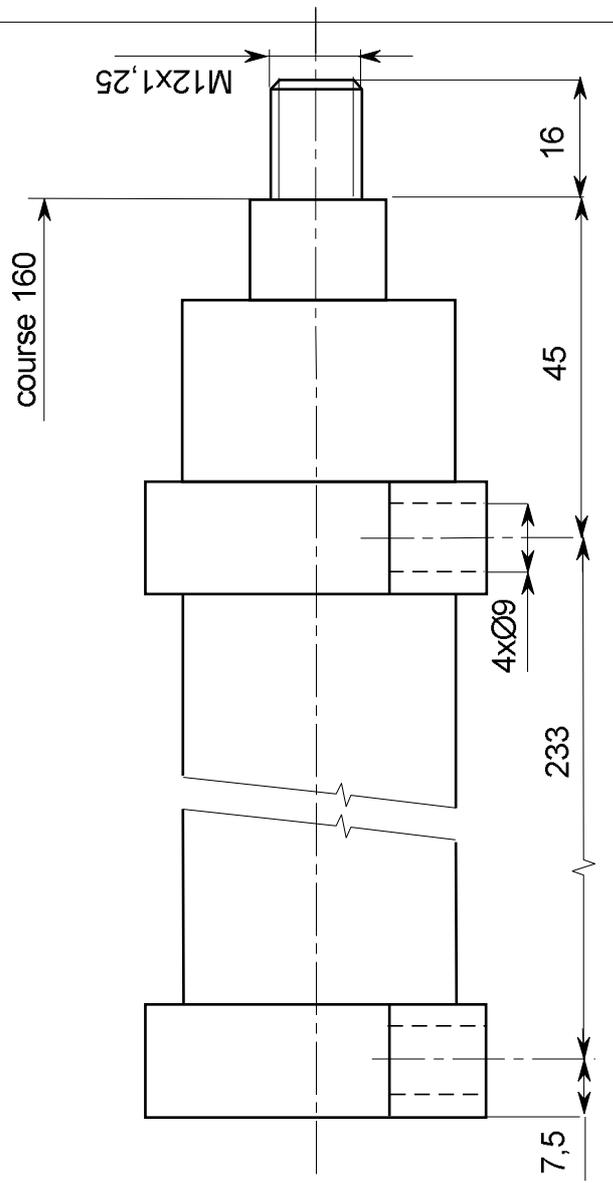
Document VIII

Tableaux des actionneurs et des capteurs



Document IX (à rendre non plié)

Grafcet des tâches des phases 2 et 4



Les dimensions portées sur le dessin sont des dimensions nominales

Document X

Vérin d'ouverture : Echelle 1

