

Avec Correction

PTSI

Samedi 10 octobre

Table des matières

- 1 Présentation générale (30 min)**
- 2 Étude de l'asservissement du tiroir 1 (1h15)**
- 3 Analyse d'un mécanisme (45min)**
- 4 Documents réponse**
- 5 Correction**

2
4
6
7
13

Presse cisaille

1 Présentation générale (30 min)

1.1 Introduction

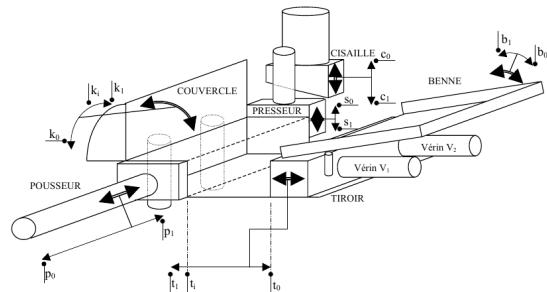
La société COPEX, installée à Lanester (56 Morbihan) est spécialisée dans les machines et leurs applications à l'environnement. Elle conçoit et fabrique, en particulier du matériel permettant de compacter des déchets de différentes natures, afin d'éventuellement les retraiter ou de les stocker.

L'étude proposée porte sur une Presse-Cisaille type CVB 1 000 T (Cisaille Verticale à Bac de 1 000 tonnes) (figure 1 document 1) destinée à traiter de la ferraille de toute sorte. En fonction des matériaux récupérés, elle permet le compactage sous forme de paquet ou le cisailage afin de diminuer les volumes lors du transport avant retraitement ou stockage final.

La machine permet deux processus différents :

- La réduction de volume par compactage pour l'obtention de paquet,
- La réduction de volume par compactage et cisailage sous forme de bouts de métal découpés à des longueurs variables de 30 à 95 cm.

Vue schématique de la machine, de ses mouvements et des détecteurs associés :



1.2 Cahier des charges du Système

Voir documents 3 et 4, aux échelles respectives approximatives 1:60 et 1:30, ainsi que la figure de la page précédente.

Nota : la compréhension très précise du document 3 n'est pas nécessaire. Ce document permet de visualiser les différentes positions relatives des éléments lors du fonctionnement.

La machine est prête pour un chargement et le système est en position initiale :

- la « Cisaille » et le « Presseur » sont en position fin de course sortie (position basse), les détecteurs respectifs c_1 et s_1 sont actionnés,
- la « Benne » est en position horizontale au niveau du détecteur b_0 ,
- le « Tiroir » est reculé en position fin de course rentrée, le détecteur t_0 est actionné,
- le « Couvercle » est ouvert en position fin de course, le détecteur k_0 est actionné,
- le « Pousseur » est reculé en position fin de course, le détecteur p_0 est actionné.

Le compactage est effectué grâce à quatre actionneurs, pilotés manuellement par l'utilisateur :

- Basculement de la « Benne » pour déchargement de la matière dans la caisse de compression,
- Retour « Benne » à l'horizontale,
- Compression latérale par l'avance partielle du piston « Tiroir », animé par 2 vérins V_1 et V_2 jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton acquittement,

- Recul du « Tiroir »,
 - Compression supérieure par la fermeture partielle du « Couvercle », animé par 2 vérins jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton acquittement,
 - Ouverture du « Couvercle »,
 - Fermeture du « Couvercle » en position horizontale, jusqu'à une position définie par un détecteur de position k_i ,
 - Fermeture du « Tiroir » en position coïncidente à la largeur du « Pousseur », jusqu'à une position définie par un détecteur de position t_i ,
 - Compression longitudinale par le piston « Pousseur », avec un vérin de 120 tonnes (option 320 tonnes). Un détecteur de pression ppm indique à l'opérateur que les ferrailles sont compactées.
- Le compactage étant terminé, deux modes sont disponibles (document 1, figure 2 et 3) :
- Mode **paquet** qui permet l'évacuation du bloc de métal.
 - Mode **cisaille** qui permet le cisaillage et l'évacuation des morceaux de ferraille.

Mode paquet (pour le compactage d'un véhicule par exemple).

L'évacuation du paquet est effectuée par un cycle de 2 mouvements successifs en mode automatique :

- Montée de la « Cisaille » jusqu'à atteindre le détecteur haut cisaille c_0 ,
- Montée de la Porte (« Presseur ») jusqu'à atteindre le détecteur haut presseur s_0 ,
- Avance du paquet poussé par le piston « Pousseur » jusqu'à atteindre la fin de course p_1 .

Mode cisaille (pour le cisaillage de matériaux tout venant à dominante métallique).

Le cisaillage des ferrailles est effectué par un cycle de 5 mouvements successifs. Ce cycle se répète N fois en fonction des longueurs L souhaitées par l'opérateur pour les bouts de ferrailles. Le dernier cycle ayant lieu lorsque le fin de course pousseur p_1 est atteint.

Chaque cycle est réalisé de la façon suivante :

- Montée de la « Cisaille » jusqu'à atteindre le détecteur haut cisaille c_0 ,
- Montée de la Porte (« Presseur ») jusqu'à atteindre le détecteur haut presseur s_0 ,
- Avance de la matière par le piston « Pousseur » jusqu'à atteindre la position « poussoir avancé de L », fonction de la longueur des bouts de ferraille souhaitée,
- Descente du « Presseur » jusqu'à atteindre une position intermédiaire. Celle-ci permettant d'assurer la pression souhaitée sp_1 nécessaire au blocage des ferrailles compactées,
- Descente de la « Cisaille » et découpe de la matière jusqu'à atteindre le détecteur bas cisaille c_1 .

En mode **Paquet** ou mode **Cisaillage**, lorsque le fin de course pousseur p_1 est atteint :

- Recul « Pousseur » jusqu'à atteindre fin de course pousseur p_0 ,
- Recul du « Tiroir » simultanément à l'ouverture du « Couvercle » jusqu'à atteindre les fins de course respectifs t_0 et k_0 ,
- Descente « Cisaille » simultanément à la descente du « Presseur » jusqu'à atteindre les positions fins de courses basses c_1 et s_1 .

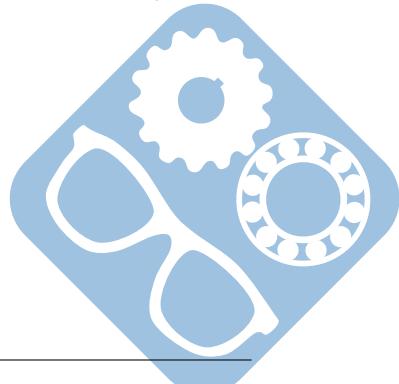
Nota : Ces cinq mouvements ne peuvent être réalisés simultanément du fait de la limitation des débits du groupe hydraulique.

Une fois l'ensemble des mouvements terminés, la machine est prête pour un nouveau chargement.

Question 1 : Compléter le diagramme de Contexte du système.

Question 2 : Compléter le diagramme des Cas d'Utilisation du système.

Question 3 : Compléter le diagramme de Définition de Blocs.



Question 4 : Sur le diagramme de Blocs Internes, colorier en rouge les flux énergétiques et en bleu les flux de matière.

2 Étude de l'asservissement du tiroir 1 (1h15)

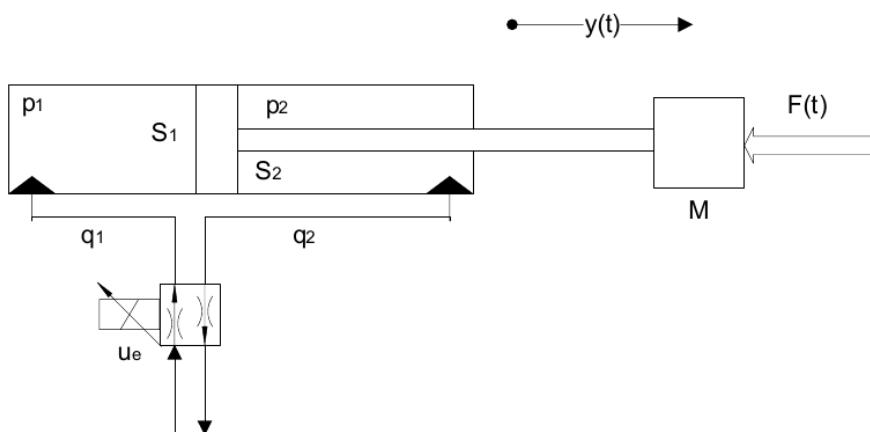
Comme nous l'avons étudié précédemment, le déplacement en translation du tiroir 1 est assuré par deux vérins hydrauliques V_1 et V_2 nécessitant un palonnier pour éviter l'arc-boutement lors de son déplacement.

Cette étude porte sur une nouvelle solution remplaçant le palonnier par un asservissement en position des deux vérins.

Les deux vérins hydrauliques sont montés en portique en deux points d'ancrage (en parallèle) sur le tiroir. Chaque vérin du type « mesure en position intégrée » (détecteur inductif intégré dans la tige du vérin, résolution $\pm 0,1 \text{ mm}$) est piloté par un servo-distributeur. Les commandes des deux vérins sont synchronisées pour limiter l'arc-boutement du tiroir (efforts dissymétriques dus à la ferraille à compacter).

On isole l'un des vérins.

Le comportement du vérin peut alors être modélisé à partir du modèle de structure ci-dessous et du paramétrage qui lui est associé.



On donne :

- $M = 10^4 \text{ kg}$: masse de l'équipage mobile ;
- $f = 3.10^6 \text{ N.m}^{-1}.s$: la résistance due aux frottements visqueux ;
- $K = 2,5.10^7 \text{ N.m}^{-1}$: la raideur hydraulique du vérin ;
- $S_1 = 5.10^{-2} \text{ m}^2$: la surface du piston de la chambre d'admission.

L'ensemble appelé « équipage mobile » est formé par :

- le tiroir,
- l'effort variable dû à la ferraille, noté $F(t)$,
- la tige du piston du vérin.

Sa position notée $y(t)$ est fonction du débit d'huile, noté $q_1(t)$, à l'entrée de la chambre d'admission du vérin.

On se place dans l'hypothèse de petit déplacement autour d'un point de fonctionnement (position particulière d'équilibre). Le système peut donc être considéré comme linéaire, continu et invariant.

2.1 Modélisation de l'équipage mobile

Après calcul :

- L'équation temporelle donnant le déplacement $y_1(t)$ en fonction du débit $q_1(t)$ pour un effort $F(t)$ nul est telle que : $M \cdot \frac{d^2y_1(t)}{dt^2} = K \cdot \int_0^t \frac{q_1(\tau)}{S_1} d\tau - K \cdot y_1(t) - f \cdot \frac{dy_1(t)}{dt}$
- L'équation temporelle donnant le déplacement $y_2(t)$ en fonction de l'effort $F(t)$ pour un débit $q_1(t)$ nul est telle que : $M \cdot \frac{d^2y_2(t)}{dt^2} = -K \cdot y_2(t) - f \cdot \frac{dy_2(t)}{dt} + F(t)$

Question 5 : En supposant que les conditions initiales sont nulles, donner dans le domaine de Laplace et sous forme canonique :

- La fonction de transfert : $H_1(p) = \frac{Y_1(p)}{Q_1(p)}$ liant le déplacement $y_1(t)$ au débit $q_1(t)$ pour un effort $F(t)$ nul,
- La fonction de transfert : $H_2(p) = \frac{Y_2(p)}{F(p)}$ liant le déplacement $y_2(t)$ à l'effort $F(t)$ pour un débit $q_1(t)$ nul.

Question 6 : En appliquant le principe de superposition, donner l'équation, dans le domaine de Laplace, liant le déplacement $Y(p)$ au débit $Q_1(p)$ et à l'effort $F(p)$.

2.2 Modélisation générale du fonctionnement de l'ensemble vérin et distribution

Pour étudier l'influence du débit, on néglige la contribution de l'effort $F(t)$. La fonction de transfert déplacement-débit est alors :

$$G(p) = \frac{Y(p)}{Q_1(p)} = \frac{1}{p \cdot S_1 \cdot [1 + \frac{1}{K} \cdot (f \cdot p + M \cdot p^2)]}$$

On admettra que ce résultat est généralisable pour toute position de la tige de vérin.

Le servodistributeur proportionnel délivre un débit d'huile $q_1(t)$ proportionnel à sa tension de commande $u_e(t)$ tel que : $q_1(t) = K_e \cdot u_e(t)$, avec $K_e = 2 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1} \cdot V^{-1}$.

Le détecteur de position délivre une tension $u_s(t)$ proportionnelle à la position $y(t)$ du tiroir telle que : $u_s(t) = K_c \cdot y(t)$, avec $K_c = 10^3 V \cdot m^{-1}$.

Question 7 : Déterminer les fonctions de transfert $\frac{Q_1(p)}{U_e(p)}$ et $\frac{U_s(p)}{Y(p)}$.

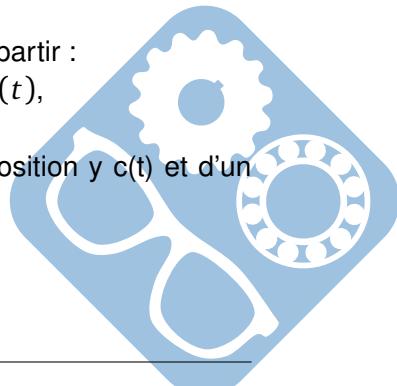
Question 8 : En déduire la fonction de transfert, dite « en boucle ouverte », du système tiroir-vérin-distribution dont la transmittance est : $\frac{U_s(p)}{U_e(p)}$

Question 9 : Déterminer la classe, l'ordre et les caractéristiques de la fonction de transfert ainsi obtenue.

Pour boucler le système :

- le signal de la commande du distributeur proportionnel $u_e(t)$ est élaboré à partir :
 - d'un élément permettant de comparer $u_s(t)$ à la tension de consigne $u_c(t)$,
 - d'un amplificateur de gain A.
- le signal de tension de consigne est élaboré à partir de la consigne de position $y_c(t)$ et d'un potentiomètre modélisable par un gain pur identique à K_c .

Ainsi, $u_e(t) = A \times [y_c(t) \times K_c - u_s(t)]$.



Question 10 : Calculer la fonction de transfert en boucle fermée : $\frac{Y(p)}{Y_c(p)}$ en fonction des différents coefficients littéraux caractérisant le système.

L'influence de la masse sur le système n'étant pas très importante, elle sera dans la suite négligée.

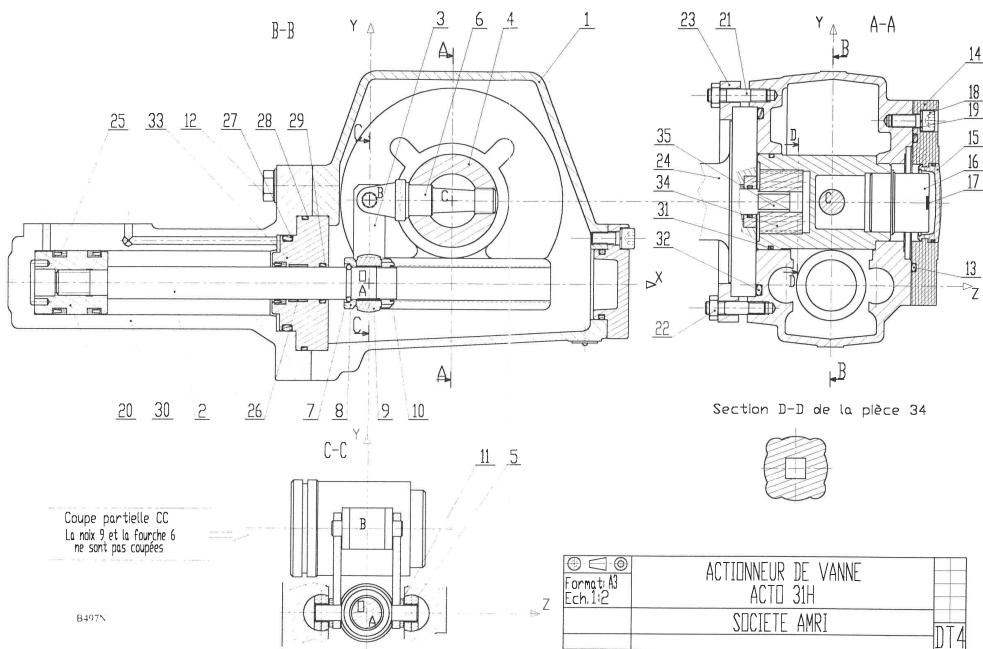
Question 11 : Donner la nouvelle forme de la fonction de transfert. Déterminer les valeurs caractéristiques de cette fonction de transfert et faire l'application numérique en prenant $A = 1$.

La figure donnée sur le document réponse présente le tracé de la réponse de cette fonction de transfert en prenant en entrée un échelon $y_c(t) = 1$.

Question 12 : Déterminer littéralement la valeur du dépassement $D\%$, vérifier cette valeur sur la courbe. Déterminer sur la courbe, la valeur du temps de réponse $t_{R,5\%}$.

3 Analyse d'un mécanisme (45min)

Le système suivant permet de fermer une vanne.



Question 13 : Colorier sur le document réponse les classes d'équivalence.

Question 14 : Déterminer quel type d'énergie permet de mettre en mouvement le système de fermeture de la vanne.

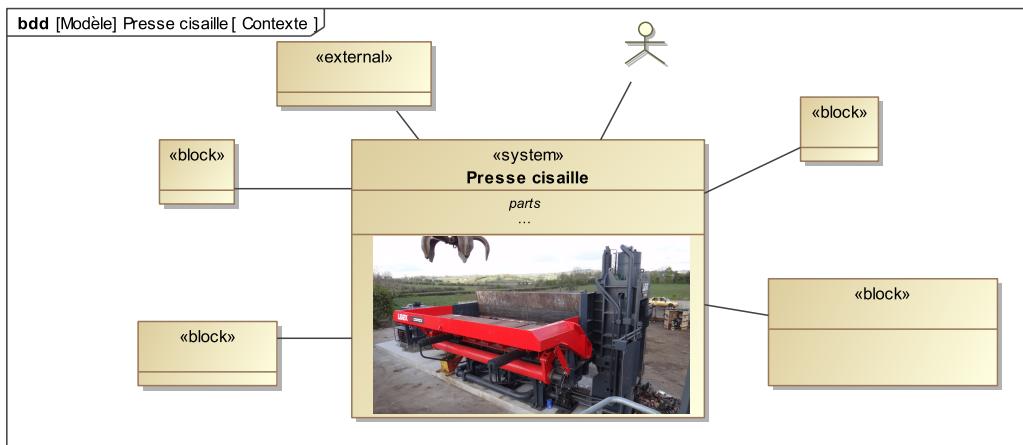
Question 15 : Déterminer la longueur du déplacement A, nécessaire à la fermeture de la vanne (rotation de 90°). Les constructions nécessaires seront à effectuer sur le document réponse.

FIN DU SUJET

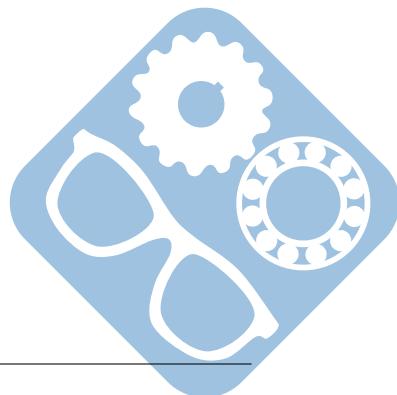
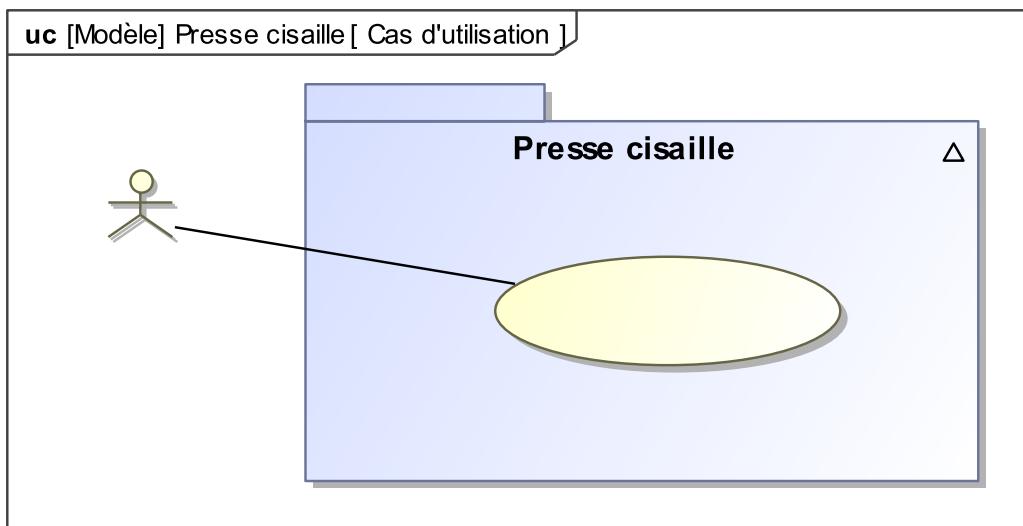
4 Documents réponse

Nom :
 Prénom :

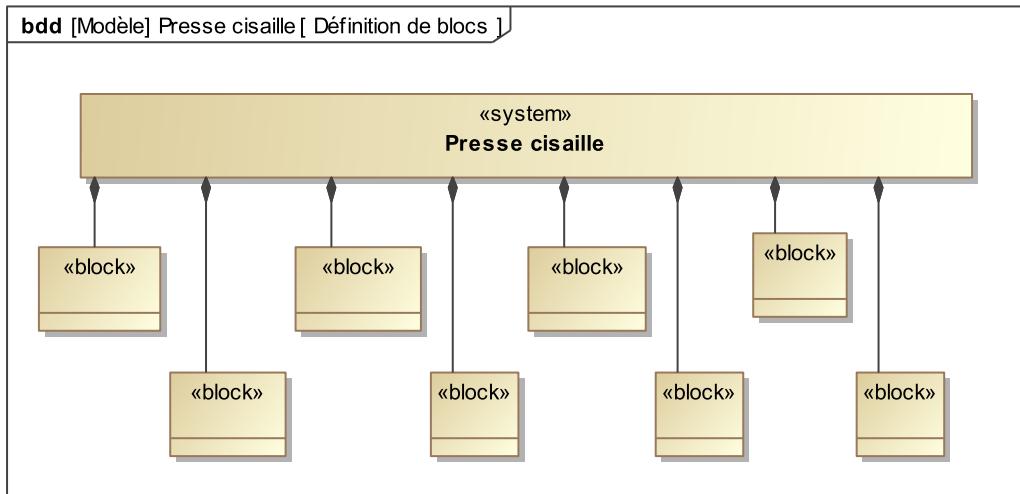
Question 1 :



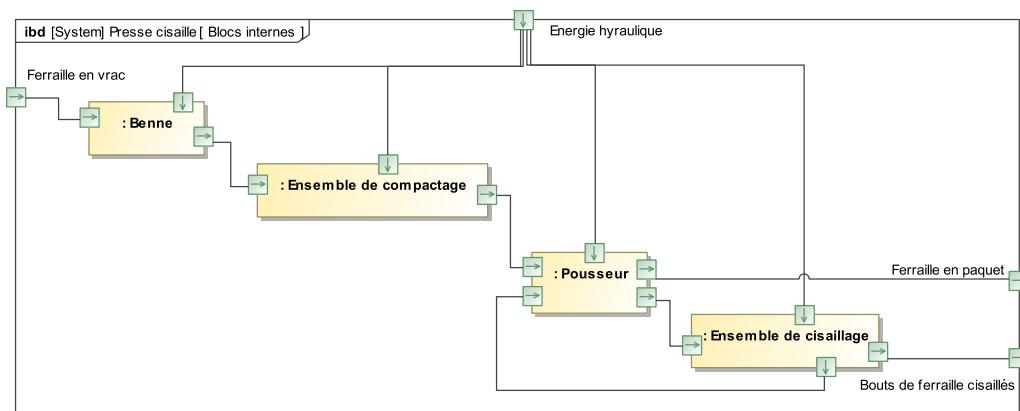
Question 2 :



Question 3 :



Question 4 :



Presse cisaille

Nom :
Prénom :

Question 5 :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Question 6 :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Question 7 :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Question 8 :



Question 9 :

.....
.....
.....
.....
.....

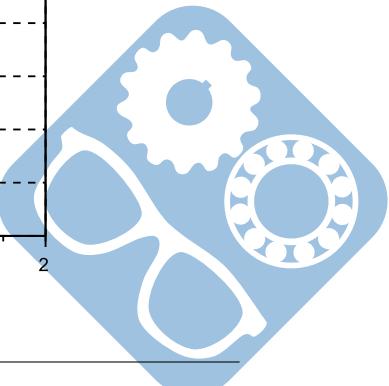
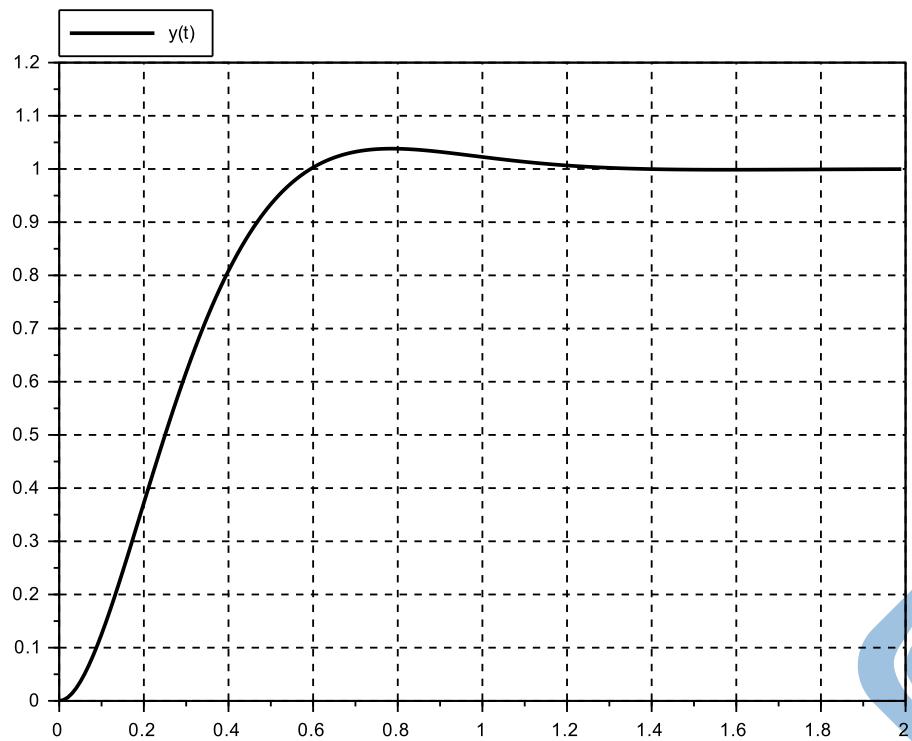
Question 10 :

.....
.....
.....
.....
.....

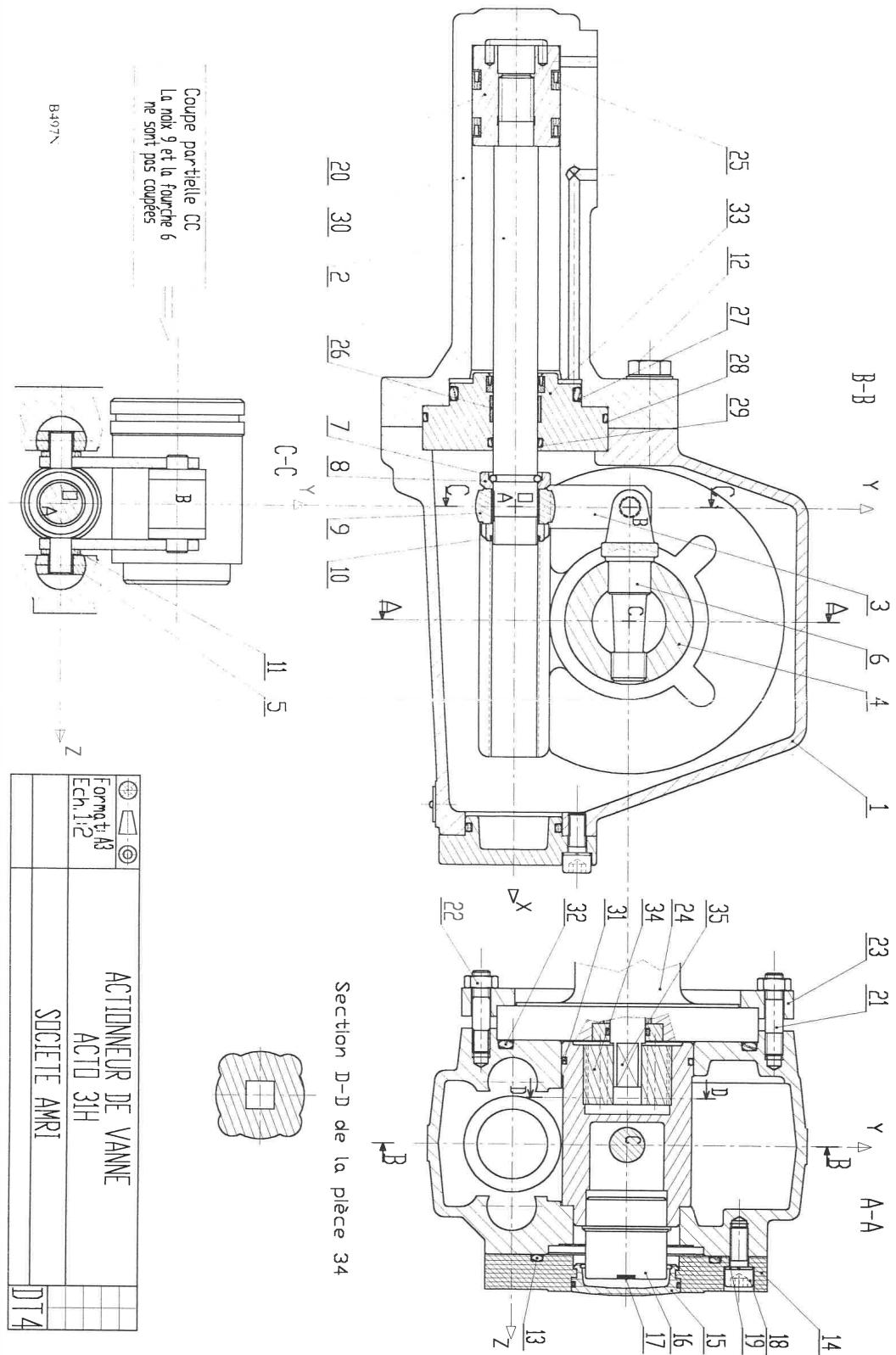
Question 11 :

.....
.....
.....
.....
.....

Question 12 :



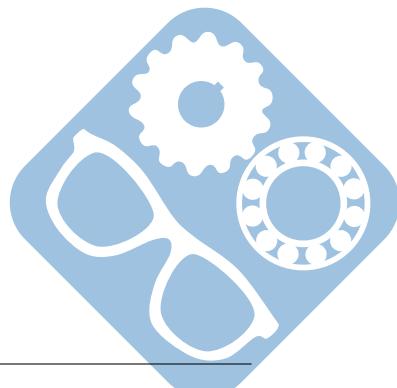
Nom :
 Prénom :

Question 13 :


Question 14 :

Question 15 :

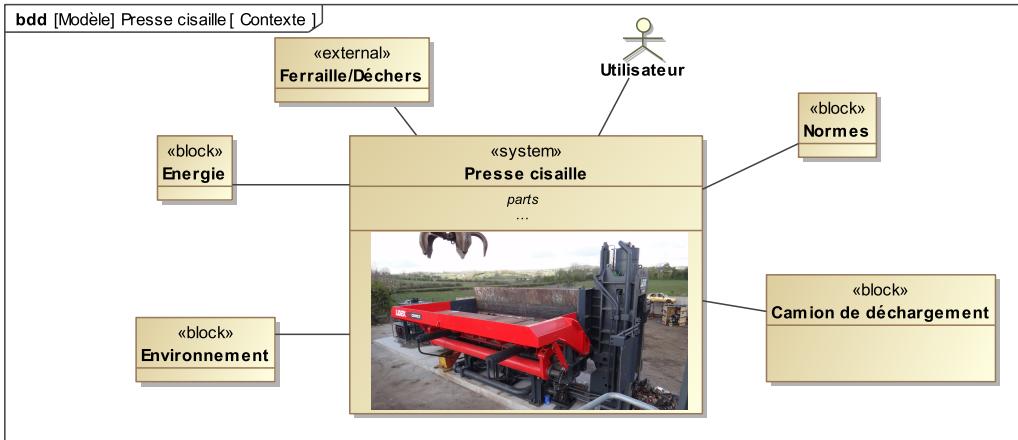
.....
.....
.....
.....
.....



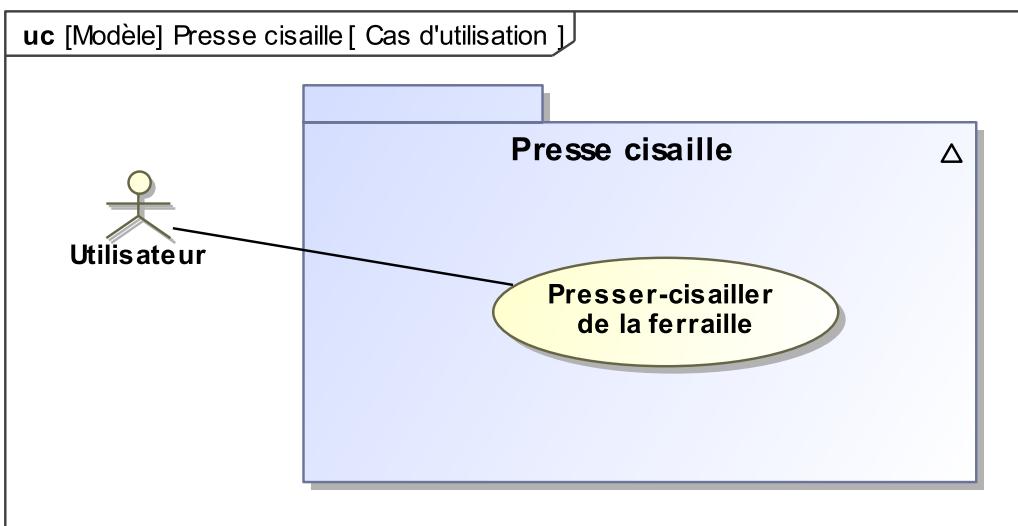
Correction

5 Correction

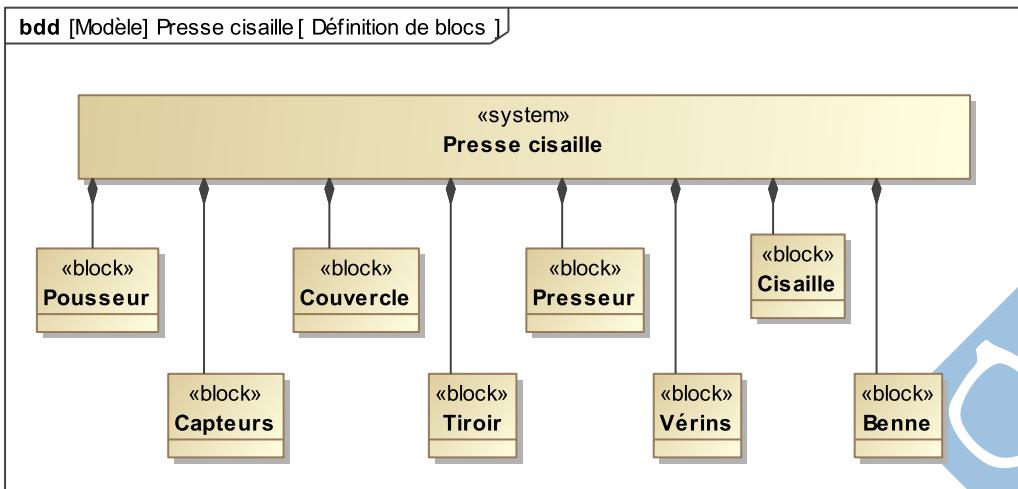
Question 1 :



Question 2 :

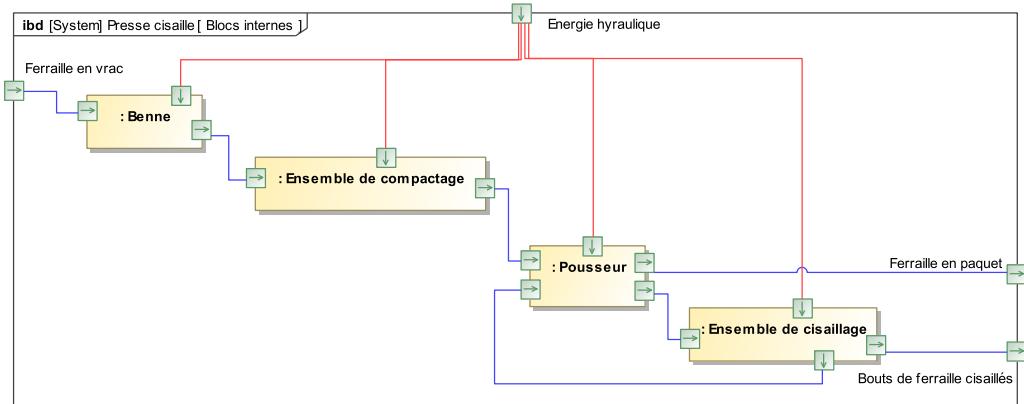


Question 3 :



Correction

Question 4 :



$$\text{Question 5 : } H_1(p) = \frac{\frac{1}{S_1}}{p \cdot \left(\frac{M}{K} \cdot p^2 + \frac{f}{K} \cdot p + 1 \right)}$$

$$H_2(p) = \frac{\frac{1}{K}}{\left(\frac{M}{K} \cdot p^2 + \frac{f}{K} \cdot p + 1 \right)}$$

$$\text{Question 6 : } Y(p) = \frac{\frac{1}{S_1}}{p \cdot \left(\frac{M}{K} \cdot p^2 + \frac{f}{K} \cdot p + 1 \right)} \cdot Q_1(p) + \frac{\frac{1}{K}}{\left(\frac{M}{K} \cdot p^2 + \frac{f}{K} \cdot p + 1 \right)} \cdot F(p)$$

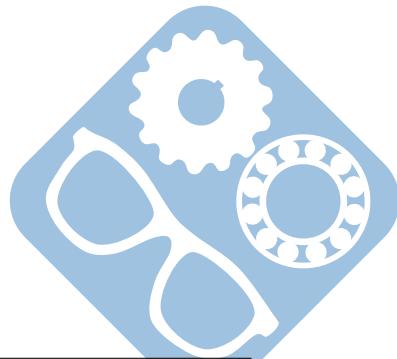
$$\text{Question 7 : } \frac{U_s(p)}{Y(p)} = K_c, \quad \frac{Q_1(p)}{U_e(p)} = K_e$$

$$\text{Question 8 : } \frac{U_s(p)}{U_e(p)} = \frac{U_s(p)}{Y(p)} \times \frac{Y(p)}{Q_1(p)} \times \frac{Q_1(p)}{U_e(p)} = \frac{\frac{K_c \cdot K_e}{S_1}}{p \cdot \left(\frac{M}{K} \cdot p^2 + \frac{f}{K} \cdot p + 1 \right)}$$

$$\text{Question 9 : } \text{Ordre 3, classe 1, } K = \frac{K_c \cdot K_e}{S_1}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}}, \quad \xi = \frac{f}{2\sqrt{K \cdot M}}.$$

$$\text{Question 10 : } [K_c \cdot Y_c(p) - U_s(p)] \times A = U_e(p)$$

$$\begin{aligned} U_s(p) &= K_c \cdot Y(p) \\ \frac{Y(p)}{U_e(p)} &= \frac{Y(p)}{Q_1(p)} \times \frac{Q_1(p)}{U_e(p)} = \frac{K_e}{p \cdot S_1 \cdot (1 + \frac{1}{K} \cdot (f \cdot p + M \cdot p^2))} \\ \frac{Y(p)}{Y_c(p)} &= \frac{1}{1 + \frac{S_1}{A \cdot K_c \cdot K_e} \cdot p + \frac{f \cdot S_1}{A \cdot K_c \cdot K_e \cdot K} \cdot p^2 + \frac{M \cdot S_1}{A \cdot K_c \cdot K_e \cdot K} \cdot p^3} \end{aligned}$$



Question 11 : Sachant que M est négligeable, la fonction de transfert précédente peut s'écrire :

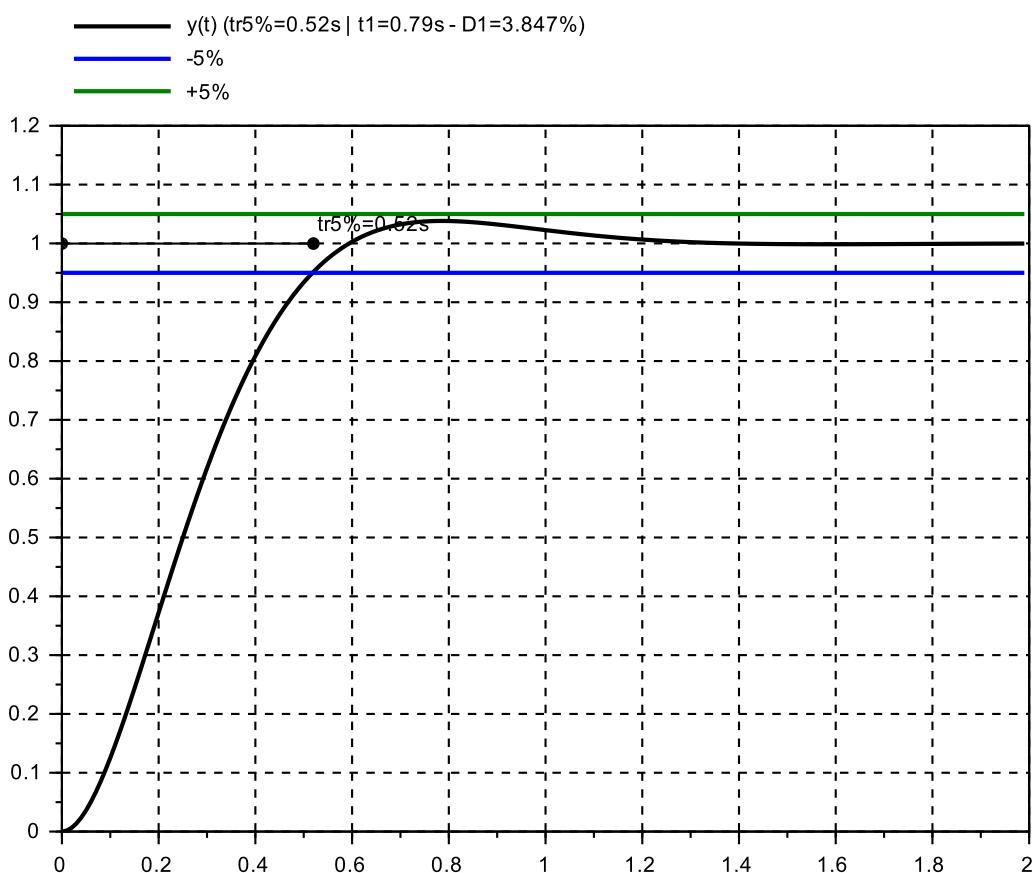
$$\frac{Y(p)}{Y_c(p)} = \frac{1}{1 + \frac{S_1}{A.K_c.K_e} \cdot p + \frac{f.S_1}{A.K_c.K_e.K} \cdot p^2}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{A.K_c.K_e.K}{f.S_1}} = 5.77 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{K.S_1}{f.A.K_c.K_e}} = 0,72$$

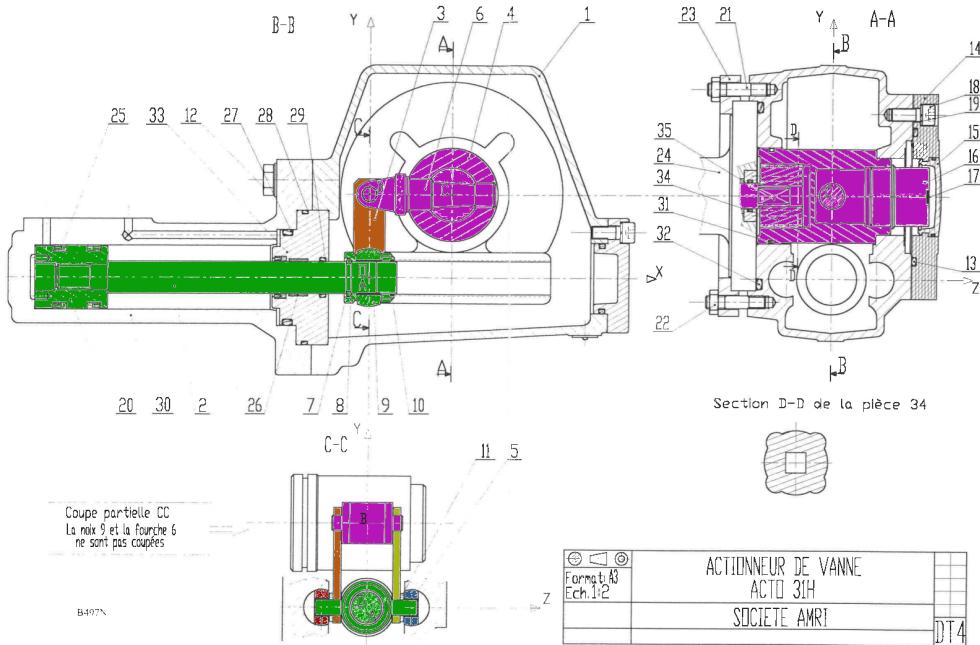
Question 12 : $D\% = 100.e^{-\frac{\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = 3,78\%$

$$t_{R,5\%} = \frac{1}{\xi \cdot \omega_0} \cdot \ln(20) = 0,72s$$



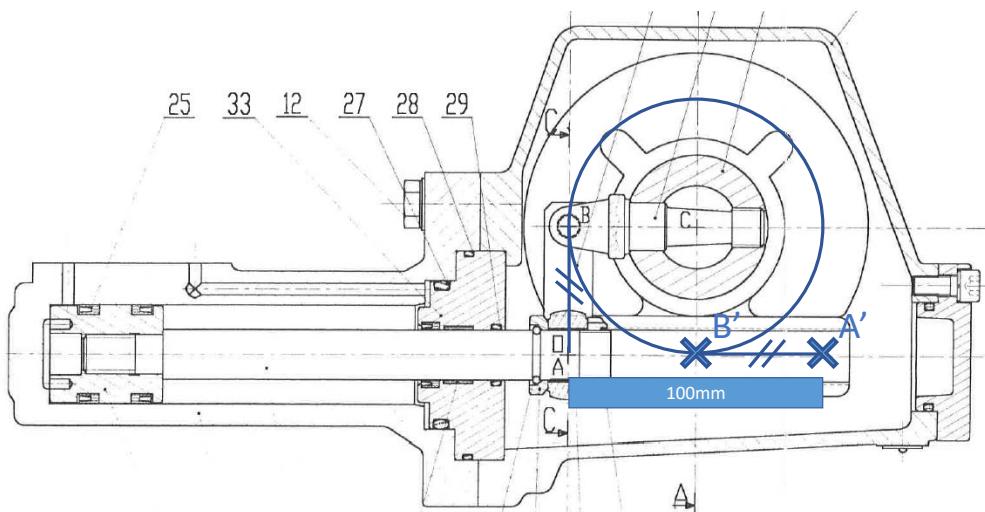
Correction

Question 13 :



Question 14 : Le mouvement est assuré par un vérin il s'agit donc d'énergie hydraulique (pneumatique peut être acceptée même si elle ne peut pas fournir assez d'efforts).

Question 15 :



Le déplacement est donc de 192mm.

