



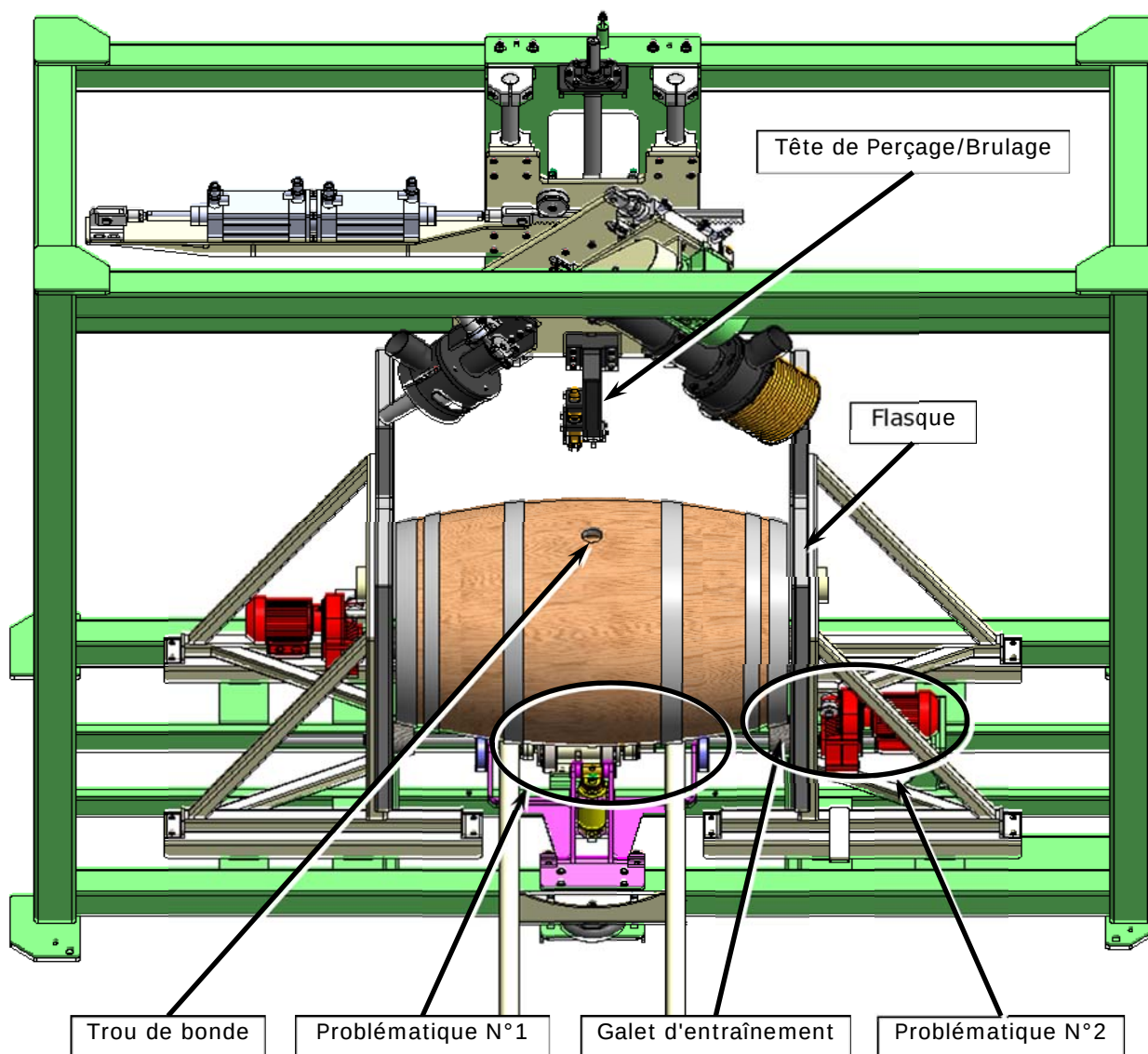
Filière:	Conception du Produit Industriel - CPI -
Épreuve de:	Modélisation et comportement des systèmes industriels; Analyse et spécifications du produit industriel

Durée	6h
Coefficient	50

Mise en situation

Le système étudié, "Perçage/Brulage de fût", est une machine spéciale qui fait partie de la chaîne de fabrication de fûts (fût : tonneau en bois).

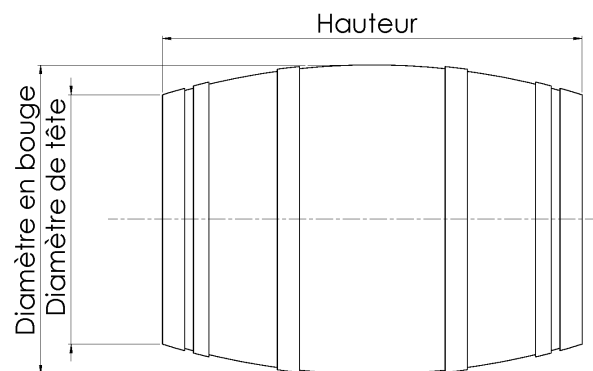
La machine "Perçage/Brulage de fût" sert à réaliser le "Trou de bonde". C'est un trou qui fait entre 4 et 6 cm de diamètre. Après perçage les bords du trou sont passé au feu.



Caractéristiques des fûts

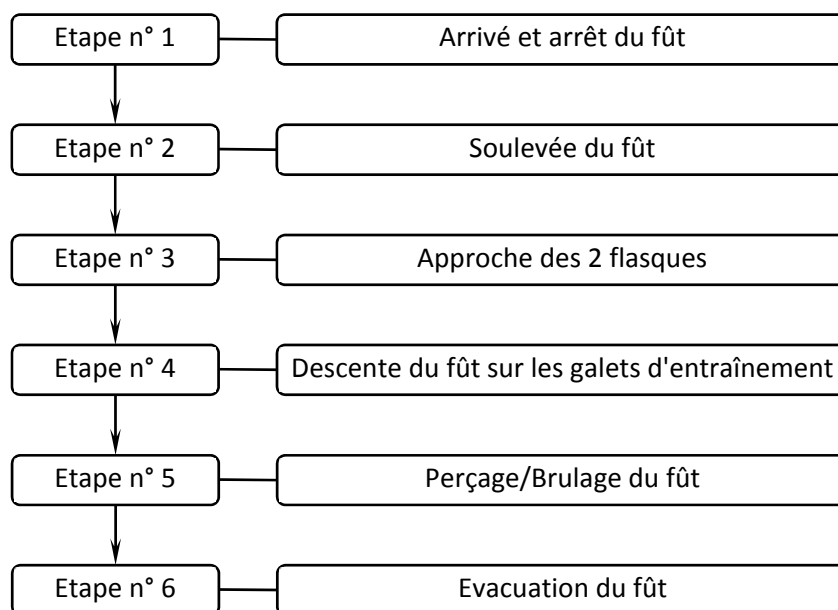
La tonnellerie utilise les fûts suivants :

Quantité en litres	Masse	Hauteur	Diamètre de tête	Diamètre en bouge
300 l	75 kg	1020 mm	630 mm	770 mm
350 l	83 kg	1030 mm	670 mm	830 mm
400 l	90 kg	1060 mm	710 mm	860 mm
450 l	98 kg	1150 mm	720 mm	880 mm
500 l	106 kg	1150 mm	760 mm	940 mm
600 l	118 kg	1150 mm	840 mm	1000 mm
700 l	138 kg	1150 mm	880 mm	1020 mm
820 l	170 kg	1150 mm	900 mm	1060 mm



Explication du fonctionnement du cycle de perçage/brulage

Le cycle de perçage se compose de 6 étapes.



Descriptif du cycle de Perçage/Brulage de Fût

Détail du cycle de perçage / brulage

Voir documents technique DT1 et DT2

Problématiques

Pour s'adapter à des tailles de fût d'un nouveau marché, l'entreprise a été obligée de modifier les caractéristiques du système de centrage et de mise à niveau des fûts

Le Bureau d'études doit valider les choix des solutions technologiques adoptées.

Problématique N°1

La solution adoptée est un mécanisme avec 2 bras articulés.

On vous demande :

- Vérifier les capacités du vérin lors du centrage des fûts.
- Valider le centrage des fûts de petites dimensions.
- Valider le choix des motoréducteurs.
- Vérifier la résistance de l'arbre porte galet.
- Valider la motorisation hydraulique.

Problématique N°2

Des problèmes de montage et de fonctionnement des galets d'entraînement ont été observés. Il est donc nécessaire de redéfinir l'arbre porte galet d'entraînement en rotation des fûts.

Avant sa fabrication, certaines vérifications doivent être effectuées.

On vous demande :

- D'analyser certaines caractéristiques du dessin de définition de l'arbre porte galet en vue de sa réalisation.
- Etudier les moyens d'obtention du brut, de fabrication et de qualification de l'arbre porte galet.
- Etudier la représentation et la définition de l'arbre porte galet.

Problématique N°1

1°) Analyse fonctionnelle et structurelle d'un bras articulé

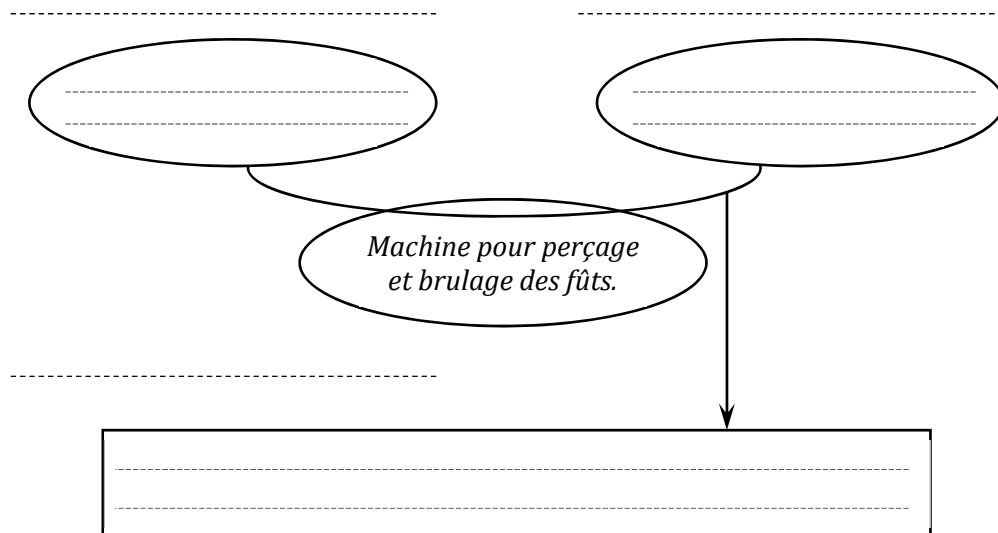
Objectif:

L'analyse fonctionnelle et structurelle doit permettre de comprendre le fonctionnement du système du bras articulé.

Données :

- Plan d'ensemble du bras articulé **DT3**
- Eclaté du bras articulé par pièces **DT4**
- Eclaté du bras articulé par sous-ensemble cinématique **DT5**
- Nomenclature du bras articulé **DT8**

Q 1 : Compléter l'outil bête à corne du système « machine pour perçage et brulage des fûts ».



Q 2 : Définition des sous-ensembles cinématiques.

(On ne prendra pas en compte les pièces déformables.)

SE1 (Sous ensemble Bras articulé) = { }

SE2 (Sous ensemble Corps de vérin) = { 3 , 14 , 15 , 16 }

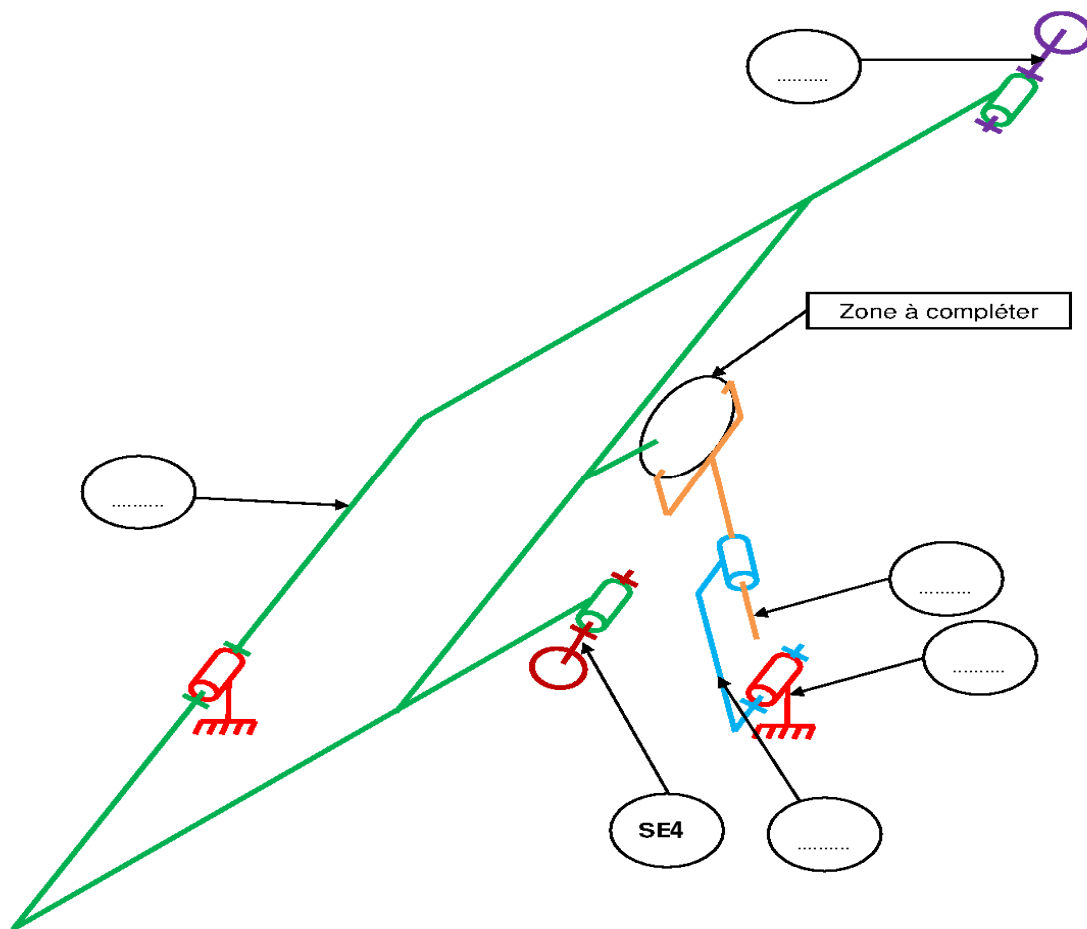
SE3 (Sous ensemble Tige / Piston) = { }

SE4 (Sous ensemble Galet gauche) = { 1 }

SE5 (Sous ensemble Galet droit) = { 1' }

SE6 (Sous ensemble Bâti) = { 0, }

Q 3 : Repérer sur le schéma de la figure ci-dessous, dans la position « bras articulé en position basse », les sous-ensembles cinématiques manquants et compléter le schéma normalisé de la liaison manquante dans la "zone à compléter".



2°) Etude cinématique d'un bras articulé

Objectif:

Vérifier que la course du vérin convient pour assurer une bonne mise à niveau et un bon centrage des fûts en position haute.

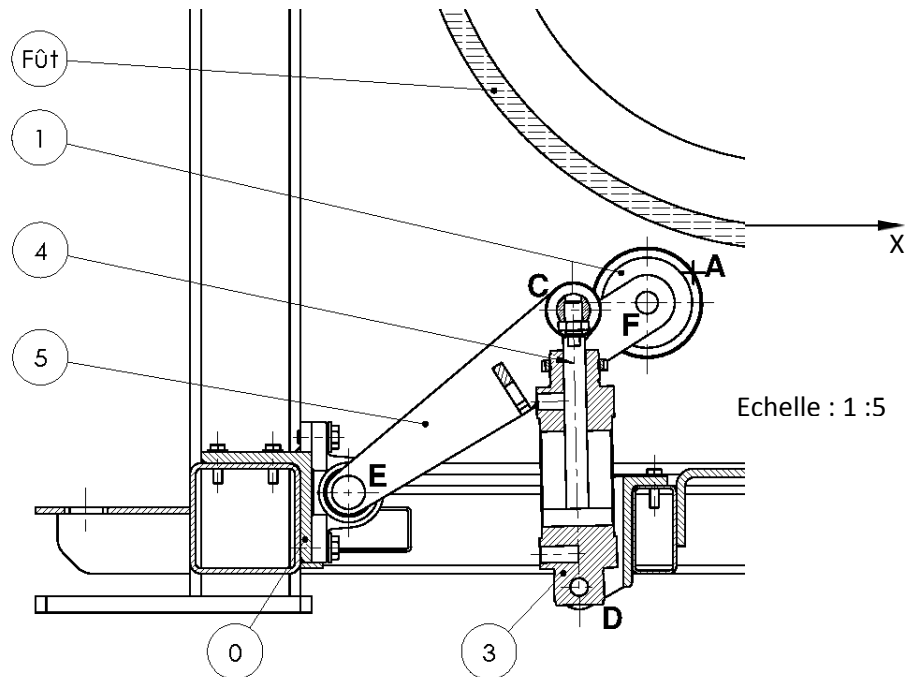
Données :

Documents **DT1** à **DT5**, **DT8** et de la figure ci-dessous.

Q 4 : Compléter le tableau ci-dessous, en indiquant la nature du mouvement, le centre ou l'axe entre les pièces du système de mise à niveau.

Mouvements	Nature du mouvement	Centre	Axe
Mvt 1/5			
Mvt 4/3			CD
Mvt (3+4)/0			
Mvt 5/0			

Q 5 : Tracer et Repérer en couleur les trajectoires $T C \in 4/3$, $T C \in 5/0$, $T C \in (3 + 4)/0$ et $T F \in 5/0$ sur la figure ci-dessous.

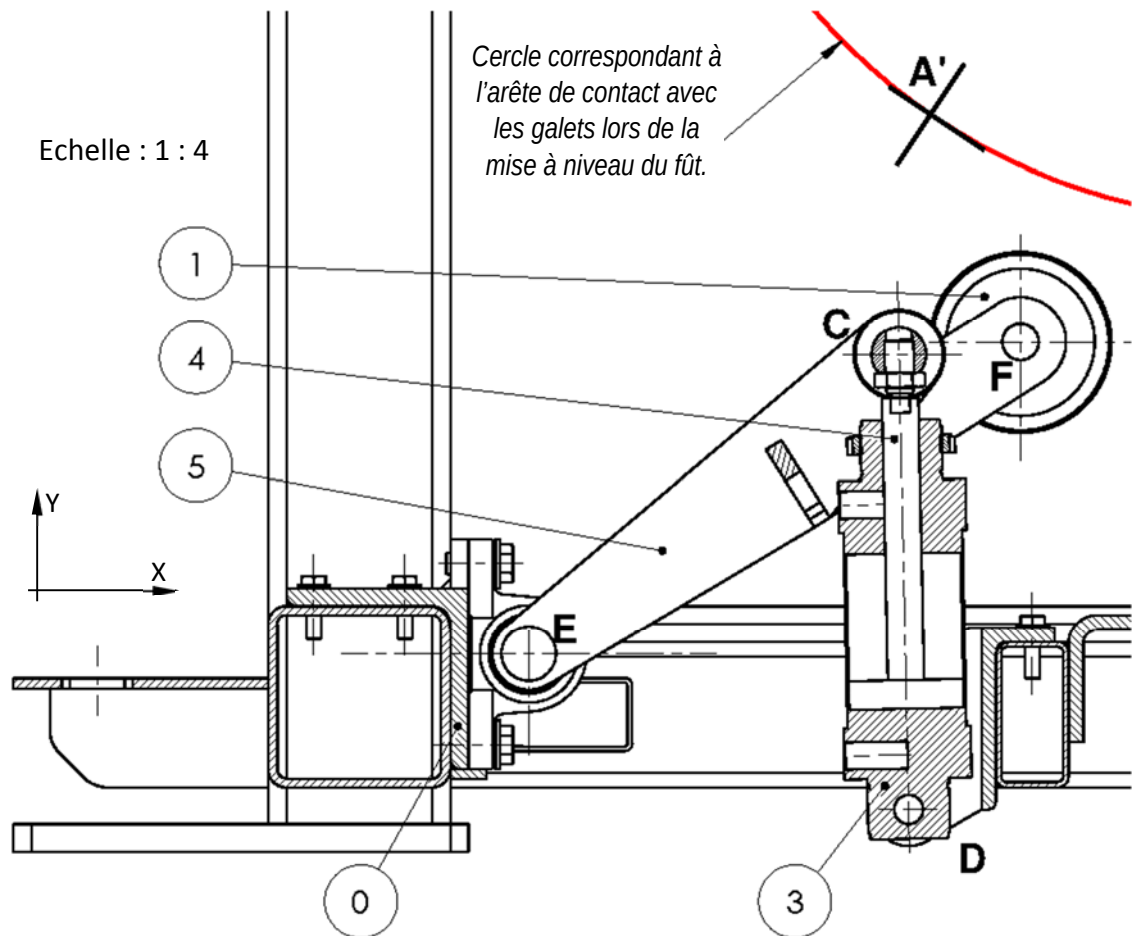


Q 6 : Représenter sur la figure ci-dessous, les points C' , F' correspondant aux positions des points C et F , lorsque le bras articulé est en position haute.

Il faut vérifier si la course du vérin est suffisante pour soulever les fûts au-dessus des galets d'entraînement.

Caractéristiques techniques du vérin d'articulation du bras :

- Diamètre du piston: $\varnothing 63$ mm
 - Diamètre de tige: $\varnothing 20$ mm
 - Course du vérin: $C = 70$ mm
 - Pression d'alimentation : $p = 0,6$ MPa
- Sur la figure ci-dessous, le fût est représenté dans la bonne position (mise à niveau au-dessus des galets et centré).
 - L'arc de cercle en trait gras, correspond à l'arête de contact entre le fût et les 2 galets.
 - Le point A' correspond au point de contact entre le fût et le galet (1) en position haute.
 - La figure est dessinée à l'échelle 1:4



Q 7 : Calculer la course du vérin.

.....

.....

.....

Course =

Q 8 : Conclure quant au choix du vérin.

.....

.....

3°) Etude statique d'un bras articulé

Objectif:

Vérifier les capacités du vérin à soulever le fût de la plus grande quantité.

Hypothèses:

Pour tous les systèmes isolés dans cette étude statique,

- On considère le problème comme plan.
- Les liaisons sont supposées sans jeu, parfaites et sans frottement.
- Le poids des pièces est négligé, sauf celui du fût.
- Les pièces sont indéformables et le contact entre elles n'est jamais rompu.

Données :

- Documents techniques **DT1** à **DT5** et **DT8**
- Fût utilisé de la plus grande quantité

L'étude est menée dans la position « Fût soulevé ».

Une étude de l'équilibre du Fût a permis de déterminer l'effort du Fût sur le bras (1). on prendra :

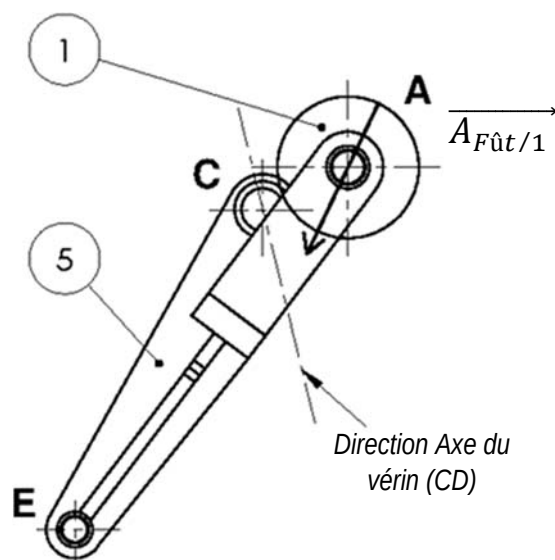
$$\|\vec{A\ Fût/1}\| = 990\text{ N.}$$

Q 9 : On isole le bras articulé (5) + le galet (1) et on applique le Principe Fondamental de la Statique Compléter le tableau des caractéristiques des actions mécanique, avant étude.

Actions mécaniques	Point d'application	Direction	Sens	Norme
$\vec{A\ Fût/1}$	A	/		990 N
$\vec{C\ 4/5}$	C	\ (CD)		
$\vec{E\ 0/5}$				

Q 10 : Tracer et repérer sur le dessin ci-dessous, les directions des actions mécaniques.

Origine du dynamique $\rightarrow$ +



(Echelle des forces : 10 mm $\rightarrow$ 100 N)

Q 11 : Tracer le dynamique des actions mécaniques et résoudre graphiquement sur le dessin ci-dessus. (Dessin de la question : Q10)

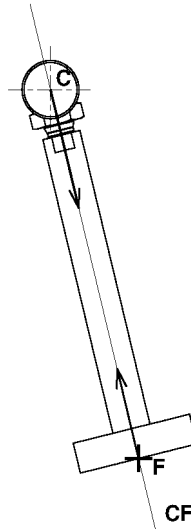
$$\|\vec{E\ 0/5}\| = \quad \text{N}$$

$$\|\vec{C\ 4/5}\| = \quad \text{N}$$

Après avoir réalisé l'étude de l'équilibre de la tige de vérin (4) ; on prendra, pour la suite de l'étude, les valeurs suivantes :

$$\|\vec{C}_{4/5}\| = 360 \text{ N}$$

$$\|\vec{F}_{\text{air}/4}\| = 360 \text{ N}$$



Q 12 : Calculer le diamètre minimal du piston.

.....

.....

.....

.....

.....

Ø Piston =

Q 13 : Conclure quant au choix du vérin.

.....

.....

.....

4°) Etude dynamique des motoréducteurs

Voir document techniques : **DT1, DT2, DT6 et DT8.**

Objectif :

Vérifier la puissance des motoréducteurs Rep. (111).

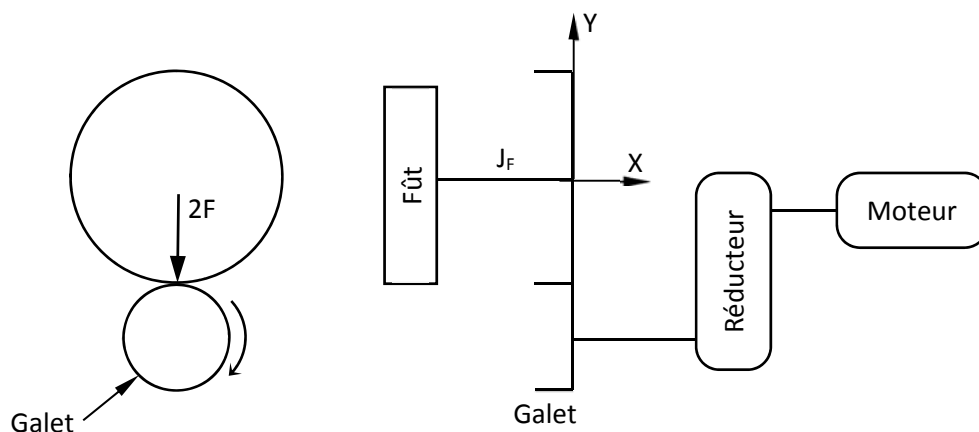
Données :

- Puissance du motoréducteur : $P_M = 0.18 \text{ KW}$
- Diamètre fût: $D_F = 900 \text{ mm}$
- Diamètre galet : $D_G = 100 \text{ mm}$
- Fréquence de rotation moteur $N_m = 930 \text{ tr/mn}$
- Rapport de réduction du réducteur: $r = 1/4,16$
- Coefficient de frottement galet / fût : $f = 0,25$
- Masse du fût: $M_F = 170 \text{ kg}$
- $g = 10 \text{ N/kg}$
- Rendement réducteur $\eta = 0.8$

Hypothèses:

- Le poids du fût est repartie uniformément sur les 4 galets et par étude similaire à l'étude 3 on trouve l'effort normal à chaque contact galet/fut est égale à **$F = 425 \text{ N}$**
- On suppose que le fut est entraîné par un seul motoréducteur dont l'effort normale du contact galet/ fut N est égale à $2F$ (**$N = 2F$**). (on calcul la puissance nécessaire des 2 motoréducteurs)
- On néglige l'inertie du (motoréducteur + galet).
- La transmission galet / fût est identique à une transmission par roue de friction sans glissement.

Le schéma simplifié.



Q 14 : Indiquer sur le schéma ci-dessus par une flèche le sens de rotation du fût .

Q 15 : Calculer l'effort tangentielle exercé par le fût sur le galet. (Utiliser la loi de coulomb. $T=f \cdot N$)

$\mathbf{F}_T =$

Q 16 : Calculer le moment du F_T par rapport à l'axe du galet. On prend $F_T=213N$
(c'est le couple résistant du motoréducteur)

$C_r =$

Q 17 : Relever à partir du document **DT10** l'inertie fût par rapport à son axe de rotation.

J_F =

Q 18 : Donner l'expression de l'énergie cinétique du Fût.

Q 19 : Déterminer l'inertie équivalente ramené à l'arbre du galet en **kg.m²**(faire l'application numérique).

J_{eq} =

Q 20 : Calculer la fréquence de rotation du galet.

N_G = _____

Q 21 : Calculer la fréquence de rotation du fût.

$N_F =$

Q 22 : Sachant que la fréquence de rotation du galet passe de **0** à **N_G** dans un temps de **2s**.
on prend **N_G=224 tr/mn**.

Calculer l'accélération angulaire Ω'_G du galet en **rad/s²**.

$\Omega'_G =$

Q 23 : En appliquant le théorème de moment dynamique ramené à l'arbre du galet, calculer le couple de démarrage. ($C_d - C_r = J_{eq} * \Omega'$). on donne $C_r=11N.M$, $J_{eq}=0,4kg.m^2$, $\Omega'_G = 12 \text{ rad/s}^2$

$C_d =$

Q 24 : Calculer la puissance maxi à l'arbre du galet. on donne le couple $C_d = 16 \text{ N.m}$

P_G = _____

Q 25 : Calculer la puissance à l'arbre du moteur.

Q 26 : conclure sur le choix des motoréducteurs.

5°) Etude de Résistance Des Matériaux de l'arbre porte galet

Objectif :

Vérifier le choix du matériau de l'arbre porte galet Rep (101).

Données :

- Matériau de l'arbre porte galet Rep (101) : **S 355**
- Diamètre mini de l'arbre porte galet Rep (101) : **Ø21mm**
- Effort dans la liaison au niveau l'arbre porte galet et fût est modélisé par un torseur donné
- Dans la figure ci-dessous.
- Le coefficient de sécurité à respecter est de : **s = 5**
- Document technique repéré **DT7**

Hypothèses:

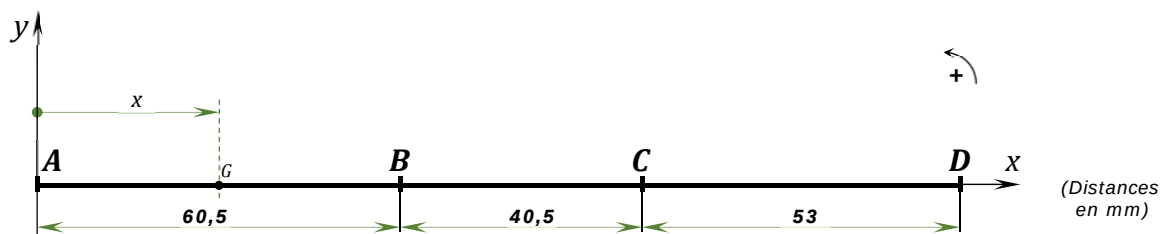
- Matériau homogène et isotrope.
- Problème plan géométrique et mécanique.
- Limite des petites déformations.
- Liaisons parfaites.

Première étude: par la théorie des poutres.

La modélisation de l'arbre porte galet est donnée figure ci-dessous.

On néglige le composant axiale de l'action du fut sur le galet. Un calcul statique préalable a permis de déterminer les torseurs d'actions mécanique au points A, B, C et D.

Les unités des valeurs des torseurs donnés ci-dessous sont en **N** et **N.m**.



$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & -5,3 \\ -425 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A$$

$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 1060 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_B$$

$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -635 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 5,3 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_D$$

Q 27 : Déterminer le torseur de cohésion dans la plage [AB].

$$T_{coeh} = \left\{ \begin{array}{c} \text{ } \end{array} \right\}_G$$

Q 28 : Déterminer le torseur de cohésion dans la plage [BC].

$$T_{coeh} = \left\{ \begin{array}{c} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{array} \right\}_G$$

Q 29 : Déterminer le torseur de cohésion dans la plage [CD].

$$T_{coeh} = \left\{ \begin{array}{c} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{array} \right\}_G$$

Q 30 : L'arbre porte galet est soumis à plusieurs sollicitations, citer ces sollicitations.

Q 31 : Dans la section dangereuse (section B), calculer la contrainte normale de flexion et la contrainte tangentielle de torsion par les formules suivantes : $I_{GZ} = \pi d^4/64$ $I_0 = \pi d^3/32$

$$\sigma = \frac{Mf}{I_{GZ}/v} \quad \text{et} \quad \tau = \frac{Mt}{I_0/v}$$

.....

.....

.....

.....

.....

$\sigma =$
$\tau =$

Q 32 : Calculer la contrainte normale maxi et la contrainte tangentielle maxi dans la section la plus sollicitée par les formule suivantes : on donne $\sigma = 29 \text{ MPa}$, $\tau = 3 \text{ MPa}$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad \text{et} \quad \tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

.....

.....

.....

.....

.....

$\sigma_{max} =$
$\tau_{max} =$

Q 33 : Calculer la résistance pratique au glissement Rpg et la résistance pratique élastique Rpe. Sachant que $R_g = 0.5 \cdot R_e$ pour les aciers.

.....

.....

.....

Rpe =
Rpg =

Q 34 : Vérifier les deux conditions de résistance de l'arbre porte galet et conclure sur le choix du matériau de l'arbre porte galet.

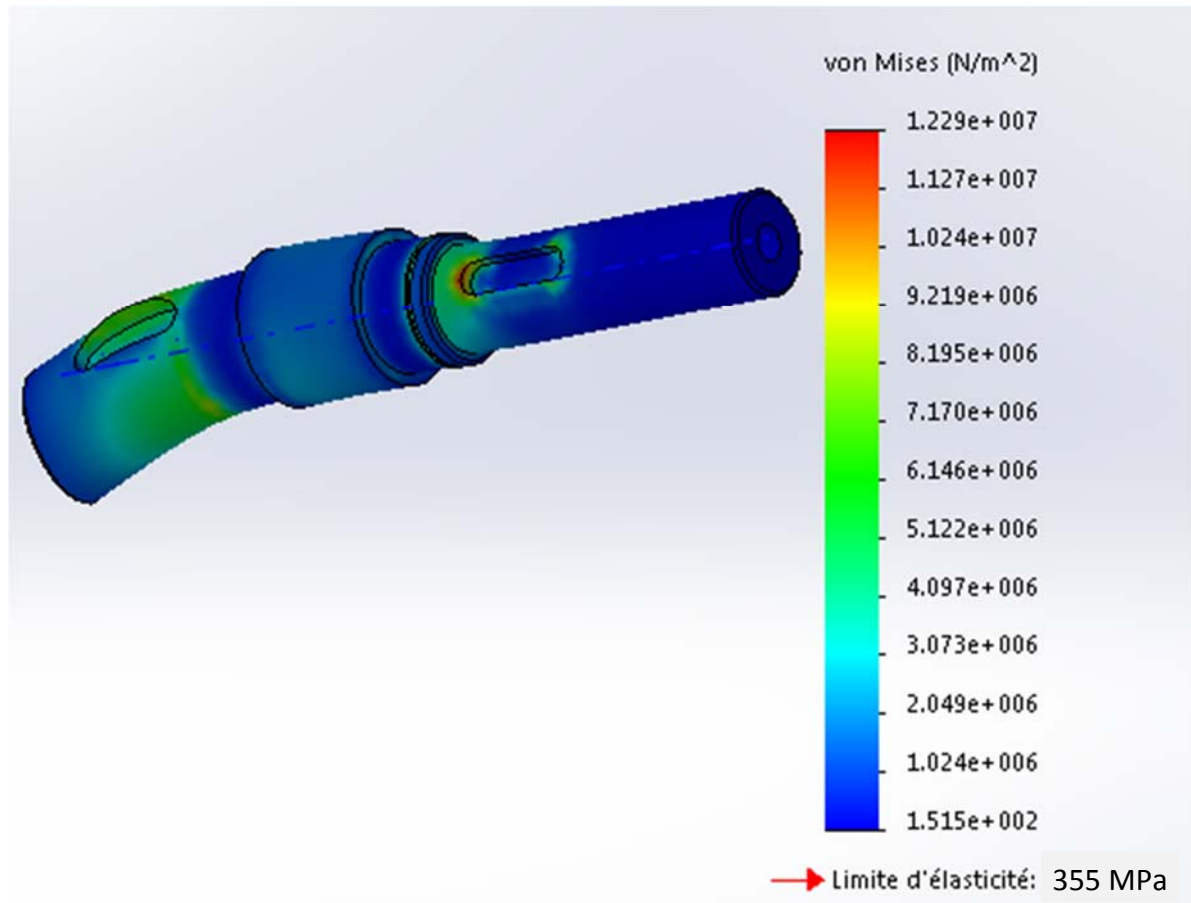
$$\sigma_{max} \leq Rpe \quad \text{et} \quad \tau_{max} \leq Rpg$$

.....

.....

Deuxième étude: par simulation sur un logiciel de simulation.

Objectif :

Vérifier la résistance du bras inférieur. Le bras est en acier de limite élastique $R_e = 355 \text{ MPa}$.

Q 35 : a. Montrer la zone dangereuse du bras inférieur
(entourer dans le dessin la zone critique (contrainte maxi))

Q 36 : b. Relever la contrainte maximale.

$\sigma_{max} =$

Q 37 : c. Calculer le coefficient de sécurité.

$S =$

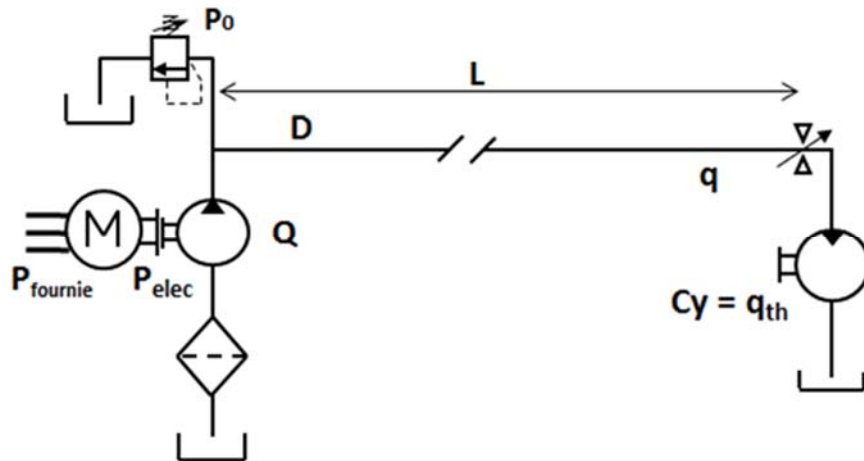
Q 38 : d. Conclure sur la résistance du bras.

Q 39 : e. Donner le nom du phénomène d'augmentation de contrainte au voisinage de la rainure de clavette.

mécanique des fluides.

Les deux motoréducteurs ne permettent pas l'entraînement des fûts de 820l. le constructeur opte pour le changement de la motorisation électrique par une motorisation hydraulique (Un groupe et deux moteurs hydrauliques). voir schéma simplifié de commande d'un seul moteur hydraulique.

schéma simplifié d'un seul Moteur hydraulique



Données:

Caractéristiques du moteur hydraulique:

- Cylindrée fixe: $Cy = 75 \text{ cm}^3$
- Fréquence de rotation imposée : $N_m = 224 \text{ tr/mn}$
- Couple imposé : $C_m = 15 \text{ N.m}$
- Rendement volumétrique : $\eta_{v,m} = 0,9$
- Rendement mécanique : $\eta_{m,m} = 0,9$

Caractéristiques de la pompe:

- Cylindrée fixe: $Cy = 75 \text{ cm}^3$
- Rendement volumétrique : $\eta_{v,p} = 0,9$
- Rendement mécanique : $\eta_{m,p} = 0,9$

Caractéristiques du tuyau.

- Diamètre intérieur : $d = 17,3 \text{ mm}$
- Longueur équivalent: $L = 21,8 \text{ m}$

Caractéristiques de l'huile :

- Viscosité cinématique : $\nu = 35 \text{ cst} = 35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Masse volumique: $\rho = 0,9 \text{ kg/l}$

Caractéristiques du limiteur de débit :

- coefficient de pertes de charge singulier du limiteur du débit : $\xi = 1,93$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

On donne:

- **Re=Vd/v** :nombre de Reynolds
- Pertes de charges régulières J : **$J = \lambda.(1/d). \rho. (v^2/2)$** en (Pa/m)
- Pertes de charges singulières J : **$J = \xi(1/2).\rho.V^2$** en (Pa/m)

Détermination de λ par des formules :

$0 < Re < 2000$	$\lambda = 64/Re$	Formule de Poiseuille
$2000 < Re < 100\,000$	$\lambda = 0,316.Re^{-0,25}$	Formule de Blasius
$Re > 10\,000$ ε rugosité	$\lambda = 0,79.(\varepsilon / D)^{0,5}$	Formule de Blench

Matériaux	Valeur courante de rugosité ϵ en mm
Plastique	0,03
Aluminium	0,05
Acier inox	0,09

Q 40 : La fréquence de rotation imposée au moteur est **Nm=224tr/mn.**

Calculer le débit q en l/mn à régler sur le limiteur de débit.

Formule du débit moteur : $q_m = C_y \cdot N_m / \eta_{v,m}$

$$q_m = \quad (\text{l/min})$$

Q 41 : La pompe alimente les deux moteurs au même temps.

Calculer le débit nécessaire au niveau de la pompe.

$Q_p =$	(l/min)
---------	---------

Q 42 : La pompe est entraînée par un moteur électrique **N_m=930tr/mn**. Calculer le débit de la pompe.

Déduire s'il est suffisant pour alimenter les deux moteurs.

Formule du débit moteur : $Q_p = C_y \cdot N_m \cdot \eta_{v,p}$

$Q_p =$	(l/min)
---------	---------

Q 43 : Calculer la vitesse d'écoulement **Ve** dans la tuyauterie en **m/s**. on donne ($Q_v = 37.5 \text{ l/min}$)

$V_e =$ (m/s)

Q 44 : Calculer le nombre de Reynolds Re

$R_e =$

Q 45 : calculer le coefficient de pertes de charges λ .

$\lambda =$

Q 46 : La longueur équivalent de tuyau est **L=21,8m**. calculer la perte de charge linéaire sur toute la longueur (en bar).

$J = \quad \quad \quad bar$

Q 47 : Calculer la perte de charge singulier au niveau du limiteur de débit.

$J = \quad \quad \quad bar$

Q 48 : Calculer la pression nécessaire à l'entrée du moteur pour fournir le couple imposé au moteur **C_m = 15 N.m.**

La formule du couple moteur : $2.\pi.Cm = Cy . \Delta p. \eta_{v,m}. \eta_{m,m}$ (dans ce cas $\Delta p = p_m$)

$p_m =$ bar

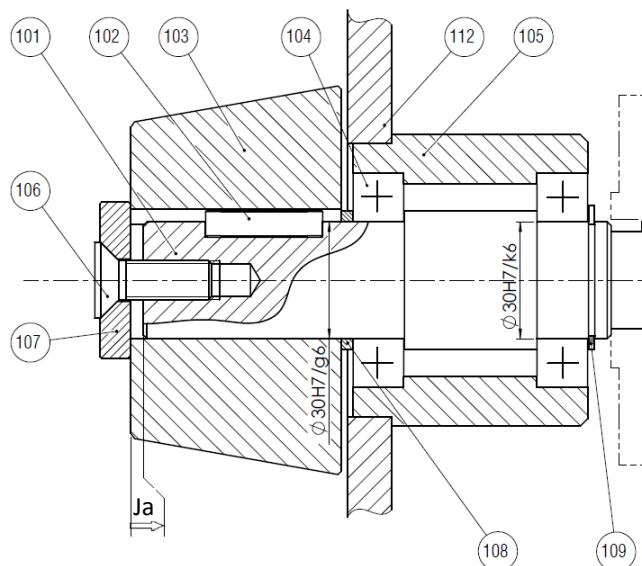
Q 49 : Calculer la pression P_p au niveau de la pompe, déduire la pression P_0 du limiteur de pression.

$P_m =$	bar
---------	-------

$P_0 = \quad \quad \quad bar$

L'étude fonctionnelle de la solution du montage de roulement retenue par le constructeur exige le respect de la cote condition « Ja ».
pour cela il faut chercher l'ensemble des cotes des pièces qui influent sur le jeu « Ja ».

Q 50 : Tracer sur le dessin ci-dessous la chaîne de cote relative au cotes conditions « Ja ».



Analyser un ajustement.

Le montage entre l'arbre d'entraînement des galets 101 et le galet d'entraînement 103 est réalisé avec l'ajustement suivant : $\varnothing 30 \text{ H7/g6}$.

A l'aide des tableaux des principaux écarts fondamentaux (DT9)

Q 51 : a. Compléter le tableau ci-dessous.

	ARBRE	ALESAGE
Cote tolérancée		
Cote nominale (mm)		
Ecart supérieur (mm)	es =	ES =
Ecart Inférieur (mm)	ei =	EI =
IT (mm)		
Cote Maxi. (mm)	arbre Maxi =	Alésage Maxi =
Cote mini (mm)	arbre mini =	Alésage mini =

Q 52 : b. Calculer Jeu_{Maxi} et Jeu_{mini} .

$\text{Jeu}_{\text{Maxi}} =$	$\text{Jeu}_{\text{Maxi}} =$
$\text{Jeu}_{\text{mini}} =$	$\text{Jeu}_{\text{mini}} =$

Q 53 : En déduire la nature de l'ajustement, en entourant la bonne réponse.

Ajustement avec du serrage

Ajustement incertain

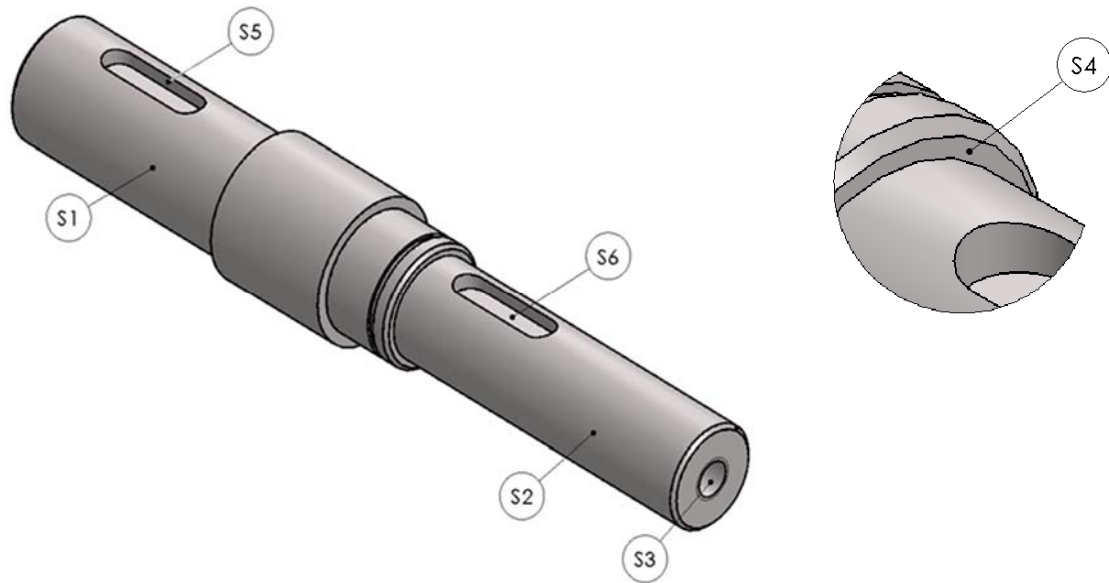
Ajustement avec du Jeu

Problématique N°2

1°) Analyse du dessin de définition de l'arbre porte galet.

Objectif : Analyser les données de définition de l'arbre en vue de sa fabrication.

Données : Documents techniques repérés **DT6** à **DT8**.



Q 54 : On vous demande d'inventorier l'ensemble des spécifications dimensionnelles, géométriques et d'états de surface pour chacune des surfaces repérées sur le dessin ci-dessus. Complétez le tableau suivant.

Surfaces	Spécifications dimensionnelles	Dimensions de référence	Spécifications géométriques	Spécifications d'état de surface
S1		x		
S2		x		
S3		x	x	x
S4	x			x
S5		x		x
S6	x			x

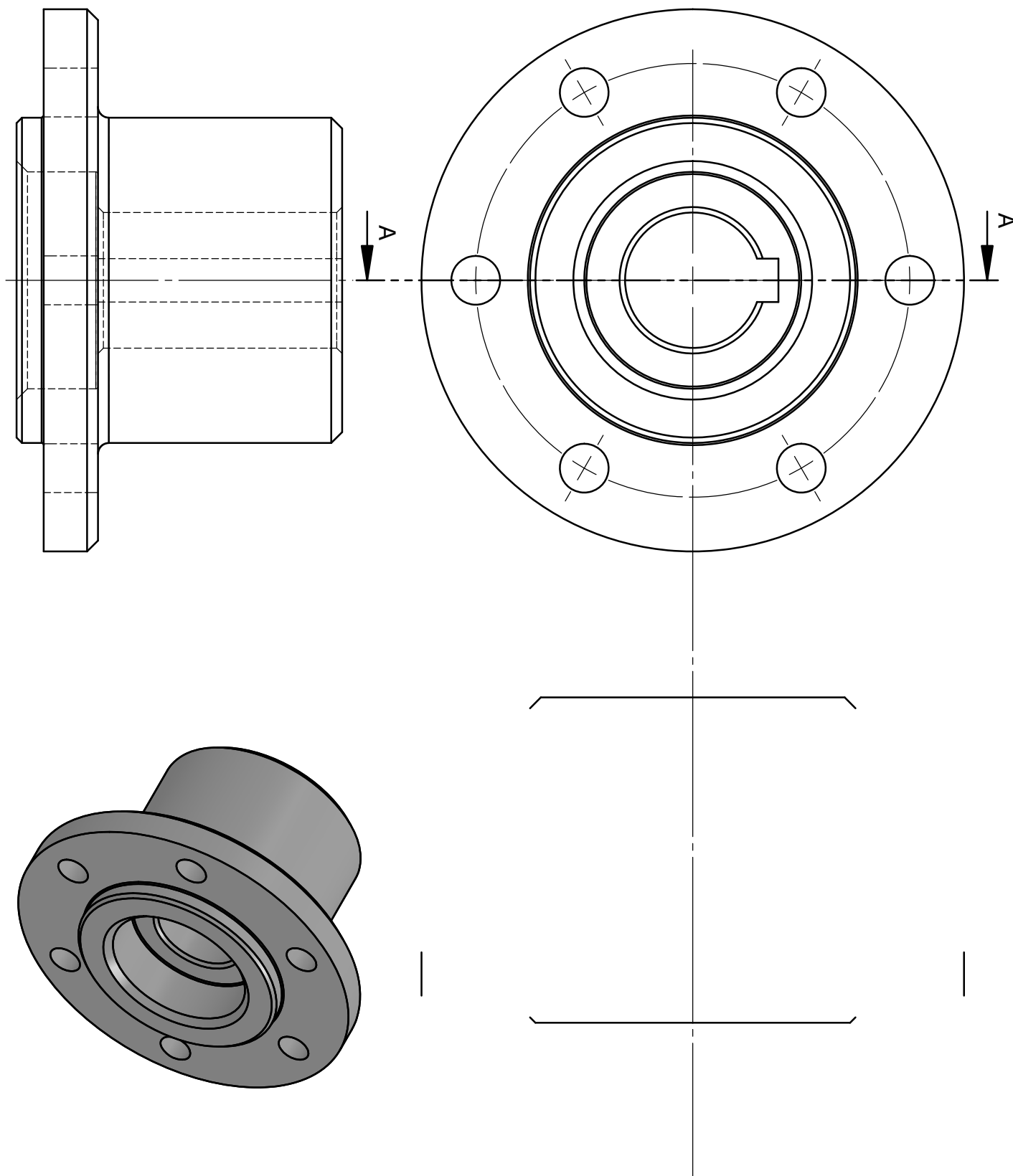
Q 55 : Compléter le tableau ci-dessous.

TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ		Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
Symbole de la spécification : $\boxed{\Phi} \boxed{0.1} \boxed{B}$		Eléments non Idéaux		Eléments Idéaux		
Type de spécification Forme Position Orientation Battement <i>(Entourer la bonne réponse)</i>	Elément(s) TOLÉRANCÉ(S)	Elément(s) de RÉFÉRENCE	Référence(s) SPÉCIFIÉE(S)	Zone de tolérance		Contraintes Orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée <i>(Entourer la bonne réponse)</i>
Condition de conformité L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	Unique Groupe <i>(Entourer la bonne réponse)</i>	Unique Multiples <i>(Entourer la bonne réponse)</i>	Simple Système Commune <i>(Entourer la bonne réponse)</i>	Simple Composée <i>(Entourer la bonne réponse)</i>		
Schéma Extrait du dessin de définition						A compléter

Q 56 : Travail graphique

On demande de compléter le dessin de la vue de gauche en coupe A-A à l'échelle (1 :1)

- Vue de gauche coupe A-A.



2°) Relation Produit-Matériau-procédé :*Objectif :*

Analyser les données de définition de l'arbre porte galet en vue de sa fabrication (DT7)

Choix de matériau :**Q 57 :** Identifier avec précision le matériau de l'arbre porte galet.

.....

.....

.....

Q 58 : Dans ce groupe de matériau, est-ce possible de dépasser une teneur moyenne en carbone de 2,11%? justifier votre réponse.

.....

.....

.....

Q 59 : Indiquer l'influence d'augmentation du carbone sur l'évolution des caractéristiques mécaniques de l'arbre porte galet.

Propriété	H	Re	K	A%
Sens d'évolution (↘ , — , ↗)				

Etude de brut :

Données:

- Le brut de l'arbre est découpé d'une barre ronde étirée de 3m de longueur.
- Diamètres standards des barres rondes disponibles au marché :
(.... Ø20- Ø22- Ø24- Ø25 - Ø28 - Ø30 - Ø35 - Ø40 - Ø45 - Ø50...etc.)
- Le cout massique est $C_m = 707 \text{ Dh} / 100 \text{ kg}$.
- La masse volumique moyenne des aciers non allié est $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$.
- Surépaisseur d'usinage est ($e_{\text{dressage}} = 2 \text{ mm}$; $e_{\text{chariotage}} = 0,5 \text{ mm}$).

**Q 60 :** En exploitant le (DT7) donner le diamètre mini $D_{\min}$ et la longueur mini $L_{\min}$ du brut de l'arbre porte galet.

.....

.....

.....

.....

.....

$D_{\min} =$
$L_{\min} =$

Q 61 : Calculer le volume de brut en cm^3 .

.....

.....

.....

.....

$V_{\text{Brut}} =$

Q 62 : Déterminer le coût en dh du lopin de cet arbre porte galet.

.....

.....

.....

$C =$

Q 63 : Calculer n , le nombre de pièces obtenues à partir d'une barre.

.....

.....

.....

$n =$

Q 64 : Indiquer brièvement le principe d'opération d'étirage.

.....

.....

.....

.....

Q 65 : Après l'opération d'étirage, l'arbre ne peut pas être usiné à cause d'un phénomène qu'a subi. Qu'appelle-t-on ce phénomène?

.....

.....

.....

Q 66 : Pour usiner cet arbre, on doit lui subir un traitement thermique. Préciser de quel traitement s'agit-il? Justifier votre réponse.

.....

.....

.....

.....

Etude de fabrication :

Données:

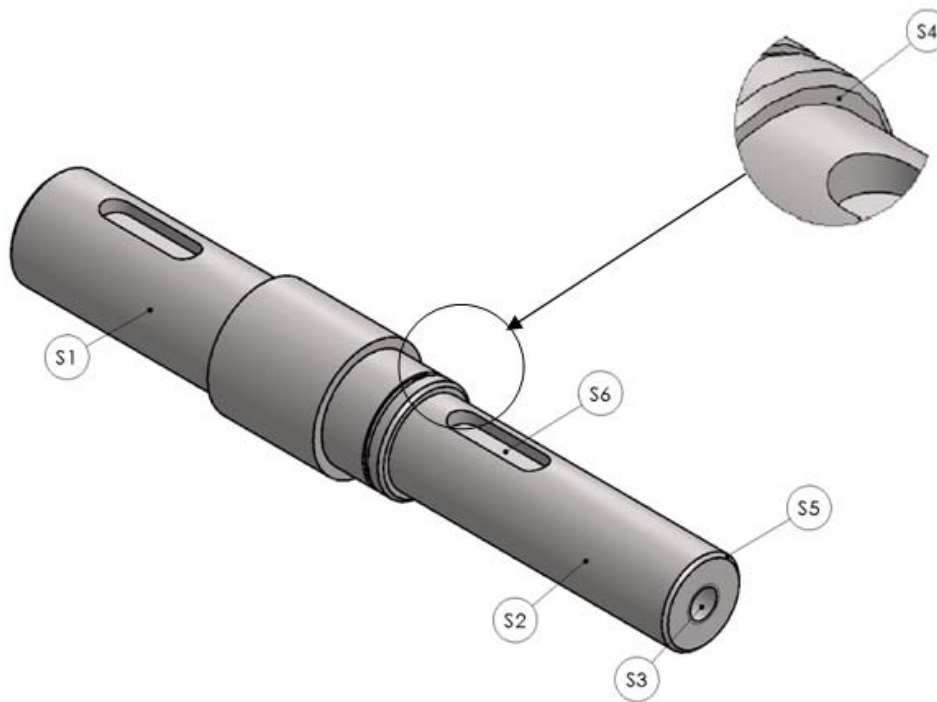
- La rugosité totale R_t (mm) en fonction de l'avance f (mm/tr) et du rayon de bec r_ϵ (mm) de la plaquette.
- Vitesse de coupe $V_c=120\text{m/min}$.
- Rayon de bec d'outil $r_\epsilon=0,4\text{mm}$
- Tableau de conversion R_a - R_t suivant (valeurs en μm)

$$R_t = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$$

R_a	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
R_t	0.5	1	2	4	10

Bilan d'opération d'usinage :

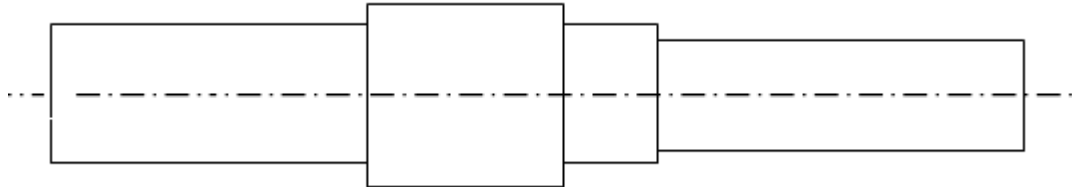
Q 67 : Compléter le tableau ci-dessous, en précisant pour les surfaces S2 à S6 repérées dans la figure suivante, sa nature, l'opération correspondante, l'outil nécessaire et le procédé de fabrication convenable.



Repère	Nature de surface	Opération	Outil	Procédé de fabrication
S1	Cylindrique	Chariotage	Outil Couteau	Tournage
S2				
S3				
S4				
S5				
S6				

Usinage des surfaces S2 et S4.

Q 68 : Schématiser la mise en position (2^{ème} norme) isostatique équivalant de la pièce.



Cette opération nécessite d'avoir un bon état de surface, il est donc nécessaire de calculer l'avance maximal à ne pas dépasser par l'outil pour garantir cet état de surface.

Q 69 : Calculer la fréquence de rotation N (tr/min) de la broche de la machine.

.....

.....

.....

Q 70 : En exploitant le document (DT7), Déterminer la valeur du R_t en fonction du R_a :
(Voir tableau de conversion $R_a - R_t$).

.....

.....

.....

Q 71 : Déterminer l'avance f (en mm/tr) à ne pas dépasser pour garantir l'état de surface.

.....

.....

.....

Q 72 : Calculer la vitesse d'avance V_f (mm/min) de l'outil.

.....

.....

.....

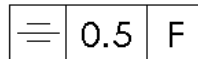
.....

Qualification d'arbre porte galet :

Contrôle tridimensionnel :

Afin de Qualifier l'arbre porte galet (DT7), on doit contrôler tous les spécifications dimensionnelles, géométriques et états des surfaces.

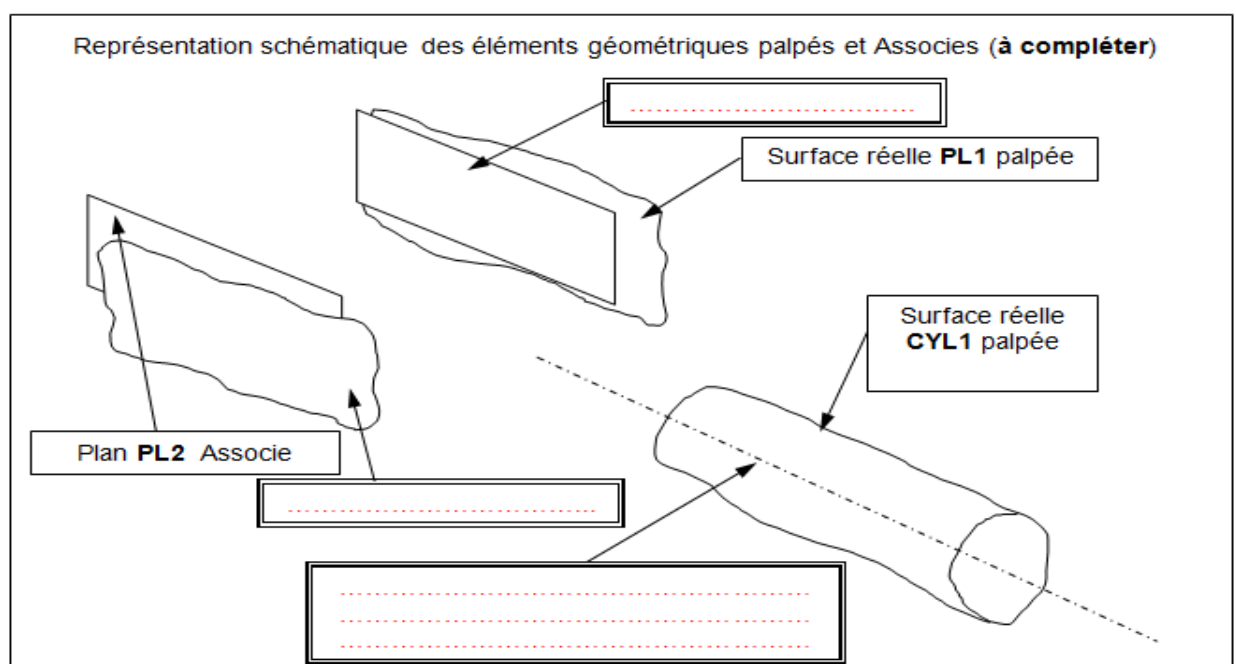
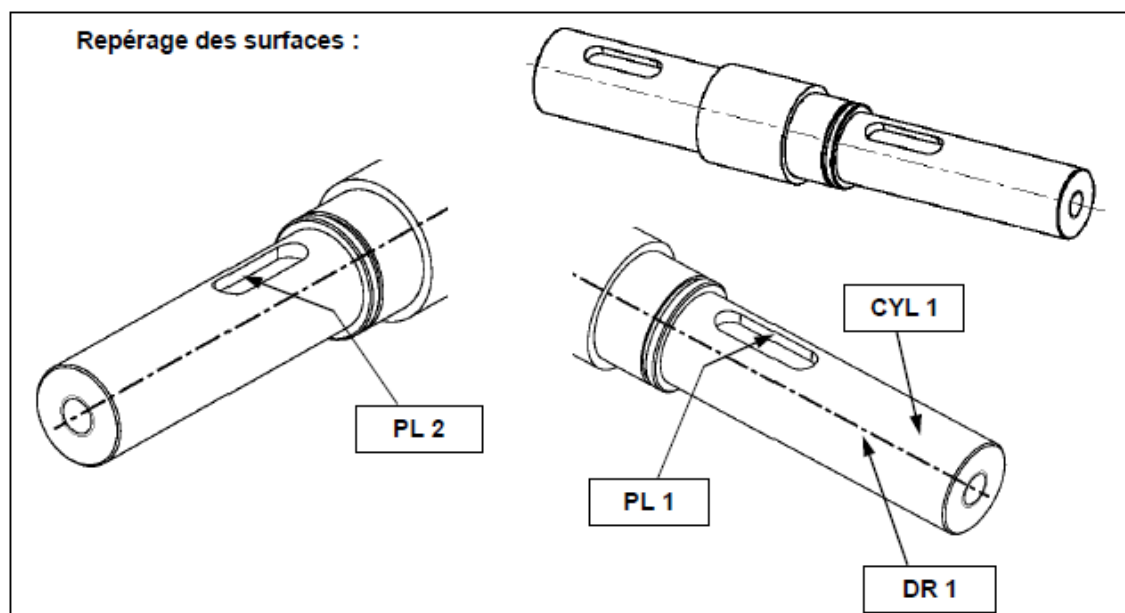
Donc, Pour contrôler la spécification suivante :



Compléter la représentation schématique des éléments géométriques suivants :

Q 73 : En identifiant :

- Les éléments palpés par MMT (éléments réels).
- Les éléments associés aux éléments palpés (éléments parfaits).



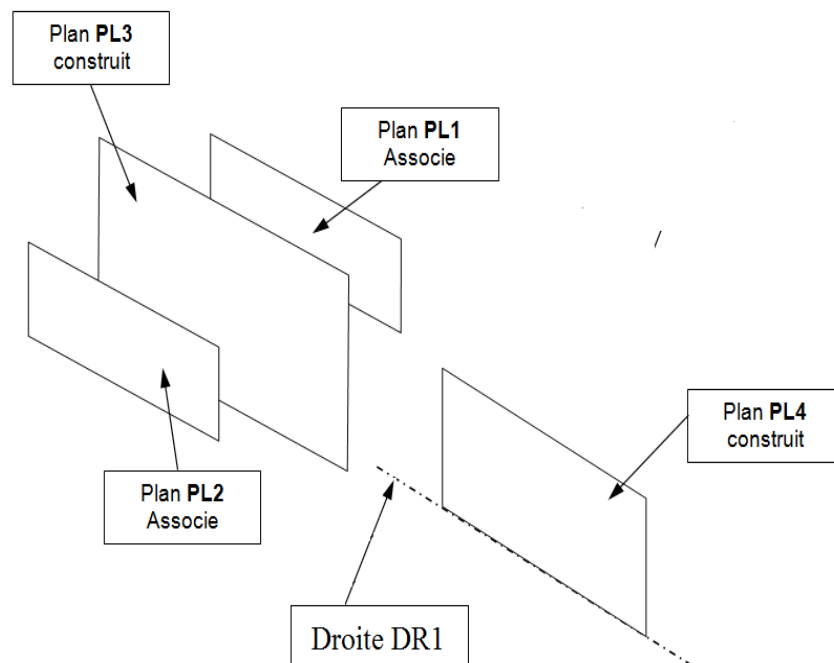
Q 74 : En définissant:

- Les éléments géométriques à construire et à mettre en relation.
- Le Critère d'acceptabilité.

Éléments géométriques à construire et à mettre en relation :

- Construire le plan PL3 :

– Construire le plan PL4 : Plan passant par la droite DR1 et parallèle au plan médian PL3



Critère d'acceptabilité :

[illegible]

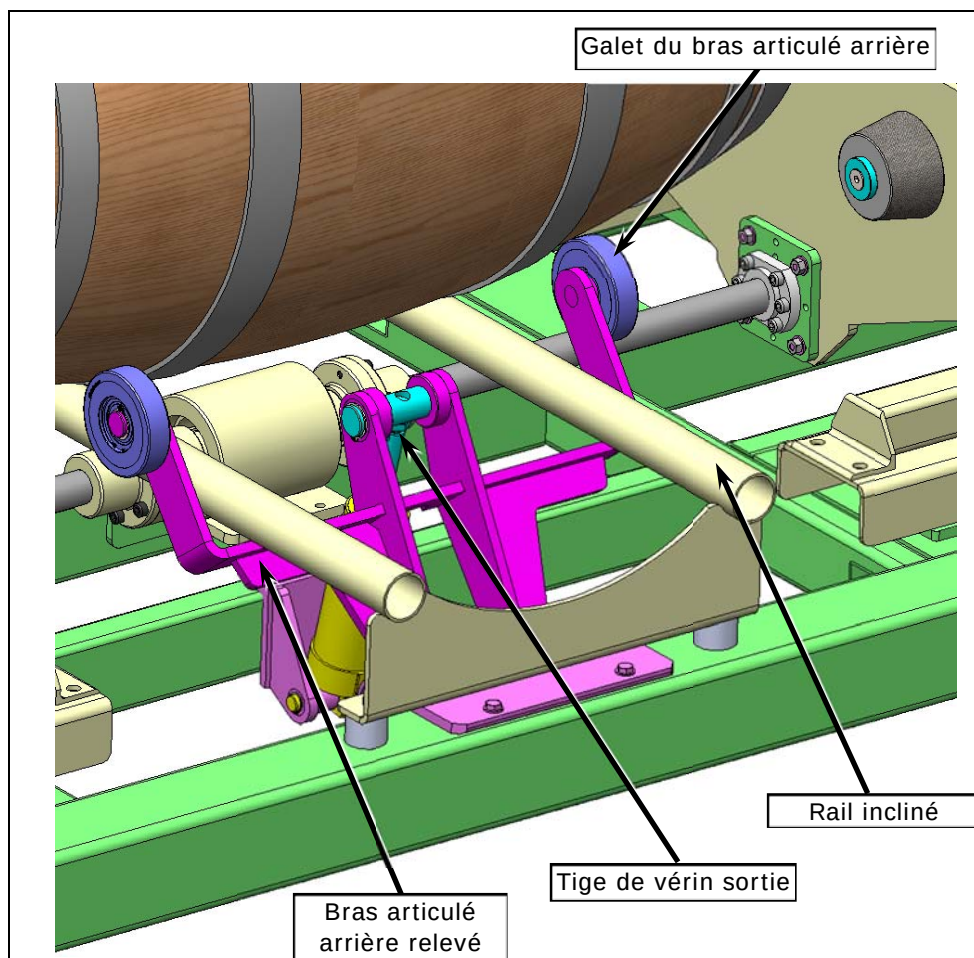
BAREME

Q 1	4,5 pts
Q 2	1 pts
Q 3	1,5 pts
Q 4	1 pt
Q 5	1 pt
Q 6	1 pt
Q 7	0,5 pt
Q 8	0,5 pt
Q 9	0,5 pt
Q 10	0,5 pt
Q 11	1 pt
Q 12	0,5 pt
Q 13	0,5 pt
Q 14	1,5 pts
Q 15	1 pt
Q 16	1 pt
Q 17	1 pt
Q 18	1 pt
Q 19	1 pt
Q 20	1,5 pt
Q 21	1,5 pt
Q 22	1 pt
Q 23	1 pt
Q 24	1,5 pts
Q 25	1,5 pts
Q 26	1,5 pts
Q 27	1 pt
Q 28	1 pt
Q 29	1 pt
Q 30	0,5 pt
Q 31	0,5 pt
Q 32	0,5 pt
Q 33	0,5 pt
Q 34	0,5 pt
Q 35	0,5 pt
Q 36	0,5 pt
Q 37	0,5 pt

Q 38	0,5 pt
Q 39	0,5 pt
Q 40	1 pt
Q 41	1 pt
Q 42	1 pt
Q 43	1 pt
Q 44	1 pt
Q 45	1 pt
Q 46	1 pt
Q 47	1 pt
Q 48	1 pt
Q 49	2 pts
Q 50	1,5 pts
Q 51	1,5 pts
Q 52	1 pt
Q 53	0,5 pt
Q 54	6,5 pts
Q 55	8,5 pts
Q 56	8,5 pts
Q 57	2 pt
Q 58	1 pt
Q 59	1 pt
Q 60	2 pts
Q 61	1 pt
Q 62	1 pt
Q 63	1 pt
Q 64	1 pt
Q 65	1 pt
Q 66	1 pt
Q 67	2,5 pts
Q 68	1 pt
Q 69	1 pt
Q 70	1 pt
Q 71	1 pt
Q 72	1 pt
Q 73	1,5 pts
Q 74	2 pts

Total sur 100 pts.

Détail du cycle de perçage / brulage (1/2)

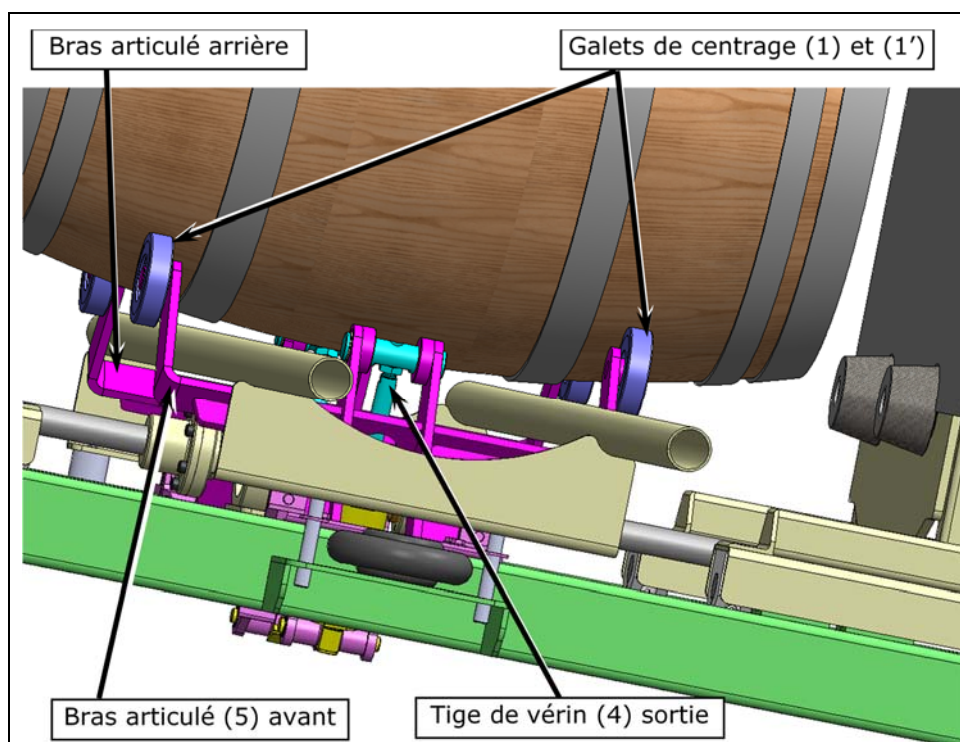


Etape n°1 :

Arrivée et arrêt du fût

Le fût arrive par l'intermédiaire de 2 rails inclinés. Le fût roule sur ces rails et vient s'immobiliser sur les galets du bras articulé arrière relevé.

Vue de l'arrière de la machine "Perçage/Brulage de Fût"



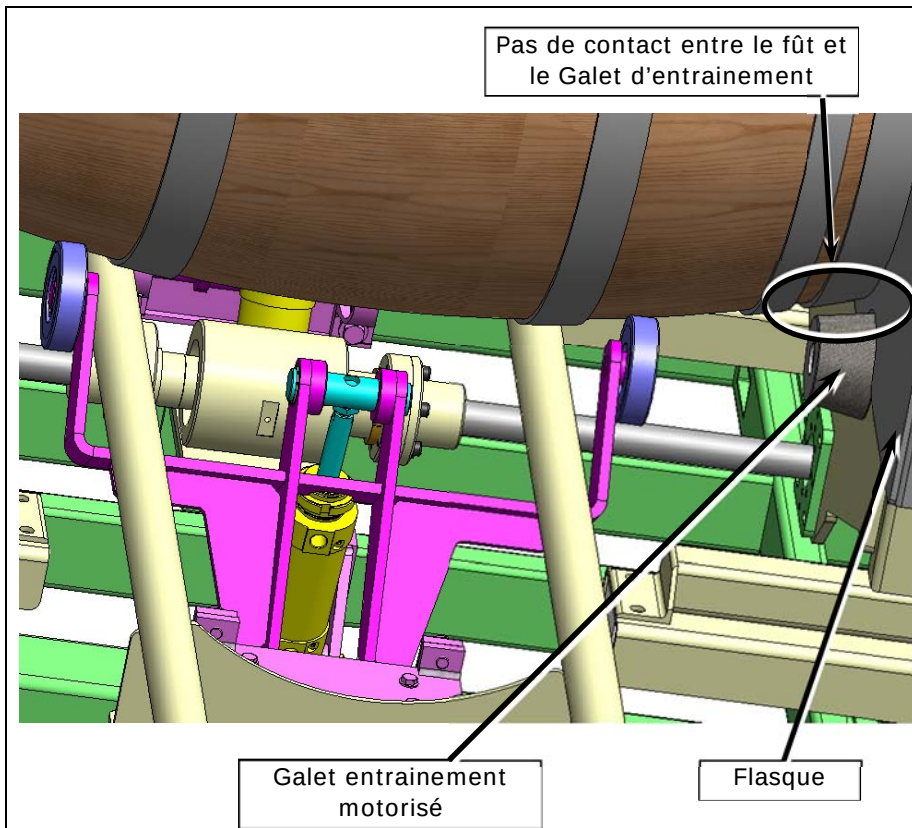
Etape n°2 :

Soulevée du fût

La tige de vérin du bras articulé avant sort. Le bras s'articule et vient soulever le fût au-dessus des rails pour le mettre à niveau et réaliser le centrage, par l'intermédiaire des galets de centrage.

Vue de l'avant de la machine "Perçage/Brulage de Fût"

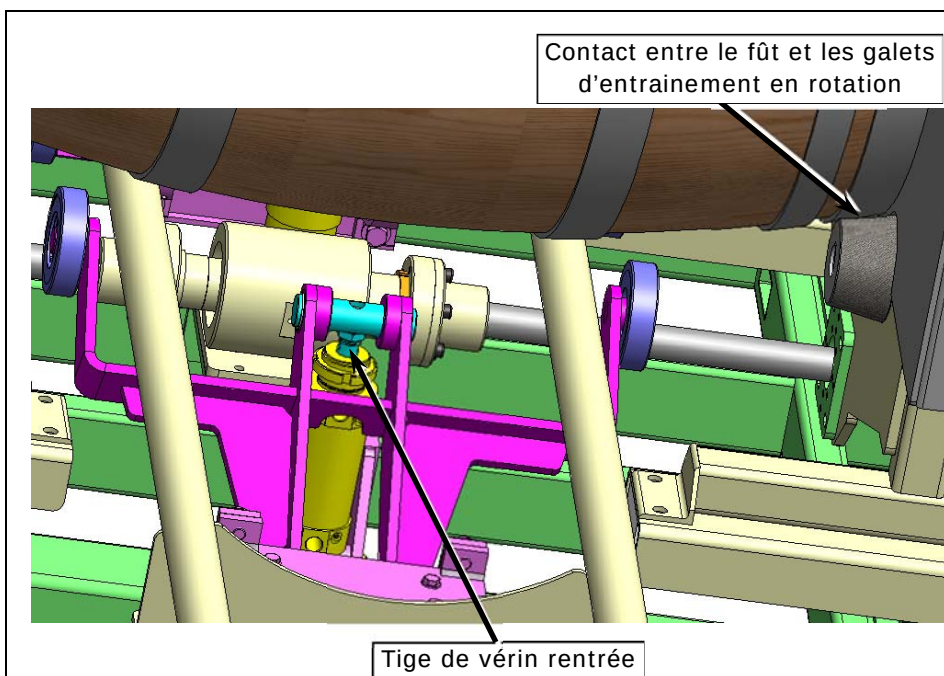
Détail du cycle de perçage / brulage (2/2)



Etape n°3 :

Approche des 2 flasques

Les 2 flasques porte galet d'entraînement se rapprochent.



Etape n°4 :

Descente du fût sur les galets d'entraînement

Les 2 tiges de vérin rentrent, les bras articulés se positionnent en position basse. Le fût se met en place sur les 4 galets d'entrainements en rotation. Il est positionné pour l'opération de Perçage/Brulage.

Etape n°5 :

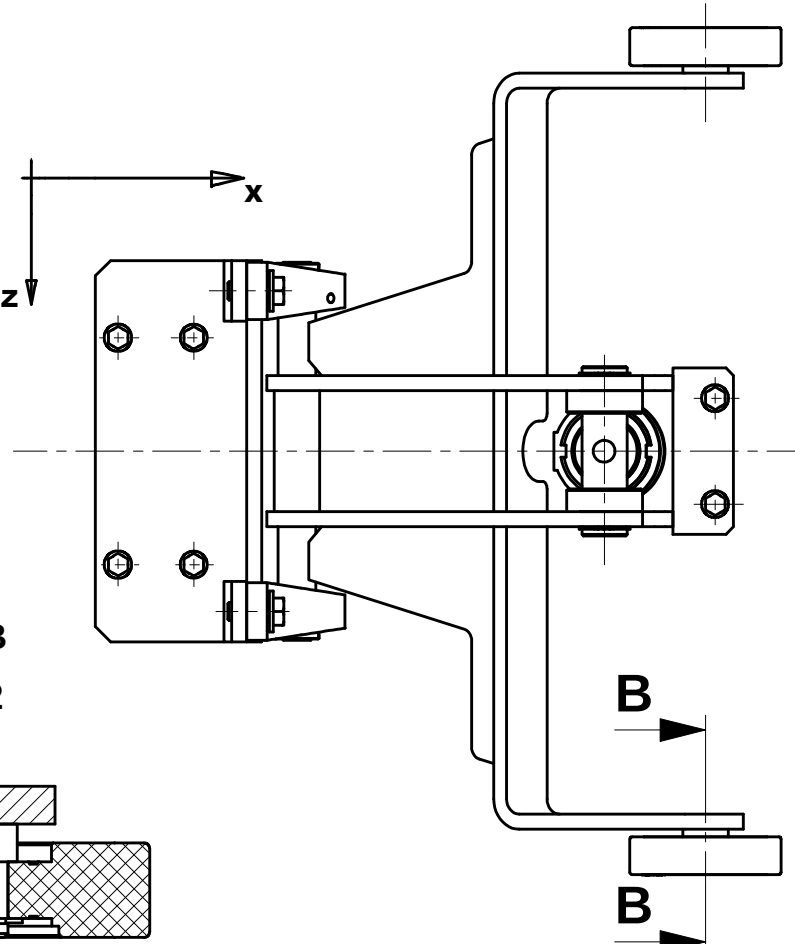
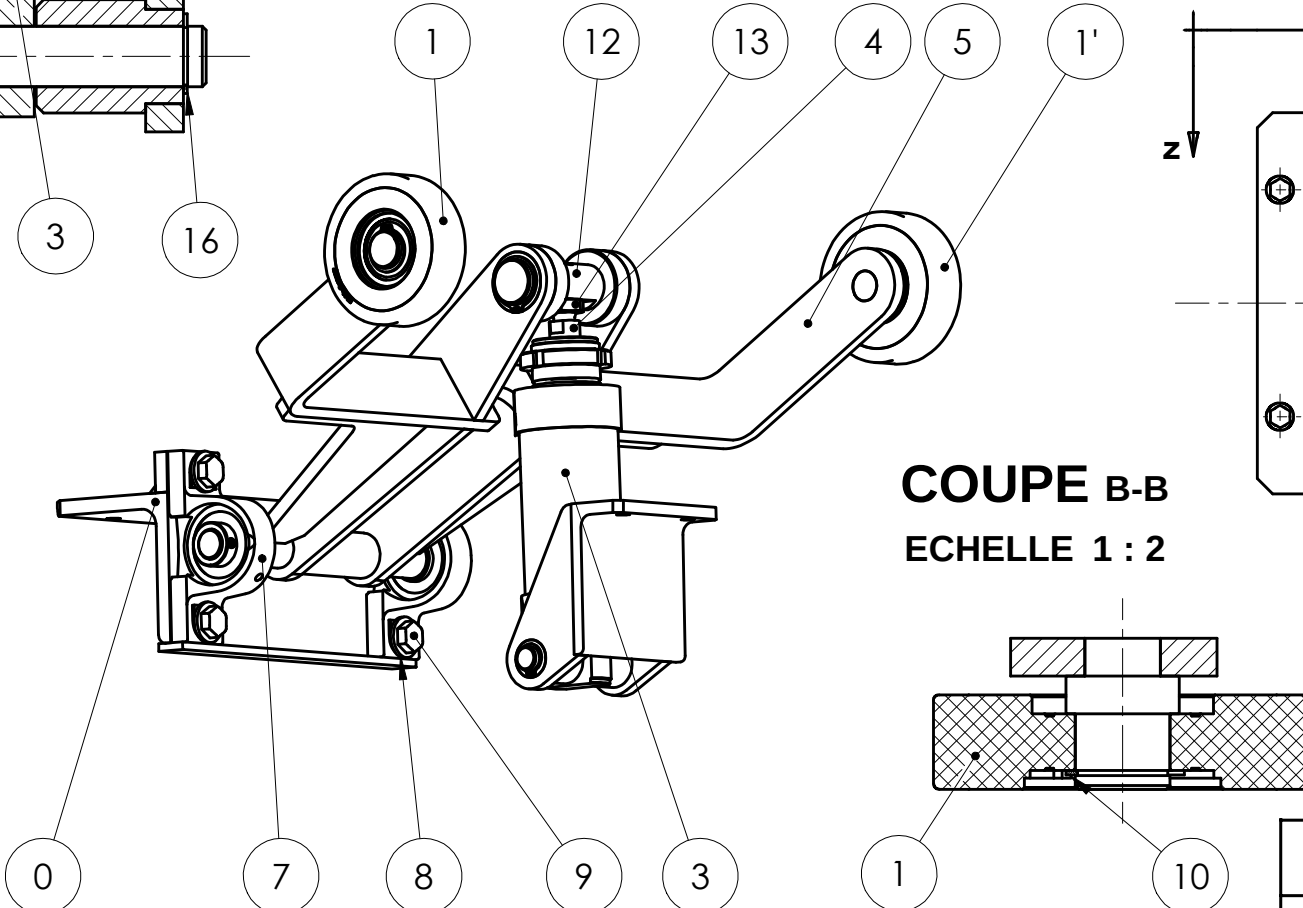
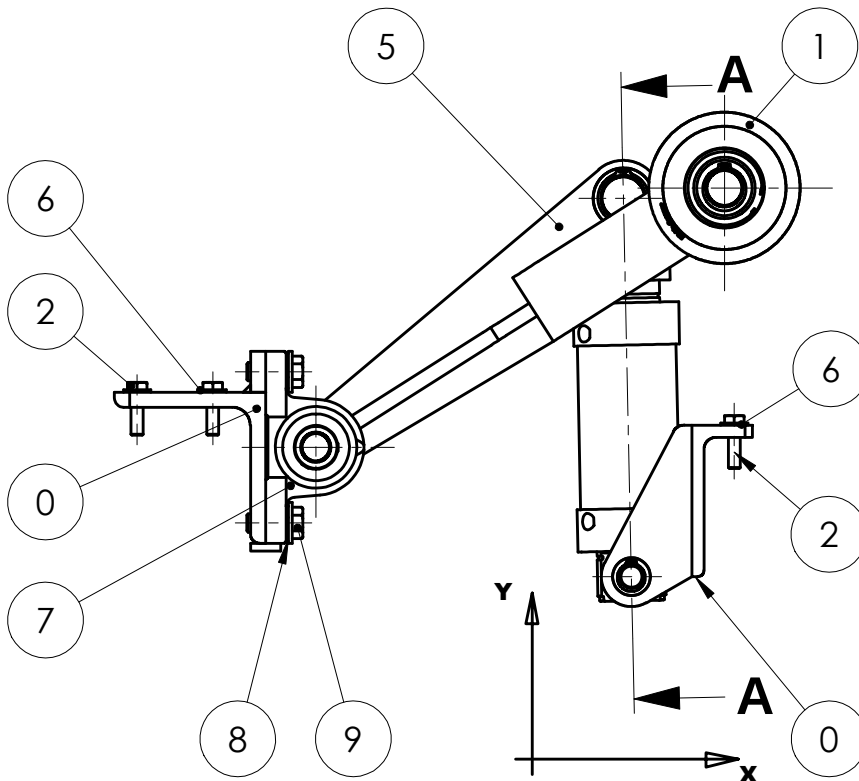
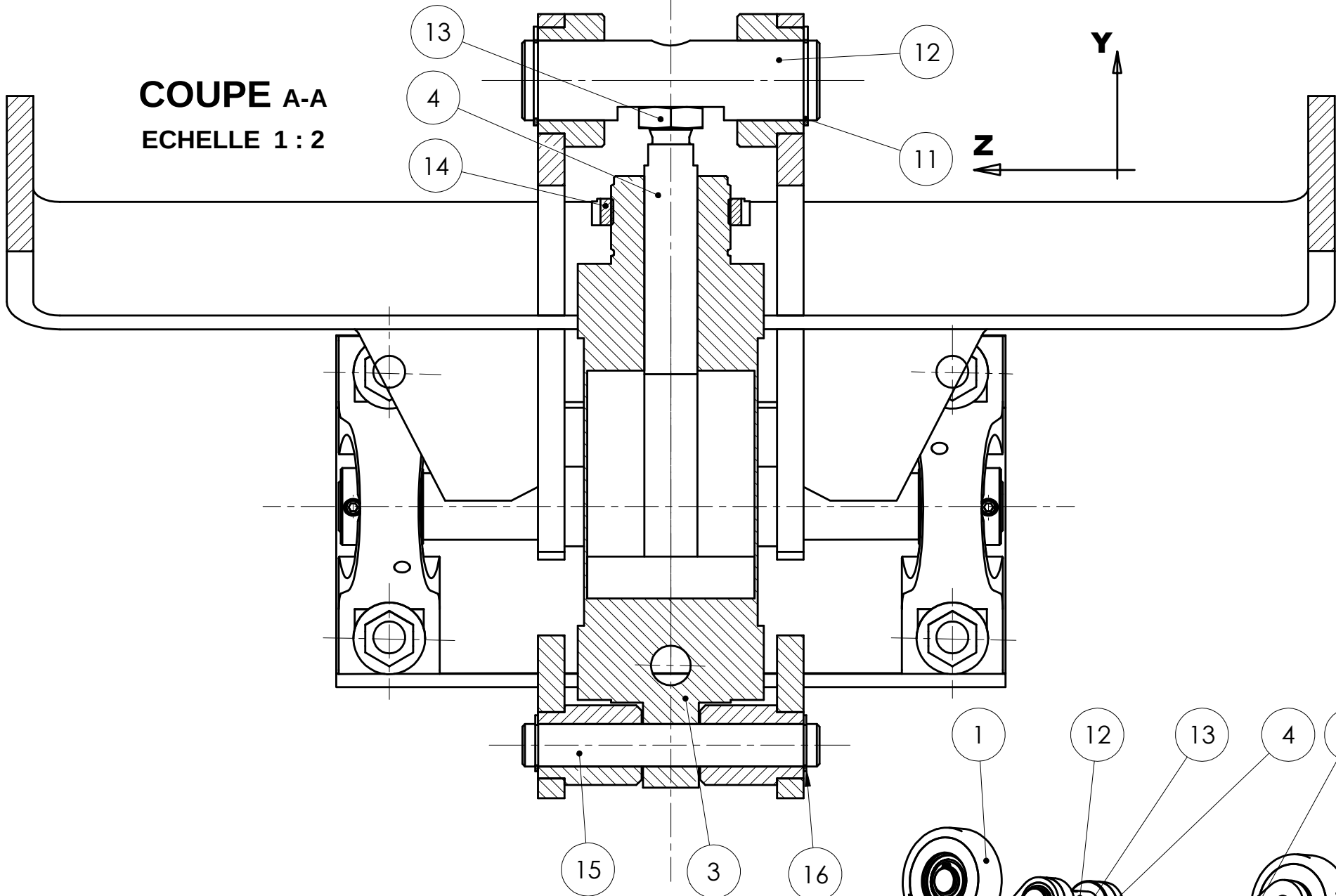
Perçage/Brulage du fût

L'opération du perçage/Brulage du fût est effectuée.

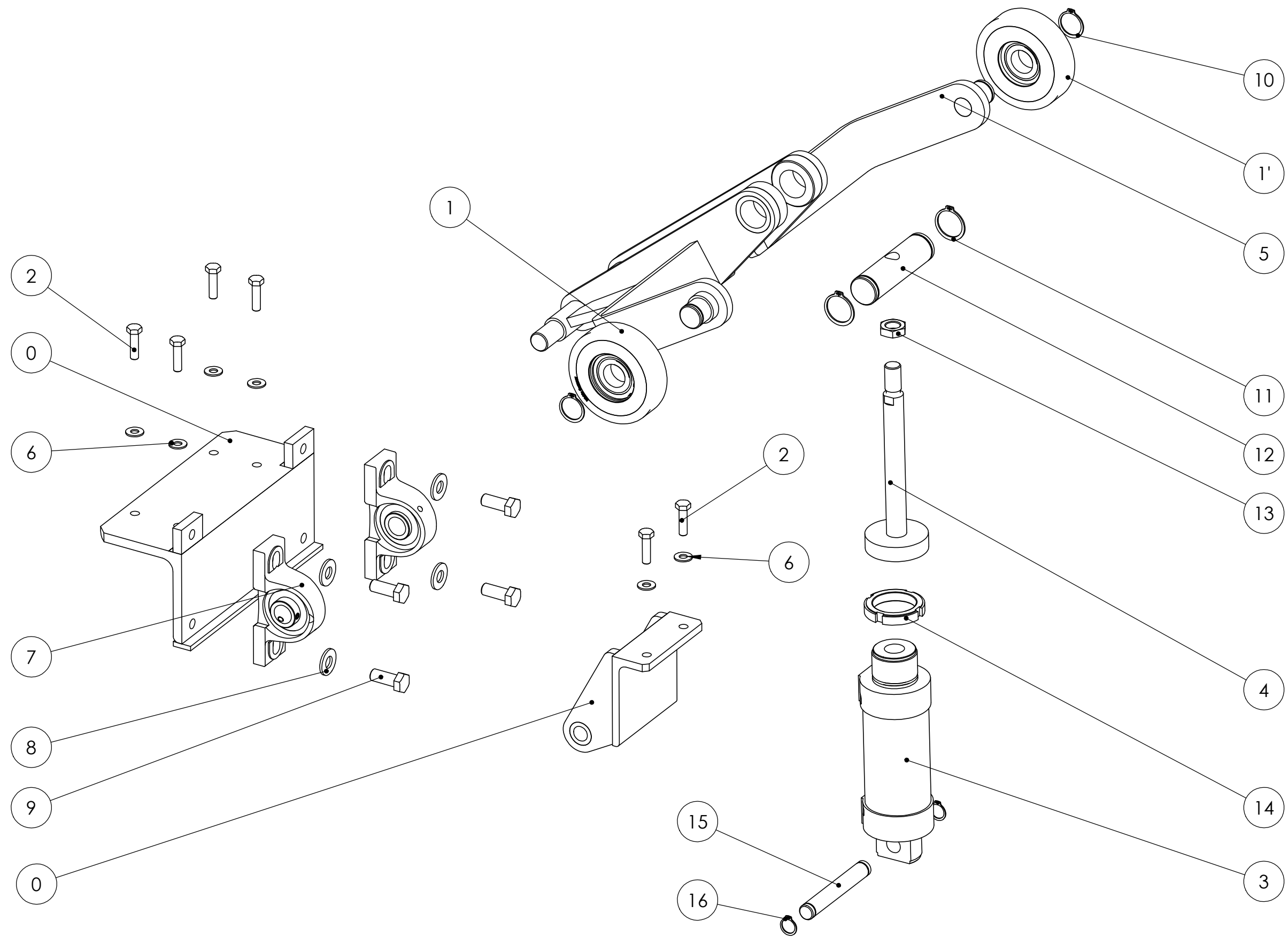
Etape n°6 :

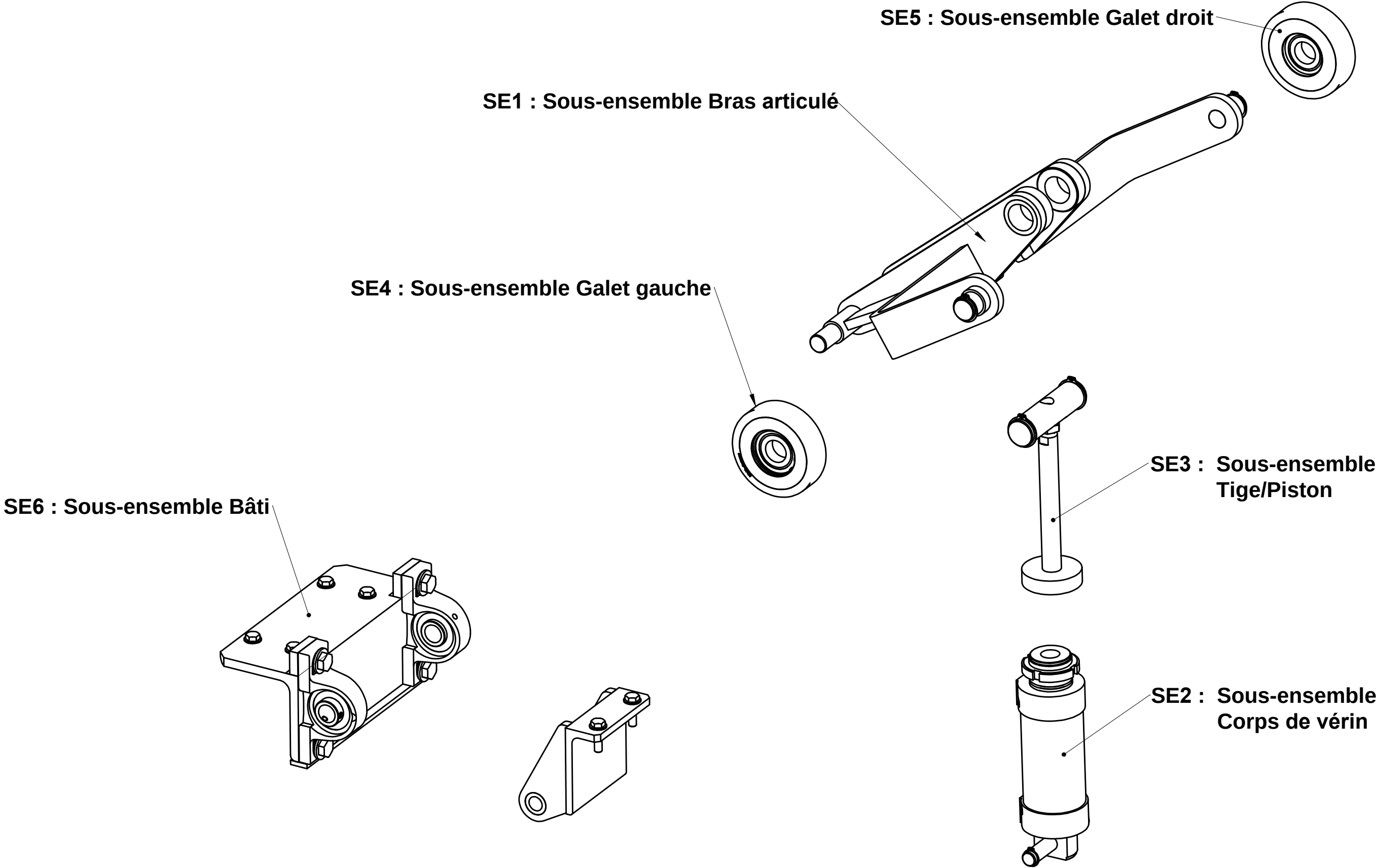
Evacuation du fût

Les 2 flasques s'écartent, le fût tombe et est évacué par gravité vers le poste suivant.

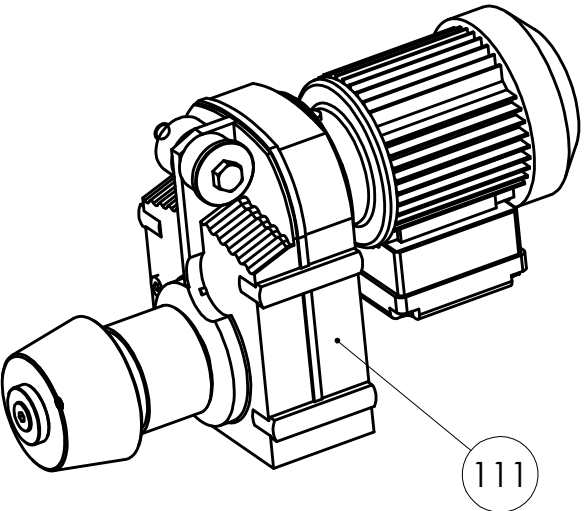
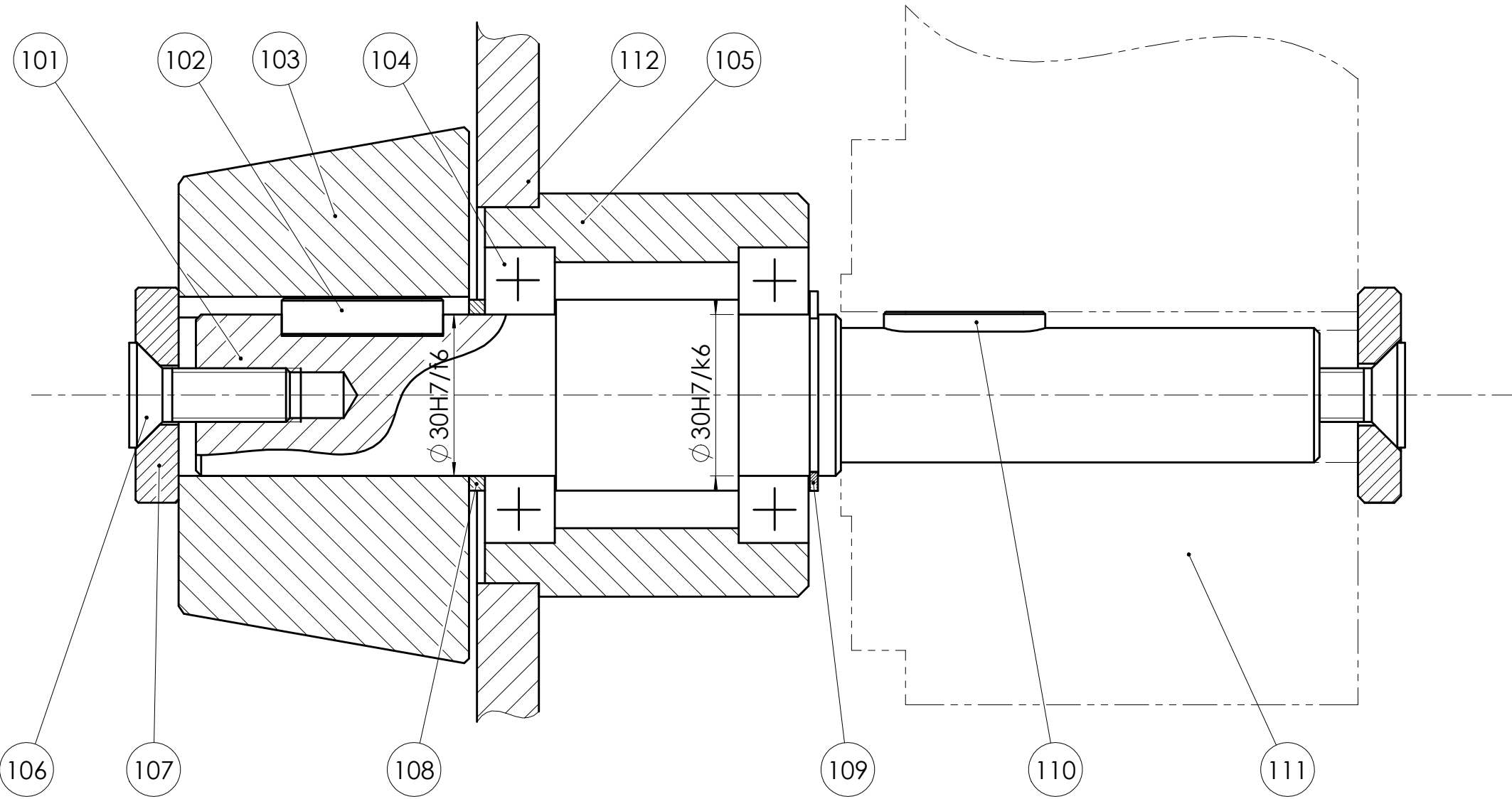


PERCAGE BRULAGE DE FUT		Echelle 1:5
Plan d'ensemble du Bras Articulé	A3	DT3

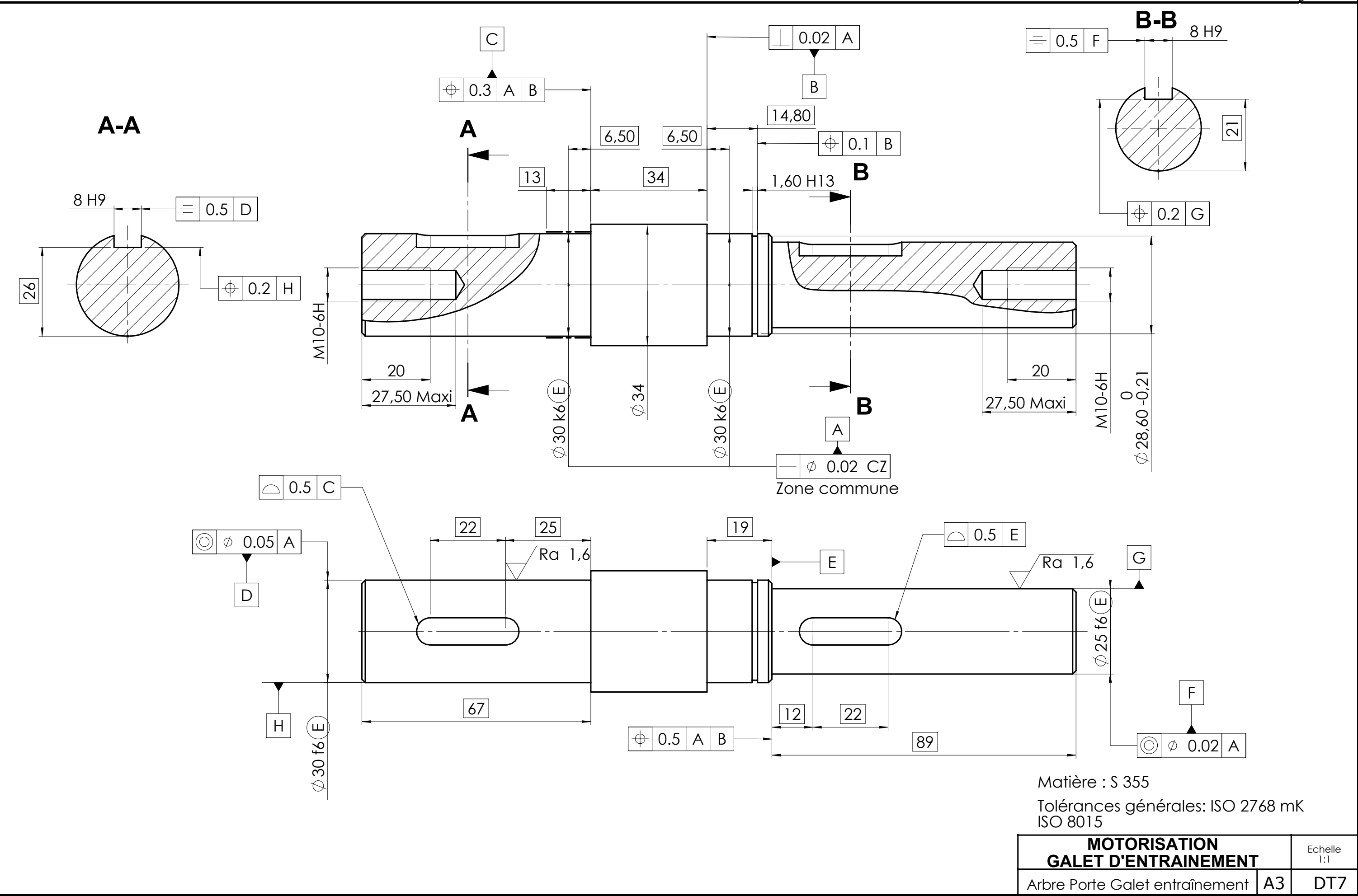


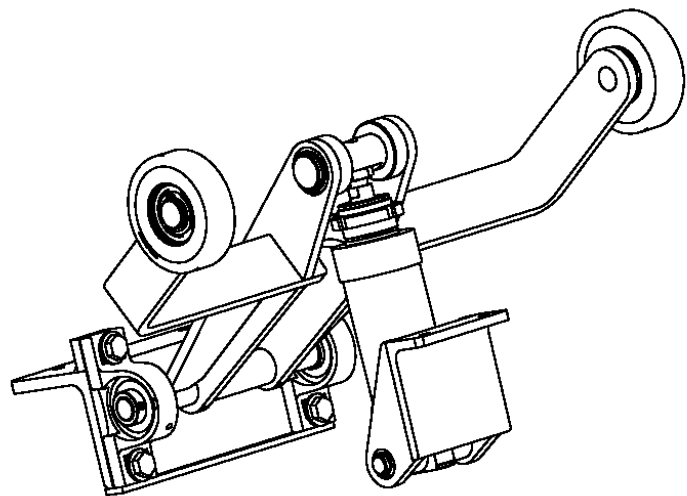


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1



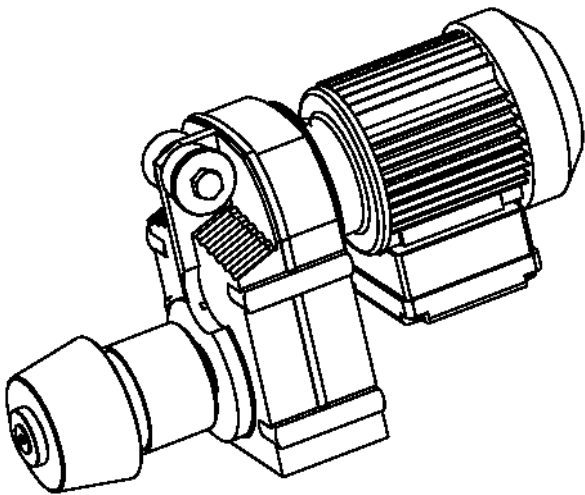
PERCAGE BRULAGE DE FUT		Echelle 1:1
Motorisation galet entraînement	A3	DT6





16	2	Anneau élastique pour arbre, Ø16 x 1		NF E 22-163
15	1	Axe d'articulation du corps de vérin	S 355	
14	1	Ecrou de réglage HI_3773 M45 x 1,5 - 1		FESTO
13	1	Ecrou hexagonal M16 - 08		ISO 4032
12	1	Axe d'articulation de la tige de vérin	S 355	
11	2	Anneau élastique pour arbre, Ø30 x 1,5		NF E 22-163
10	2	Anneau élastique pour arbre, Ø25 x 1,2		NF E 22-163
9	4	Vis à tête hexagonale M12 x 30 - 8.8		ISO 4017
8	4	Rondelle plate Type S -Ø12		ISO 10673
7	2	Palier UCP 204		SKF
6	6	Rondelle plate Type S -Ø8		10673
5	1	Bras articulé	S 355	Mécano soudé
4	1	Tige du vérin HI_193995 DSNU-63-70-PPV		FESTO
3	1	Corps du vérin HI_193995 DSNU-63-70-PPV		FESTO
2	6	Vis à tête hexagonale M8 x 30 -8.8		ISO 4017
1'	1	Galet droit FSTH Ø100 x 25 x 15K		BLICKLE
1	1	Galet gauche FSTH Ø100 x 25 x 15K		BLICKLE
0	1	Bâti	S 355	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBS.

Nomenclature du bras articulé relative au "Document Technique DT3"



112	2	Flasque Porte Galet		
111	1	Motoréducteur FA27G/DR63M4 0,18Kw - 200/380V TRI 50Hz		SEW USOCOME
110	1	Clavette parallèle, forme A, 8 x 7 x 30		NF E 22-177
109	1	Anneau élastique pour arbre, Ø30 x 1,5		NF E 22-163
108	1	Entretoise	S 355	
107	2	Rondelle	S 355	
106	2	Vis à tête fraisée à six pans creux M10 x 30 - 8.8		ISO 10642
105	1	Bague du flasque	S 355	
104	2	Roulement à contact radial 6006 2RS1 (30 x 55 x 13)		SKF
103	1	Galet d'entraînement	S 355	
102	1	Clavette parallèle, forme A, 8 x 7 x 30		NF E 22-177
101	1	Arbre porte galet d'entraînement	S 355	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBS.

Nomenclature de la motorisation du galet d'entraînement relative au "Document Technique DT6"

PERCAGE BRULAGE DE FUT		
Nomenclatures		DT8

Sujet de l'Examen National du Brevet de Technicien Supérieur											–Session Mai 2018 –											Page	
Filière: Conception du Produit Industriel											Épreuve de : Modélisation et comportement des systèmes industriels; Analyse et spécifications du produit industriel.											38 40	
	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250		Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250		
d10	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170	D10	+60	+78	+98	+120	+149	+180	+220	+260	+305	+355		
	-60	-78	-98	-120	-149	-180	-220	-250	-305	-355		+20	+30	+40	+50	+65	+80	+100	+120	+145	+170		
d11	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170	F7	+16	+22	+28	+34	+41	+50	+60	+71	+83	+96		
	-80	-105	-130	-160	-195	-240	-290	-340	-395	-460		+6	+10	+13	+16	+20	+25	+30	+36	+43	+50		
e7	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	G6	+8	+12	+14	+17	+20	+25	+29	+34	+39	+44		
	-24	-32	-40	-50	-61	-75	-90	-107	-125	-146		+2	+4	+5	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+15		
e8	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	H6	+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29		
	-28	-38	-47	-59	-73	-89	-106	-126	-148	-172		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
e9	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	H7	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46		
	-39	-50	-61	-75	-92	-112	-134	-159	-185	-215		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f6	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H8	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72		
	-12	-18	-22	-27	-33	-41	-49	-58	-68	-79		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f7	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H9	+25	+30	+36	+43	+52	+62	+74	+87	+100	+115		
	-16	-22	-28	-34	-41	-50	-60	-71	-83	-96		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f8	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H10	+40	+48	+58	+70	+84	+100	+120	+140	+160	+185		
	-20	-28	-35	-43	-53	-64	-76	-90	-106	-122		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
g5	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	H11	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+210	+250	+290		
	-6	-9	-11	-14	-16	-20	-23	-27	-32	-35		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
g6	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	H12	+100	+120	+150	+180	+210	+250	+300	+350	+400	+460		
	-8	-12	-14	-17	-20	-25	-29	-34	-39	-44		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
h5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	H13	+140	180	+220	+270	+330	+390	+460	+540	+630	+720		
	-4	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
h6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	J7	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+18	+22	+26	+30		
	-6	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22	-25	-29		-6	-6	-7	-8	-9	-11	-12	-13	-14	-16		
h7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K6	0	+2	+2	+2	+2	+3	+4	+4	+4	+5		
	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46		-6	-6	-7	-9	-11	-13	-15	-18	-21	-24		
h8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K7	0	+3	+5	+6	+6	+7	+9	+10	+12	+13		
	-14	-18	-22	-27	-33	-39	-46	-54	-63	-72		-10	-9	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-28	-33		
h9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M7	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-25	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115		-12	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46		
h10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N7	-4	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-14		
	-40	-48	-58	-70	-84	-100	-120	-140	-160	-185		-14	-16	-19	-23	-28	-33	-39	-45	-52	-60		
h11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N9	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-60	-75	-90	-110	-130	-160	-190	-220	-250	-290		-29	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115		
j6	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16	P6	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-41		
	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13		-12	-17	-21	-26	-31	-37	-45	-52	-61	-70		
k5	+4	+6	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	P7	-6	-8	-9	-11	-14	-17	-21	-24	-28	-33		
	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4		-16	-20	-24	-29	-35	-42	-51	-59	-68	-79		
k6	+6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33	P9	-9	-12	-15	-18	-22	-26	-32	-37	-43	-50		
	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4		-31	-42	-51	-61	-74	-88	-106	-124	-143	-165		
m5	+6	+9	+12	+15	+17	+20	+24	+28	+33	+37	RAPPEL : 1 µm = 0,001 mm												
	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17													
m6	+8	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	Principaux écarts en micromètres												
	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17													
n6	+10	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+52	+60													
	+43	+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27	+31													
p6	+12	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79													
	+6	+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43	+50													
																						DT9	

Propriétés de masse de Fût

Propriétés de masse de Fût ST Martin

Configuration: 820L Château

Système de coordonnées: -- par défaut --

Densité = 3400.00 kilogrammes par mètre cube

Masse = 170.00 kilogrammes

Volume = 0.05 mètres cubes

Superficie = 4.78 mètres carrés

Centre de gravité: (mètres)

X = 0.00

Y = 0.00

Z = 0.00

Principaux axes et moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au centre de gravité.

$I_x = (0.00, 1.00, 0.00)$ $P_x = 18.33$

$I_y = (0.00, 0.00, 1.00)$ $P_y = 28.68$

$I_z = (1.00, 0.00, 0.00)$ $P_z = 28.70$

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

$L_{xx} = 28.70$ $L_{xy} = 0.00$ $L_{xz} = 0.00$

$L_{yx} = 0.00$ $L_{yy} = 18.33$ $L_{yz} = 0.00$

$L_{zx} = 0.00$ $L_{zy} = 0.00$ $L_{zz} = 28.68$

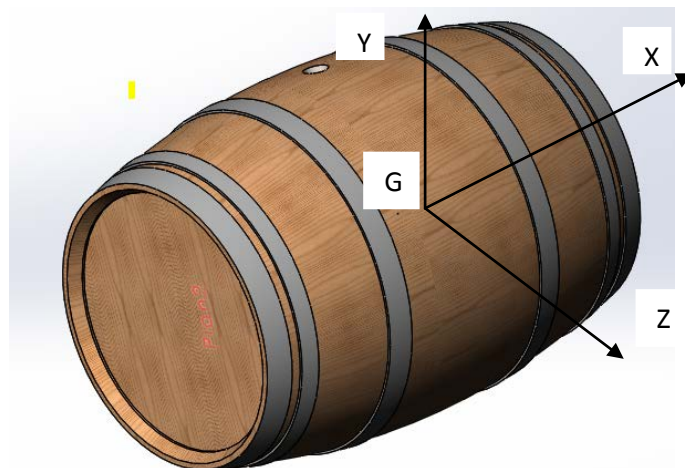
Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au système de coordonnées de sortie.

$I_{xx} = 28.70$ $I_{xy} = 0.00$ $I_{xz} = 0.00$

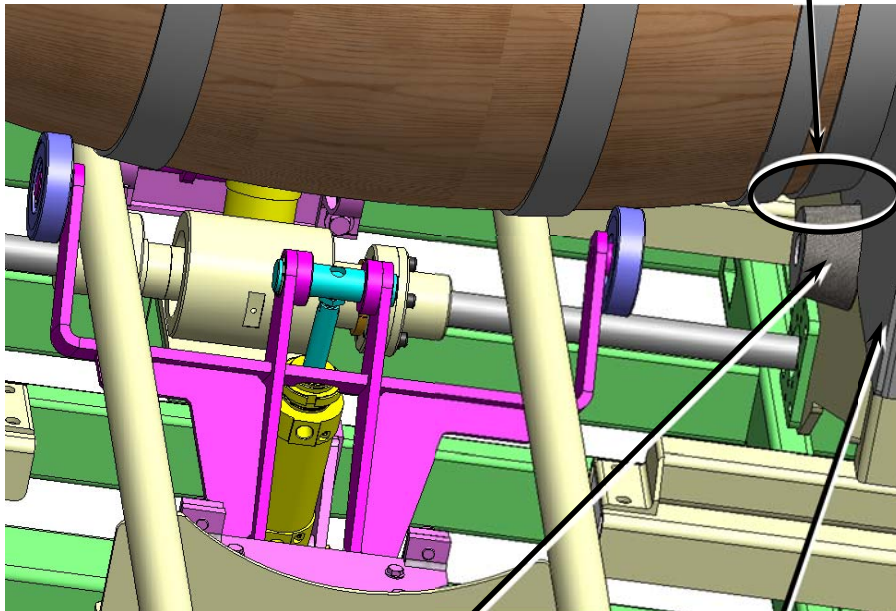
$I_{yx} = 0.00$ $I_{yy} = 18.33$ $I_{yz} = 0.00$

$I_{zx} = 0.00$ $I_{zy} = 0.00$ $I_{zz} = 28.68$



Détail du cycle de perçage / brulage (2/2)

Pas de contact entre le fût et le Galet d'entraînement



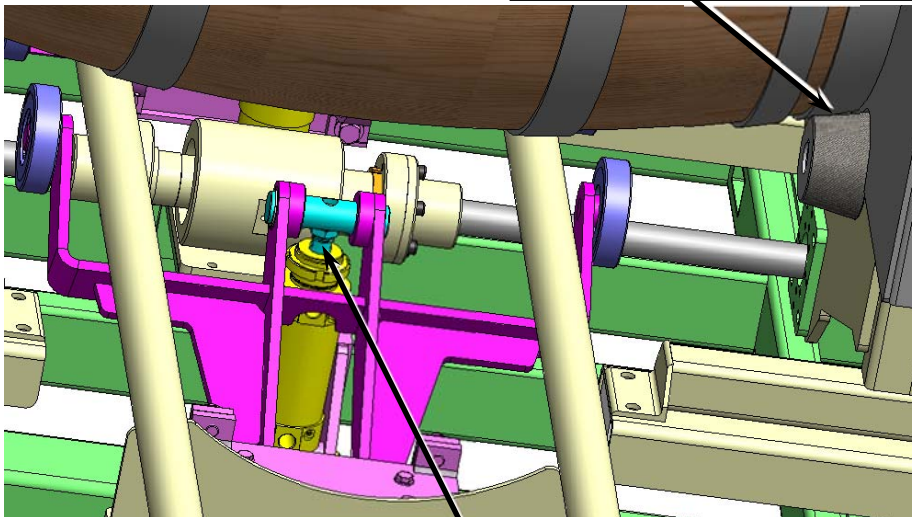
Galet entraînement motorisé

Flasque

Etape n°3 :**Approche des 2 flasques**

Les 2 flasques porte galet d'entraînement se rapprochent.

Contact entre le fût et les galets d'entraînement en rotation



Tige de vérin rentrée

Etape n°4 :**Descente du fût sur les galets d'entraînement**

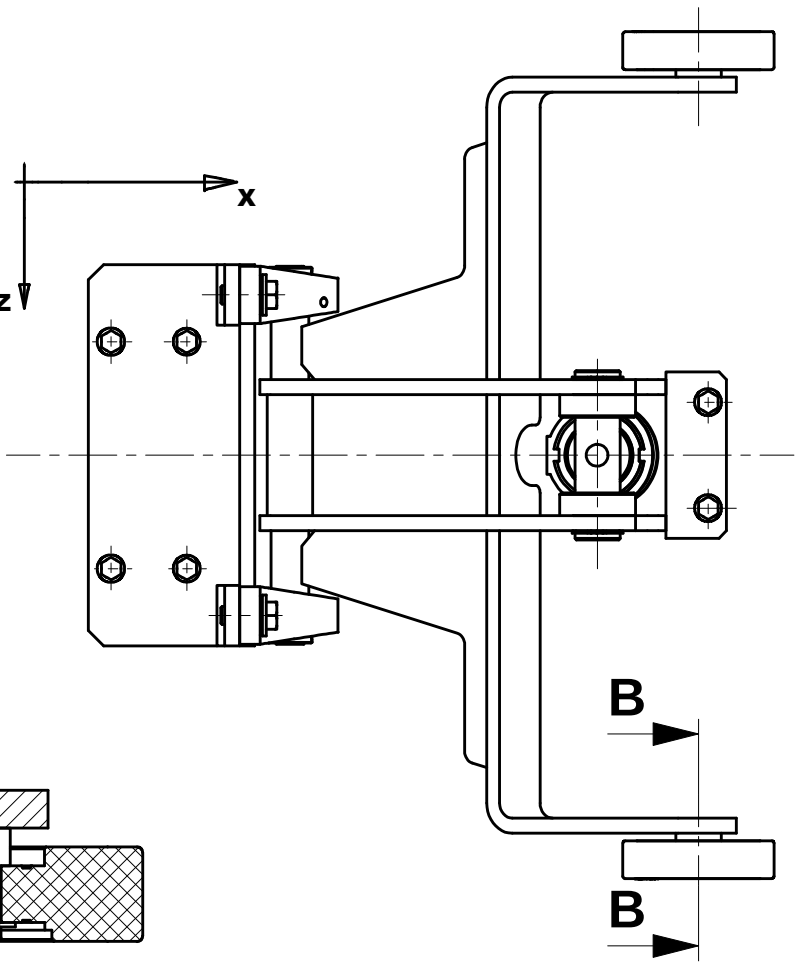
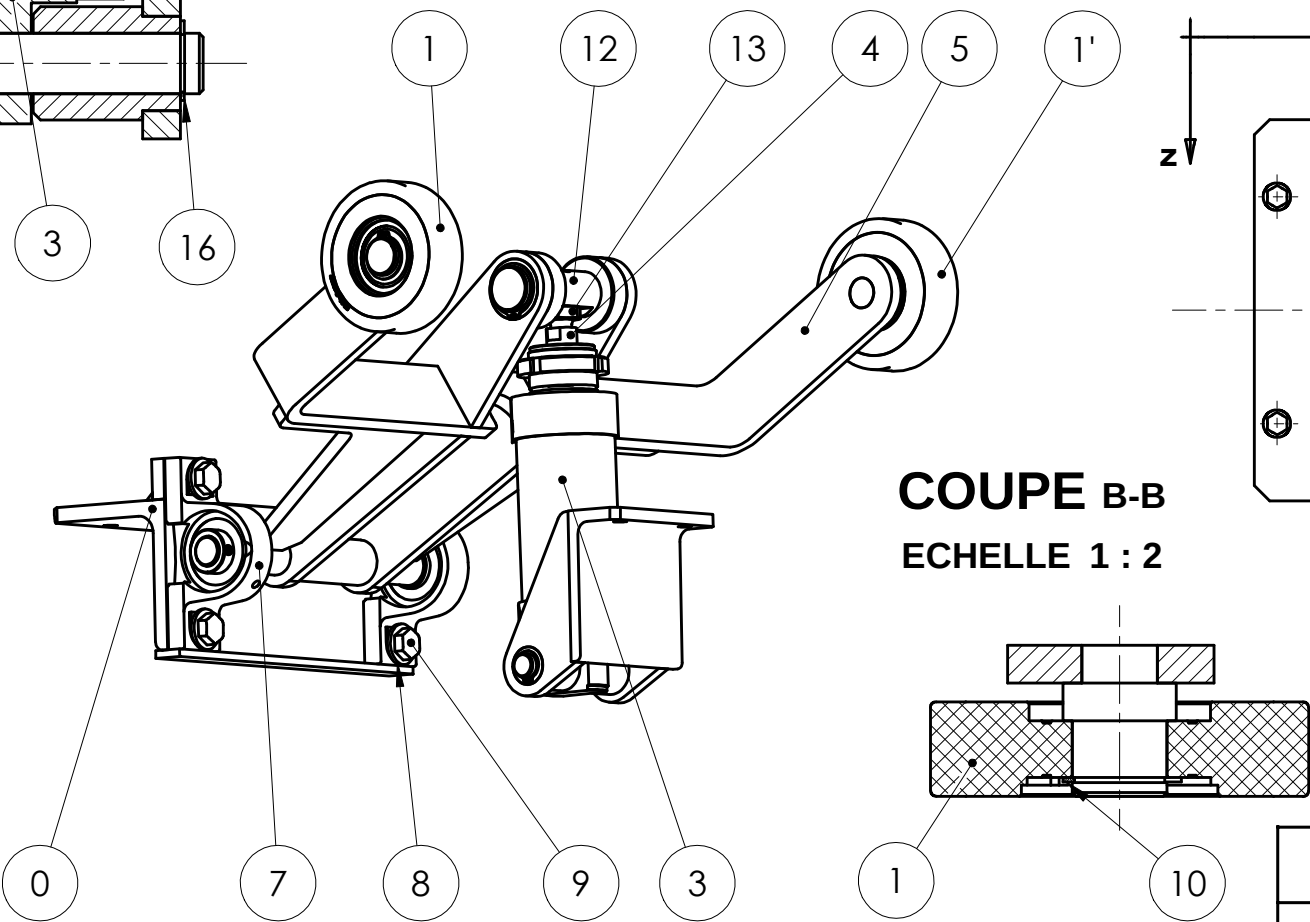
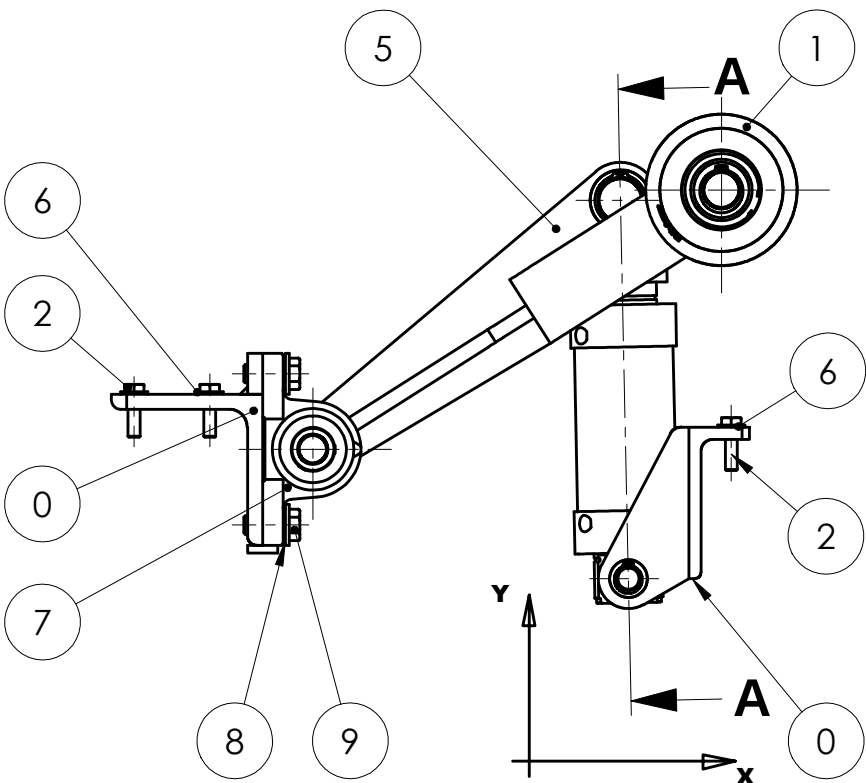
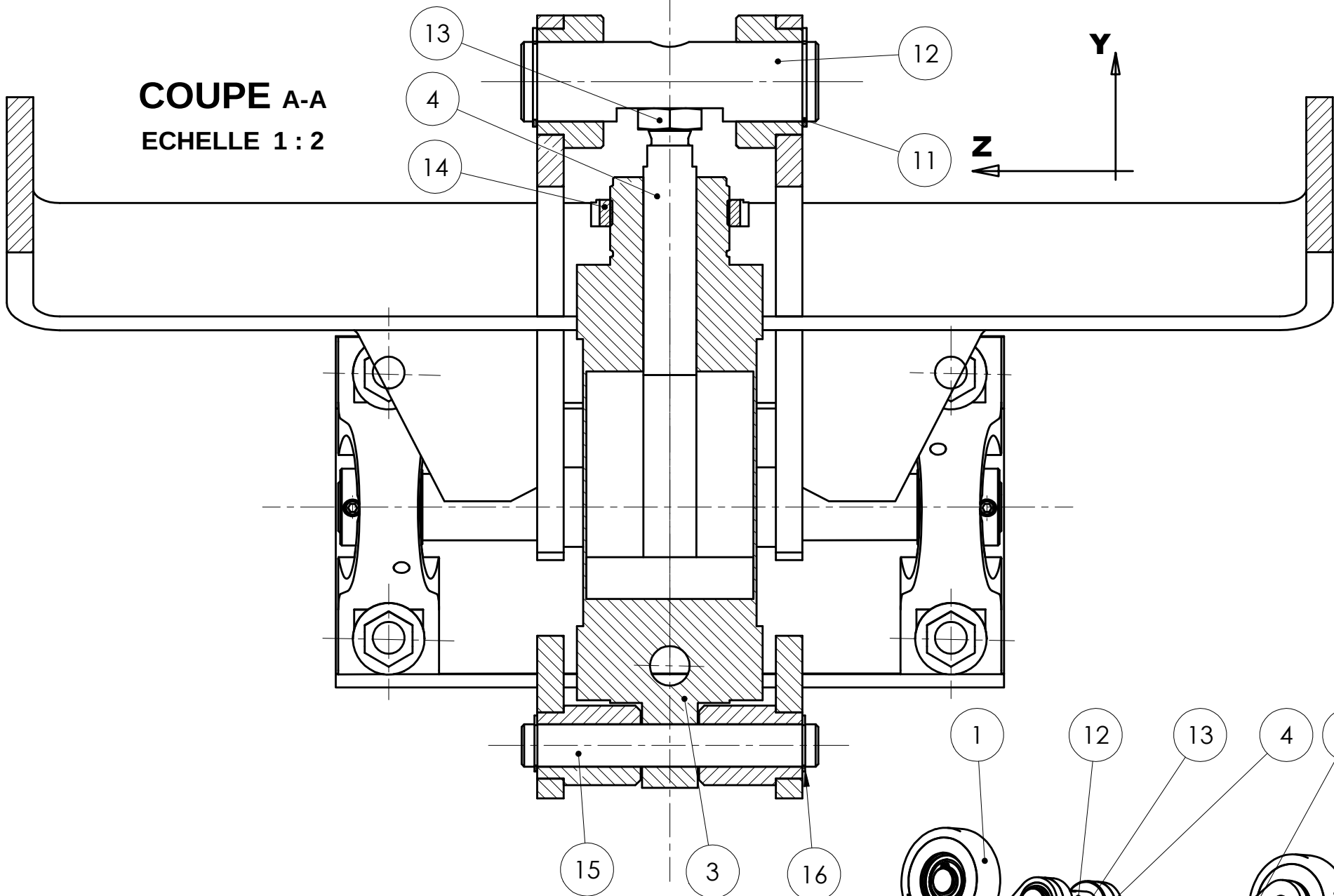
Les 2 tiges de vérin rentrent, les bras articulés se positionnent en position basse. Le fût se met en place sur les 4 galets d'entraînements en rotation. Il est positionné pour l'opération de Perçage/Brulage.

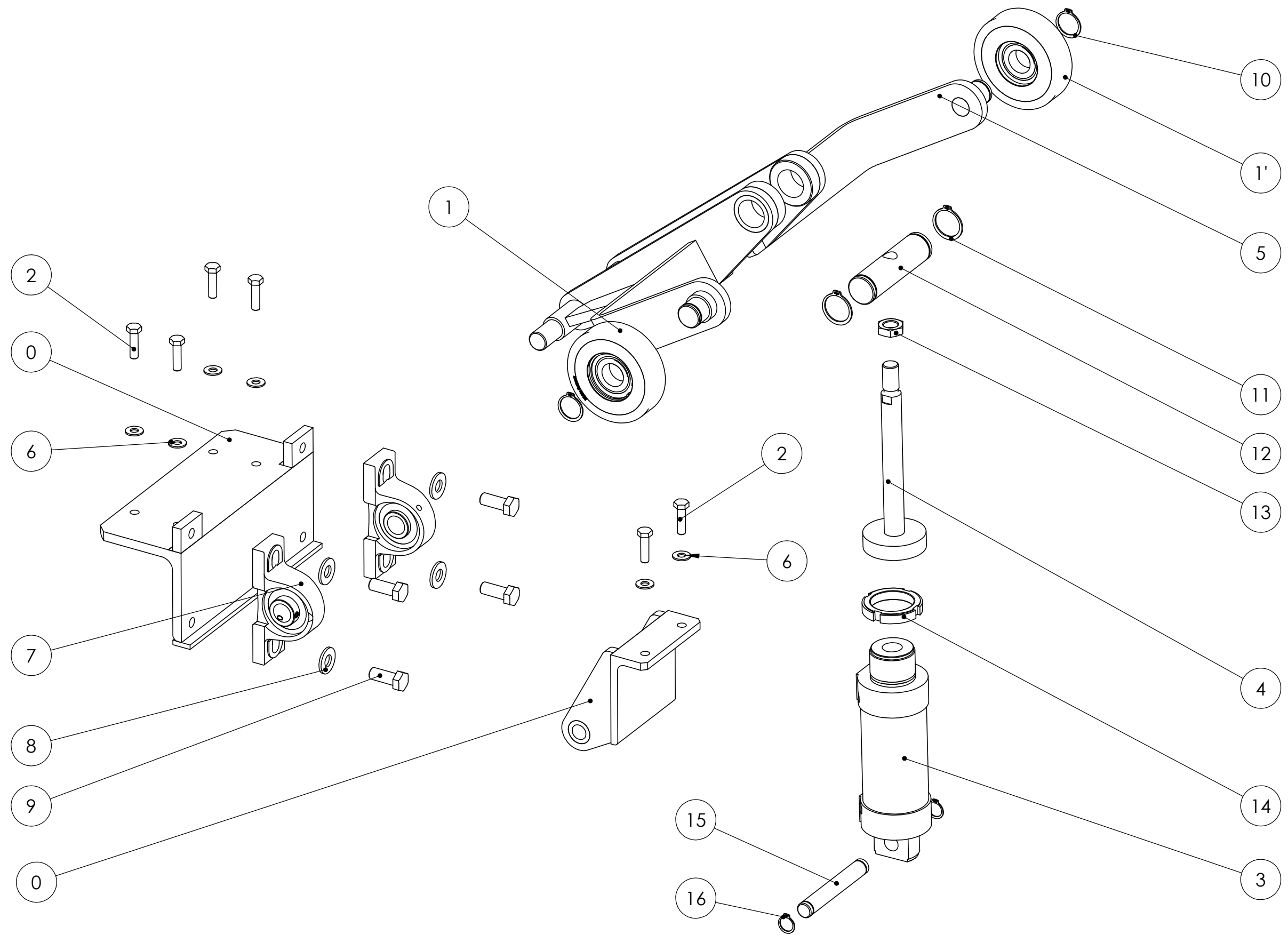
Etape n°5 :**Perçage/Brulage du fût**

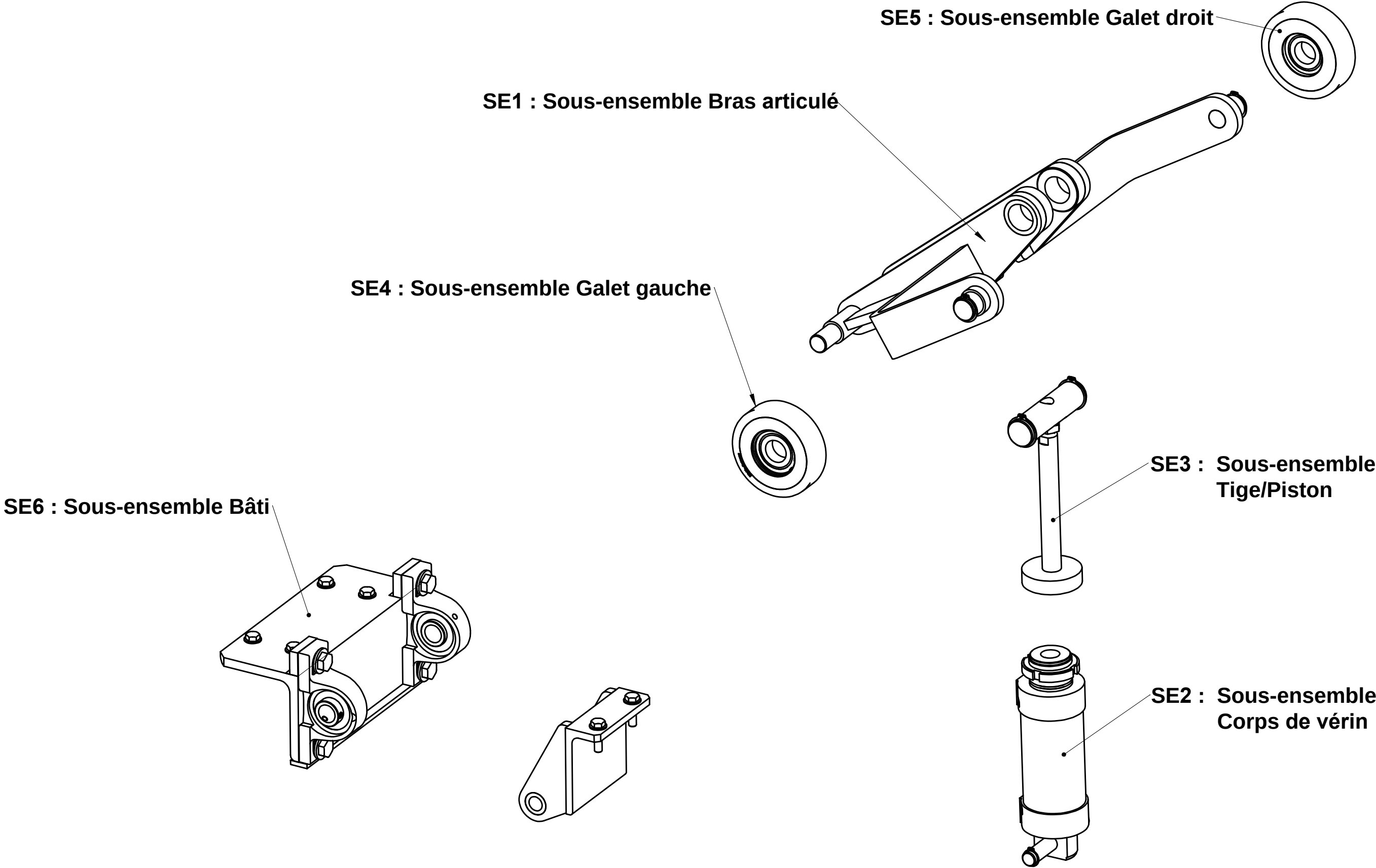
L'opération du perçage/Brulage du fût est effectuée.

Etape n°6 :**Evacuation du fût**

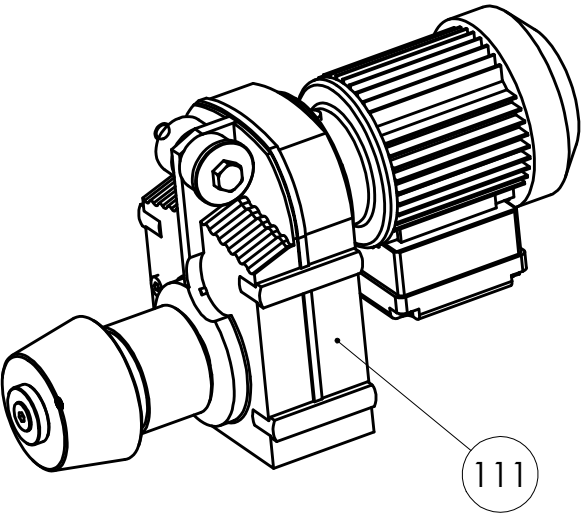
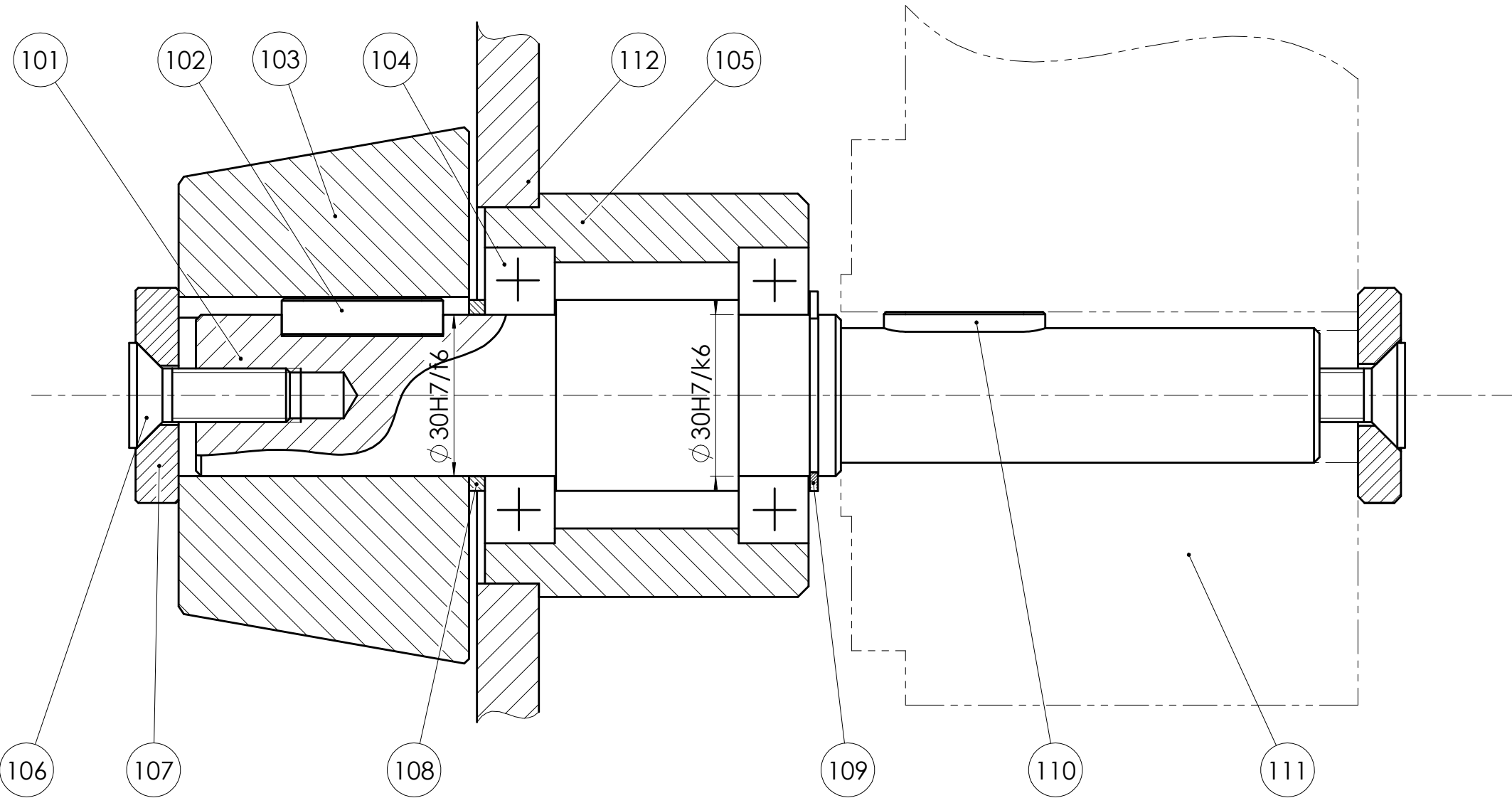
Les 2 flasques s'écartent, le fût tombe et est évacué par gravité vers le poste suivant.



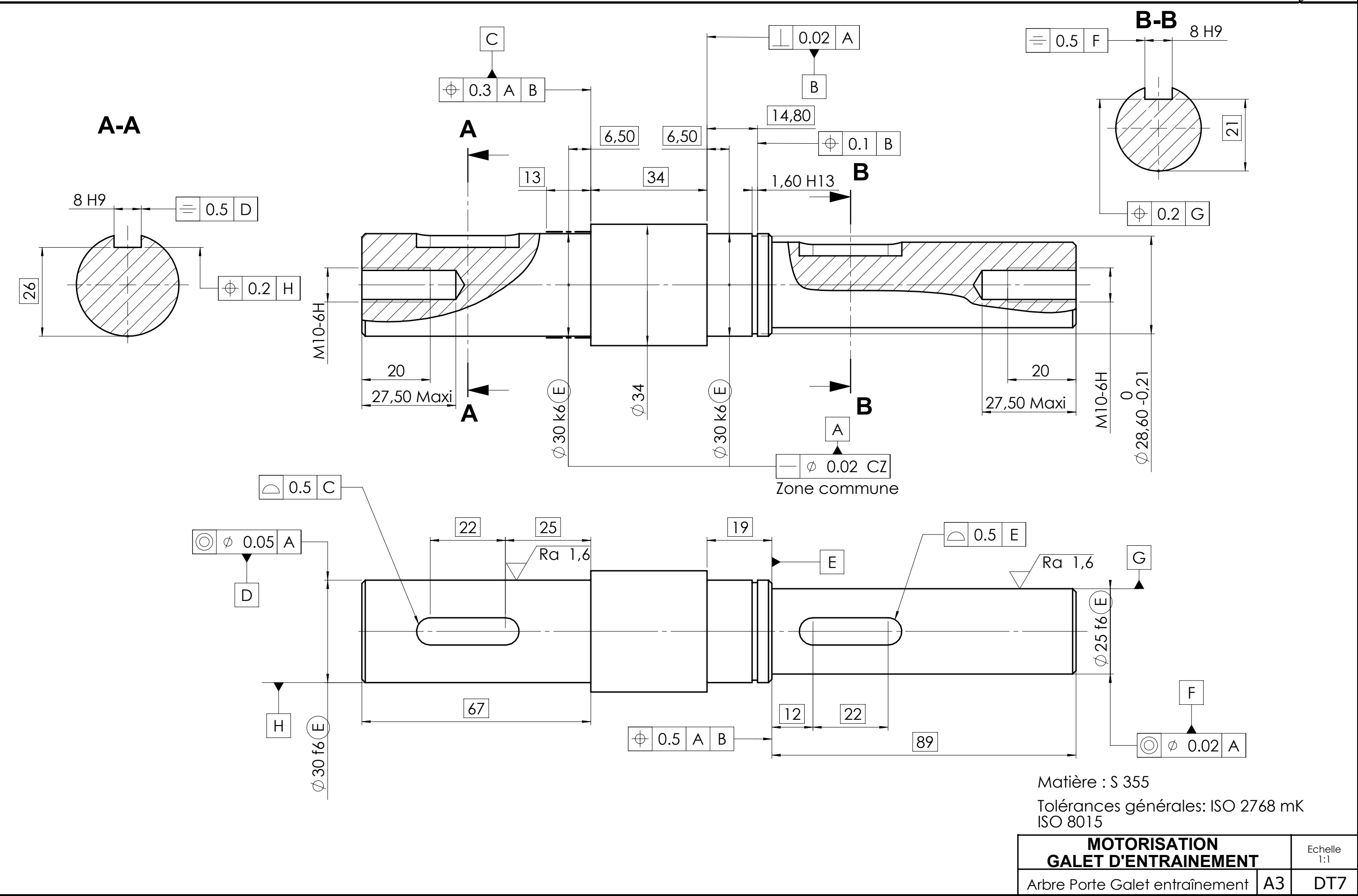


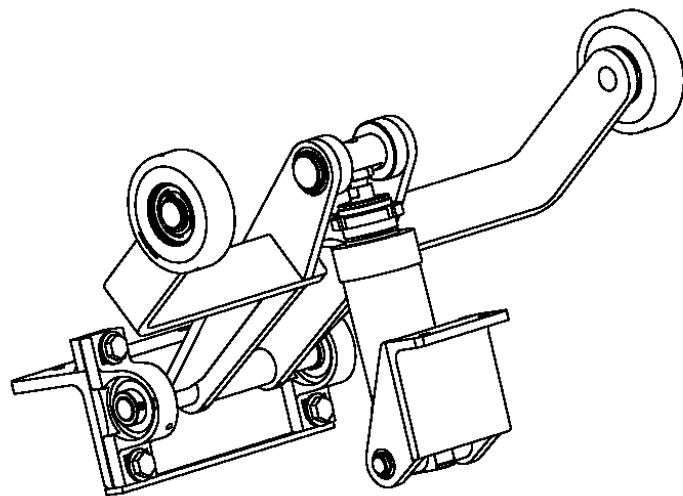


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1



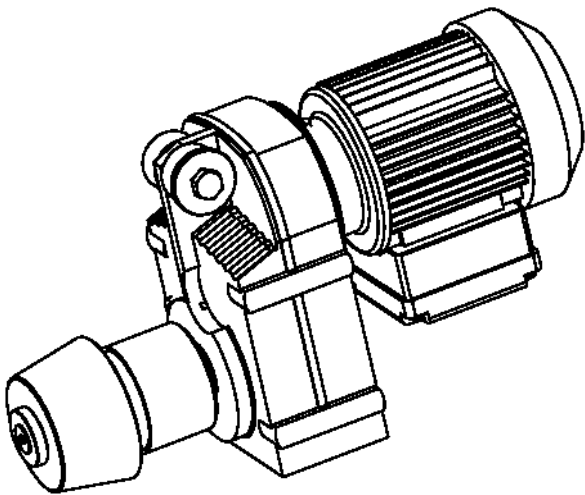
PERCAGE BRULAGE DE FUT		Echelle 1:1
Motorisation galet entraînement	A3	DT6





16	2	Anneau élastique pour arbre, Ø16 x 1		NF E 22-163
15	1	Axe d'articulation du corps de vérin	S 355	
14	1	Ecrou de réglage HI_3773 M45 x 1,5 - 1		FESTO
13	1	Ecrou hexagonal M16 - 08		ISO 4032
12	1	Axe d'articulation de la tige de vérin	S 355	
11	2	Anneau élastique pour arbre, Ø30 x 1,5		NF E 22-163
10	2	Anneau élastique pour arbre, Ø25 x 1,2		NF E 22-163
9	4	Vis à tête hexagonale M12 x 30 - 8.8		ISO 4017
8	4	Rondelle plate Type S -Ø12		ISO 10673
7	2	Palier UCP 204		SKF
6	6	Rondelle plate Type S -Ø8		10673
5	1	Bras articulé	S 355	Mécano soudé
4	1	Tige du vérin HI_193995 DSNU-63-70-PPV		FESTO
3	1	Corps du vérin HI_193995 DSNU-63-70-PPV		FESTO
2	6	Vis à tête hexagonale M8 x 30 -8.8		ISO 4017
1'	1	Galet droit FSTH Ø100 x 25 x 15K		BLICKLE
1	1	Galet gauche FSTH Ø100 x 25 x 15K		BLICKLE
0	1	Bâti	S 355	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBS.

Nomenclature du bras articulé relative au "Document Technique DT3"



112	2	Flasque Porte Galet		
111	1	Motoréducteur FA27G/DR63M4 0,18Kw - 200/380V TRI 50Hz		SEW USOCOME
110	1	Clavette parallèle, forme A, 8 x 7 x 30		NF E 22-177
109	1	Anneau élastique pour arbre, Ø30 x 1,5		NF E 22-163
108	1	Entretoise	S 355	
107	2	Rondelle	S 355	
106	2	Vis à tête fraisée à six pans creux M10 x 30 - 8.8		ISO 10642
105	1	Bague du flasque	S 355	
104	2	Roulement à contact radial 6006 2RS1 (30 x 55 x 13)		SKF
103	1	Galet d'entraînement	S 355	
102	1	Clavette parallèle, forme A, 8 x 7 x 30		NF E 22-177
101	1	Arbre porte galet d'entraînement	S 355	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBS.

Nomenclature de la motorisation du galet d'entraînement relative au "Document Technique DT6"

PERCAGE BRULAGE DE FUT

Nomenclatures

DT8

Sujet de l'Examen National du Brevet de Technicien Supérieur											–Session Mai 2018 –											Page	
Filière: Conception du Produit Industriel											Épreuve de : Modélisation et comportement des systèmes industriels; Analyse et spécifications du produit industriel.											38 40	
	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250		Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250		
d10	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170	D10	+60	+78	+98	+120	+149	+180	+220	+260	+305	+355		
	-60	-78	-98	-120	-149	-180	-220	-250	-305	-355		+20	+30	+40	+50	+65	+80	+100	+120	+145	+170		
d11	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170	F7	+16	+22	+28	+34	+41	+50	+60	+71	+83	+96		
	-80	-105	-130	-160	-195	-240	-290	-340	-395	-460		+6	+10	+13	+16	+20	+25	+30	+36	+43	+50		
e7	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	G6	+8	+12	+14	+17	+20	+25	+29	+34	+39	+44		
	-24	-32	-40	-50	-61	-75	-90	-107	-125	-146		+2	+4	+5	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+15		
e8	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	H6	+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29		
	-28	-38	-47	-59	-73	-89	-106	-126	-148	-172		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
e9	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	H7	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46		
	-39	-50	-61	-75	-92	-112	-134	-159	-185	-215		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f6	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H8	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72		
	-12	-18	-22	-27	-33	-41	-49	-58	-68	-79		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f7	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H9	+25	+30	+36	+43	+52	+62	+74	+87	+100	+115		
	-16	-22	-28	-34	-41	-50	-60	-71	-83	-96		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
f8	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	H10	+40	+48	+58	+70	+84	+100	+120	+140	+160	+185		
	-20	-28	-35	-43	-53	-64	-76	-90	-106	-122		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
g5	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	H11	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+210	+250	+290		
	-6	-9	-11	-14	-16	-20	-23	-27	-32	-35		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
g6	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	H12	+100	+120	+150	+180	+210	+250	+300	+350	+400	+460		
	-8	-12	-14	-17	-20	-25	-29	-34	-39	-44		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
h5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	H13	+140	180	+220	+270	+330	+390	+460	+540	+630	+720		
	-4	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
h6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	J7	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+18	+22	+26	+30		
	-6	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22	-25	-29		-6	-6	-7	-8	-9	-11	-12	-13	-14	-16		
h7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K6	0	+2	+2	+2	+2	+3	+4	+4	+4	+5		
	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46		-6	-6	-7	-9	-11	-13	-15	-18	-21	-24		
h8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K7	0	+3	+5	+6	+6	+7	+9	+10	+12	+13		
	-14	-18	-22	-27	-33	-39	-46	-54	-63	-72		-10	-9	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-28	-33		
h9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M7	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-25	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115		-12	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46		
h10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N7	-4	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-14		
	-40	-48	-58	-70	-84	-100	-120	-140	-160	-185		-14	-16	-19	-23	-28	-33	-39	-45	-52	-60		
h11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N9	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-60	-75	-90	-110	-130	-160	-190	-220	-250	-290		-29	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115		
j6	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16	P6	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-41		
	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13		-12	-17	-21	-26	-31	-37	-45	-52	-61	-70		
k5	+4	+6	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	P7	-6	-8	-9	-11	-14	-17	-21	-24	-28	-33		
	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4		-16	-20	-24	-29	-35	-42	-51	-59	-68	-79		
k6	+6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33	P9	-9	-12	-15	-18	-22	-26	-32	-37	-43	-50		
	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4		-31	-42	-51	-61	-74	-88	-106	-124	-143	-165		
m5	+6	+9	+12	+15	+17	+20	+24	+28	+33	+37	RAPPEL : 1 µm = 0,001 mm												
	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17													
m6	+8	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	Principaux écarts en micromètres												
	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17													
n6	+10	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+52	+60													
	+43	+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27	+31													
p6	+12	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79													
	+6	+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43	+50													
																						DT9	

Propriétés de masse de Fût

Propriétés de masse de Fût ST Martin

Configuration: 820L Château

Système de coordonnées: -- par défaut --

Densité = 3400.00 kilogrammes par mètre cube

Masse = 170.00 kilogrammes

Volume = 0.05 mètres cubes

Superficie = 4.78 mètres carrés

Centre de gravité: (mètres)

X = 0.00

Y = 0.00

Z = 0.00

Principaux axes et moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au centre de gravité.

$I_x = (0.00, 1.00, 0.00)$ $P_x = 18.33$

$I_y = (0.00, 0.00, 1.00)$ $P_y = 28.68$

$I_z = (1.00, 0.00, 0.00)$ $P_z = 28.70$

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

$L_{xx} = 28.70$ $L_{xy} = 0.00$ $L_{xz} = 0.00$

$L_{yx} = 0.00$ $L_{yy} = 18.33$ $L_{yz} = 0.00$

$L_{zx} = 0.00$ $L_{zy} = 0.00$ $L_{zz} = 28.68$

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au système de coordonnées de sortie.

$I_{xx} = 28.70$ $I_{xy} = 0.00$ $I_{xz} = 0.00$

$I_{yx} = 0.00$ $I_{yy} = 18.33$ $I_{yz} = 0.00$

$I_{zx} = 0.00$ $I_{zy} = 0.00$ $I_{zz} = 28.68$

