



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE

EFE GMC 1

SESSION 2019

**CAPLP  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

Option : CONSTRUCTION

**ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE**

Durée : 4 heures

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

***Il est demandé au candidat d'utiliser des feuilles de copie distinctes pour chacune des parties traitées et d'insérer les documents réponses, complétés ou non, dans les copies relatives à la partie considérée. Le candidat pourra apporter tous les compléments qu'il souhaite sur ces mêmes copies. L'ensemble sera alors placé dans une copie servant de « chemise » pour toute la composition.***

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

Tournez la page S.V.P.

A

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	4100J	101	7397

► Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	4100J	101	7397

Le sujet comporte 24 pages

- le dossier sujet commençant par la mise en situation et comportant 41 questions (pages 2 à 15) ;
- le dossier réponse comportant 4 documents réponse : DR1 à DR4 (pages 16 à 19) ;
- le dossier technique comportant 5 documents techniques : DT1 à DT5 (pages 20 à 24) ;

## RECOMMANDATIONS

L'étude est composée de 5 parties indépendantes.

Il est proposé au candidat de répartir son temps de travail sur les différentes parties de l'étude de la façon suivante :

Partie I	PRÉSENTATION	15 minutes
Partie II	ÉTUDE DE LA ZONE DE TRAVAIL	15 minutes
Partie III	ÉTUDE DE LA STABILITÉ DU TRACTEUR	30 minutes
Partie IV	DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS ET DE LA STRUCTURE	1,5 heure
Partie V	ÉTUDE DE LA FABRICATION	1,5 heure

# TAILLE-HAIE COSMOS

---

## I. PRESENTATION

### I.1. Société COUP'ECO

La société Coup'éco, née en 1995 en Charente-Maritime, est spécialisée dans les outils de coupe écologique. L'objectif de cette société est de développer des produits permettant de couper franchement, sans déchiquetage ni broyage, les branches des arbres ainsi que les haies, ceci afin de limiter le développement des maladies et favoriser une saine reprise de végétation. Coup'éco propose des produits pour les espaces verts, l'élagage, l'arboriculture ainsi que des ensembles d'outils coupants appelés lamiers à adapter sur des machines agricoles ou de travaux publics (Figure 1).



Figure 1 : GALAX, COSMOS et METEOR

### I.2. Taille-haie COSMOS

La société conçoit des taille-haies de grandes dimensions pour tailler les haies fruitières. Ce type de taille-haie est représenté Figure 2.



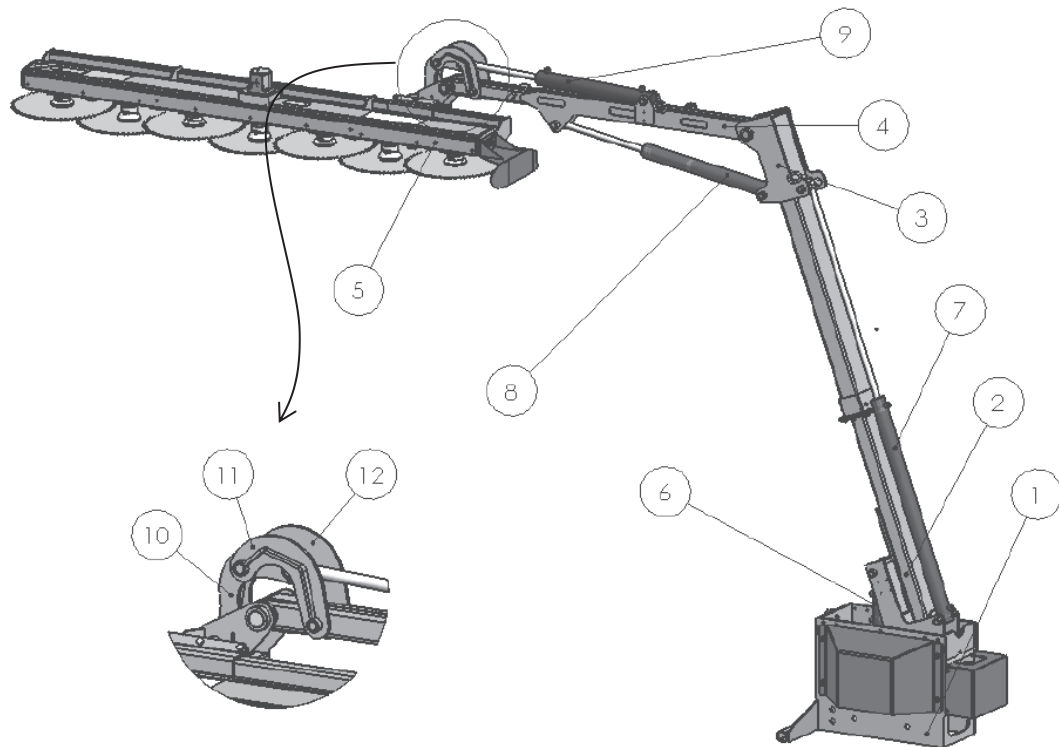
Figure 2 : COSMOS 105T - modèle initial à 5 lames

Le taille-haie COSMOS est conçu pour effectuer la taille mécanique des branches, comme les bordures de champs, arbres fruitiers, haies bocagères. Il possède deux bras dont un télescopique, qui permettent de positionner le lamier (barre équipée de

scies entourée sur la Figure 2) dans la position voulue pour la taille des arbres. Le lamier coupera tous types d'essences de bois, vert ou sec.

Afin de développer sa gamme de taille-haie, la société a décidé de concevoir et de réaliser un taille-haie pour des haies à fortes largeurs nécessitant l'utilisation de sept lames de coupe. Par la suite ce modèle sera dénommé COSMOS-7, tandis que le modèle initial composé de 5 lames de coupe sera dénommé COSMOS-5.

L'étude proposée permettra de concevoir et de dimensionner certaines parties de ce nouveau taille-haie COSMOS-7.



Repère	Appellation des composants
1	Châssis
2	Bras
3	Bras télescopique
4	Avant-bras
5	Lamier
6	Vérin d'inclinaison du bras
7	Vérin télescopique
8	Vérin d'inclinaison de l'avant-bras
9	Vérin d'inclinaison du lamier
10	Biellette double
11	Biellette simple gauche
12	Biellette simple droite

**Figure 3 : Principaux composants du COSMOS-7**

## II. ETUDE DE LA ZONE DE TRAVAIL

L'étude cinématique va permettre de définir la zone de travail de ce nouveau modèle de taille-haie. La Figure 4 présente la cinématique simplifiée du bras du COSMOS-7, le système de commande de la rotation entre le lamier (repéré 5) et l'avant-bras (repéré 4) n'est pas représenté. La zone de travail du taille-haie est imposée par la cinématique du bras, c'est-à-dire par l'orientation des liaisons ainsi que les courses des vérins.

Le vérin 6 permet de commander l'angle entre le bras 2 et la direction verticale, repérée  $\vec{y}$  sur la Figure 4 (angle compris entre 0 et 20°). Le vérin 7 commande la translation du bras télescopique 3. Le vérin 8 commande l'angle entre l'avant-bras 4 et le bras télescopique 3, (angle compris entre 0 et 90°). Le vérin 9, non représenté sur la Figure 4, commande l'angle entre le lamier 5 et l'avant-bras 4.

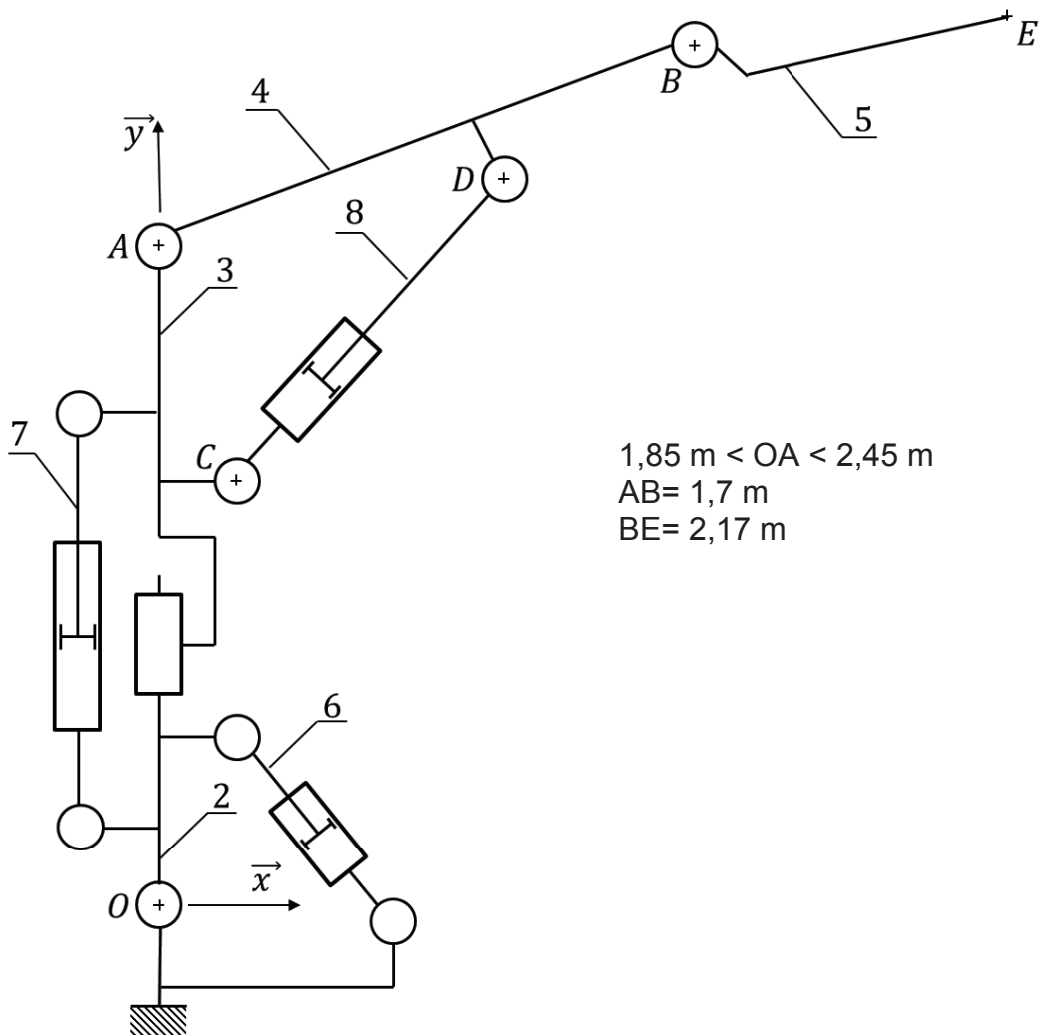


Figure 4 : Schéma cinématique simplifié du COSMOS-7

On s'intéresse uniquement à une configuration de lamier horizontale.

**Question 1 : À partir de l'ensemble des données, déterminer la hauteur maximale de travail par rapport à O.**

**Question 2 : Déterminer la position maximale de déport (à droite) de l'extrémité du lamier (point repéré E sur la Figure 4) lorsque le bras 2 et le bras télescopique 3 sont verticaux.**

### III. ETUDE DE LA STABILITE DU TRACTEUR

L'objectif de cette section est de définir le type de tracteur, appelé aussi porteur qui pourra garantir la stabilité de l'ensemble.

On appelle **voie**, la distance entre les centres des zones de contact des roues d'un même essieu, notés respectivement **A** et **B** (Figure 5).

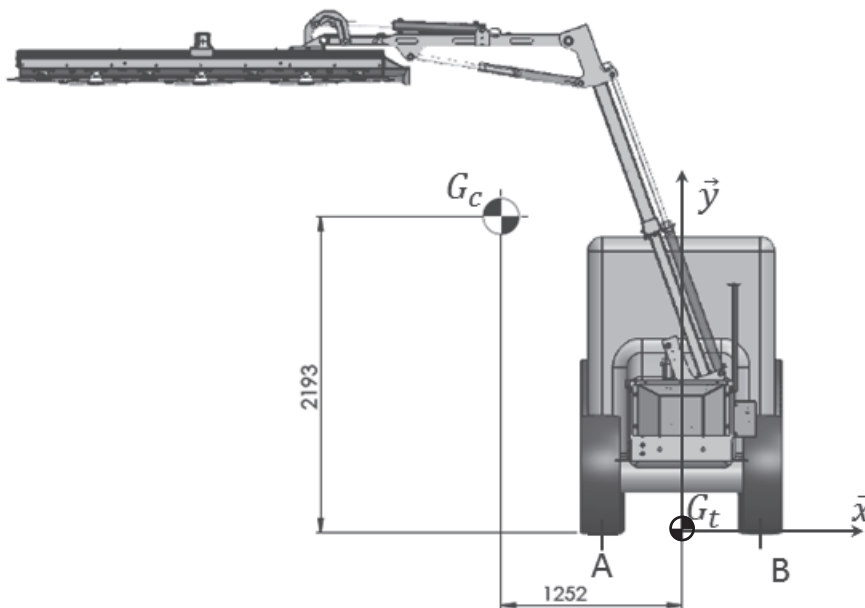
Soit **M** la masse du tracteur et **G<sub>t</sub>** le centre d'inertie du tracteur, on considère pour simplifier le modèle, que celui-ci se trouve sur le plan milieu ( $\vec{y}, \vec{z}$ ) du tracteur.

Soit **G<sub>c</sub>**, le centre d'inertie de l'ensemble du COSMOS-7, dont la masse **m** est évaluée à 600 kg. La Figure 5 présente une vue arrière du COSMOS-7 monté sur un tracteur avec les différents points présentés ci-dessus. Les unités des longueurs indiquées sur cette figure sont en mm.

On appelle **G** le centre d'inertie de l'ensemble {tracteur, COSMOS-7}.

On notera **X<sub>Gc</sub>** la coordonnée suivant  $\vec{x}$  du centre de gravité G<sub>c</sub>, **X<sub>Gt</sub>** la coordonnée suivant  $\vec{x}$  du centre d'inertie G<sub>t</sub> et **X<sub>G</sub>** la coordonnée suivant  $\vec{x}$  du centre d'inertie G.

La Figure 5 présente la configuration du lamier dans le cas le plus défavorable d'un point de vue stabilité : le centre d'inertie de l'ensemble du COSMOS-7 se trouve le plus éloigné du tracteur.



**Figure 5 : Dessin arrière du COSMOS-7, monté sur le tracteur**

**Question 3 : Préciser le critère sur la position du centre de gravité G, garantissant la stabilité de l'ensemble.**

**Question 4 : Exprimer la position suivant  $\vec{x}$  du centre de gravité G, notée X<sub>G</sub> en fonction de X<sub>Gc</sub>, X<sub>Gt</sub>, M et m.**

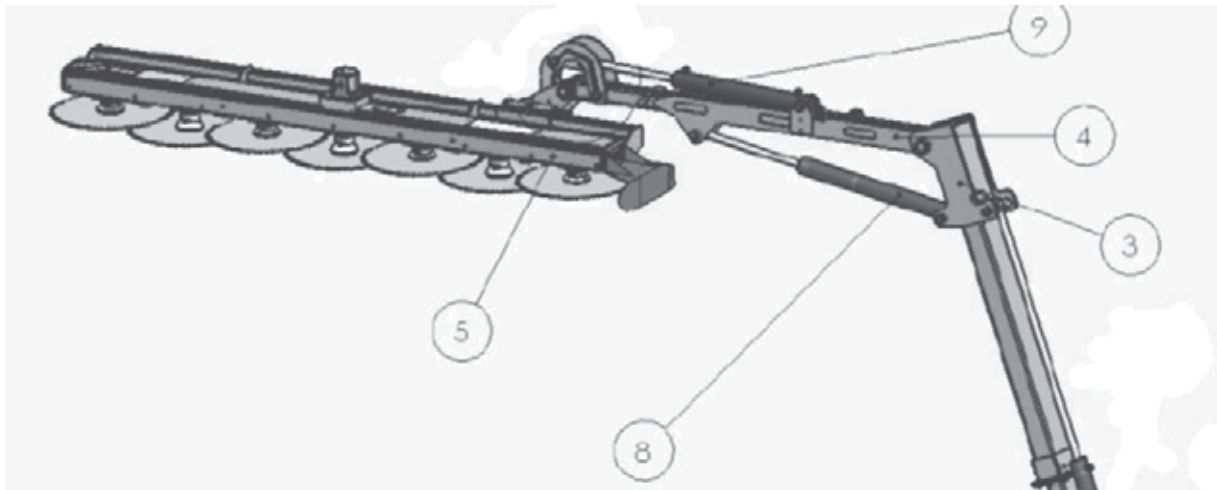
Le COSMOS-7 sera monté sur un tracteur CASE IH, Compact Farmall 40C, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ✓ Distance entre centre d'appui des pneus : 1 572 mm
- ✓ Masse : 1 755 kg

**Question 5 : Conclure sur la stabilité de l'ensemble {tracteur, COSMOS-7}.**

#### IV. DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS ET DE LA STRUCTURE

L'objectif de cette partie est de dimensionner différents composants du bras supportant l'ensemble du lamier. Dans un premier temps, une étude de l'équilibre de l'ensemble {avant-bras 4, lamier 5, vérin 9} sera menée afin de déterminer les actions mécaniques au niveau des liaisons pivots entre le bras télescopique 3, l'avant-bras 4 et son vérin de commande 8, dans le cas d'une hauteur de coupe de 3,5 m (avant-bras 4 et lamier 5 horizontaux). Ceci permettra de dimensionner la liaison pivot entre l'avant-bras 4 et le bras télescopique 3, ainsi que de choisir le vérin de commande 8.



**Figure 6 : Dessin du lamier dans une position de coupe horizontale**

Données :

- Définition de l'ensemble des points de fixation entre 4/3, 4/8 et 8/3
- Définition de la position du centre d'inertie de l'ensemble avant-bras 4, vérin d'inclinaison lamier 9 et lamier 5
- $M_E$  : masse de l'ensemble  $\{E\}=\{4, 5, 9\}$



#### IV.1. Étude des actions mécaniques de liaisons

On note  $\vec{g}$  l'accélération de la pesanteur avec  $\vec{g} = -g.\vec{y}$ . On note  $\{E\}$  l'ensemble composé des pièces  $\{4, 5, 9\}$ .

On note  $M_E$  la masse de l'ensemble  $\{E\}$  et  $G_E$  le centre d'inertie de l'ensemble  $\{E\}$ .

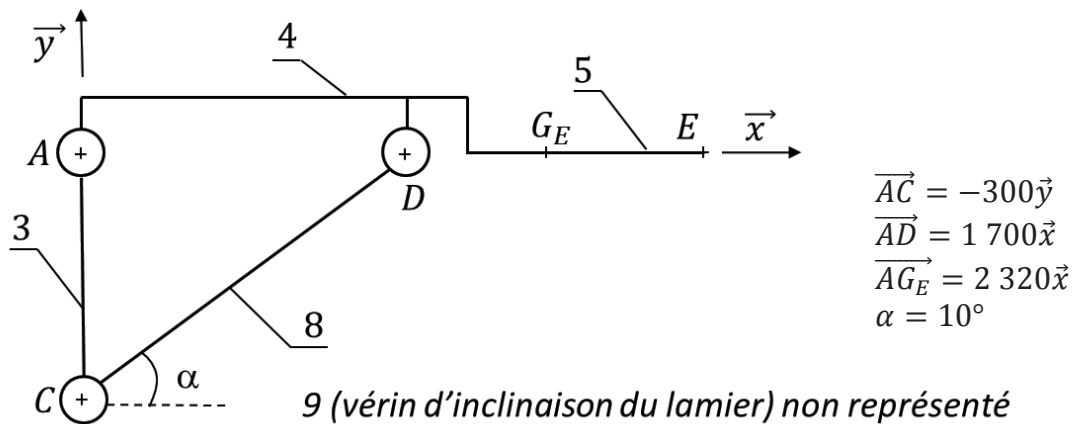


Figure 7 : Définition géométrique de l'ensemble  $\{4, 5, 9\}$

**Question 6 :** Donner, sans faire les calculs, la démarche qui permet de déterminer les actions mécaniques dans les liaisons en A, C et D.

#### IV.2. Étude de la liaison pivot entre 3 et 4

La liaison pivot entre l'avant-bras 4 et le bras télescopique 3 est réalisée par un assemblage de type axe + chape. L'axe est en acier. Soit  $\|\vec{F}_{3 \rightarrow 4}\|$  l'effort radial supporté par cet axe et  $d$  son diamètre.

**Question 7 :** En supposant que la contrainte de cisaillement soit constante dans toute la section de l'axe, exprimer cette contrainte  $\tau$  en fonction de  $\|\vec{F}_{3 \rightarrow 4}\|$  et de  $d$ .

Soit  $R_g$ , la résistance au glissement de l'acier constituant l'axe et  $s$  le coefficient de sécurité.

**Question 8 :** Exprimer la résistance pratique de glissement  $R_{pg}$  en fonction de  $R_g$  et de  $s$ .

**Question 9 :** Exprimer alors le critère de dimensionnement de l'axe et en déduire l'expression du diamètre minimal de l'axe.

**Question 10 :** Faire l'application numérique avec les valeurs suivantes :

$$R_g = 480 \text{ MPa}, s = 8, \|\vec{F}_{3 \rightarrow 4}\| = 19\,000 \text{ N.}$$

Le mouvement dans la liaison pivot entre l'avant-bras 4 et le bras télescopique 3 étant de faible amplitude, le constructeur souhaite la réaliser par éléments interposés de type paliers lisses.

Le mouvement étant lent et bloqué la plupart du temps au moment de la coupe, le critère de résistance au matage sera retenu pour le choix de la longueur du palier lisse.

Soit  $d$  le diamètre retenu pour l'axe en acier.

**Question 11 :** En retenant comme modèle de répartition de pression une pression uniforme, exprimer la pression de matage  $P_{mat}$  entre l'axe et le palier lisse, en fonction de  $\|\vec{F}_{3 \rightarrow 4}\|$ ,  $d$  et  $L$  la longueur du palier lisse.

**Question 12 :** Soit  $s$  le coefficient de sécurité et  $P_{adm}$  la pression de matage admissible, exprimer le critère de dimensionnement et en déduire l'expression de la longueur minimale du palier lisse.

**Question 13 :** Faire l'application numérique avec  $P_{adm} = 25 \text{ MPa}$ ,  $s = 3$ ,  $d = 40 \text{ mm}$

### IV.3. Choix du vérin 8 commandant l'inclinaison de l'avant-bras 4 par rapport au bras télescopique 3

L'objectif est désormais de choisir le vérin permettant de commander l'angle entre l'avant-bras 4 et le bras télescopique 3.

Le circuit hydraulique de commande pour les mouvements des bras est séparé de celui du lamier.

- ✓ L'étude précédente a permis d'évaluer l'effort de poussée  $\|\vec{F}_{8 \rightarrow 4}\|$  que doit exercer le vérin. On le prendra égal à 19 500 N.
- ✓ L'étude géométrique a montré que la course du vérin est de 600 mm.
- ✓ La pression du circuit de commande de mouvement est limitée à 170 bars.
- ✓ L'accélération de la pesanteur est  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

Historiquement, les constructeurs de vérin hydraulique ne parlent pas en effort exprimé en Newton mais en tonnes de poussée ou tonnes de traction (une tonne de poussée - ou tonne de traction - est équivalente à 10 000 Newton).

**Question 14 :** Calculer la poussée délivrée par le vérin en tonne, que l'on nommera  $P_{8 \rightarrow 4}$ .

**Question 15 :** Sachant que le coefficient de sécurité retenu pour le dimensionnement du vérin est  $s = 2$ , à l'aide des Documents Techniques DT1 et DT2, indiquer le diamètre  $B$  des vérins compatibles. Préciser clairement la démarche employée sur le graphique « Force de poussée » du Document Réponse DR1.

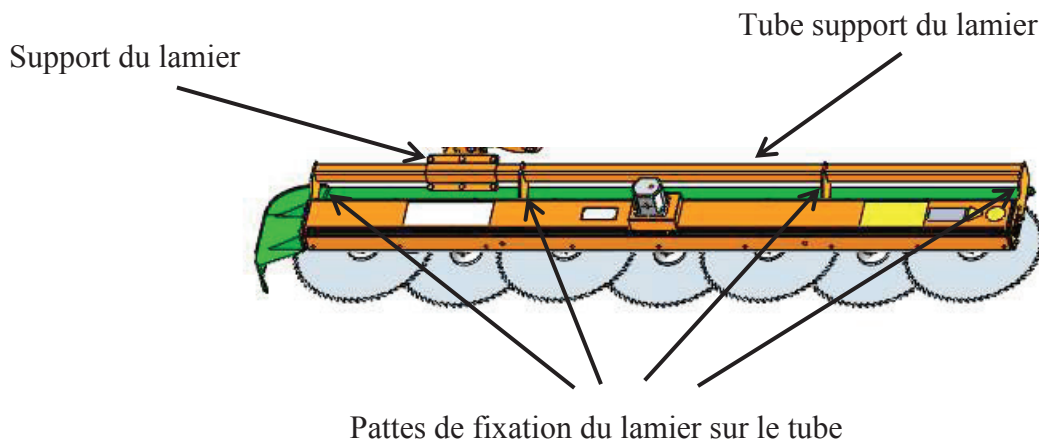
**Question 16 :** Expliquer exclusivement à l'aide d'un croquis ce qu'est le flambage d'une poutre.

**Question 17 :** Parmi les vérins retenus à la Question 15, quels sont ceux qui respectent le critère de flambage. Justifier la réponse à l'aide du graphique « Flambage » du Document Réponse DR1.

#### IV.4. Étude du lamier

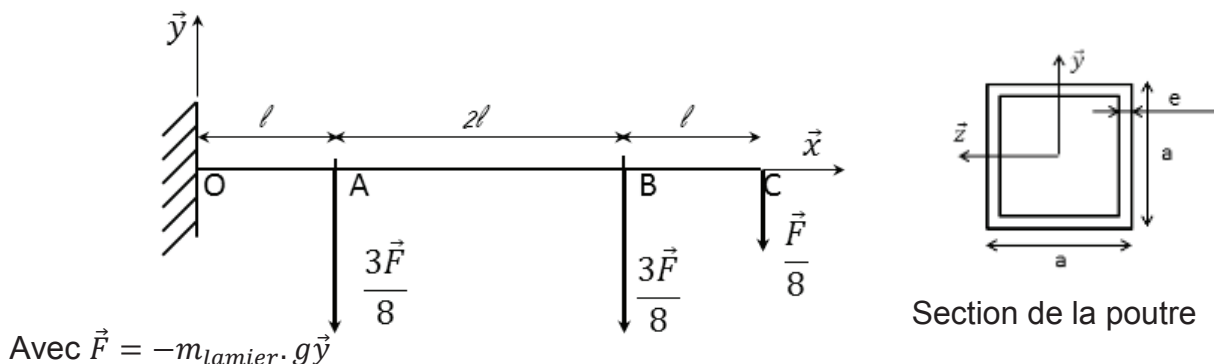
Le COSMOS-7 impose d'allonger le lamier par rapport à celui du COSMOS-5. Il est alors nécessaire de redimensionner le tube support de lamier. Le lamier est constitué (voir Figure 8) d'un boîtier assurant le guidage des 7 lames, d'un tube support relié au boîtier par 4 pattes et d'un support assurant la liaison entre le tube support et le bras articulé. Le tube support peut être déplacé dans le support permettant ainsi d'adapter la position des lames par rapport au bras articulé.

La position la plus défavorable étant lorsque le support de lamier est à l'extrémité du tube support, la fixation sera donc considérée confondue avec la patte de fixation. Dans un premier temps, le dimensionnement ne prend en compte que la masse des différents éléments.



**Figure 8 : Définition du lamier du COSMOS-7**

L'ensemble des simplifications précédentes conduit au modèle poutre représenté sur la Figure 9 pour l'étude de résistance des matériaux. Une partie de la répartition de la masse du boîtier et des lames motorisées,  $\left\| \frac{\vec{F}}{8} \right\|$ , est supportée directement par le support de lamier, dans la liaison encastrement.



**Figure 9 : Modèle pour l'étude RDM**

**Question 18 : Indiquer le type de sollicitations subies par la poutre OC.**

Les trois graphes de la Figure 10 proposent une évolution du moment de flexion le long de la poutre dans une section de coupe d'abscisse  $x$ , tel que  $x \in [0,4l]$ .

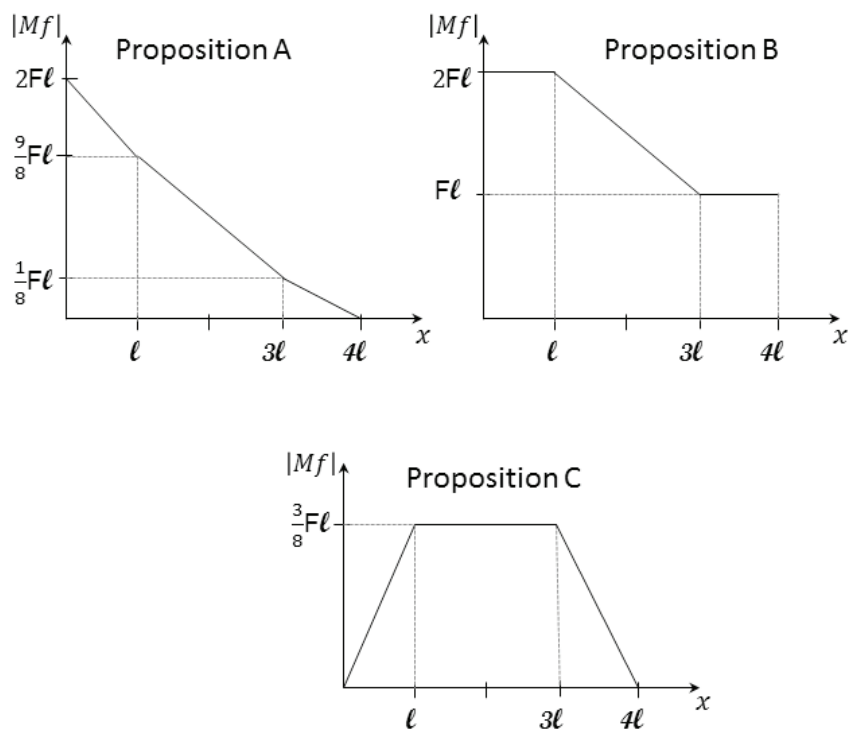


Figure 10 : Propositions d'évolutions du moment de flexion

**Question 19 :** Indiquer en justifiant sur la copie, laquelle de ces trois propositions de graphes représente l'évolution du moment de flexion le long de la poutre OC.

**Question 20 :** Indiquer en quelle section (coordonnée suivant  $\vec{x}$ ) la valeur absolue du moment est maximum et donner son expression littérale.

La Figure 11 fait un bref rappel de quelques notions de résistance des matériaux dans le cas de la flexion.

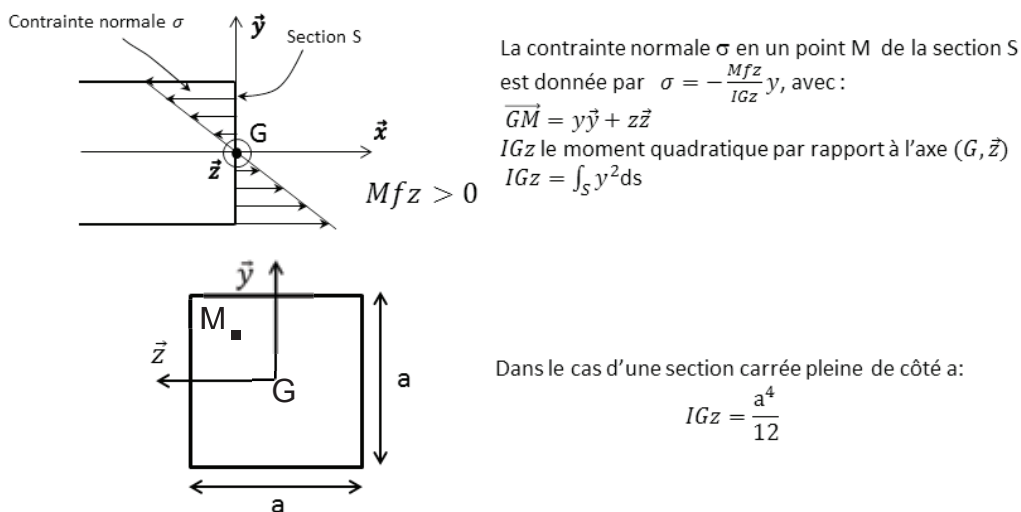


Figure 11 : Rappels de résistance des matériaux en flexion

**Question 21 : Donner l'expression du moment quadratique par rapport à l'axe  $G\vec{Z}$  pour la section carrée creuse du tube support représenté**

**Figure 9 en fonction de  $a$  et  $e$ .**

**Question 22 : Pour une section S considérée, indiquer en quel point (valeur de  $y$ ) la contrainte normale est maximale en valeur absolue. Donner l'expression littérale de la contrainte maximale.**

Si on se place dans la section la plus sollicitée, le moment de flexion vaut  $M_{fz} = 2\,000\text{ N.m}$ . La section carrée creuse retenue est de côté  $a = 50\text{ mm}$  et d'épaisseur  $e = 4\text{ mm}$ .

On a alors  $IG_z = 262\,000\text{ mm}^4$ . La poutre support est en acier de construction ST35, dont la limite élastique est  $\sigma_e = 350\text{ MPa}$ .

**Question 23 : Évaluer la valeur numérique de la contrainte maximale.**

**Question 24 : À partir du critère de résistance du tube support, définir le coefficient de sécurité réel pour ce dimensionnement en flexion.**

On souhaite valider la tenue sous charge de la structure du lamier dans le cas de la taille du sommet d'une haie (direction d'avance du tracteur selon la direction de plantation de la haie).

Le document DR2 propose des vues 3D de la structure du lamier (vue de dessus et vue de dessous).

**Question 25 : Sur le Document Réponse DR2, identifier sur les vues, la partie de la structure sur laquelle on doit imposer des conditions aux limites. On précisera le type de liaison retenu.**

**Question 26 : Sur le Document Réponse DR2 et en utilisant la typologie de chargement donnée, remplir le tableau décrivant les chargements externes sur la structure. Préciser le point d'application du chargement si nécessaire.**

Une simulation par éléments finis a été réalisée à l'aide du logiciel SolidWorks. Les résultats sont donnés sur le document DT3.

**Question 27 : Conclure quant au dimensionnement de la structure vis-à-vis des contraintes.**

## **Étude de la transmission hydraulique**

Le dimensionnement des principaux éléments étant réalisé, l'étude se porte à présent sur la transmission de puissance du tracteur jusqu'aux différentes lames.

Le circuit hydraulique de l'ensemble du lamier est constitué :

- d'une centrale hydraulique,
- de vérins de commandes d'inclinaison des bras et du moteur hydraulique entraînant en rotation les lames du lamier,
- de distributeurs pilotés par le conducteur.

Le circuit de commande des vérins est séparé de celui entraînant en rotation les lames du lamier. La prise de force entraîne un multiplicateur qui lui-même fait tourner une double pompe. Des limiteurs de pression sont positionnés sur chaque circuit. Le Document Technique DT4 récapitule l'ensemble des caractéristiques du circuit hydraulique, ainsi que les relations entre le débit et la vitesse de rotation, entre le couple et la différence de pression, pour une pompe ou un moteur hydraulique.

Le multiplicateur permet d'augmenter la vitesse de rotation de la prise de force du tracteur, celle-ci tournant relativement lentement. On note  $N_{pf}$  la vitesse de rotation de la prise de force, et  $r_m$  le rapport du multiplicateur.

**Question 28 :** Exprimer la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée de la double pompe du groupe hydraulique ( $N_p$ ) en tours par minute en fonction de  $N_{pf}$  et  $r_m$ . Faire l'application numérique pour :  $N_{pf} = 540 \text{ tr. min}^{-1}$  et  $r_m = 3,8/1$ .

La cylindrée  $Cyl_L$  de la pompe du circuit lamier est de  $22 \text{ cm}^3. \text{tr}^{-1}$ . La cylindrée  $Cyl_V$  de la pompe du circuit de commande des vérins est de  $4 \text{ cm}^3. \text{tr}^{-1}$ . On note  $Q_L$  et  $Q_V$  les débits de sortie respectifs pour le circuit des lames et celui de commande des vérins.

**Question 29 :** Exprimer  $Q_L$  et  $Q_V$  en fonction de  $N_p$ ,  $Cyl_L$  et  $Cyl_V$ . Donner la valeur numérique de  $Q_L$  et  $Q_V$  en  $l. \text{min}^{-1}$ .

La cylindrée du moteur hydraulique du lamier est  $Cyl_m = 17 \text{ cm}^3. \text{tr}^{-1}$

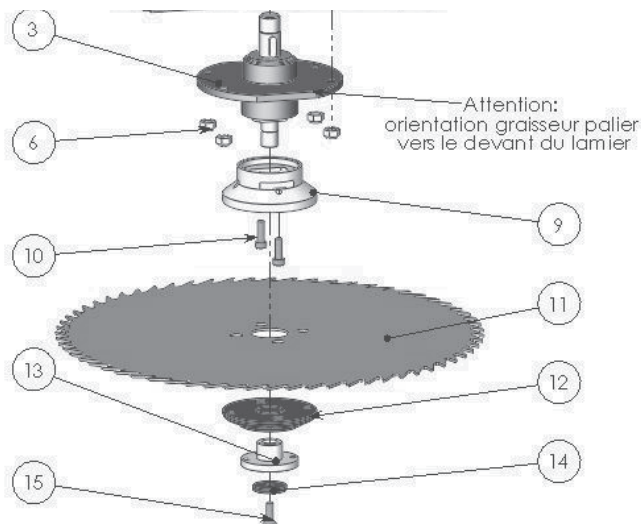
**Question 30 :** Exprimer puis déterminer la vitesse de rotation du moteur hydraulique  $N_m$ .

**Question 31 :** Le limiteur de pression du circuit de coupe étant réglé à 120 bars, exprimer puis déterminer le couple maximum disponible.

**Question 32 :** Exprimer puis déterminer la puissance disponible en sortie du moteur hydraulique.

#### IV.5. Étude de la fixation des lames sur le lamier

L'objectif est de déterminer le couple de serrage nécessaire pour la fixation de la lame sur son support. La Figure 12 présente la solution technologique retenue pour fixer la lame sur son axe. La transmission de l'action mécanique entre la lame et son support se fait par adhérence entre le contre flasque 9 et le flasque 12, serrés par l'intermédiaire d'un écrou de blocage 13 vissé sur l'axe.



**Figure 12 : Fixation des lames 11 sur leur support**

Deux vis CHC M8x25, référencées 10 sur la Figure 12, sont vissées préalablement sur le contre flasque 9. Le diamètre de tête de ces vis est de 13 mm. Les lames sont percées par deux trous de diamètre 13,5 mm au même endroit.

Soit  $P_m$  la puissance mécanique disponible en sortie du moteur hydraulique, et  $n_L$  le nombre de lames montées sur le lamier.

**Question 33 : Déterminer l'expression littérale de la puissance  $P_L$  disponible par lame (en fonction de  $P_m$  et  $n_L$ ).**

Pour la suite de l'étude on prendra  $P_L = 1,35$  kW.

La vitesse de rotation du moteur hydraulique est prise égale à celle du constructeur, à savoir  $N_m = 2\,500$  tr.min<sup>-1</sup>. La transmission par courroies utilisant des poulies de diamètres identiques, la vitesse de rotation  $N_L$  de chaque lame est considérée égale à celle du moteur hydraulique  $N_m$ . Soit  $\omega_L$  la vitesse de rotation de la lame en rad.s<sup>-1</sup> et  $C_L$  le couple disponible pour chaque lame.

**Question 34 : Exprimer le couple  $C_L$  en fonction de  $P_L$  et  $N_L$ . Donner la valeur numérique de  $C_L$ .**

Dans le cas d'une transmission par adhérence entre deux surfaces planes de type disque, sous l'hypothèse d'une répartition uniforme de pression, l'expression du couple transmissible est:-

$$C = \frac{2}{3} n f N \frac{(R_e^3 - R_i^3)}{(R_e^2 - R_i^2)}$$

Avec  $n$  nombre de surfaces de contact,  
 $f$  coefficient de frottement de glissement,  
 $N$  effort normal de serrage,  
 $R_e$  rayon extérieur du disque,  
 $R_i$  rayon intérieur du disque.

**Question 35 : Indiquer en justifiant, la valeur du nombre de surfaces de contact  $n$  utiles dans cette transmission.**

**Question 36 : Exprimer alors l'effort normal de serrage, noté  $N_E$ , que doit appliquer l'écrou de blocage 13, en fonction des différentes**

**caractéristiques et en donner la valeur numérique pour  $f = 0,3$ ,  $R_i = 22,5 \text{ mm}$ ,  $R_e = 55 \text{ mm}$ .**

Dans le cas d'une liaison hélicoïdale parfaite, la relation en valeur absolue entre l'effort axial  $X$  et le couple  $L$  sur l'axe, est la suivante :

$$L = \frac{p_{réel}}{2\pi} \cdot X \text{ avec } p_{réel} \text{ le pas exprimé en } m$$

Soit  $p_{réel}$  le pas réel de l'écrou de blocage 13.

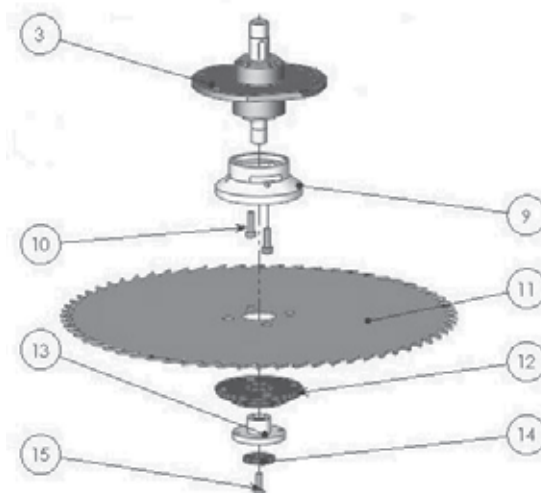
**Question 37 : Déterminer le couple de serrage qui devra être appliqué sous ces hypothèses. En donner la valeur numérique pour**

$$p_{réel} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

## V. ÉTUDE DE LA FABRICATION

### V.1. Réalisation du contre-flasque 9

La Figure 13 présente l'ensemble des pièces permettant la fixation de la lame sur son axe de rotation. Celle-ci est serrée entre le contre-flasque 9 et le flasque de serrage 12. Le document DT5 présente le dessin de définition du contre-flasque 9. L'objet de cette partie est d'étudier la fabrication de ce contre flasque.



**Figure 13 : Vue éclatée de la fixation de la lame sur l'axe**

**Question 38 : Interpréter la cote et les 2 spécifications géométriques en complétant le tableau du Document réponse DR3.**

Les contre-flasques sont identiques sur l'ensemble des lamiers. A l'heure actuelle, les pièces brutes sont tirées dans une barre cylindrique de diamètre 110 mm. En raison du nombre élevé de pièces à produire et dans un souci d'économie de temps d'usinage, l'entreprise envisage maintenant de faire réaliser les bruts par fonderie au sable.



Le contre-flasque fini étant percé de part en part, on a recours à un noyau pour la réalisation de la pièce brute.

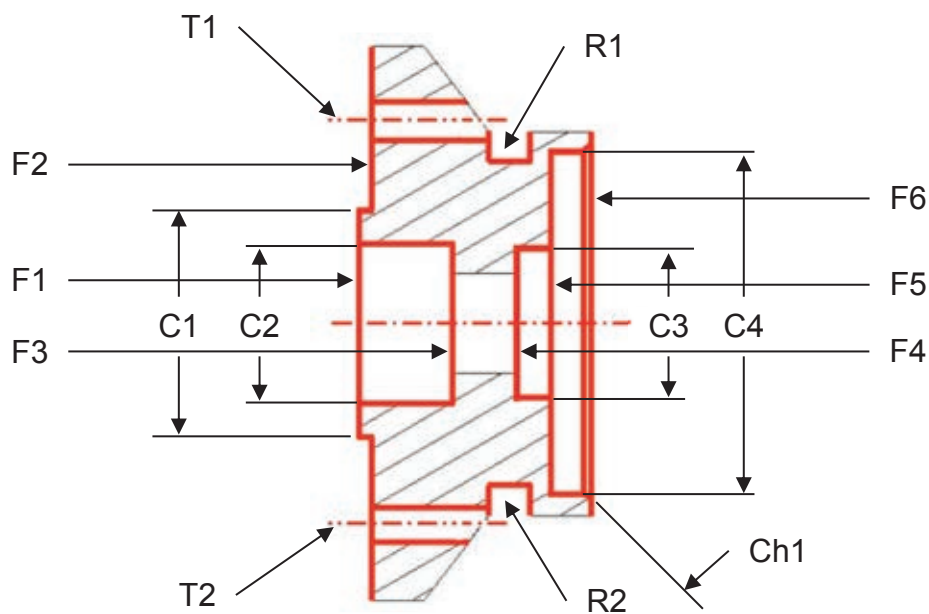
**Question 39 :** Expliquer ce qui risquait de se produire si la pièce brute avait été réalisée sans utiliser de noyau.

**Question 40 :** Sur le Document Réponse DR4, représentant le contre-flasque fini, dessiner en rouge les surépaisseurs de matière, les modifications de certaines formes de la pièce. Indiquer le plan de joint retenu, et dessiner le noyau permettant la réalisation des formes creuses.

Pour réaliser l'usinage des contre-flasques, l'entreprise dispose d'un parc de machines comprenant un tour à commande numérique 2 axes et un centre d'usinage à commande numérique 3 axes à broche verticale.

On donne figure 18 la silhouette du contre-flasque avec les surfaces fonctionnelles à usiner en rouge.

Les faces planes sont repérées F1 à F6, les cylindres C1 à C4, les 4 trous taraudés T1 à T4, les deux rainures R1 et R2 et le chanfrein Ch1.



**Figure 14 :** Repérage des surfaces fonctionnelles du contre-flasque

**Question 41 :** Proposer une chronologie d'usinage du contre-flasque en faisant apparaître pour chaque étape :

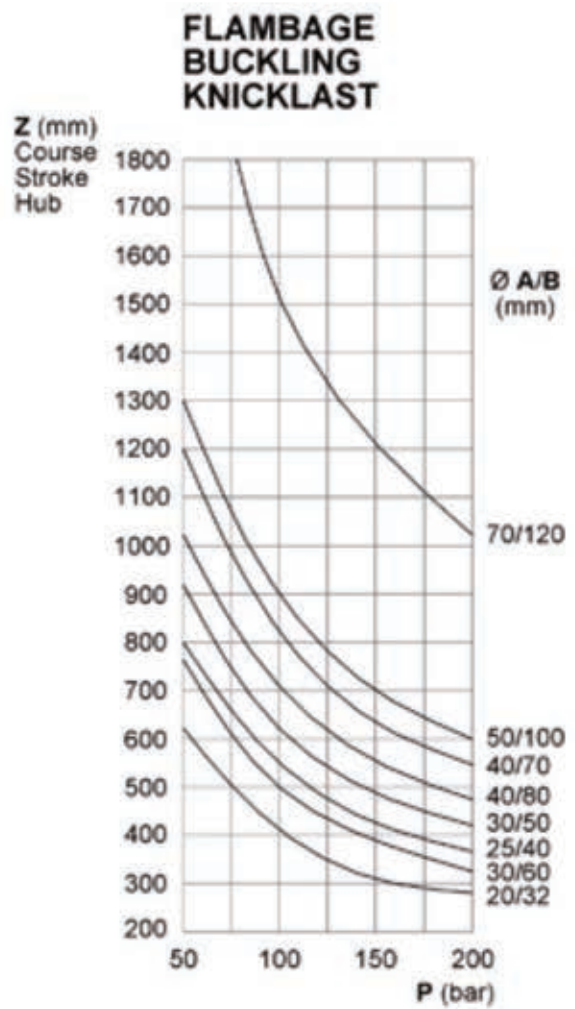
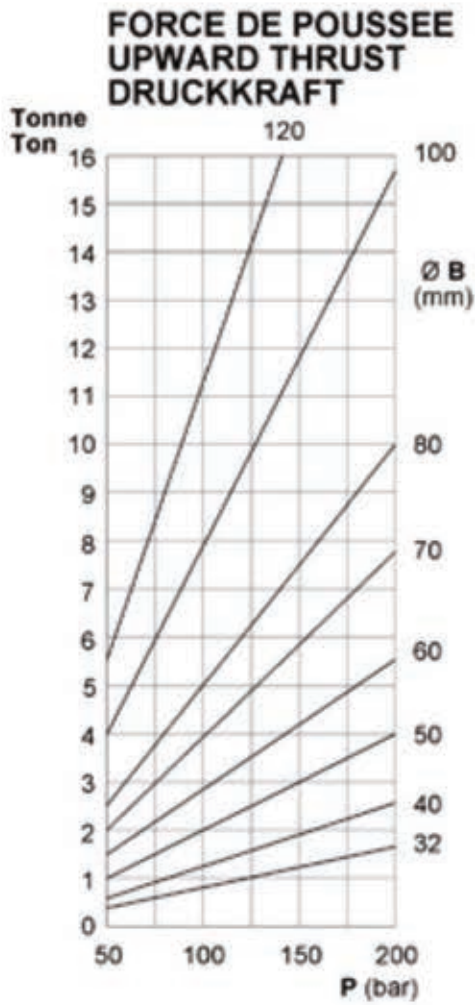
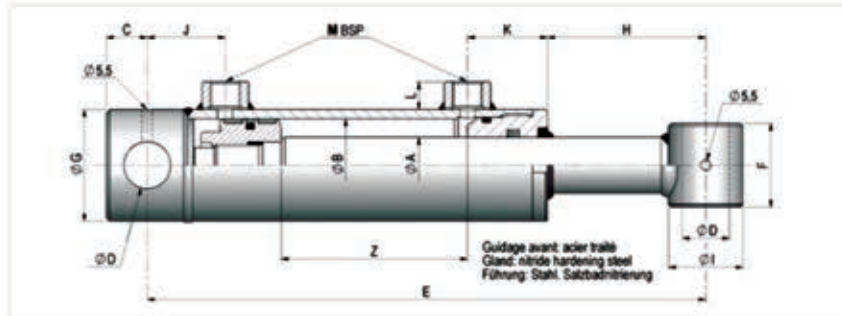
- le (les) groupement(s) de surfaces usinées ;
- la machine retenue pour réaliser l'usinage.



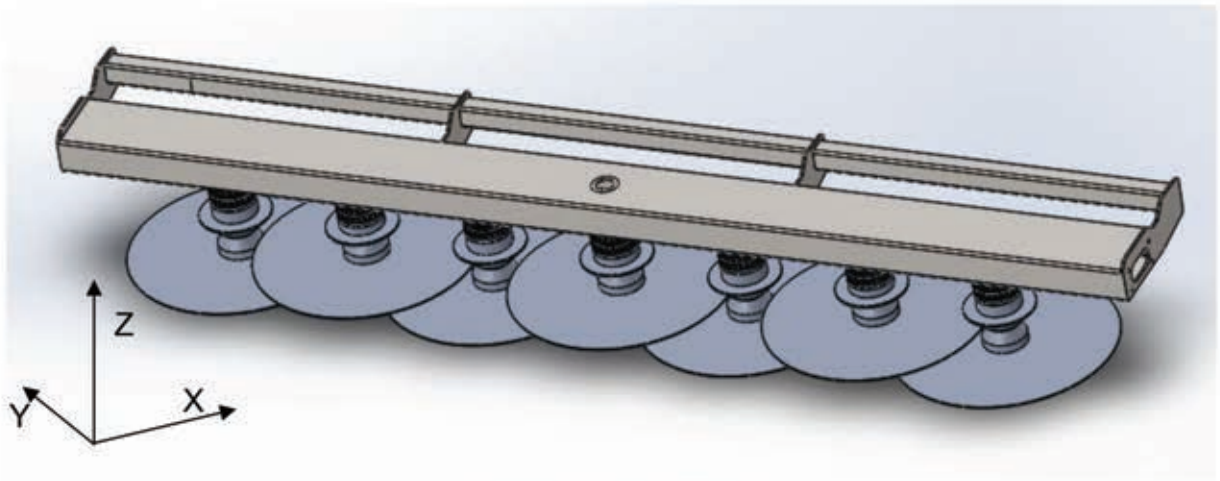
**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

Extrait du catalogue Chapel Hydraulique

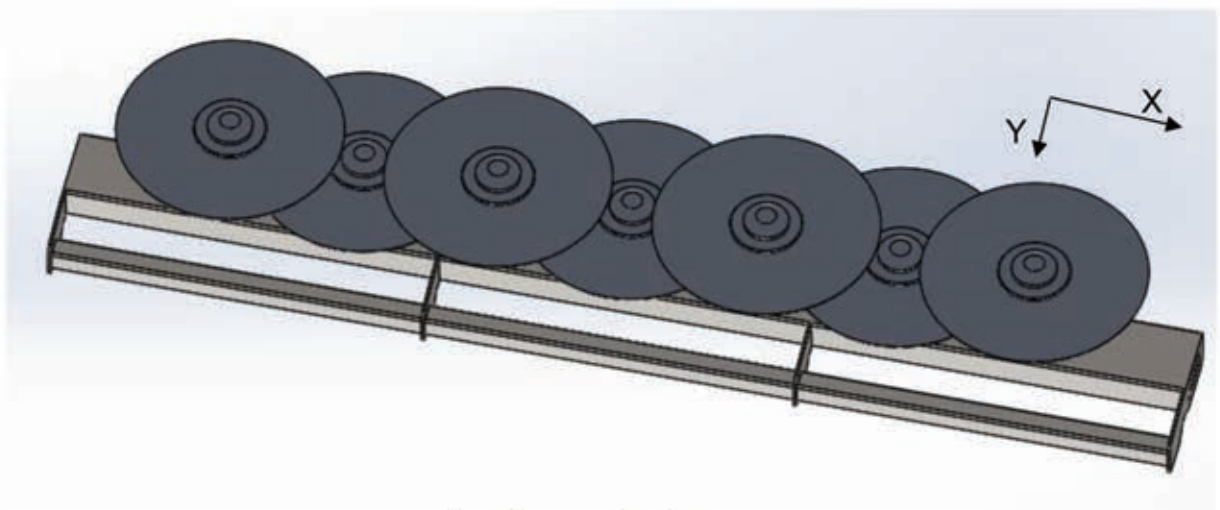
VÉRIN DOUBLE EFFET  
DOUBLE-ACTING CYLINDER - DOPPELWIRKENDER ZYLINDER



Simulation numérique (Question 25 et Question 26)



Lamier vue de dessus



Lamier vue de dessous

Élément	Typologie	Direction d'application
Structure tubulaire		
Moteur		
Lames		

- ↓ Conseiller C\_hargements externes...
- ↓ Force...
- ⊗ Couple...
- ≡ Pression...
- ⊖ Gravité...
- ⊗ Centrifuge...
- ☾ Chargement de palier...
- ⊗ Température...
- ↓ Déplacement imposé...



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

## Interprétation de spécifications géométriques (Question 38)

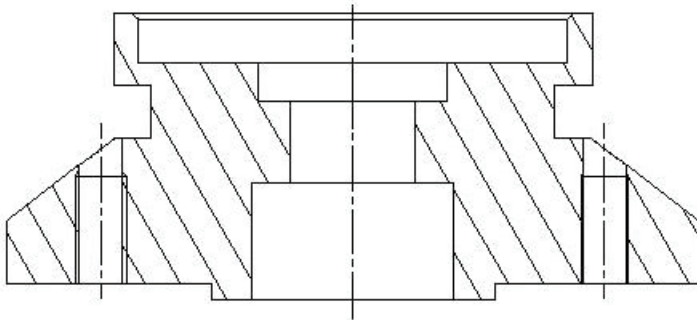
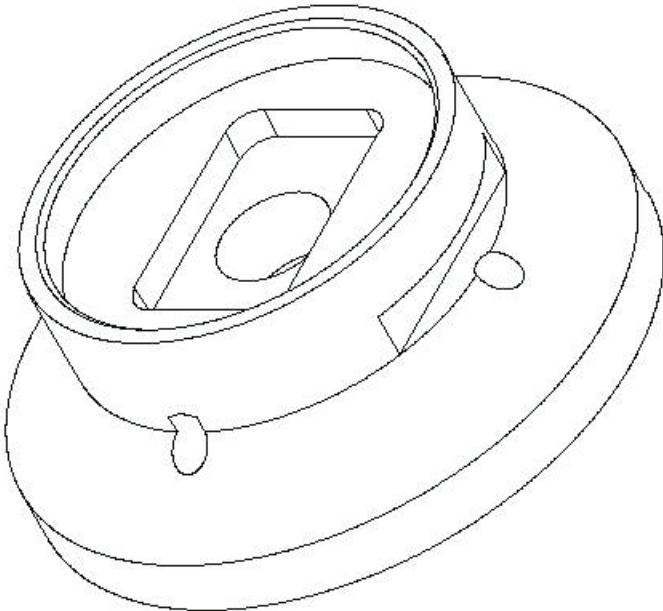
 $\varnothing 45 \begin{matrix} 0 \\ -0.1 \end{matrix} \text{E}$ 

Tableau d'interprétation de spécifications géométriques

Spécification	Type et nom de la spécification	ÉLÉMENTS NON IDÉAUX (points, lignes ou surfaces réelles)		ÉLÉMENTS IDÉAUX (points, droites ou plans associés)		Contrainte Orientation- Position Par rapport à la référence spécifiée
		Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence(s) Spécifique(s)	Zone de tolérance	
		Unique Groupe	Unique Multiple	Simple Commune Système	Simple Composée	
$\square 0.2$						
4 x M8 $\varnothing 0.05$ A B						



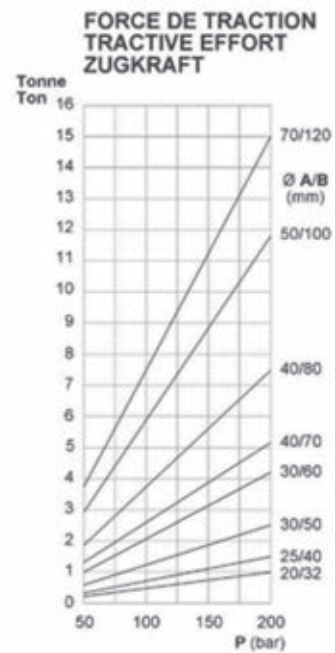
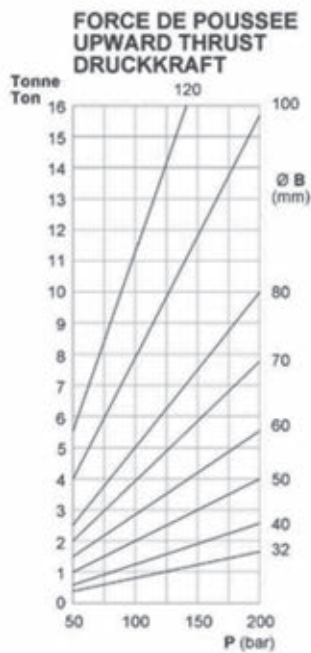
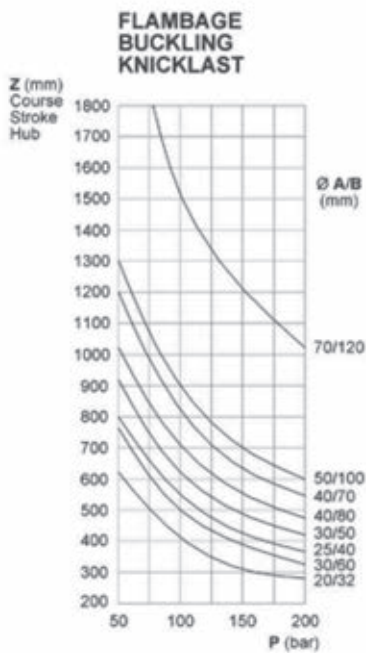
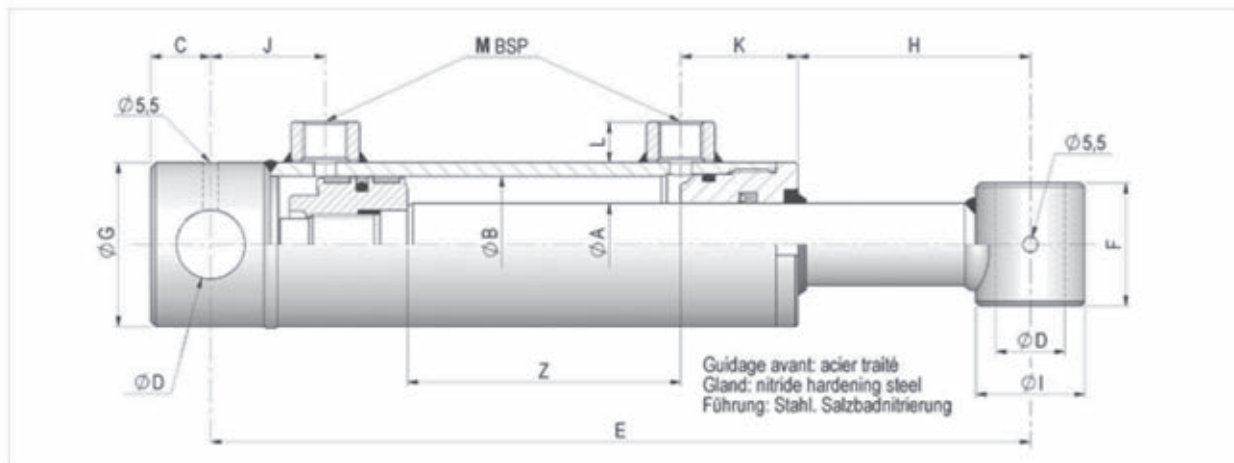
**Brut de fonderie (Question 40)**



Extrait du catalogue fournisseur Chapel Hydraulique

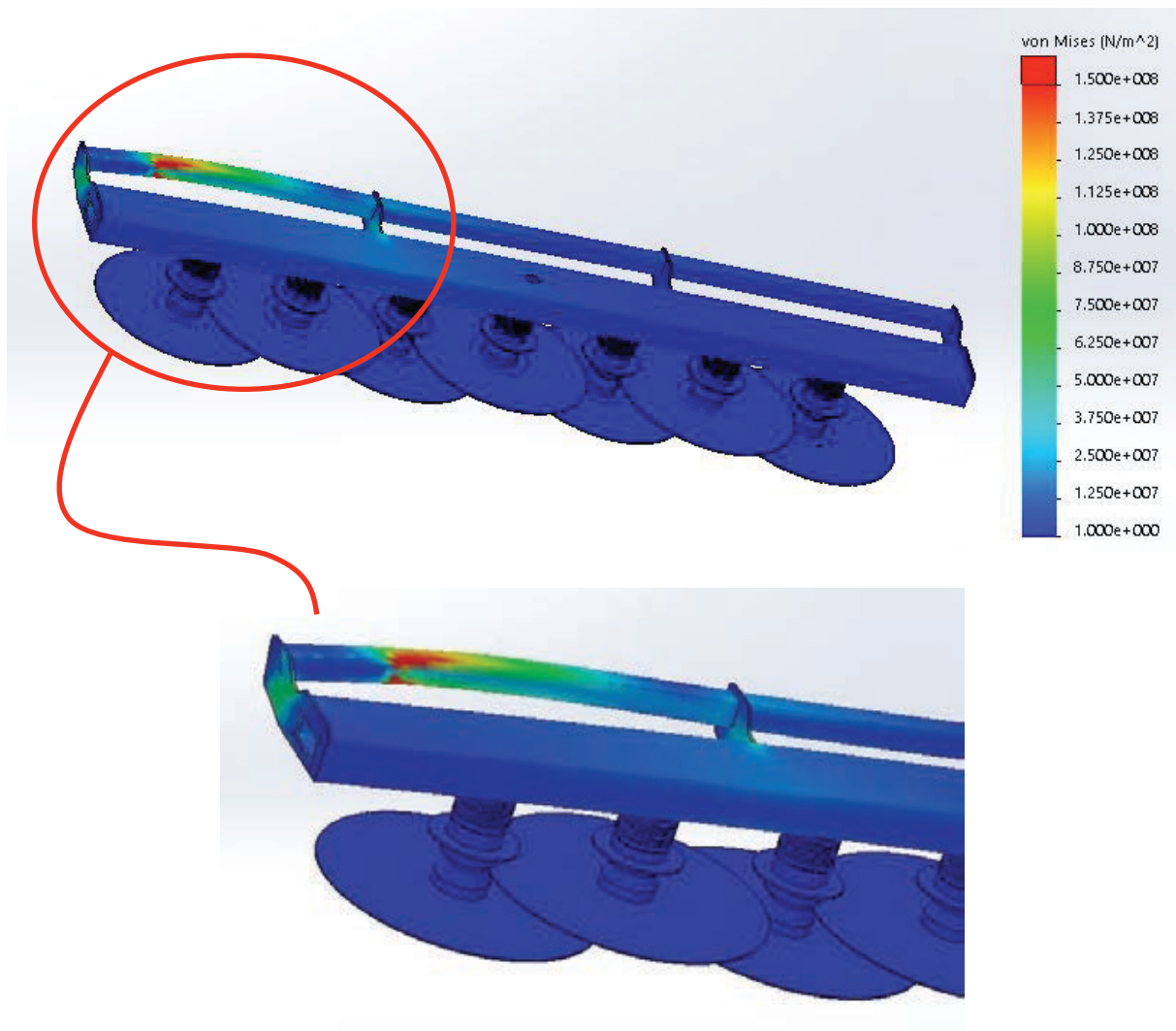
VÉRIN DOUBLE EFFET

DOUBLE-ACTING CYLINDER - DOPPELTWIRKENDER ZYLINDER



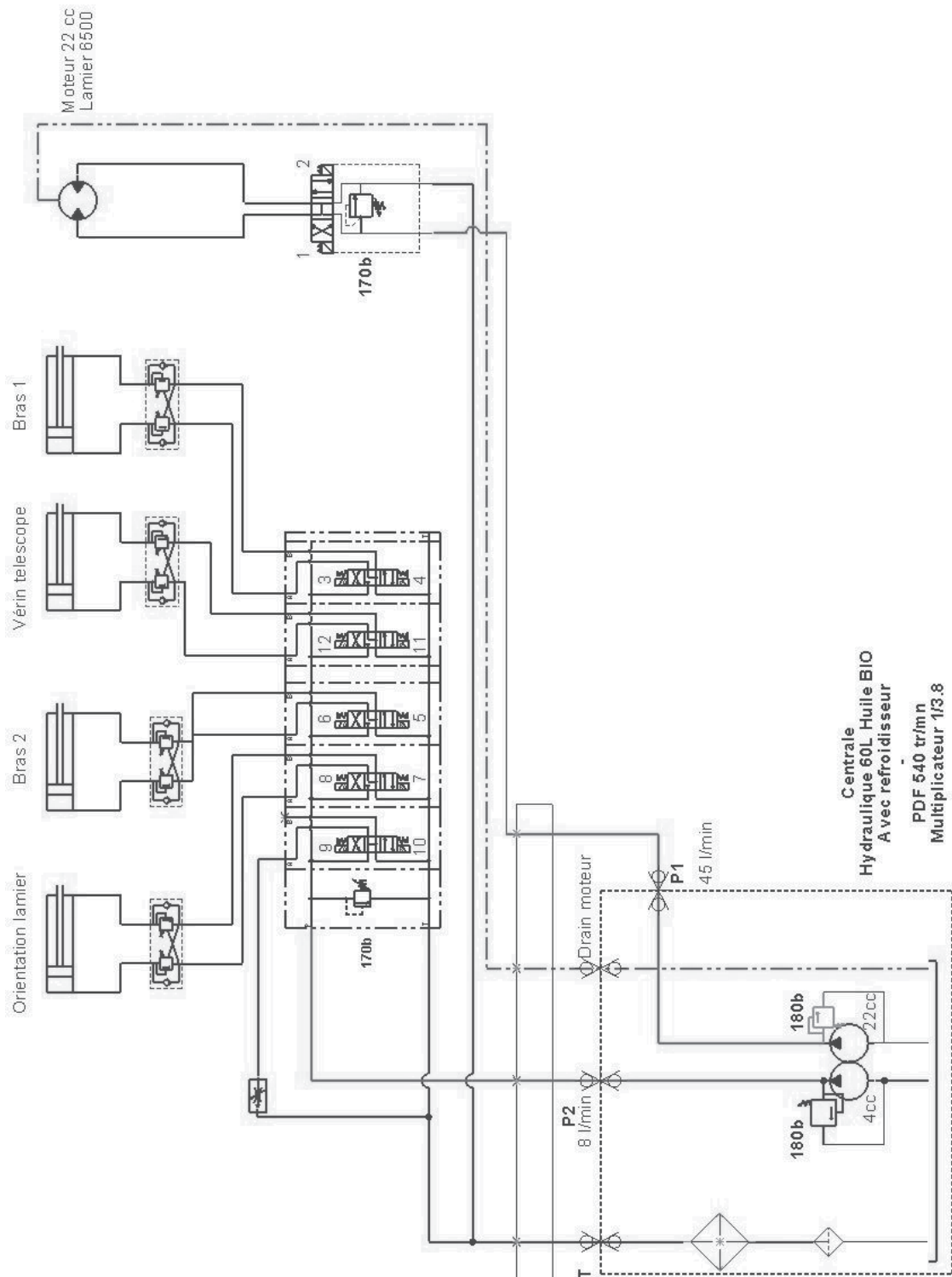
Ref. Artikel	ØA	ØB	Z Course Stroke Hub	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Vol. (Ltr)	Poids (Kg) Weight Gewicht
700/05	20	32	50	14	16.2	205	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.05	1.7
700/10	20	32	100	14	16.2	255	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.10	2
700/15	20	32	150	14	16.2	305	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.13	2.3
700/20	20	32	200	14	16.2	355	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.17	2.6
700/30	20	32	300	14	16.2	455	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.25	3.2
700/400	20	32	400	14	16.2	555	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.32	3.6
700/500	20	32	500	14	16.2	655	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.4	4.2
700/600	20	32	600	14	16.2	755	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.48	4.8
700/700	20	32	700	14	16.2	855	35	40	61	30	32	35	13	1/4	0.58	5.3
701/1	25	40	100	18	20.25	270	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.15	2.9
701/2	25	40	200	18	20.25	370	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.25	3.8
701/3	25	40	300	18	20.25	470	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.40	4.8
701/4	25	40	400	18	20.25	570	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.50	5.7
701/5	25	40	500	18	20.25	670	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.65	6.6
701/600	25	40	600	18	20.25	770	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.75	7.6
701/700	25	40	700	18	20.25	870	40	50	65	35	38	40	15	3/8	0.88	9
701/800	25	40	800	18	20.25	970	40	50	65	35	38	40	15	3/8	1.00	9.5
701/1000	25	40	1000	18	20.25	1170	40	50	65	35	38	40	15	3/8	1.25	11
702/1	30	50	100	22	25.25	300	45	60	85	40	42	43	15	3/8	0.20	4.4
702/150	30	50	150	22	25.25	350	45	60	85	40	42	43	15	3/8	0.30	4.7
702/2	30	50	200	22	25.25	400	45	60	85	40	42	43	15	3/8	0.40	5.7
702/3	30	50	300	22	25.25	500	45	60	85	40	42	43	15	3/8	0.60	6.9
702/4	30	50	400	22	25.25	600	45	60	85	40	42	43	15	3/8	0.80	8.1
702/5	30	50	500	22	25.25	700	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1.00	9.3
702/6	30	50	600	22	25.25	800	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1.20	10.8
702/7	30	50	700	22	25.25	900	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1.40	11.9
702/800	30	50	800	22	25.25	1000	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1.57	13.2
702/900	30	50	900	22	25.25	1100	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1.78	15
702/1000	30	50	1000	22	25.25	1200	45	60	85	40	42	43	15	3/8	2.00	15.4
703/1	30	60	100	22	25.25	300	45	70	83	40	42	45	15	3/8	0.30	5.5
703/2	30	60	200	22	25.25	400	45	70	83	40	42	45	15	3/8	0.60	6.9
703/3	30	60	300	22	25.25	500	45	70	83	40	42	45	15	3/8	0.90	8.2
703/4	30	60	400	22	25.25	600	45	70	83	40	42	45	15	3/8	1.15	9.6
703/5	30	60	500	22	25.25	700	45	70	83	40	42	45	15	3/8	1.45	11
703/6	30	60	600	22	25.25	800	45	70	83	40	42	45	15	3/8	1.75	12.2
703/7	30	60	700	22	25.25	900	45	70	83	40	42	45	15	3/8	2.00	13.8
704/2	40	70	200	28	30.25	410	55	80	82	50	47	49	15	3/8	0.85	10
704/3	40	70	300	28	30.25	510	55	80	82	50	47	49	15	3/8	1.20	12
704/4	40	70	400	28	30.25	610	55	80	82	50	47	49	15	3/8	1.60	14
704/5	40	70	500	28	30.25	710	55	80	82	50	47	49	15	3/8	2.00	18
704/6	40	70	600	28	30.25	810	55	80	82	50	47	49	15	3/8	2.35	18
704/7	40	70	700	28	30.25	910	55	80	82	50	47	49	15	3/8	2.75	20
704/800	40	70	800	28	30.25	1010	55	80	82	50	47	49	15	3/8	3.00	23
704/1000	40	70	1000	28	30.25	1210	55	80	82	50	47	49	15	3/8	3.84	26
705/2	40	80	200	28	30.25	410	55	90	70	50	47	54	15	3/8	1.10	12.3
705/3	40	80	300	28	30.25	510	55	90	70	50	47	54	15	3/8	1.60	14.1
705/4	40	80	400	28	30.25	610	55	90	70	50	47	54	15	3/8	2.10	16.3
705/5	40	80	500	28	30.25	710	55	90	70	50	47	54	15	3/8	2.60	18.4
705/6	40	80	600	28	30.25	810	55	90	70	50	47	54	15	3/8	3.10	20.3
705/7	40	80	700	28	30.25	910	55	90	70	50	47	54	15	3/8	3.80	22.5
706/3	50	100	300	28	30.25	525	70	115	75	60	47	60	20	1/2	2.50	25
706/4	50	100	400	28	30.25	625	70	115	75	60	47	60	20	1/2	3.30	28.5
706/5	50	100	500	28	30.25	725	70	115	75	60	47	60	20	1/2	4.10	32
706/7	50	100	700	28	30.25	925	70	115	75	60	47	60	20	1/2	5.65	39.1
706/9	50	100	900	28	30.25	1125	70	115	75	60	47	60	20	1/2	7.25	48.1
707/5	70	120	500	40	40.5	770	80	140	55	80	65	82	20	1/2	5.90	60
707/10	70	120	1000	40	40.5	1270	80	140	55	80	65	82	20	1/2	11.55	90

## Résultats de la simulation numérique



Contraintes de Von Mises - Résultats de la simulation numérique (vue globale et zoom sur la zone critique)

## Câblage hydraulique



Caractéristiques de fonctionnement pour une pompe et un moteur hydraulique

$$Q = \frac{Cyl.N}{1000}, C = \frac{Cyl.\Delta P}{20\pi}$$

Avec Cyl la cylindrée en  $cm^3.tr^{-1}$   
 Q le débit en  $l.min^{-1}$   
 C le couple sur l'arbre en  $N.m$   
 $\Delta P$  la différence de pression en bars



