

SESSION 2010

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE INDUSTRIEL
Option : BOIS**

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 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.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

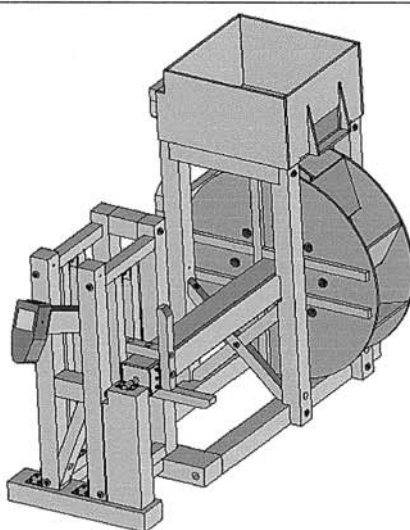
De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

Pages 1/6 à 6/6

AGRICOLA



DOCUMENTS A RENDRE PAR LE CANDIDAT :

Feuilles de copies bien paginées et réponses numérotées correctement, Documents Réponses Rep 1

Texte de l'épreuve

Objectif de l'étude :

Dans le cadre d'un projet pédagogique d'échange européen, quatre lycées participent à une étude qui doit aboutir à une réalisation d'un produit par lycée. Lors d'une rencontre, les élèves exposeront leur réalisation et échangeront à cette occasion leurs expériences.

Le support retenu pour ce projet est le MARTINET D'AGRICOLA imaginé par Georgius AGRICOLA en 1556 (Documents DT0, DT1, DT2).

Une étude d'avant projet vous est demandée, afin de définir toutes les données nécessaires aux élèves pour mener à bien ce projet.

Votre travail concernera la vérification de la conformité de certains éléments de la structure vis à vis des normes et des règles de calcul des structures en vigueur. L'étude porte sur les éléments des sous ensembles suivants de la structure : marteau , came, arbre moteur + auges , bâti.

Hypothèses de travail :

Les données et hypothèses de ce dossier sont celles retenues par le lycée français ayant participé à ce projet.

L'essence de bois utilisée est du sapin de classe C24 . Ses caractéristiques principales figurent sur le document DR4.

Les résistances des éléments de la structures doivent être vérifiées pour une humidité du bois de 22 %.

Le poids propre des éléments, lorsqu'il n'est pas précisé, sera négligé.

On prendra $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ comme valeur de l'accélération de pesanteur.

Toutes les liaisons sont supposées parfaites sauf lorsque cela est précisé dans le sujet.

Travail à réaliser par le candidat

I. ETUDE DU MARTEAU :

- Objectif : permettre le dimensionnement des éléments permettant la réalisation de la liaison pivot entre le marteau et le bâti.

Le modèle est fourni sous la forme d'un schéma cinématique (Drep1 : modélisation cinématique du système) dont certaines zones sont à compléter. Les différentes pièces sont repérées sur le document technique DT2.

- 1) Compléter le document réponse Drep1, identifier et nommer les liaisons sur feuille de copie.
- 2) Donner la nature et le nombre de mobilités pour chacune des liaisons.
- 3) A partir du modèle proposé en 1), donner le degré d'hyperstatisme du système complet.
- 4) Pour la suite, nous adopterons la modélisation du marteau suivant le document DR1.
La direction de l'action mécanique d'une came sur le marteau dans le plan ZY est inclinée d'un angle $\gamma = 15^\circ$ par rapport à l'axe Z (voir DR1)

On donne : Masse du marteau $m_1 = 95 \text{ kg}$ (centre de gravité G_1)

Masse de l'axe du marteau $m_2 = 40 \text{ kg}$ (centre de gravité G_2)

Proposer une modélisation des actions mécaniques extérieures de l'isolement du marteau sous forme de torseurs.

- 5) Déterminer les intensités des actions mécaniques transmises par les liaisons bâti/marteau et came/marteau lors de la phase de relevage.
- 6) Proposer, sous forme de croquis à main levée, une solution technologique permettant la réalisation de la liaison bâti/marteau. Les choix constructifs seront justifiés.

II. ETUDE DE LA CAME

- Objectif : permettre le dimensionnement des éléments de la came.

La came permet la réalisation de deux fonctions. D'une part, elle permet la transmission de l'action mécanique nécessaire au relevage du marteau. D'autre part, elle garantit les performances cinématiques (course et cadence de frappe) nécessaires au bon fonctionnement du marteau.

On donne pour cette partie :

Course du marteau selon la verticale : 90 cm

Longueur de la came : JK (à déterminer dans cette partie)

Cadence de frappe : 1 coup toutes les 4 secondes

Caractéristiques géométriques (voir DR2)

$EH = 1700 \text{ mm}$

$HM = 340 \text{ mm}$

EK = 465 mm

BJ = 167.5 mm

Angle α en position relevée : 28°

- 1) Dans le plan ZY de la came, voir DR2 figure 2, exprimer la relation liant l'angle de rotation α de l'axe principal, le déplacement du point K **en projection sur l'axe Z** (qui se déplace de la position K_1 à K_2 , noté depZ), avec les autres paramètres géométriques. L'expression sera donnée sous forme littérale.
- 2) Dans le plan ZX du marteau, exprimer la relation liant l'angle de débattement β du marteau, le déplacement du point K selon l'axe Z (depZ), la course du point M, avec les autres paramètres géométriques. Hypothèse : on considérera le diamètre de l'axe de roue petit devant le déplacement du point K selon l'axe Z.
- 3) A partir des questions précédentes, exprimer la course du point P du marteau en fonction des données géométriques suivantes : EH, HM, EK, BJ, JK, et l'angle α .
- 4) En déduire la longueur de la came JK pour garantir la course du marteau, effectuer l'application numérique.
- 5) On donne la fréquence de rotation de l'arbre principal $N_{\text{arbre}} = 3,8$ tours/min, déterminer le nombre d'éléments constituant la came pour respecter le cahier des charges.
- 6) On donne l'intensité de la composante suivant l'axe Z de l'action mécanique en K (contact came/marteau), $FZ = 6500$ N. Déterminer, dans le cas le plus défavorable (à partir de DR2 figures 2), le couple à transmettre par l'arbre moteur.
- 7) En déduire la puissance mécanique à transmettre par l'arbre moteur supportant la roue à aubes.
- 8) Proposer un modèle d'étude de la came sur lequel vous préciserez les conditions de chargement, les conditions de liaison, les paramètres géométriques ainsi que les caractéristiques du matériau.
- 9) Vérifier la section de la came aux contraintes normales en fonction des données et du modèle proposé en 8). Déterminer la flèche maximale atteinte.
- 10) Proposer un croquis à main levée de l'assemblage des éléments de la came sur l'arbre moteur.

III. ETUDE STATIQUE DE L'ARBRE MOTEUR

- Objectif : Déterminer les sollicitations dans l'axe (52) de l'arbre moteur *AM*.

L'arbre moteur *AM* étudié est celui du document ressource DR 3. Il est constitué de l'axe de la roue (repère 52), de la came (repère 31) et de la roue (repère 58).

Dans le plan (I, x, z), au point K (contact axe du marteau [20] avec la came [31]) est appliquée une force $F_K(20/31)$.

Au point C sont appliqués :

- a. Un moment $M_{U,C}$ à déterminer (moment utile que doit développer la roue à auges).
- b. Une force $F_C(58/52)=2170$ N (action du poids de la roue sur l'axe de l'arbre moteur).

Le poids propre de l'arbre moteur n'est pas négligé.

Le jeu dans les liaisons en A et D est suffisant pour que la rotation des extrémités de l'arbre moteur autour des axes Y et Z ne soit pas bloquée. Les torseurs en A et D s'écriront :

$$\tau_A(0/52) = \begin{bmatrix} ? & 0 \\ ? & 0 \\ ? & ? \end{bmatrix} \quad \tau_D(0/52) = \begin{bmatrix} ? & 0 \\ ? & 0 \\ ? & 0 \end{bmatrix}$$

On se place à la limite de l'équilibre (Valeur limite de $M_{U,C}$ avant rotation de la roue)

III-1. Sollicitations dans l'arbre moteur :

Etude statique de l'arbre moteur *AM* (documents DR 3, DR 4 et DR 5).

- 1) Isoler l'arbre moteur *AM* puis écrire les torseurs associés aux actions mécaniques qui lui sont appliquées.
- 2) Déterminer les actions mécaniques de liaison en A et D exercées par le support 0 sur l'axe de la roue 52, puis déterminer le moment M_C .
- 3) Déterminer le torseur associé aux efforts intérieurs de cohésion dans l'axe de la roue 52.
- 4) Tracer les diagrammes des efforts intérieurs de cohésion dans l'axe de la roue 52.
- 5) Identifier la nature des sollicitations dans l'axe de la roue.
- 6) Calculer les contraintes normales et tangentielles maximales sur cet axe (52).
- 7) Un calcul informatique a permis de déterminer les critères de plasticité selon Von Mises et Tresca :
 - a. Donner la signification de ces critères.
 - b. La condition de résistance de l'arbre moteur est-elle satisfaite..?
 - c. Les propriétés mécaniques du bois sont-elles adaptées aux hypothèses retenues pour le calcul de ces critères de plasticité? justifier.
- 8) a - En vous aidant du document ressource DR_5, déterminer le couple $M_{T,U}$ développé par la roue pour un angle $\psi = 22,5^\circ$. Ce couple est-il suffisant au fonctionnement du système?
b - Quelles solutions préconisez vous, pour augmenter le moment $M_{T,U}$ développé par la roue?

III-2. Pression de contact moteur/Poteau bois

Documents DR 3, DR 4, DR 6, DR 7 et DR 8.

L'action mécanique de l'axe de la roue 52 sur la ferrure est notée $\vec{A}_{(52/F)}$ (figure 3, document DR 4). Les composantes de cette action mécanique sont : $X_A = 222 \text{ daN}$ $Y_A = 45 \text{ daN}$ $Z_A = 561 \text{ daN}$

Remarque : Les valeurs des composantes X_A , Y_A et Z_A ont été déterminées à partir d'un chargement accidentel appliqué à l'arbre moteur AM . Les résultats de ce calcul ne sont pas ceux du cas étudié en III-1.

Les composantes X_A et Y_A sont reprises par 4 tire-fonds et la composante Z_A est reprise par le contact ferrure/bois (pression de contact).

Seule la partie cylindrique de la ferrure reprend la pression de contact (fig 3, DR 4).

- 1) Déterminer les caractéristiques des tire-fonds utilisés pour la fixation de la ferrure en A.
- 2) MATAGE : Documents DR 4, DR 6 et DR 7
 - a. Déterminer la pression diamétrale P exercée par la ferrure sur le poteau (repère 8).
 - b. Les dimensions de la ferrure sont-elles suffisantes pour reprendre cette pression de contact ?

IV. ETUDE DE LA STRUCTURE SUPPORT DU BAC A EAU

Objectif : Vérification de la résistance des éléments du support du bac à eau

Documents DR 6, DR 7, DR 8 et DR 9

Un calcul par éléments finis a été réalisé sur le support du bac à eau. Les résultats de ce calcul sont consignés dans le document ressources DR_9.

- 1) En vous aidant des résultats du calcul informatique (DR 9), déterminer les actions de liaison au pied du poteau RD (repère 29 du DT_2 ou nœud 21 du DR 9).
- 2) Donner les valeurs maximales des efforts intérieurs de cohésion du poteau RD (Repère 29).
- 3) Vérifier la résistance du poteau aux contraintes normales.
S'il y a lieu la vérification tiendra compte du risque de flambement.
Les concentrations de contraintes dans le poteau ne font pas l'objet de ce calcul.
- 4) La barre de contreventement (repère 6 du DT_2) est sollicitée par un effort normal de traction.
 - a. Donner la valeur maximale de cet effort de traction
 - b. Déterminer les caractéristiques du tire-fond qui assure la liaison de cette barre avec le poteau (29).

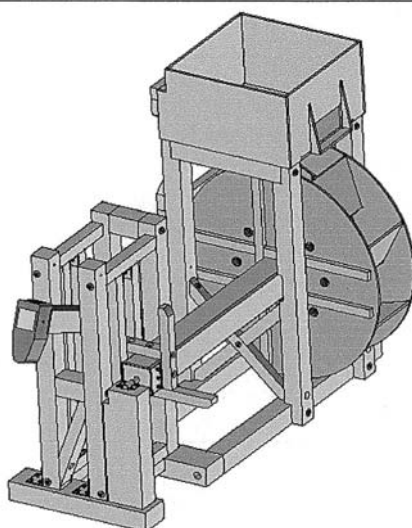
DOSSIER TECHNIQUE

Document DT0 Format A4

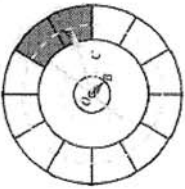
Document DT1 Format A3

Document DT2 Format A3

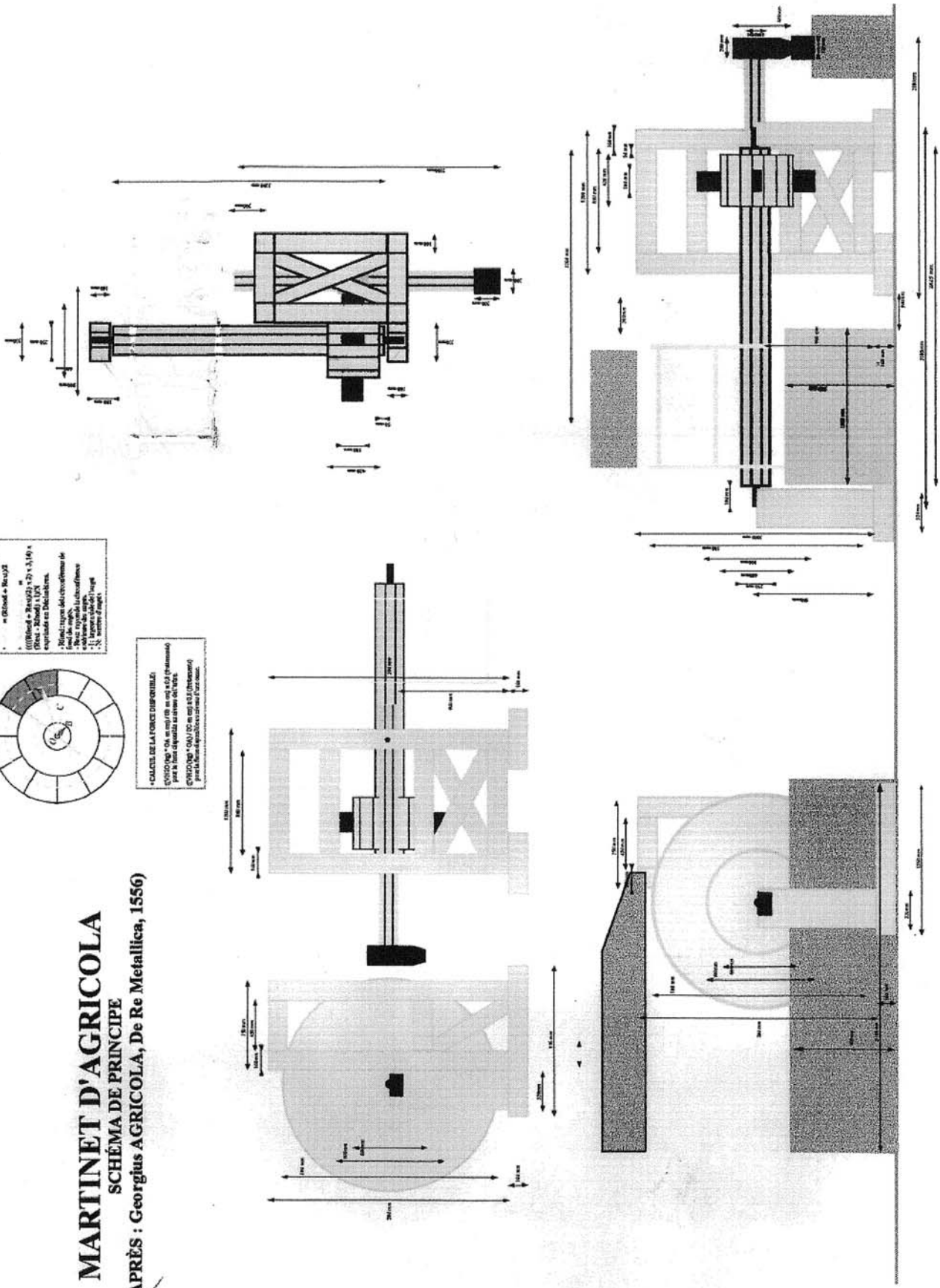
AGRICOLA

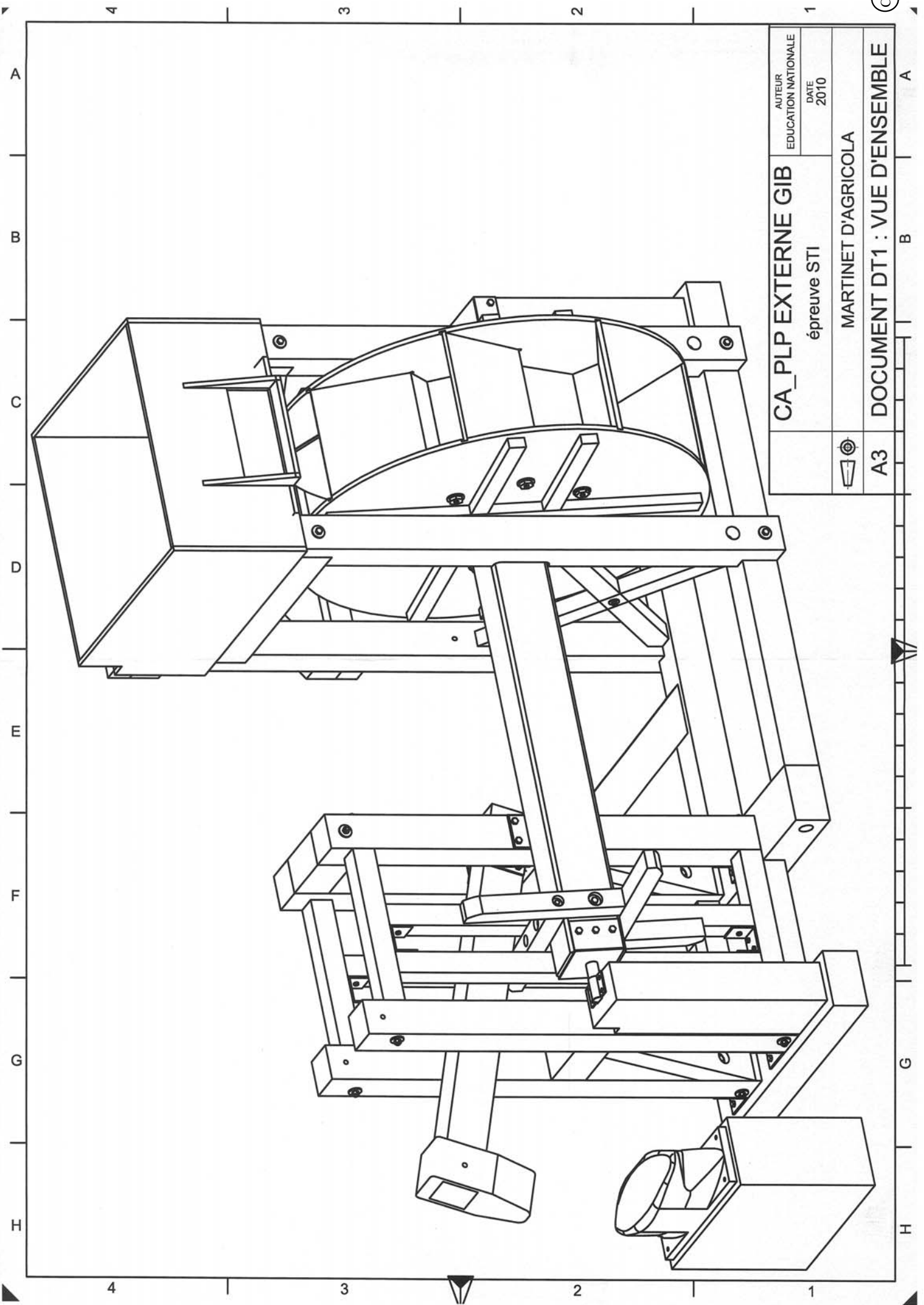


- $(K(\text{find}) + \text{Res}(x))$
- $((\text{find} + \text{Res}(x)) \times 2) \times 1,40 \times$
(Res. $\times$ find) $\times 1,25$
explains in Declinibus.
- $\text{find} \rightarrow$ rapport de la croissance de
fin de la région.
- $\text{Res} \rightarrow$ rapport de la croissance
substantielle des autres.
- $\text{find} \rightarrow$ rapport de la détermination
des autres.

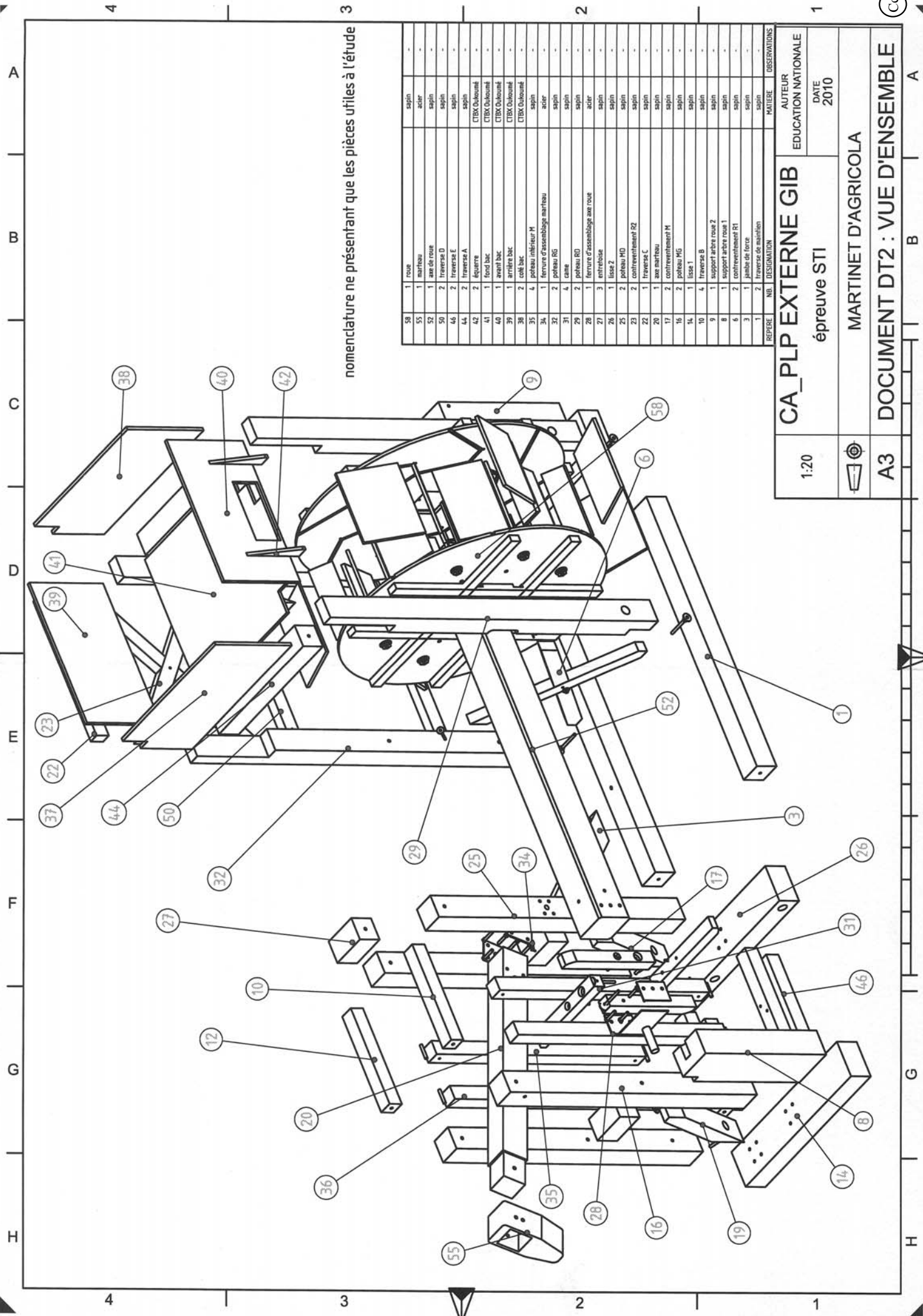


• CALCUL DE LA FORCE DISPONIBLE:
 $\frac{C^* \cdot V_{C^*} \cdot Q_{C^*}}{C^* \cdot V_{C^*} \cdot Q_{C^*} + Q_A \cdot m \cdot (100 - m)} \times 0,3$ (réservato)
 pour la force disponible au niveau de l'arbre.
 $\frac{C^* \cdot V_{C^*} \cdot Q_{C^*}}{C^* \cdot V_{C^*} \cdot Q_{C^*} + Q_A \cdot m \cdot (100 - m)} \times 0,5$ (réservato)
 pour la force disponible au niveau d'un essieu.





	CA_PLP EXTERNE GIB	AUTEUR EDUCATION NATIONALE
	épreuve STI	DATE 2010
	MARTINET D'AGRICOLA	
A3	DOCUMENT DT1 : VUE D'ENSEMBLE	



CA_PLP EXTERNE GIB

épreuve STI

MARTINET D'AGRICOLA

DOCUMENT DT2 : VUE D'ENSEMBLE

1:20



A3

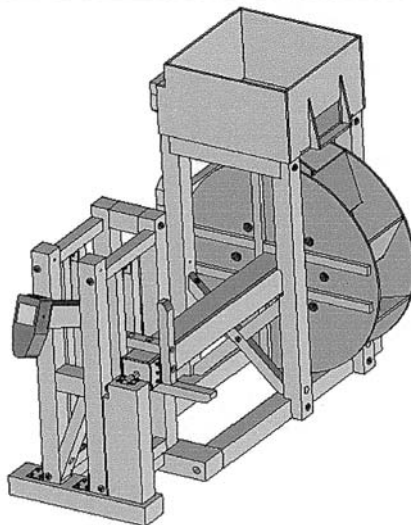
AUTEUR
EDUCATION NATIONALEDATE
2010

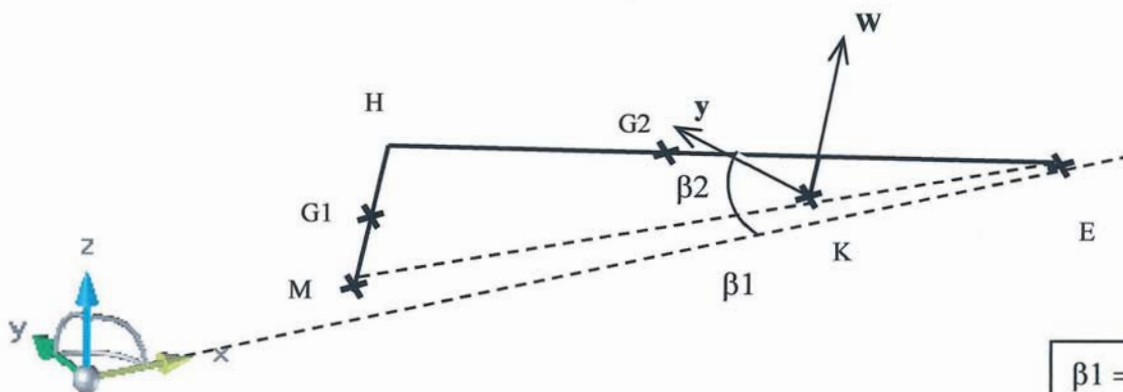
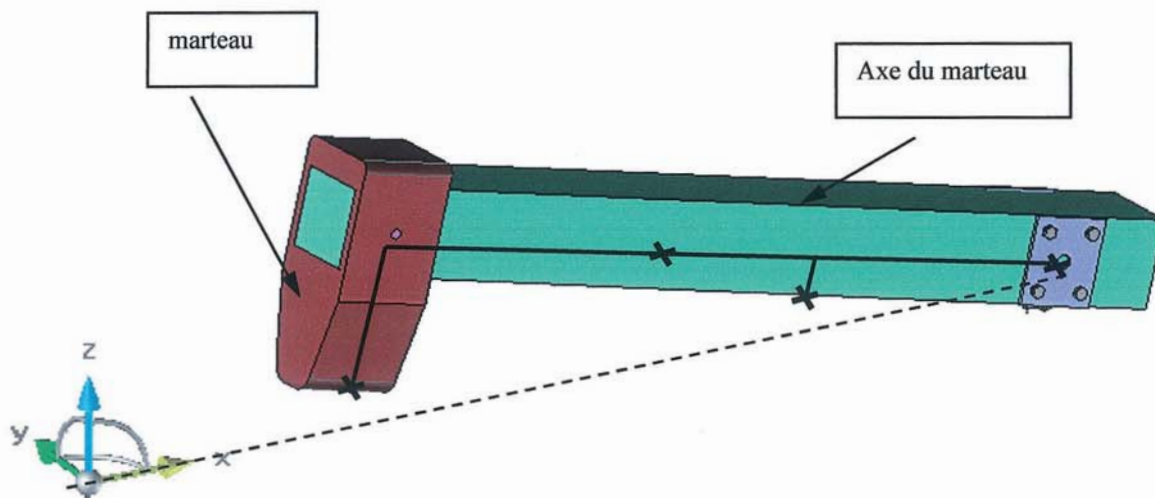
DOCUMENT DT2 : VUE D'ENSEMBLE

DOSSIER RESSOURCES

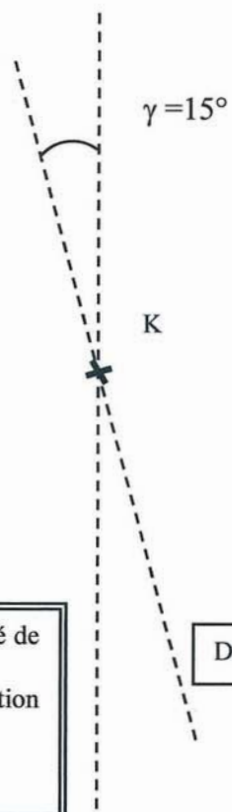
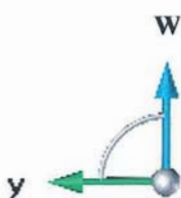
Document DR1 Page 1/1
Document DR2 Pages 1/2 et 2/2
Document DR3 Page 1/1
Document DR4 Page 1/1
Document DR5 Page 1/1
Document DR6 Page 1/1
Document DR7 Page 1/1
Document DR8 Pages 1/2 et 2/2
Document DR9 Pages 1/3 2/3 3/3

AGRICOLA





$\beta_1 = 32^\circ$
(pour cette partie)



EH = 1700 mm
HM = 340 mm
EK = 465 mm
HG1 = HM/2
EG2 = 700 mm

Attention : le plan wy est un plan incliné de l'angle β_1 par rapport au plan zy.
Le plan wy contient la direction de l'action mécanique came/marteau au point K

Direction de l'action mécanique came / marteau en K

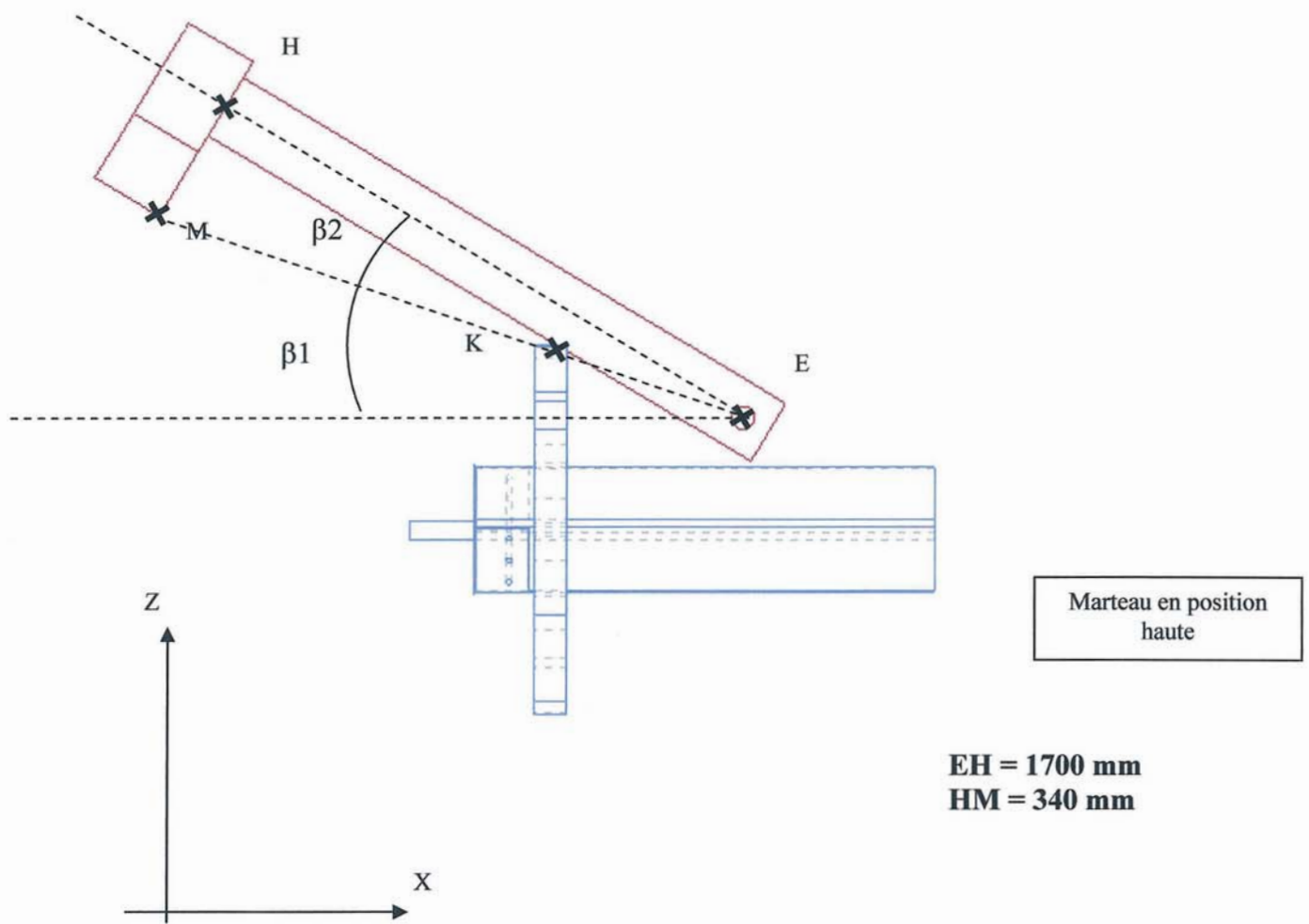
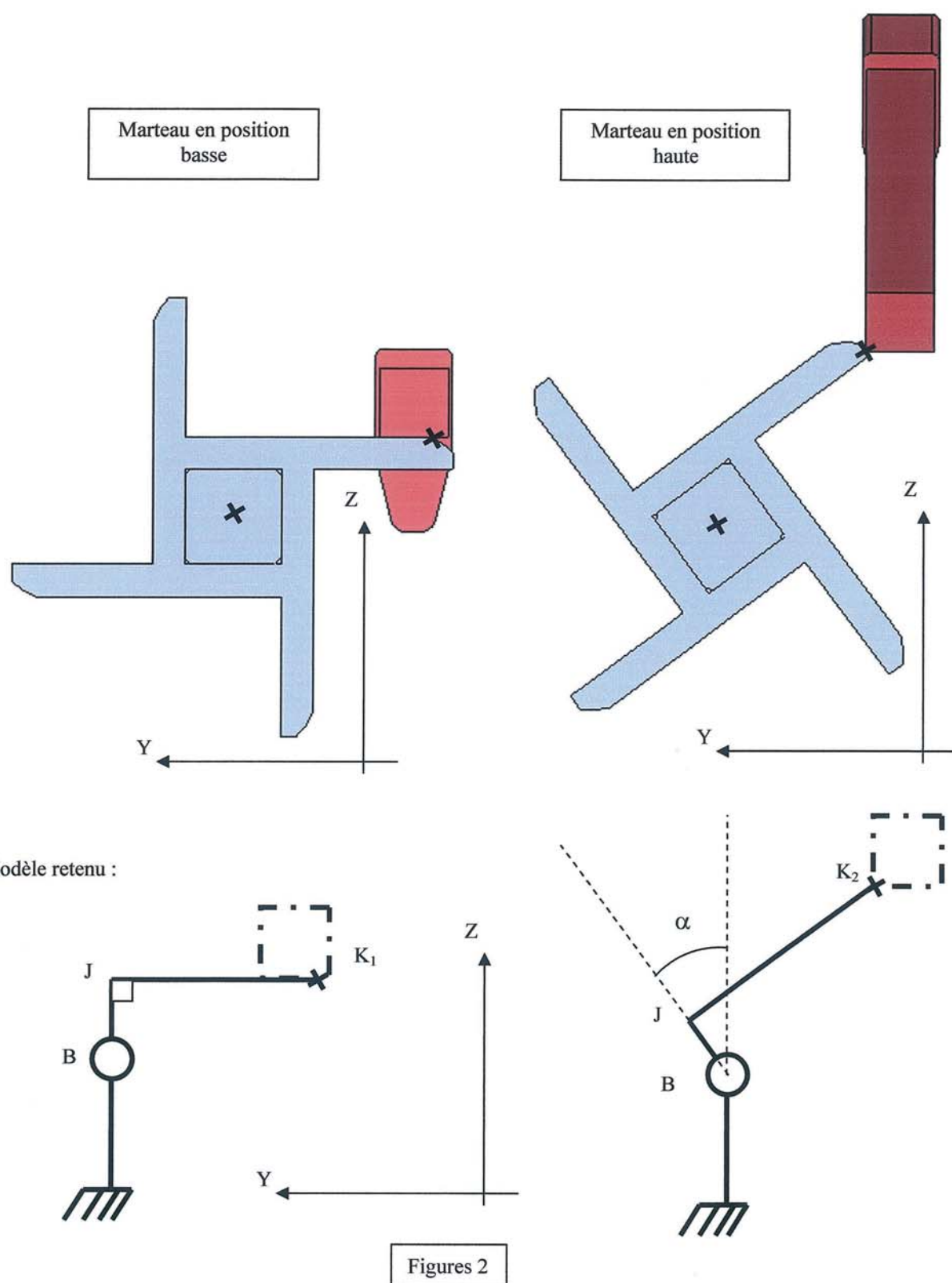
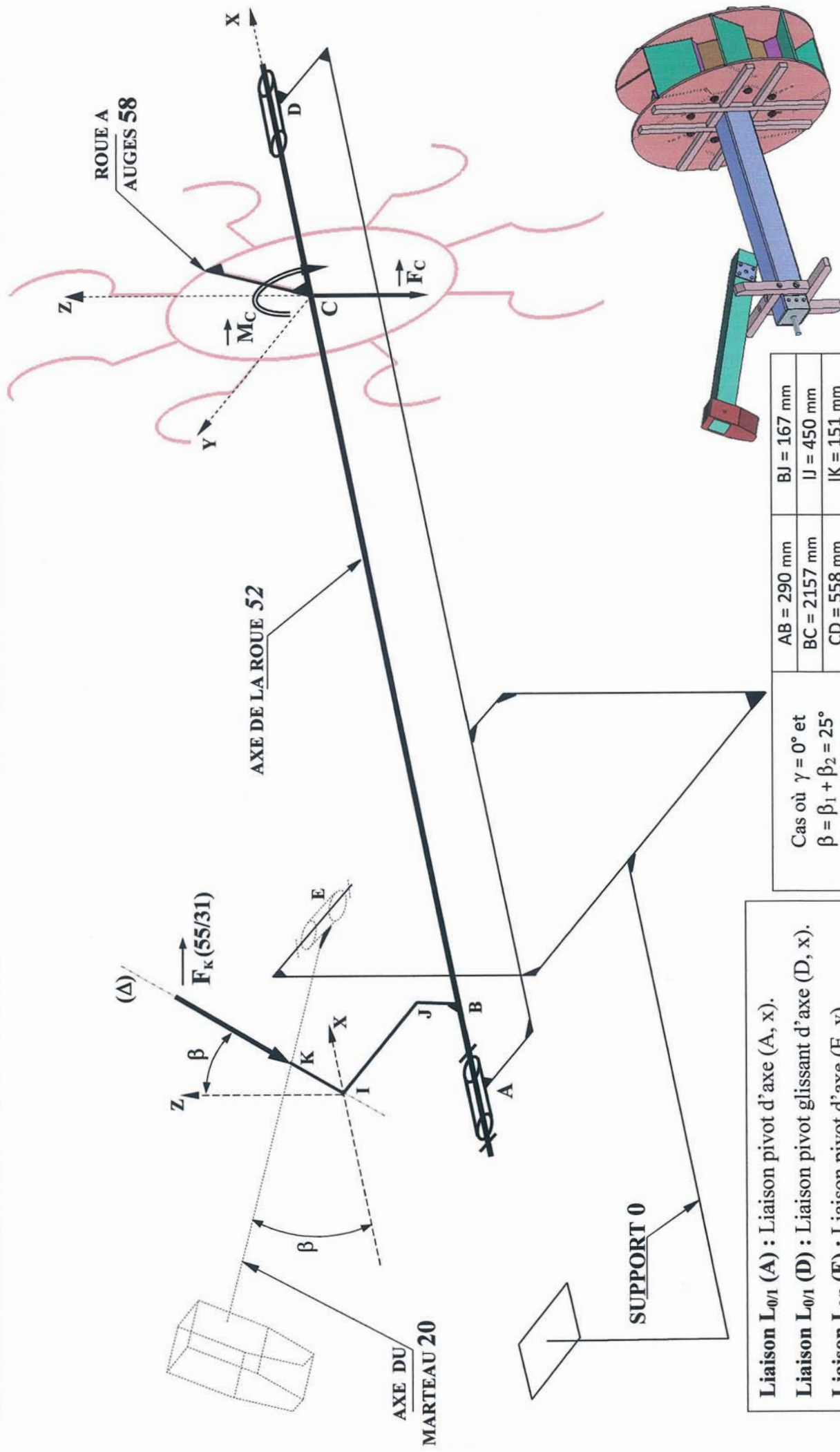


Figure 1



Hypothèse : On considérera que le point K a un déplacement dans le plan (X,Y) uniquement , il occupe les positions extrêmes K_1 et K_2



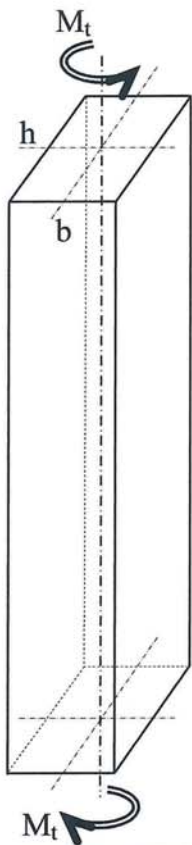
Liaison $L_{0/1}$ (A) : Liaison pivot d'axe (A, x).

Liaison $L_{0/1}$ (D) : Liaison pivot glissant d'axe (D, x).

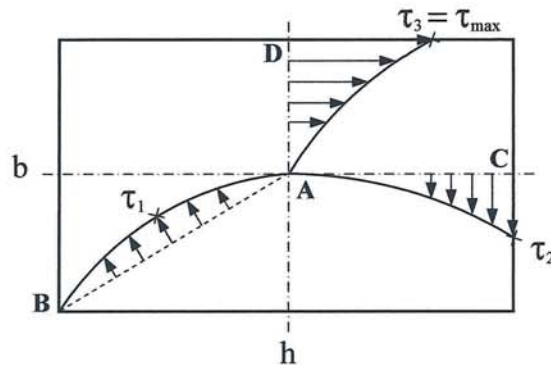
Liaison $L_{0/3}$ (E) : Liaison pivot d'axe (E, y).

Les points I, K et E sont situés dans le plan (I, x, z).

Les points A, B, J, C et D sont situés dans le plan (C, x, z).

**Figure 1 : POUTRE DE SECTION RECTANGULAIRE**

Répartition des contraintes tangentielles de torsion τ_1 , τ_2 et τ_3 suivant les directions AB, AC et AD :



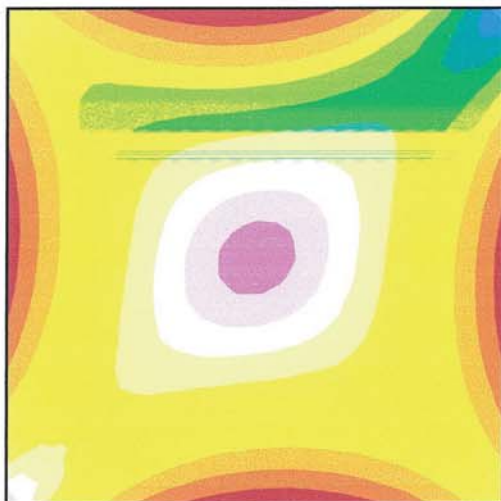
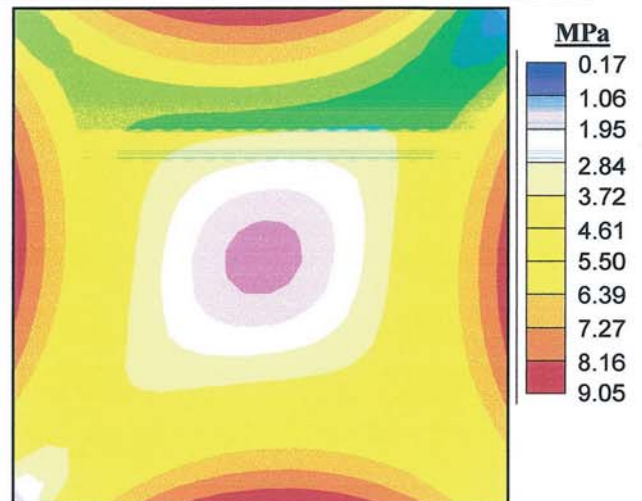
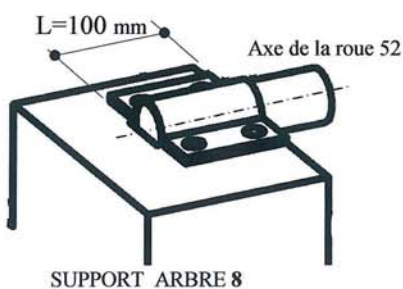
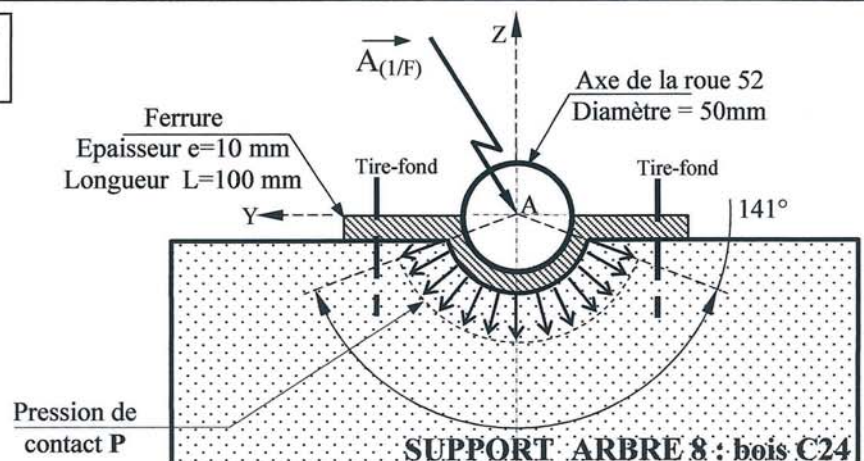
Détermination de la contrainte tangentielle de torsion maximum :

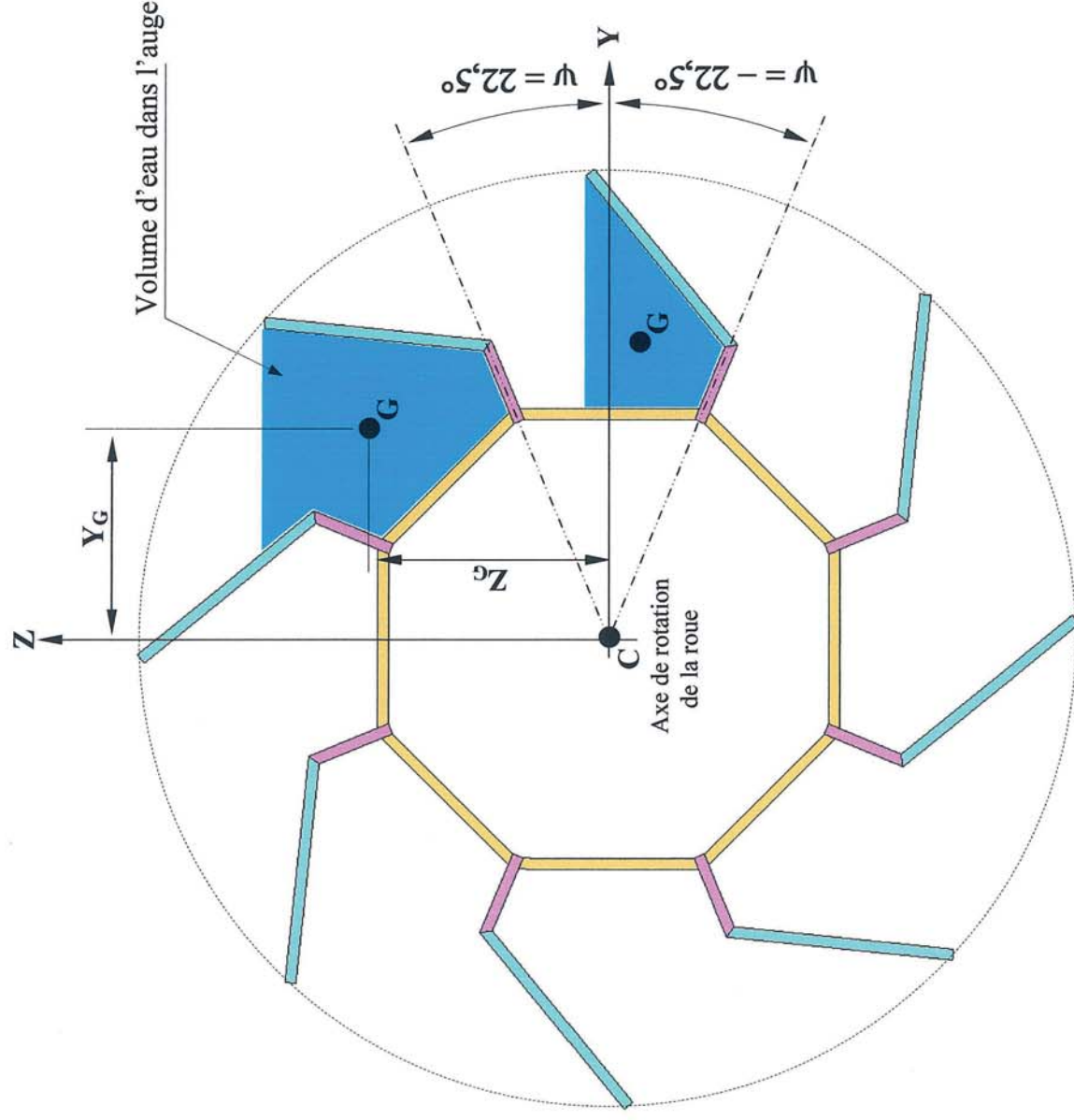
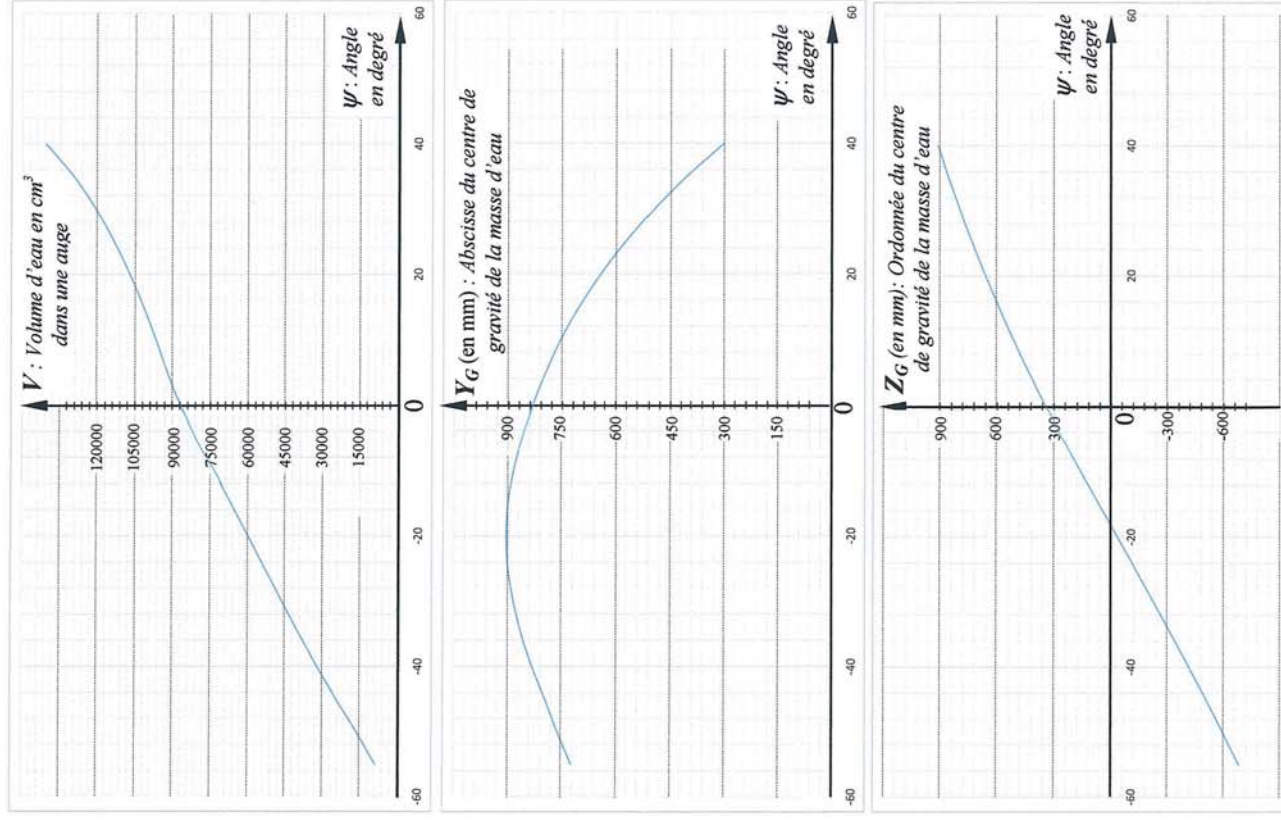
h/b	1	1,5	1,75	2	2,5	3
α	0,208	0,231	0,239	0,246	0,256	0,267

$$\tau_{\max} = \frac{M_t}{\alpha h b^2}$$

Figure 2 : Etude de l'arbre moteur 1 par éléments finis

Analyse des critères de plasticité de Tresca et de Von Mises sur la section la plus sollicitée de l'arbre 1

**Von Mises****Tresca****Figure 3 : PRESSION DE CONTACT
BOIS / METAL****SUPPORT ARBRE 8**



CONTRAINTES ADMISSIBLES DES BOIS DE CONSTRUCTION à 12% d'humidité									
Propriétés de résistance en N/mm ² ou en Mpa		Peuplier et résineux				Feuillus			
		C18	C24	C27	C30	D30	D35	D40	D50
Flexion	$\bar{\sigma}_f$	8	11	12	13,2	13,2	15,5	18	22,4
Traction axiale	$\bar{\sigma}$	5	6,5	7	8	8	9,4	10,8	13,5
Traction transversale	$\bar{\sigma}_t$	0,13	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Compression axiale	$\bar{\sigma}'$	8,5	9,5	10	10,5	10,5	11,5	12	13,2
Compression transversale	$\bar{\sigma}'_t$	2,1	2,3	2,5	2,5	3,5	3,7	4	4,3
Cisaillement	$\bar{\tau}$	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,7	2
Propriétés de rigidité en kN/mm ² ou 10 ³ Mpa									
Module d'élasticité axial	E	8	10	10,5	11	10	10	11	14
Module d'élasticité transversal	E _t	0,3	0,37	0,4	0,4	0,64	0,69	0,75	0,93
Module de cisaillement	G	0,5	0,6	0,65	0,7	0,60	0,65	0,70	0,88
Masse volumique en kg/m ³									
Masse volumique moyenne	ρ	380	420	450	460	640	670	700	780
Les contraintes admissibles ont été obtenues en divisant les résistances de ruptures (norme EN 338) par 2,225									

Pour les bois massifs, les contraintes admissibles en flexion sont données pour hauteurs de poutres de 15 cm. Pour des hauteurs de poutres différentes de 15 cm les

contraintes admissibles en flexion ($\bar{\sigma}_f$) sont à

multiplier par : $C = 2,49 \times h^{-0,334}$

- C : coefficient de hauteur en flexion
- h : hauteur de la section droite de la poutre en cm.

Les contraintes admissibles sont données pour une humidité du bois égale à 12%. Pour des humidités de bois différentes de 12%, les contraintes admissibles du tableau sont corrigées en les multipliant par :

- $C_H = 1,24 - 0,02 \times H$ en flexion et traction axiale
- $C_H = 1,48 - 0,04 \times H$ pour les autres sollicitations
- H : humidité d'utilisation du bois
- C_H : coefficient d'humidité en %

Le bois utilisé pour l'aire de jeu correspond à une classe de résistance mécanique D30.

Remarque :

Selon la direction de la force appliquée, la pression admissible (P_{adm}) sera égale soit à la contrainte admissible de compression axiale, soit à la contrainte admissible de compression transversale du bois.

I - Extrait des règles de calcul des charpentes en bois CB71 .

Pièces soumises à la flexion + traction axiale :

$$\text{Contrainte normale : } \frac{\bar{\sigma}_f}{\sigma} \times \frac{N}{A} + \frac{M_{f, \max i}}{C \cdot (I/v)} \leq C_h \cdot \bar{\sigma}_t$$

Pièces soumises à la flexion + compression axiale :

$$\text{Contrainte normale : } \frac{\bar{\sigma}_f}{\sigma} \times K \times \frac{N}{A} + \frac{M_{f, \max i}}{C \cdot (I/v)} \leq C_h \cdot \bar{\sigma}_c$$

$$\text{pour } \lambda \leq 37,5 \quad K = 1$$

$$\text{pour } 37,5 < \lambda \leq 75 \quad K = \frac{100}{145 - 1,20 \cdot \lambda}$$

$$\text{pour } 75 < \lambda \leq 120 \quad K = \frac{\lambda^2}{3100}$$

Pièces soumises à la traction transversale :

$$\text{Contrainte normale : } \frac{N}{A} \leq C_h \cdot \bar{\sigma}_t$$

Pièces soumises à la compression transversale :

$$\text{Contrainte normale : } \frac{N}{A} \leq C_h \cdot \bar{\sigma}_c$$

Contraintes tangentielles :

$$\tau_{\max i} \leq C_h \cdot \bar{\tau}$$

C_h : Coefficient d'humidité du bois

C : Coefficient de hauteur

A : aire de la section droite

$\bar{\sigma}_f$: Contrainte admissible en flexion

$\bar{\sigma}$: Contrainte admissible en traction axiale

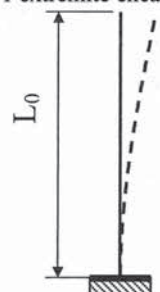
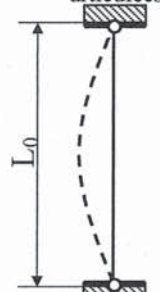
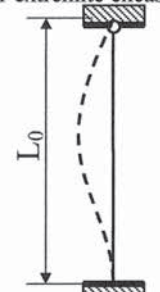
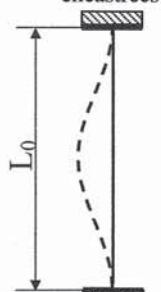
$\bar{\sigma}'$: Contrainte admissible en compression axiale

$\bar{\sigma}_t$: Contrainte admissible en compression transversale

$\bar{\sigma}_t$: Contrainte admissible en traction transversale

K : Coefficient de flambement

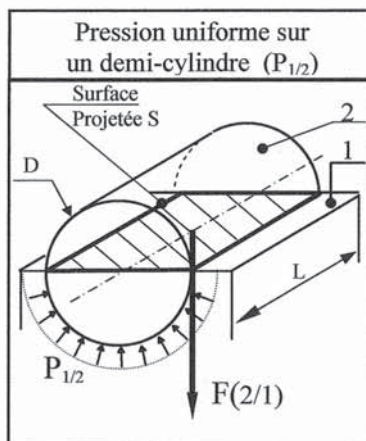
Longueurs de flambement.

1 extrémité libre 1 extrémité encastrée  Longueur de flambement $L_f = 2 L_0$	2 extrémités articulées  Longueur de flambement $L_f = L_0$	1 extrémité articulée 1 extrémité encastrée  Longueur de flambement $L_f = 0,8 L_0$	2 extrémités encastrées  Longueur de flambement $L_f = 0,65 L_0$
---	---	--	--

II - Formulaire RDM :

La pression uniforme $P_{1/2}$ est donnée par la relation :

$$P_{1/2} = \frac{\|\vec{F}_{2/1}\|}{D.L}$$



Assemblage par boulons et tire-fonds

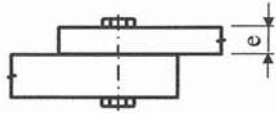
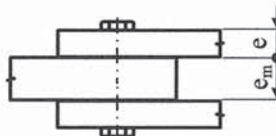
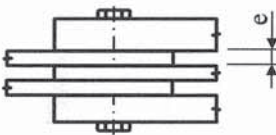
Lorsque des éléments de structure en bois sont assemblés par boulons et tire-fonds, on admet que la sécurité et la résistance de l'assemblage est assurée si les efforts appliqués par les organes d'assemblages sur le bois restent inférieurs aux efforts admissibles définis ci-dessous.

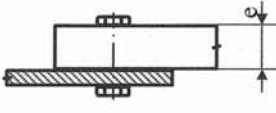
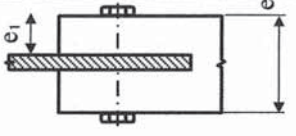
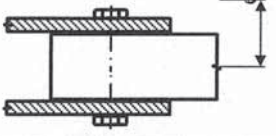
Les assemblages boulonnés.

- **Diamètres normalisés des boulons utilisés en charpente .**

12 mm , 14 mm , 16 mm , 18 mm , 20 mm , 22 mm , 24 mm et 27 mm

- **Efforts admissibles**

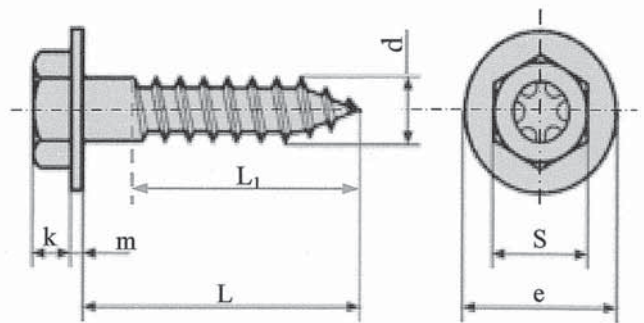
Efforts admissibles : Assemblages boulonnés bois-bois .				
	Modes de sollicitations	Efforts admissibles pour les résineux	Effort admissibles pour les feuillus	commentaires
Simple cisaillement		$\bar{F} = 800.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 1050.d.\sqrt{e}$	e : épaisseur la plus faible
Cisaillement double		$\bar{F} = 2000.d.\sqrt{e_m}$	$\bar{F} = 2600.d.\sqrt{e_m}$	e : épaisseur la plus faible e _m : épaisseur la pièce entre moises
Cisaillement multiple		$\bar{F} = 1600.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 2100.d.\sqrt{e}$	e : épaisseur de la pièce intérieure la plus mince
Unités : e en cm - d en cm - F en Newton				$e \leq 5.d$

Efforts admissibles : Assemblages boulonnés bois-acier .				
	Modes de sollicitations	Efforts admissibles pour les résineux	Effort admissibles pour les feuillus	commentaires
Simple cisaillement		$\bar{F} = 1000.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 1300.d.\sqrt{e}$	e : épaisseur pièce en bois $e \leq 5.d$
Cisaillement double (âme)		$\bar{F} = 2000.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 2600.d.\sqrt{e}$	$e \leq 8.d$ $e_1 \geq 30 \text{ mm}$
Cisaillement double (chape)		$\bar{F} = 2500.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 3250.d.\sqrt{e}$	$e \leq 10.d$
Unités : e en cm - d en cm - F en Newton				

Les assemblages par tire-fonds.

- **Caractéristiques des tire-fonds.**
- **Dimensions les plus couramment utilisées :**

L _{fileté} (L ₁)		Longueur sous tête en mm											
d (mm)	k (mm)	30	35	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160
6	4.0	18	21	24	30	36	43	47	50	53	60	67	
8	5.3	18	21	24	30	36	43	47	50	53	60	67	
10	6.4			24	30	36	43	47	50	53	60	67	73
12	7.5				30	36	43	47	50	53	60	67	73
14	8.8				30	36	43	47		53	60	67	73
16	10.0					36		47		53	60	67	73
20	12.5							47		53	60	67	73
L ₁ fileté		0.60 x L					0.33 x L + 20 (mm)						

**Tire-fond à tête hexagonale**

- **Conditions de pose .**
 - Il doit être vissé dans un avant trou de diamètre inférieur à 0,7 d.
 - La longueur minimum de l'assemblage doit être au minimum de 4.d
 - Les distances entre tire-fonds respectent les mêmes règles que celles des boulons.
 - Les réductions de charges sont identiques à celles des boulons.
- **Charges admissibles $\bar{T}$ en simple cisaillement en N.**
 - o **Liaison avec deux pièces en bois.**
Les relations suivantes sont données pour une longueur fileté vissée $L_V = 8.d$.
Si L_V est inférieur à 4.d on ne pourra reprendre aucun effort de cisaillement.
Pour des longueurs vissées intermédiaires entre 4.d et 8.d, on interpolera linéairement.

$$\bar{T} = 400.e.d \quad \begin{array}{l} e : \text{épaisseur de la pièce plus mince en cm.} \\ d : \text{diamètre du tire-fond en cm.} \end{array}$$

- o **Liaison avec une pièce en bois et une pièce métallique.**

$$\bar{T} = 800.d \sqrt{L_V} \quad \text{si } 4.d < L_V \leq 8.d$$

- **Charges admissibles $\bar{N}$ en traction ou à l'arrachement en N.**

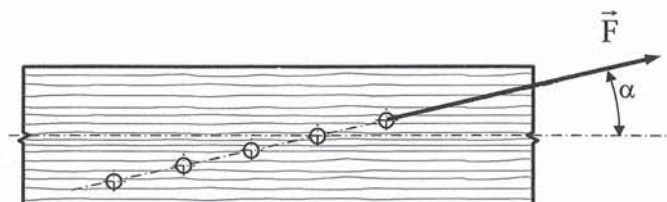
$$\bar{N} = 450.L_V.d \quad \begin{array}{l} d : \text{diamètre du tire-fond en cm} \\ L_V : \text{longueur fileté vissée dans le bois en cm} \end{array}$$

- **Effort quelconque :** Pour un effort quelconque, on doit vérifier la relation suivante : $\frac{T^2}{\bar{T}^2} + \frac{N^2}{\bar{N}^2} \leq 1$

Réduction des forces admissibles

La valeur des efforts admissibles des boulons et tire-fonds doit être réduite en fonction du nombre d'organes d'assemblage dans la direction de l'effort (K_n) et de la direction de la force par rapport au fil du bois (K_α).

Valeur de K_n :		Valeur K_α :	
$n \leq 4$	$K_n = 1$	$0 < \alpha \leq 30^\circ$	$K_\alpha = 1$
$4 < n \leq 8$	$K_n = 0,9$	$30 < \alpha \leq 60^\circ$	$K_\alpha = 0,9$
$8 < n$	$K_n = 0,8$	$60 < \alpha \leq 90^\circ$	$K_\alpha = 0,8$
$F_{\text{Réduit}} = \bar{F} \cdot k_n \cdot k_\alpha$			

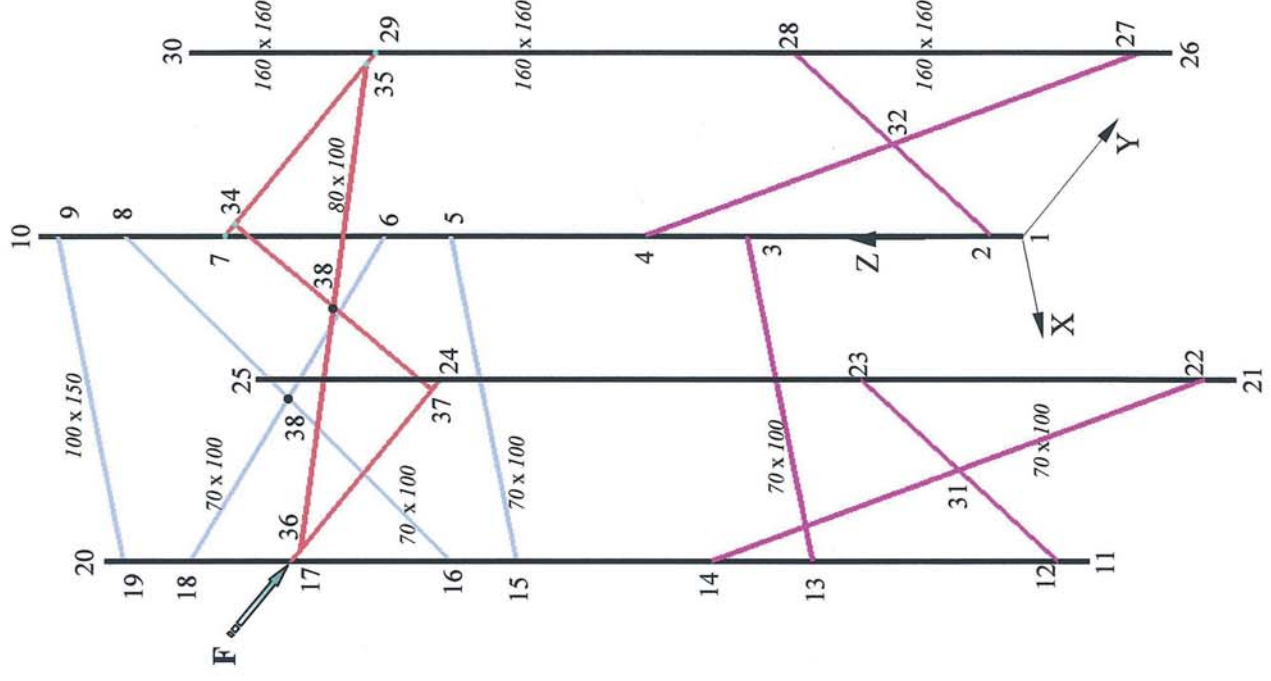


1 - Coordonnées des nœuds

Noeud	x	y	z	Noeud	x	y	z
1	0.000	0.000	0.000	2	0.000	0.000	0.085
3	0.000	0.000	0.750	4	0.000	0.000	1.026
5	0.000	0.000	1.550	6	0.000	0.000	1.730
7	0.000	0.000	2.160	8	0.000	0.000	2.430
9	0.000	0.000	2.610	10	0.000	0.000	2.660
11	0.900	0.000	0.000	12	0.900	0.000	0.085
13	0.900	0.000	0.750	14	0.900	0.000	1.026
15	0.900	0.000	1.550	16	0.900	0.000	1.730
17	0.900	0.000	2.160	18	0.900	0.000	2.430
19	0.900	0.000	2.610	20	0.900	0.000	2.660
21	0.900	1.010	0.000	22	0.900	1.010	0.085
23	0.900	1.010	1.026	24	0.900	1.010	2.160
25	0.900	1.010	2.660	26	0.000	1.010	0.000
27	0.000	1.010	0.085	28	0.000	1.010	1.026
29	0.000	1.010	2.160	30	0.000	1.010	2.660
31	0.900	0.505	0.556	32	0.000	0.505	0.556
33	0.450	0.000	2.080	34	0.000	0.063	2.160
35	0.000	0.948	2.160	36	0.900	0.063	2.160
37	0.900	0.948	2.160	38	0.450	0.505	2.160

2 - Définition des poutres

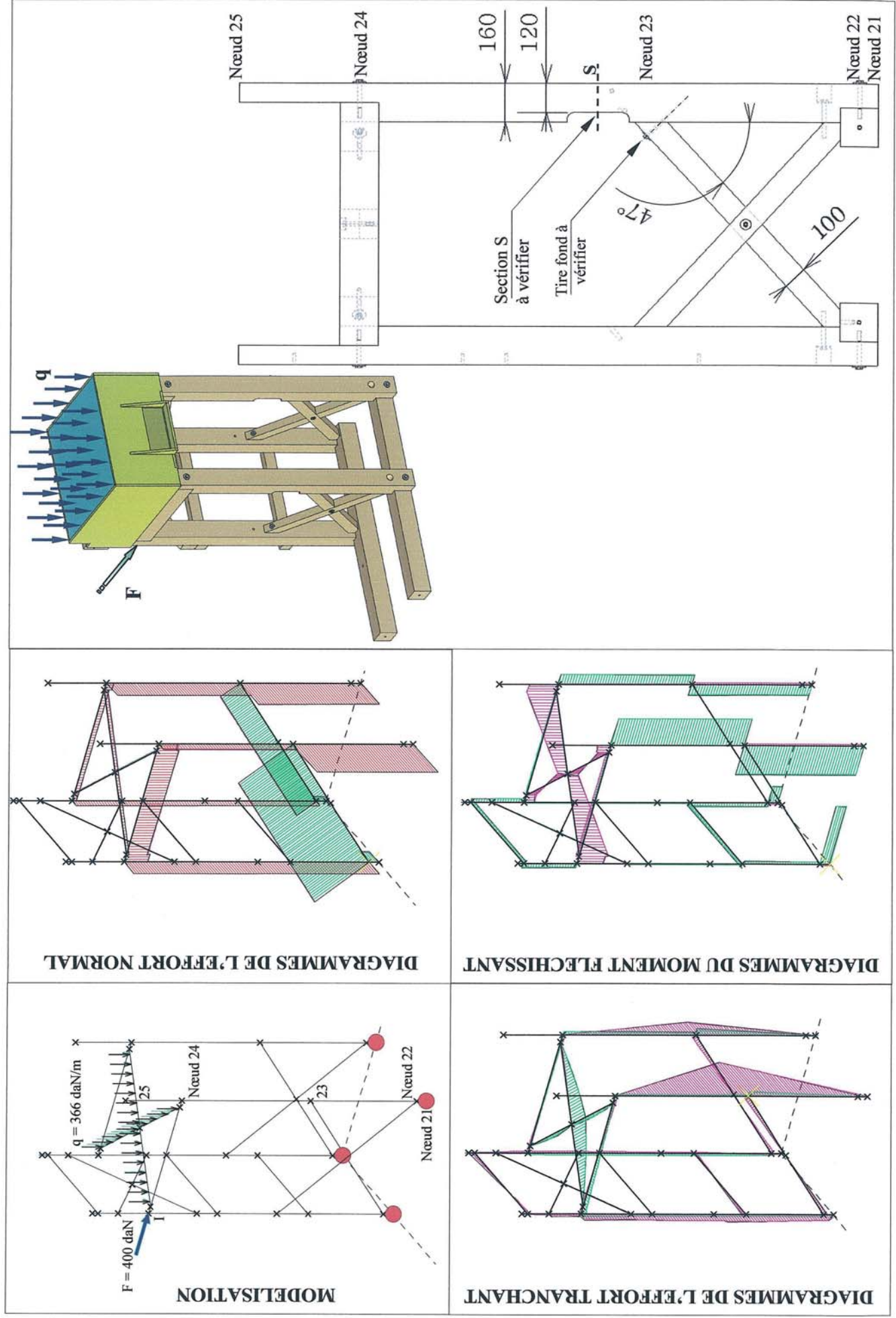
Poutre	Nœud origine	Nœud extrémité	Type d'extrémités
19	21	22	Rigide - Rigide
20	22	23	Rigide - Rigide
21	23	24	Rigide - Rigide
22	24	25	Rigide - Rigide
27	12	31	Pivot d'axe Z - Rigide
28	31	23	Rigide - Pivot d'axe Z
29	2	32	Pivot d'axe Z - Rigide
30	32	28	Rigide - Pivot d'axe Z
42	7	34	Pivot d'axe Z - Rigide
43	34	35	Rigide - Rigide
44	35	29	Rigide - Pivot d'axe Z
45	17	36	Pivot d'axe Z - Rigide



3 – Résultats du calcul par éléments finis

N : Effort normal [daN] T_y, T_z : Effort tranchant [daN] M_t : Moment de torsion [daN.m] M_{ry}, M_{rz} : Moment fléchissant [daN.m]

Elément	Origine Extrémité	N _{origine} N _{extrémité}	T _y origine T _y extrémité	T _z origine T _z extrémité	M _t origine M _t extrémité	M _{ry} origine M _{ry} extrémité	M _{rz} origine M _{rz} extrémité	T _y max	T _z max	M _{ry} max	M _{rz} max
1	1	101.5	-27.9	-187.9	0.0	0.0	0.0	27.9	187.9	16.1	2.4
19	2	101.5	-27.9	-187.9	0.0	-16.1	2.4				
	21	-754.1	25.8	340.1	-0.0	0.0	0.0	25.8	340.1	29.1	2.2
	22	-754.1	25.8	340.1	-0.0	29.1	-2.2				
20	22	-754.1	25.8	340.1	0.0	29.1	-2.2	25.8	340.1	349.1	26.5
	23	-754.1	25.8	340.1	0.0	349.1	-26.5				
21	23	-150.3	-0.7	-308.0	14.7	349.1	-9.4	0.7	308.0	349.1	9.4
	24	-150.3	-0.7	-308.0	14.7	0.0	-8.6				
22	24	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0				
27	12	885.7	-0.0	26.5	-2.5	-14.2	-0.0	0.0	26.5	14.2	0.0
	31	885.7	-0.0	26.5	-2.5	4.1	0.0				
28	31	885.7	0.0	26.5	-2.5	4.1	0.0	0.0	26.5	22.4	0.0
	23	885.7	0.0	26.5	-2.5	22.4	0.0				
29	2	325.4	0.0	26.9	-2.2	-14.0	-0.0	0.0	26.9	14.0	0.0
	32	325.4	0.0	26.9	-2.2	4.6	-0.0				
30	32	325.4	-0.0	26.9	-2.2	4.6	-0.0	0.0	26.9	23.1	0.0
	28	325.4	-0.0	26.9	-2.2	23.1	0.0				
42	36	-332.5	34.8	-25.6	-8.6	8.0	40.2	34.8	25.6	14.7	40.2
	37	-332.5	34.8	-25.6	-8.6	-14.7	9.4				
43	37	-308.0	150.3	-0.7	-8.6	-14.7	9.4	150.3	0.7	14.7	9.4
	24	-308.0	150.3	-0.7	-8.6	-14.7	0.0				
44	36	-44.4	-346.5	0.5	-13.3	1.2	-0.0	346.5	0.5	1.5	145.8
	38	-44.4	-115.5	0.5	-13.3	1.5	145.8				
45	38	-44.2	115.5	-13.0	-13.3	1.5	145.8	346.5	13.0	6.7	145.8
	35	-44.2	346.5	-13.0	-13.3	-6.7	0.0				



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

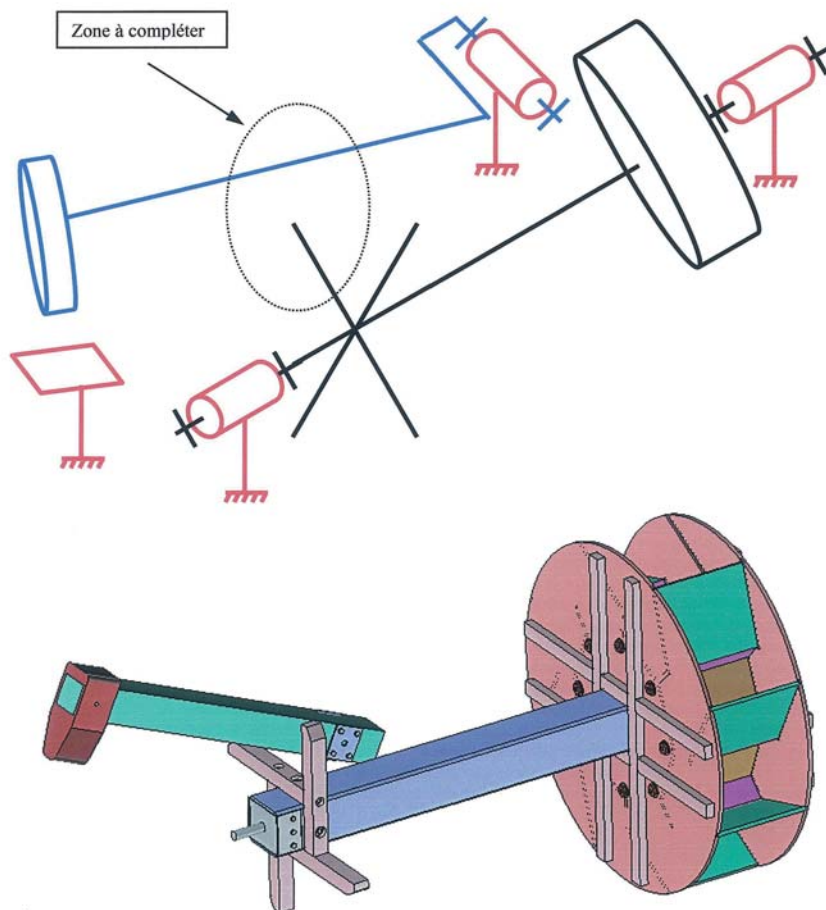
Prénoms : _____ N° du candidat _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EFE GIB 1

Drep1 : Schéma cinématique à compléter

Page 1 sur 1



E