

SESSION DE 2008

---

**CA/PLP**  
**CONCOURS EXTERNE ET CAFEP**

**Section : GENIE INDUSTRIEL**

Option : BOIS

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 heures

---

Calculatrice électronique de poche, y compris 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.

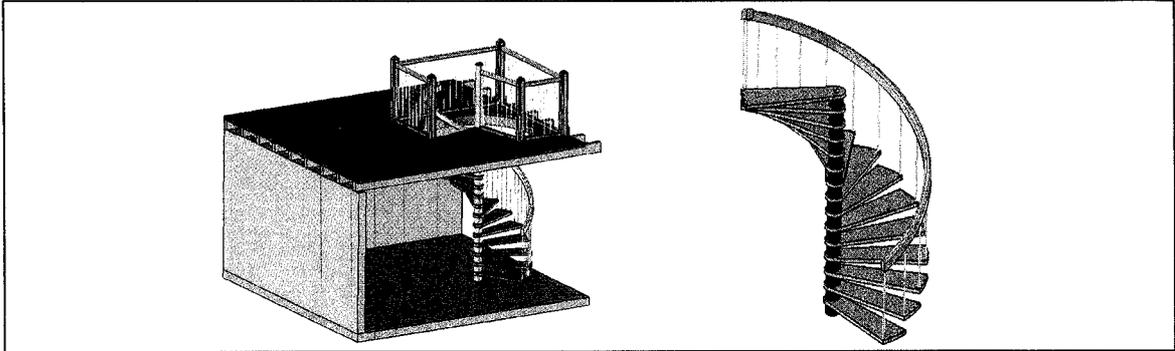
*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*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.**

**Tournez la page S.V.P.**

# ESCALIER HELICOIDAL



## DOCUMENTS REMIS AU CANDIDAT :

- Texte de l'épreuve : 7 pages
- Dossier documents techniques : 7 pages
- Dossier documents ressources : 12 pages
- Dossier documents réponses : 1 page

## DOCUMENTS A RENDRE PAR LE CANDIDAT :

Feuilles de copies bien paginées et réponses numérotées correctement.  
Document réponse.

## Texte de l'épreuve

### **Objectif de l'étude :**

Le thème d'étude portera sur un escalier hélicoïdal présenté sur le document technique DT1-DT2-DT3.

Le 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.

### **Présentation de l'étude de l'escalier hélicoïdal :**

Situé dans une habitation, l'escalier hélicoïdal permet le passage d'un niveau à un autre en garantissant un gain de place.

L'ouvrage est constitué d'un noyau central sur lequel viennent se fixer les marches en porte à faux. A l'étage, un garde corps permet la mise en sécurité des utilisateurs vis à vis de l'ouverture de la trémie.

### **Hypothèses de travail :**

L'essence utilisée est du chêne (bagues, marches, main courante et garde corps).

Le chêne utilisé sera conforme à la norme EN338, correspondant à la classe de résistance D40 à 12% d'humidité.

Les balustres sont en acier inoxydable ainsi que les ferrures d'assemblage.

On supposera la charge équivalente à un utilisateur suivant le document ressource DR1

Les vérifications des éléments de la structure et des organes d'assemblages seront menées conformément aux règles de calcul des constructions en bois (DTU CB71).

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

Toutes les liaisons sont supposées parfaites.

## Travail à réaliser par le candidat

### I. MODELISATION, ETUDE GENERALE:

1) Modélisation d'un sous ensemble : (DT1-DT2-DT3)

A partir des documents techniques, proposer une schématisation normalisée des liaisons suivantes : liaison bagues/marche, liaison balustre/marche, liaison balustre / main courante  
Justifier la liaison proposée et effectuer une représentation à main levée sur feuille de copie (représentation des liaisons sur 1 marche)

Calculer le degré d'hyperstatisme du modèle proposé, détailler la démarche employée.

2) A partir des documents fournis DR1 et DT1, déterminer la hauteur de marche ainsi que le nombre de marches de l'escalier hélicoïdal. On donne : module  $G + 2H = 640$  mm et un recouvrement de 30 cm.

*Pour les questions suivantes (questions 3 et 4), on prendra un taux de perte matière de 40%*

3) A partir des documents DT6 et DR1, et afin de déterminer le volume de bois nécessaire pour la réalisation de la main courante, déterminer la longueur totale de la ligne moyenne

$$\text{on donne pour une hélice } L = \sqrt{\pi^2 \cdot n^2 \cdot d^2 + h^2}$$

avec n : nombre de tours, d : diamètre , h : hauteur

Sachant que la section de la main courante a une aire de :  $S = 7600 \text{ mm}^2$ , calculer le volume de bois nécessaire en  $\text{m}^3$ .

4) On donne le volume d'une marche  $V_{\text{marche}} = 10921,9 \text{ cm}^3$  et les données géométriques des bagues (DT 7). Déterminer le volume total de bois nécessaire pour la réalisation de l'escalier. Quelle est la masse totale de bois nécessaire pour l'ouvrage ?

### II. ETUDE DU NOYAU CENTRAL

**Objectif :** étudier la compression de l'ensemble du noyau central pour le dimensionnement des éléments et la détermination de la précontrainte du tube de serrage.

**Nous étudierons successivement l'influence de la variation d'humidité , l'influence du poids propre des éléments ainsi que le tassement au cours du temps de l'ouvrage.**

1) Étude de compression d'une bague :

A partir de la longueur initiale de la bague  $L_0$  (à relever sur le document technique), du module d'Young E et de la section S (à calculer), donner l'expression de la variation de longueur  $\Delta l_{\text{bague}}$  en fonction de l'effort F appliqué sur la bague.

Remarque : le résultat sera donné sous la forme  $\Delta l_{\text{bague}} = \lambda \cdot F$  (où  $\lambda$  est une constante à déterminer numériquement)

2) Influence de la variabilité de la hauteur de l'escalier en fonction d'une variation d'humidité relative du bois :

A partir des caractéristiques du bois utilisé (DR2) et des données géométriques des éléments constituant l'escalier, déterminer la variation de hauteur  $\Delta l_{\text{total\_H\%}}$  sur la dernière marche pour une variation d'humidité de 1%.

3) Influence du poids propre de l'ensemble sur la compression des éléments :

En considérant que chacun des éléments situés au niveau  $i$  est soumis au poids propre des éléments situés au niveau  $i+1$  et suivant, nous proposons de quantifier le tassement de l'escalier sous le seul effet de la pesanteur. La numérotation des éléments constitutifs de l'escalier sont sur le document DT6, la géométrie des éléments est définie sur le DT7.

3.1 Calculer la masse d'une bague

3.2 Donner la masse d'une marche

3.3 En isolant une marche, déterminer l'action mécanique d'une marche au niveau du noyau. On exprimera cette action mécanique sous la forme d'un torseur au point C centre de la liaison entre la bague et la marche. On fera l'hypothèse d'une action négligeable au niveau du balustre, voir document technique DR3.

3.4 En supposant l'ensemble soumis à son propre poids (sans action de l'utilisateur), et par isolement successifs déterminer l'ensemble des déformation  $\Delta l_i$  des bagues et des marches. En déduire le tassement total  $\Delta l_{\text{total\_pesanteur}}$ , donner l'expression littérale puis effectuer l'application numérique.

4) Que peut-on dire de l'influence des deux facteurs précédents (questions 2 et 3).

5) Influence du tassement au cours du temps :

On évalue expérimentalement pour l'essence de l'escalier un tassement de 4 cm sur 3 ans pour 3 mètres. En prenant en compte un modèle linéaire, évaluer le tassement  $\Delta l_{\text{total\_temps}}$  sur 1 an pour l'ouvrage étudié.

Représenter les 3 facteurs ( $\Delta l_{\text{total\_H\%}}$ ,  $\Delta l_{\text{total\_pesanteur}}$  et  $\Delta l_{\text{total\_temps}}$ ) sur un même graphique montrant l'évolution de  $\Delta l$  en fonction du temps (temps  $t$  varie de 0 à 1 an).

6) Etude du tube de précontrainte : afin de maintenir le montage du noyau central et de garantir le contact entre éléments, on installe une précontrainte  $F$  à l'aide d'un tube taraudé et d'une tige filetée (voir DT2).

6.1 En fonction de la position de l'utilisateur sur les différentes marches et de son influence sur l'action mécanique exercée sur le noyau (voir question 3), déterminer pour le cas le plus défavorable, à préciser, l'action de la précontrainte  $F_{\text{mini}}$ . On fera l'hypothèse qu'un seul utilisateur se trouve sur l'ouvrage et que l'effort de précontrainte est prépondérant vis à vis de la pesanteur.

6.2 A partir de la modélisation proposée sur le document ressource DR3, exprimer la raideur équivalente d'un élément en fonction du module d'Young  $E$ , de sa section  $S$ , et de sa longueur initiale  $L_0$ .

6.3 Déterminer le déplacement de l'écrou  $\Delta l_{\text{écrou}}$  en fonction de  $F$  pour installer la précontrainte. Expression littérale demandée.

6.4 Application Numérique : Calculer  $\Delta l_{\text{écrou}}$  à partir de  $F_{\text{mini}}$  déterminé en 6.1 et en tenant compte des questions 4 et 5. On donne  $E_1 = 20\ 000\ \text{Mpa}$  et  $E_2 = 200\ 000\ \text{MPa}$  (voir DR3)

6.5 On donne la résistance limite élastique de l'acier  $R_e = 240 \text{ Mpa}$  ; calculer la valeur de l'épaisseur du tube (diamètre extérieur = 50 mm) satisfaisant la condition de résistance.

6.6 Représenter une solution constructive sous forme de croquis à main levée permettant l'application de la précontrainte sur le noyau central.

### III. DIMENSIONNEMENT D'UN BALUSTRE

**Objectif :** Etudier la déformation en bout de marche pour la vérification de la section d'un balustre.

- 1) Déterminer la position de l'application de l'action mécanique de l'utilisateur sur une marche , déterminer la valeur de  $L$  représentée sur le document ressource DR4. On prendra une longueur de marche  $a = 940 \text{ mm}$
- 2) A partir de la modélisation plane proposée sur le document DR4, déterminer la flèche en bout de marche au point A. On fera l'hypothèse d'une section de marche rectangulaire. On donne la largeur moyenne de la marche  $l_m = 260 \text{ mm}$ .
- 3) Déterminer l'effort à l'emplacement du balustre qu'il faut ajouter pour obtenir une flèche nulle au niveau de la marche. Justifier votre méthode de résolution.
- 4) Les caractéristiques mécaniques du balustre sont: acier  $R_e=240 \text{ Mpa}$ ,  $E=200000 \text{ Mpa}$ , forme du balustre : cylindrique. Le diamètre du balustre est de 16 mm, vérifier cette section par le calcul aux contraintes normales, discuter ce résultat.

### IV. ETUDE DU GARDE-CORPS

La partie 4 concerne la vérification des résistances de divers éléments du garde corps. Les vérifications porteront sur :

- la résistance en flexion d'une main courante et d'un montant du garde-corps,
- la résistance de l'assemblage par tire-fond d'un montant du garde corps,
- l'entre axe des balustres du garde-corps.

Le bois utilisé pour le garde-corps est du chêne de classe de résistance D40, à 12 % d'humidité.

*L'étude simplifiée proposée pour l'étude du garde-corps ne tient pas compte de la résistance des balustres. Pour satisfaire cette hypothèse, les modèles et charges proposées ne sont pas ceux de la norme NF-P 01 013 (essais statiques sur garde-corps).*

Le candidat peut s'appuyer, pour mener cette étude, sur les documents ressources et formules contenus dans ce dossier.

1) Etude de la main courante (29) :

La main courante (29) est repérée sur le document technique DT3.

Elle est sollicitée par une force horizontale accidentelle  $F_1 = 1300 \text{ N}$  localisée au milieu.

Les balustres et les perçages de la main courante ne sont pas pris en compte pour cette étude.

Le modèle d'étude de la main courante est celui du document ressource DR5, Figure 1.

- 1.1 Déterminer les actions de liaison des montants (34) et (35) sur la main courante (29).
- 1.2 Donner les équations de l'effort tranchant  $V_y(x)$  et du moment fléchissant  $M_{fz}(x)$ .
- 1.3 Tracer les diagrammes de l'effort tranchant  $V_y(x)$  et du moment fléchissant  $M_{fz}(x)$ .
- 1.4 Vérifier la résistance de la main courante (29) aux contraintes normales et tangentielle.

## 2) Etude du montant (36) :

Le montant (36) est isolé de la main courante et des balustres. La résistance de ceux-ci est supposée négligeable.

Le montant (36) étudié est soumis à une force  $F_2 = 500$  N située à 1035 mm du sol (documents techniques DT3 et DT4).

L'intensité de la force  $F_2$  appliquée au montant a été minorée pour tenir compte des hypothèses simplificatrices.

Le modèle d'étude du montant est celui d'un poteau libre à son extrémité supérieure et encasté au plancher à son extrémité inférieure.

- 2.1 Sur le document réponse Drep1, proposer une solution d'assemblage des montants avec la main courante et la lisse basse.
- 2.2 A partir de la solution proposée, définissez les jeux nécessaires au montage des balustres, de la main courante, de la lisse basse et du montant en mettant en place les chaînes de cotes nécessaires sur le document réponse Drep1.

*Les tolérances des cotes ne sont pas définies dans ce dossier, il n'est donc pas demandé de calcul pour les chaînes de cotes tracées.*

- 2.3 Tracer le diagramme de l'effort tranchant  $V_y(x)$  et du moment fléchissant  $M_{fz}(x)$  le long du montant
- 2.4 Vérifier la résistance du montant (36) à la contrainte normale de flexion et au cisaillement longitudinal.  
Le modèle simplifié d'étude du montant est-il acceptable ?
- 2.5 Déterminer les caractéristiques du tire-fond pour assurer la résistance de liaison montant, parquet, chevêtre (document technique DT4).

Le tire-fond est soumis à un effort normal  $N = 2000$  N.

L'effort tranchant  $V$  est repris par une équerre qui ne fait partie de l'étude dans ce dossier.

**Tournez la page S.V.P.**

### 3) Entre axe des balustres :

Le document ressource DR1 donne un extrait de la norme NF P01 012, cet extrait fixe l'espacement maximum entre balustres  $f_{ad} = 11$  cm.

Afin de tenir compte de cette condition d'espacement à la conception, on se propose de déterminer une relation entre la condition d'espacement  $f_{ad}$  et certains paramètres géométriques et mécaniques des balustres.

Pour établir cette relation, nous vérifions que la cale du document technique DT4 ne passe pas à travers les balustres sous l'action d'une force  $F_3$  .

Cette étude portera sur 2 modèles de balustres :

- Balustres de section rectangulaires.
- Balustres de section circulaire.

Les contacts de la cale avec les balustres est supposé parfait et sans frottement.

Les liaisons des balustres avec la main courante (30) sont des encastremets de centres A et B.

Les liaisons des balustres avec la lisse basse (25) sont des encastremets de centres C et D.

#### 3.1 Balustres de section rectangulaires :

Le modèle d'étude est celui du document ressource DR5, Figure 2-B

La section droite des balustres est rectangulaire.

La hauteur  $H$  de la section droite est le double de sa largeur  $B$  :  $H = 2xB$

Sous l'action de la force  $F_3$ , la cale exerce une action mécanique sur les balustres.

Enumérez les contraintes normales et tangentielles auxquelles sont soumis les balustres. Justifiez chaque proposition de contrainte.

#### 3.2 Balustres de section circulaire :

Le modèle d'étude du document ressource DR5, Figure 2-C

Le calcul sera mené sous forme littérale en fonction :

- de la force  $F_3$ ,
- de l'angle  $\alpha$  de la cale,
- du diamètre  $d$  des balustres,
- de la longueur  $L$  des balustres,
- l'espacement maximum  $f_{ad}$  (11 cm)
- entre axe des balustres  $x$ ,
- module d'élasticité longitudinal des balustres  $E$ .

a – Déterminer la flèche  $f_1$ , d'un balustre cylindrique sous l'action de la cale.

b- En déduire les flèches  $f_{1y}$  et  $f_{1z}$ .

c- Etablir la relation qui permet de vérifier « le non passage » de la cale à travers les balustres.

N.B : Aucune application numérique n'est demandée pour l'étude des balustres.

## V. ETUDE DE LA TRÉMIE CYLINDRIQUE

L'étude de la trémie concerne la détermination des efforts intérieurs de cohésion

La trémie (10) étudiée est celle du document technique DT3.

Seul le tronçon de la trémie représenté sur le document technique DT5 est concerné par l'étude. Ce tronçon est considéré encasté à ces extrémités A et C.

Pour des raisons de symétrie l'étude peut se limiter au tronçon AB, comme le montre la Figure 3 du document ressource DR5.

Nous considérons dans cette étude le cas où une charge  $P$  de 2000 N s'applique sur la trémie. Le poids propre des éléments est négligeable.

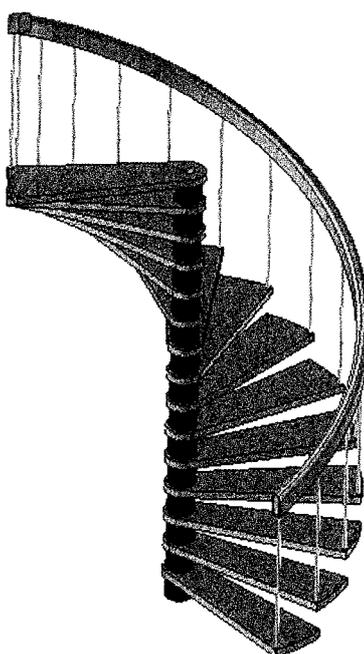
- 1) Déterminer l'action de liaison en A exercée par la solive sur la trémie.
- 2) Déterminer le torseur associé aux efforts intérieurs de cohésion sur la trémie.

On donne dans le repère  $R_0$  :

$$\vec{R}(\text{solive/trémie}) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1000 \end{pmatrix}_{R_0} \quad \vec{M}_A(\text{solive/trémie}) = \begin{pmatrix} 320 \\ 0 \\ 390 \end{pmatrix}_{R_0} \quad \text{Unités en N et N.m}$$

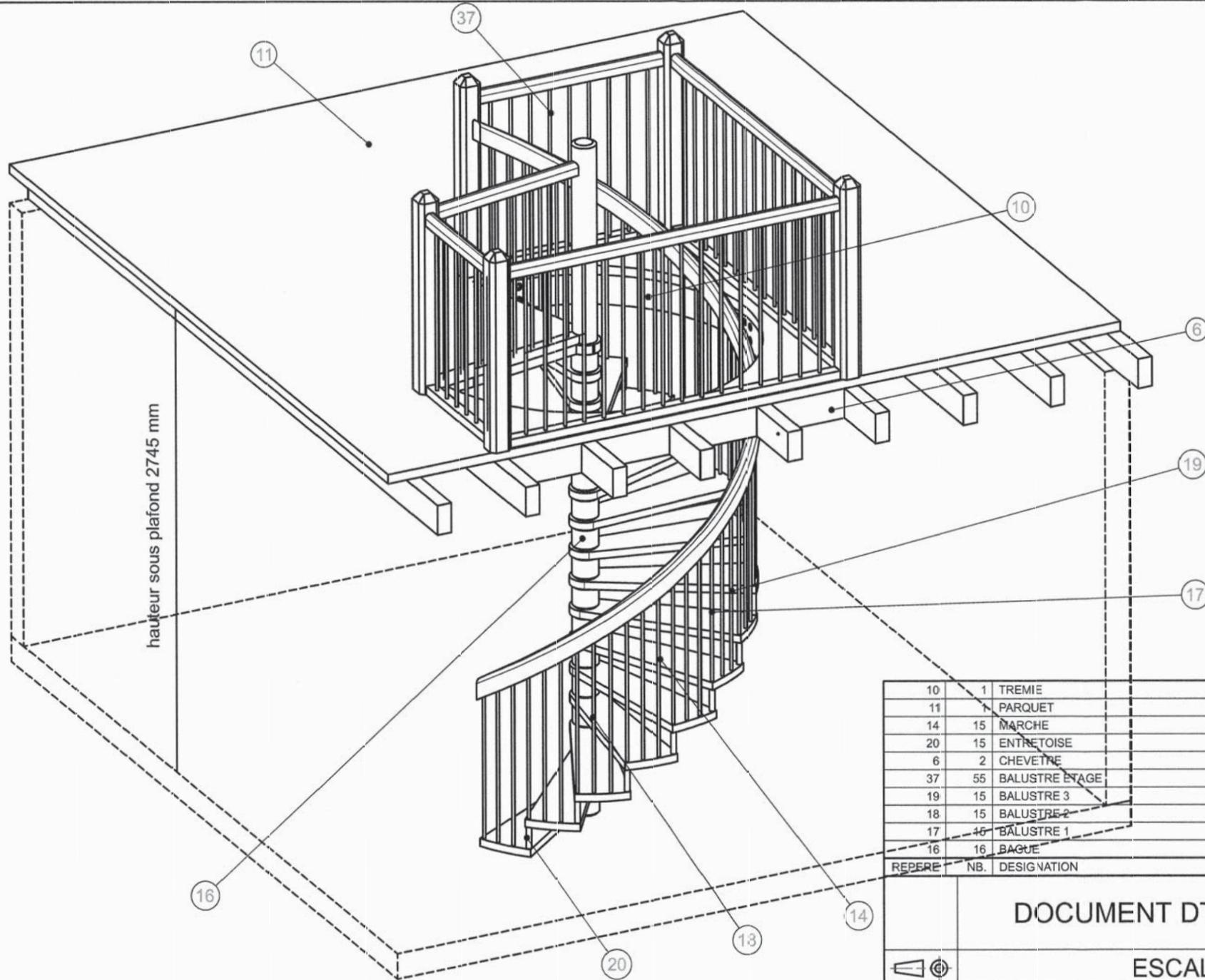
- 3) Tracer les diagrammes des efforts de cohésion ( $N(\theta)$ ,  $V(\theta)$ ,  $M_f(\theta)$ ,  $M_t(\theta)$ ).

# DOSSIER TECHNIQUE



## Contenu du dossier :

- DT1 : Escalier vue d'ensemble
- DT2 : Détail escalier
- DT3 : Détail plancher
- DT4 : Vérification du garde corps
- DT5 : Vue trémie
- DT6 : Eléments constitutifs, escalier
- DT7 : Données géométriques, bagues et marches



hauteur sous plafond 2745 mm

10	1	TREMIE	sapin	-
11	1	PARQUET	chêne	-
14	15	MARCHE	chêne	-
20	15	ENTRETOISE	chêne	-
6	2	CHEVETRE	sapin	-
37	55	BALUSTRE ETAGE	acier inoxydable	-
19	15	BALUSTRE 3	acier inoxydable	-
18	15	BALUSTRE 2	acier inoxydable	-
17	45	BALUSTRE 1	acier inoxydable	-
16	16	BAGUE	chêne	-
REPERE	NB.	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS

DOCUMENT DT1

CONCOURS EXTERNE

CA PLP GIB

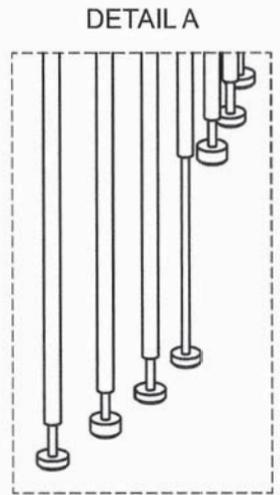
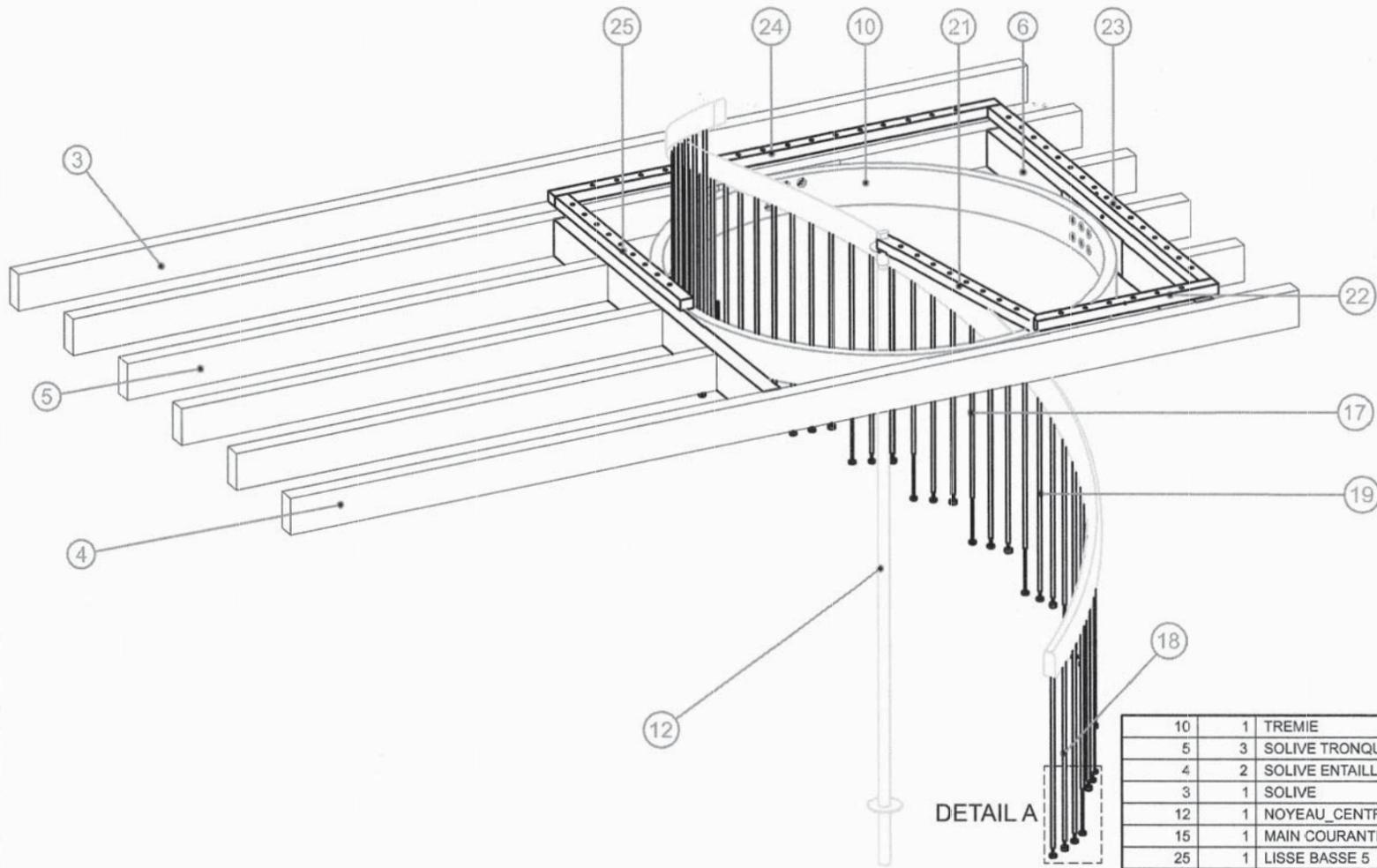
SESSION 2008



ESCALIER

A3

VUE DE L'ENSEMBLE

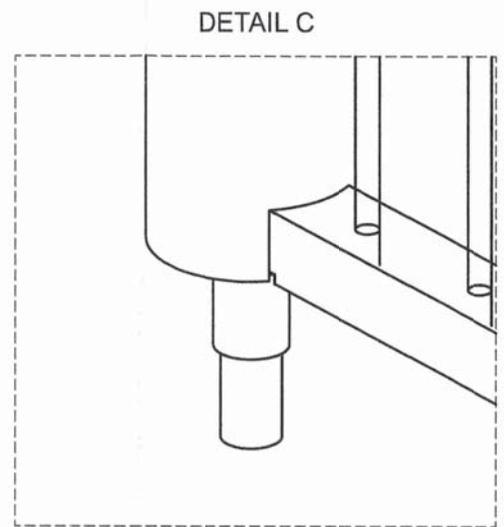
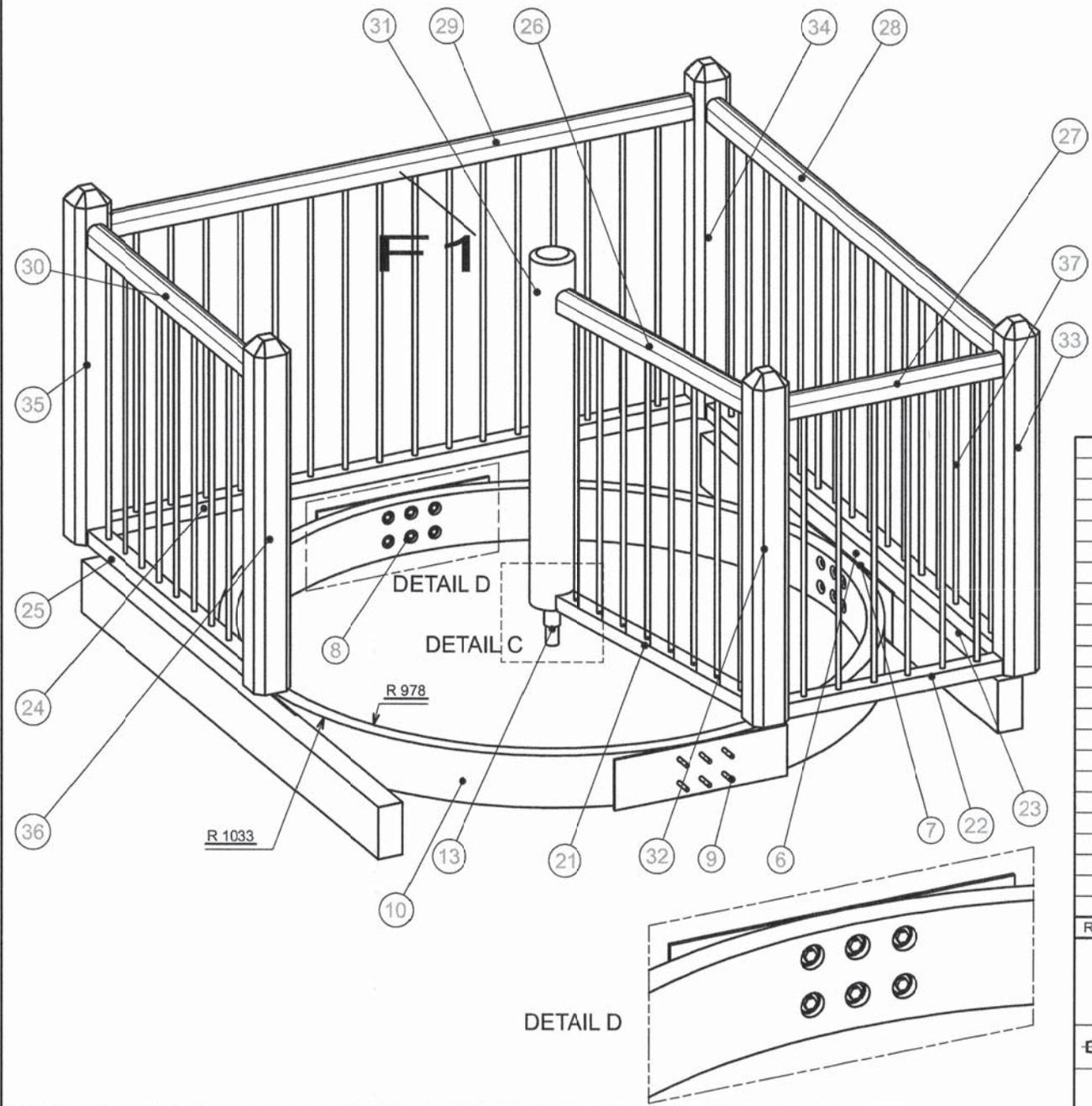


10	1	TREMIE	sapin	-
5	3	SOLIVE TRONQUEE	sapin	-
4	2	SOLIVE ENTAILLEE	sapin	-
3	1	SOLIVE	sapin	-
12	1	NOYEAU_CENTRAL	acier	-
15	1	MAIN COURANTE	chêne	-
25	1	LISSE BASSE 5	chêne	-
24	1	LISSE BASSE 4	chêne	-
23	1	LISSE BASSE 3	chêne	-
22	1	LISSE BASSE 2	chêne	-
21	1	LISSE BASSE 1	chêne	-
6	2	CHEVETRE	sapin	-
19	15	BALUSTRE 3	acier inoxydable	-
18	15	BALUSTRE 2	acier inoxydable	-
17	15	BALUSTRE 1	acier inoxydable	-

REPERE	NB.	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS
--------	-----	-------------	---------	--------------

	<b>DOCUMENT DT2</b>		CONCOURS EXTERNE	
			CA PLP GIB	
			SESSION 2008	

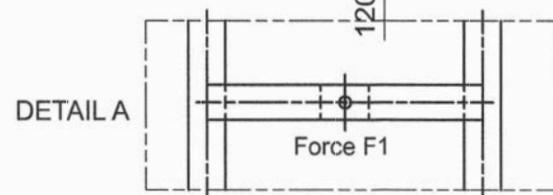
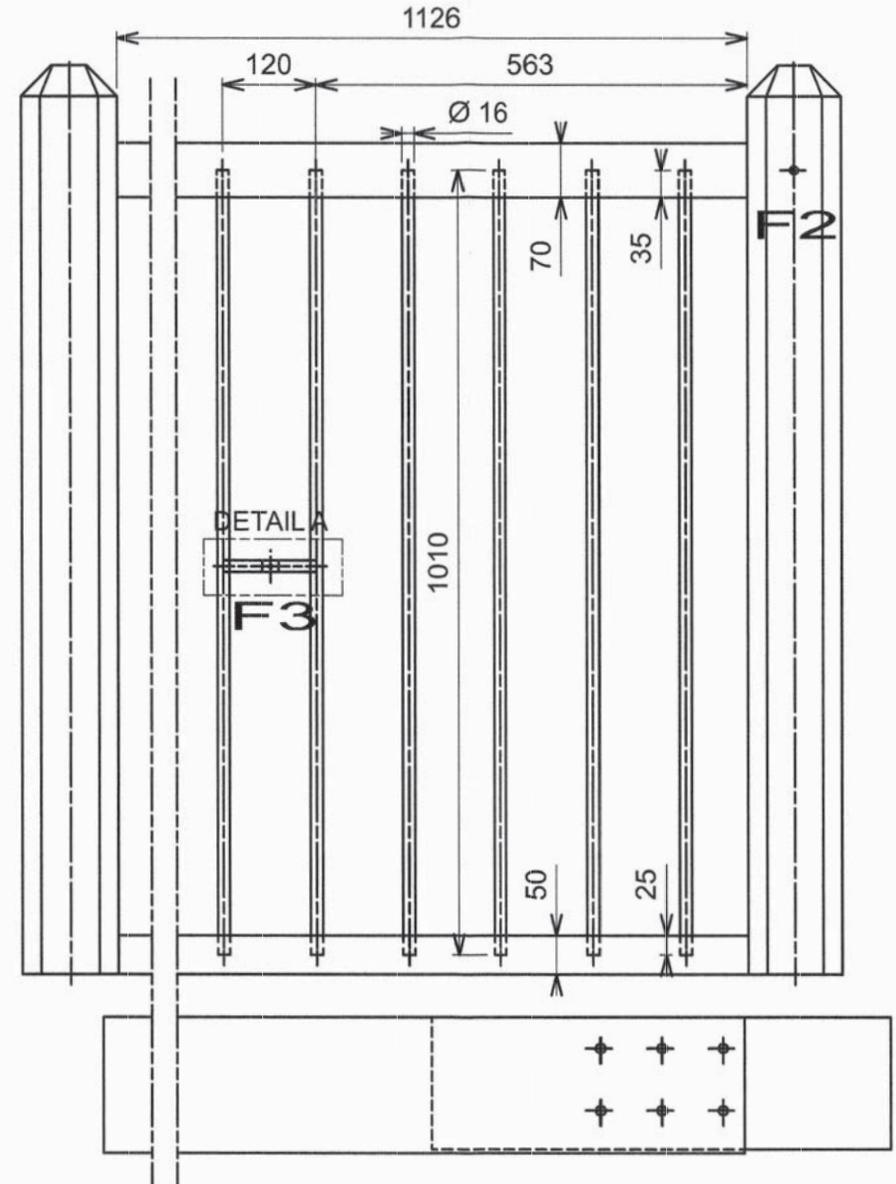
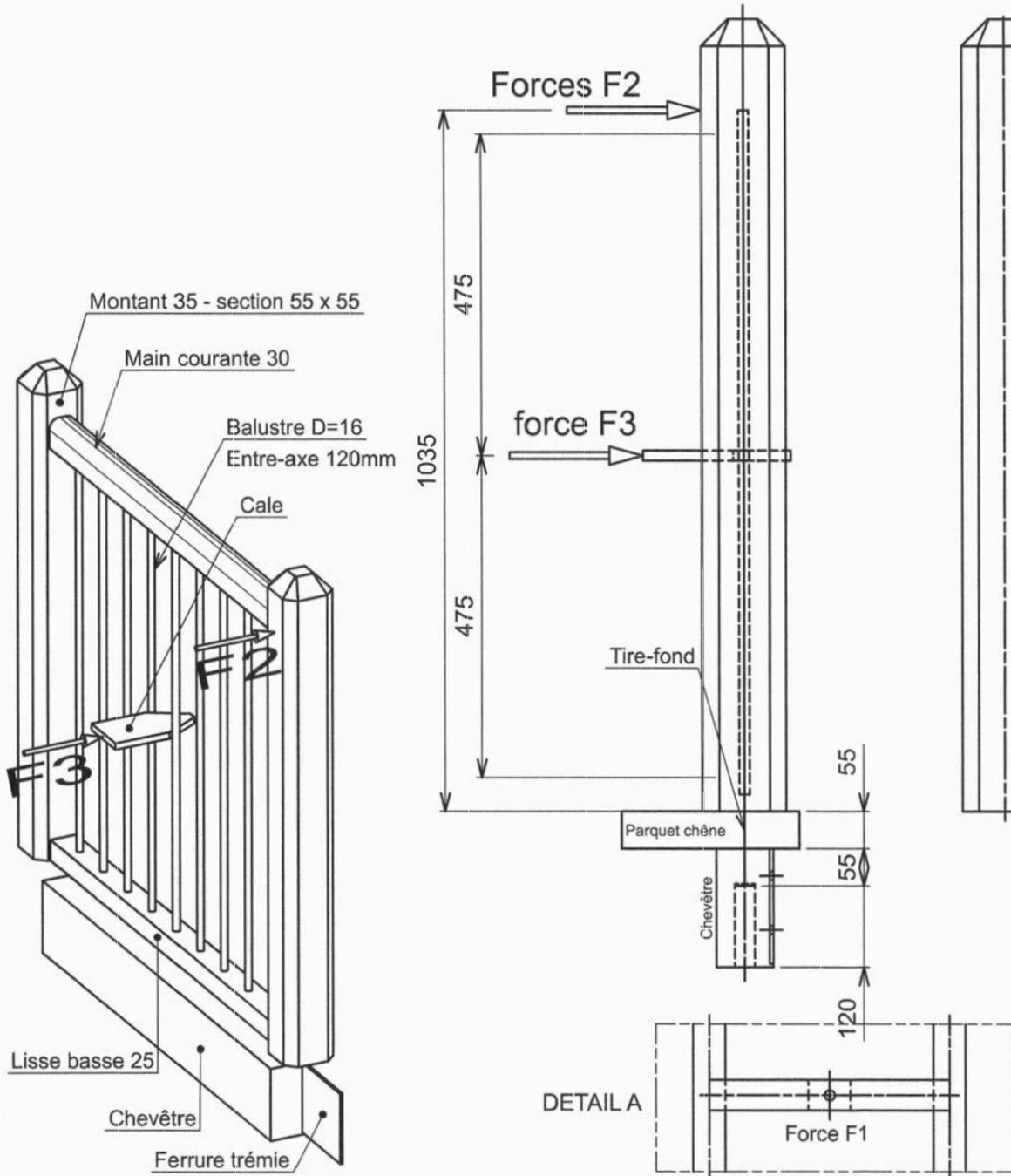
A3	<b>ESCALIER</b>			
	<b>DETAILS ESCALIER</b>			



9	24	vis H Gr A M12-110	acier	-
8	24	rondelle L 12	acier	-
13	1	VIS NOYEAU CENTRAL	acier	-
10	1	TREMIE	épicéa	-
31	1	POTEAU	chêne	-
36	1	MONTANT 5	chêne	-
35	1	MONTANT 4	chêne	-
34	1	MONTANT 3	chêne	-
33	1	MONTANT 2	chêne	-
32	1	MONTANT 1	chêne	-
30	1	MAIN COURANTE 5	chêne	-
29	1	MAIN COURANTE 4	chêne	-
28	1	MAIN COURANTE 3	chêne	-
27	1	MAIN COURANTE 2	chêne	-
26	1	MAIN COURANTE 1	chêne	-
25	1	LISSE BASSE 5	chêne	-
24	1	LISSE BASSE 4	chêne	-
23	1	LISSE BASSE 3	chêne	-
22	1	LISSE BASSE 2	chêne	-
21	1	LISSE BASSE 1	chêne	-
7	4	FERRURE TREMIE	acier	-
6	2	CHEVETRE	sapin	-
37	55	BALUSTRE ETAGE	acier inoxydable	-

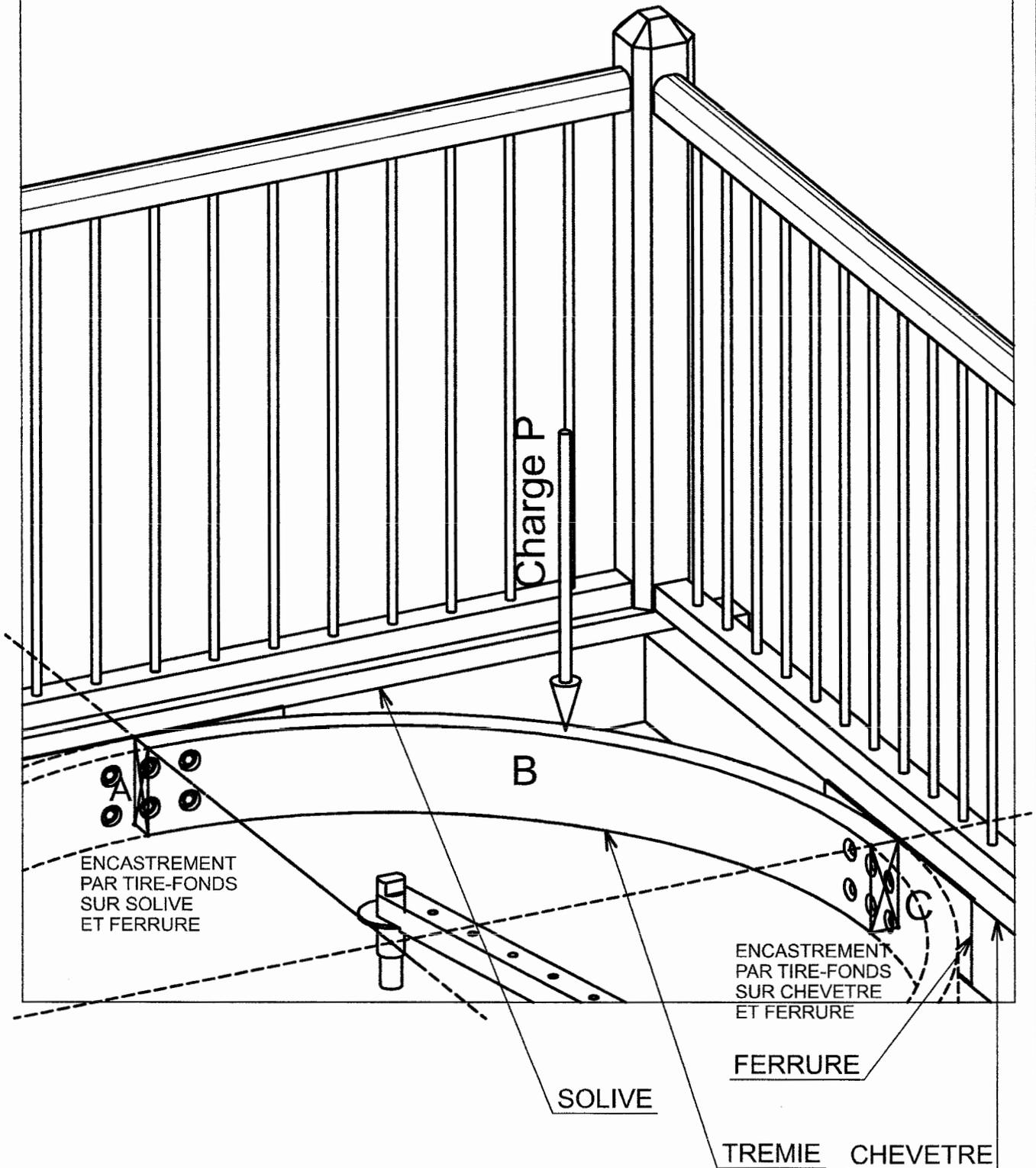
REPERE	NB.	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS
--------	-----	-------------	---------	--------------

 A3	DOCUMENT DT3	CONCOURS EXTERNE
		CA PLP GIB
		SESSION 2008
	ESCALIER	
	DETAILS GARDE-CORPS	



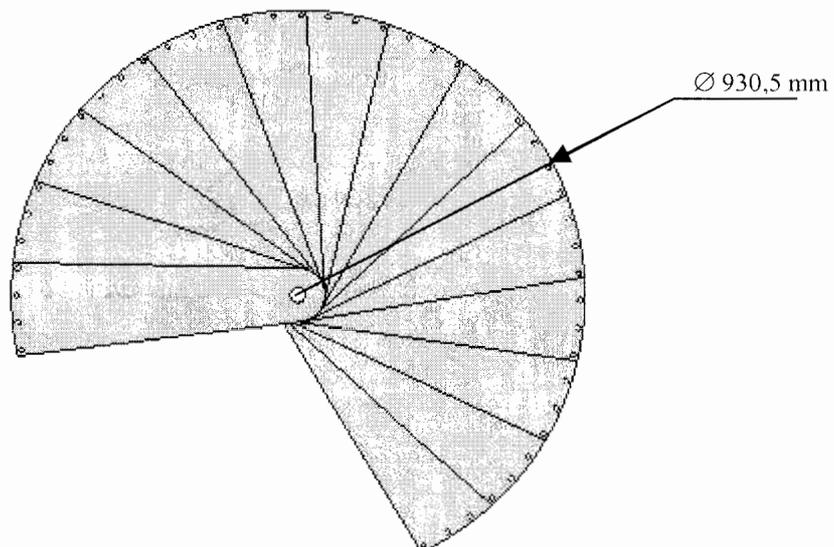
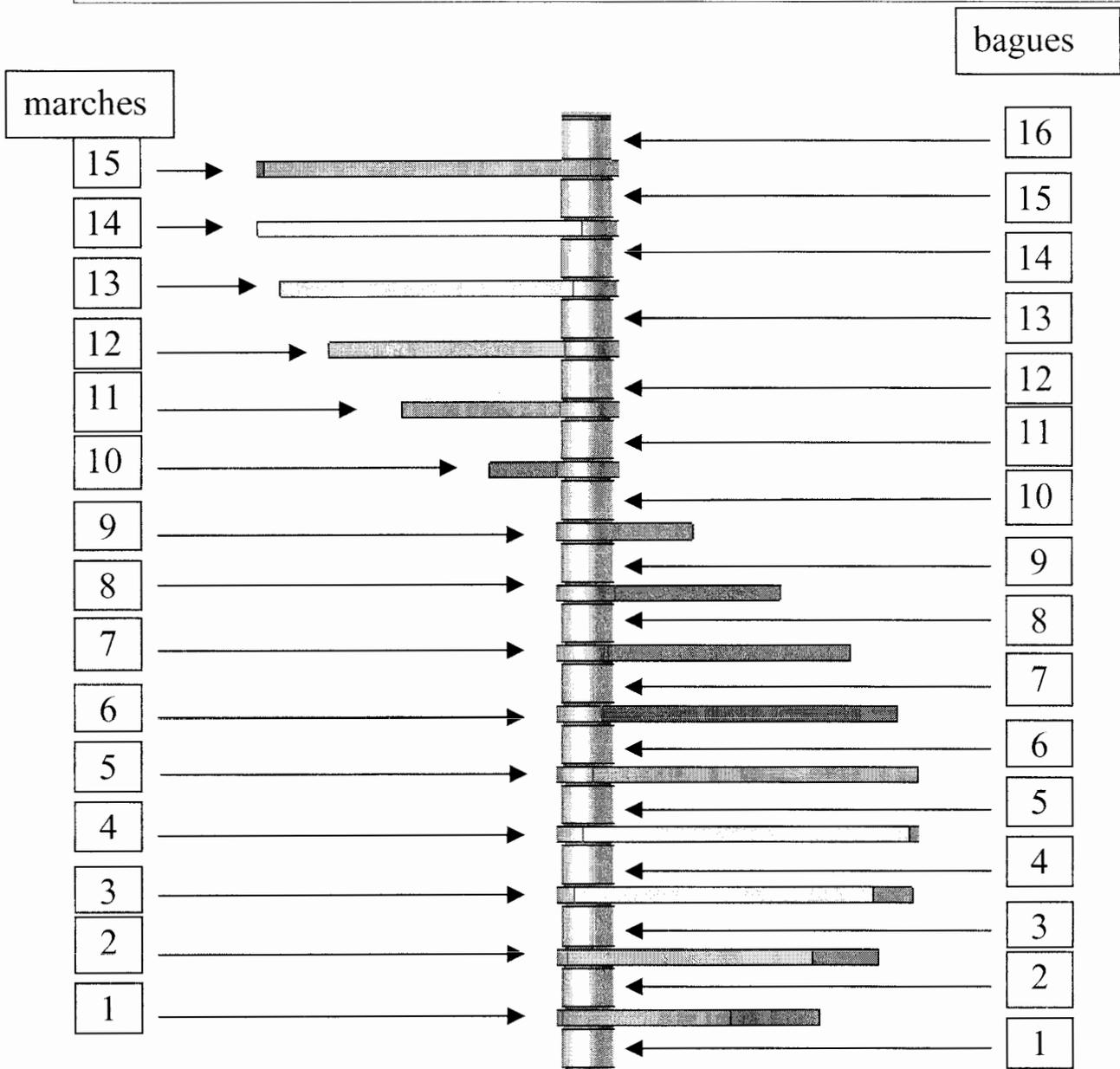
 A3	DOCUMENT DT4	CONCOURS EXTERNE
	ESCALIER	CA PLP GIB
	VERIFICATIONS GARDE-CORPS	SESSION 2008

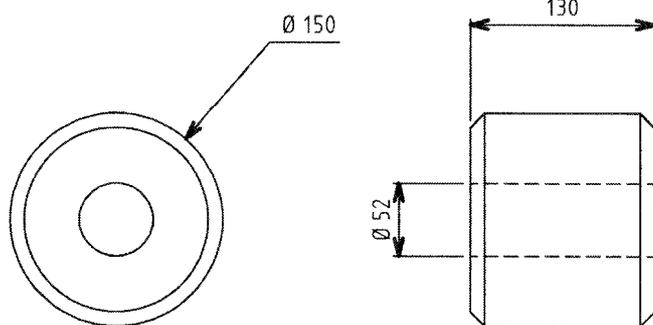
A



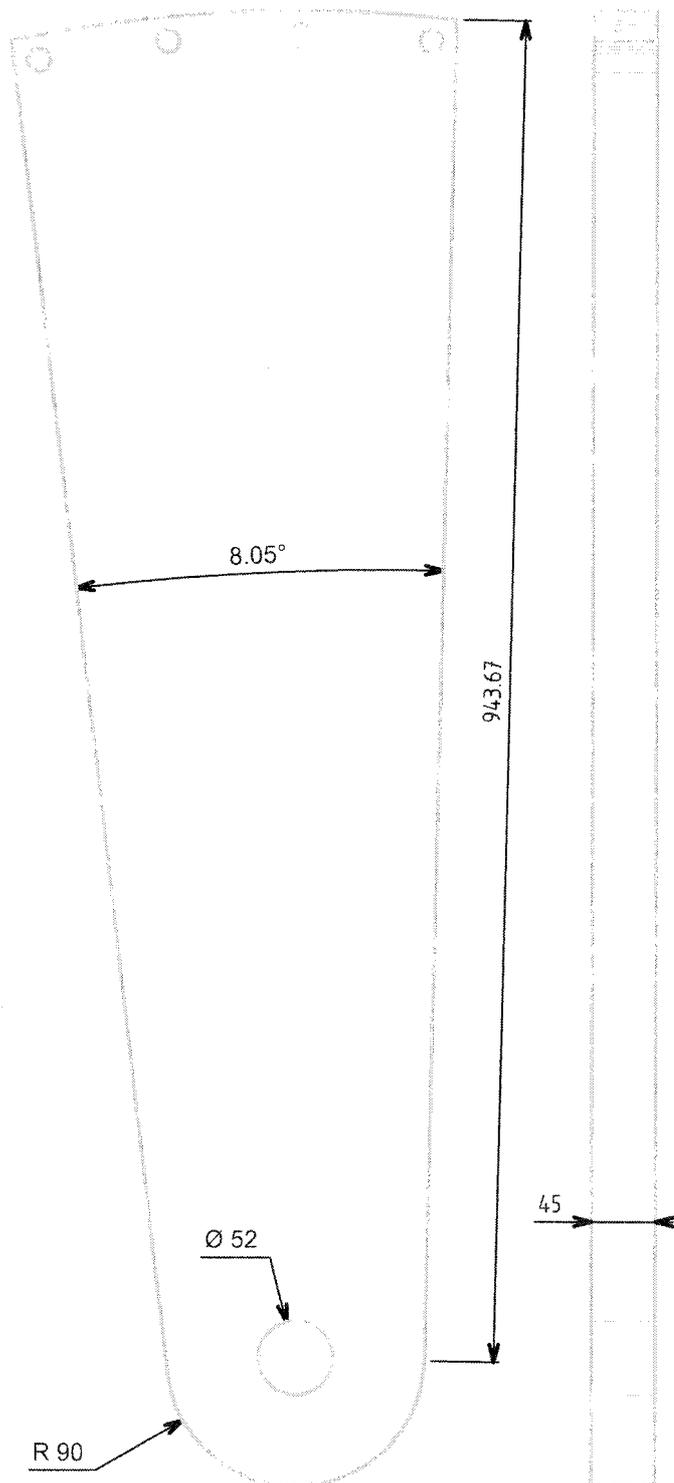
	<b>DOCUMENT DT5</b>	CONCOURS EXTERNE
		CA PLP GIB
		SESSION 2008
	<b>ESCALIER</b>	
<b>A4</b>	VERIFICATION DE LA TREMIE	

DT6 : Eléments constitutifs





bague



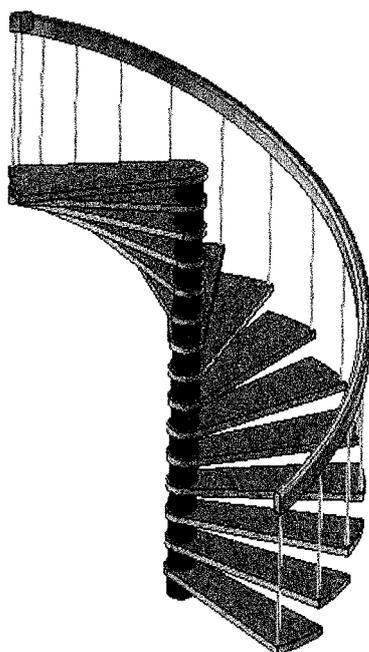
marche

DT 7 : Données géométriques

CA PLP 2008

échelle 1/5

# DOSSIER RESSOURCE



## Contenu du dossier :

- DR1 : Extraits des normes NFP21-210, NFP21-21, NFP01-012
- DR2 : Caractéristiques du chêne
- DR3 : Modélisation des éléments, marche et noyau central
- DR4 : Dimensionnement d'un balustre
- DR5 : Modélisation garde corps
- DR6 : Caractéristiques mécaniques des bois de structures
- DR7 : Ressources assemblages

DR1 : Extrait des normes françaises NF P 21-210 , NF P 21-211 et NFP 01-012  
 Escalier en bois – terminologie et spécifications – charges d'exploitation et test des balustres  
 1/4

### 1. Vocabulaire :

**Echappée :**

Hauteur libre à la verticale d'un nez de marche avec le plafond, une autre marche de la volée supérieure ou tout élément de la construction.

**Emmarchement :**

Longueur utile des marches.

**Giron :**

Largeur de la marche mesurée de nez à nez sur la ligne de foulée.

**Ligne de foulée :**

Ligne située au milieu de l'escalier s'il a moins de 1 m de large et à 0.50 m de la rampe (coté intérieur) s'il a plus de 1 m de large.

**Limon :**

Pièce de bois principale recevant les marches et, éventuellement, des contremarches et une rampe.

**Volée :**

Suite de marches ininterrompue.

### 2. Performances et spécifications associées aux rôles fonctionnels et à la sécurité :

2.1 Généralités :

La fonction principale d'un escalier est de permettre le passage d'un niveau à un autre d'un bâtiment. Ceci doit se faire avec un minimum de sécurité, d'aisance et de confort.

Les spécifications définies ci-après sont relatives aux escaliers destinées à un usage intérieur.

**Pour des problèmes de place et de volume, il existe d'autres types d'escaliers, dont les dimensions (largeur et hauteur) peuvent être restreintes et il convient de les prendre en compte dans la notion de classement (voir annexe A).**

2.1.1 Classement d'usage :

On distingue trois classes d'escalier en fonction du rapport H/G

- raide (non recommandé)  $1,32 > H/G > 1$
- courant  $1 > H/G > 0,78$
- confortable  $H/G < 0,78$

où :

H est la hauteur de la marche,

G est le giron de l'escalier.

De plus, le module donné par la relation  $G + 2 H$  doit être compris entre 580 mm et 640 mm sur une volée droite.

2.1.2 Ligne de foulée :

La ligne de foulée est située au milieu de l'embranchement dont la largeur est inférieure à 1,20 m et elle est fixée à 0,60 m de la rampe (côté intérieur) si la largeur est supérieure à 1,20 m.

2.1.3 Hauteur des marches et giron :

Hauteur maximale des marches : 210 mm, à l'exclusion de la marche de départ.

DR1 : Extrait des normes françaises NF P 21-210 , NF P 21-211 et NFP 01-012 Escalier en bois – terminologie et spécifications – charges d'exploitation et test des balustres 2/4
--

### 3. Annexe (normative) escaliers " gain de place " et escaliers hélicoïdaux :

Les contraintes d'encombrement liées à l'environnement de la construction imposent parfois la réalisation d'escaliers qui ne peuvent répondre à toutes les exigences dimensionnelles définies dans le chapitre 5.

Les dispositions de la présente annexe visent à modifier certaines valeurs de ces exigences pour prendre en compte des contraintes particulières, tout en respectant les exigences minimales de sécurité, mais au détriment du confort d'utilisation.

#### A.1 spécifications générales :

##### A.1.1 emmarchement :

L'emmarchement doit être compris entre 0,60 m et 0,70 m.

##### A.1.2 ligne de foulée :

La ligne de foulée est fixée à 0,35 m, à partir de l'intérieur de l'escalier pour les escaliers tournants.

#### A.2 spécifications particulières pour les escaliers hélicoïdaux :

##### A.2.1 emmarchement :

L'emmarchement est d'au moins 0,50 m.

##### A.2.2 ligne de foulée :

La ligne de foulée est fixée au 2/3 de l'emmarchement à partir de l'intérieur de l'escalier jusqu'à 0,90 m d'emmarchement. Au delà, elle est fixée à 0,60 m à partir de l'intérieur (exemple : face externe du noyau) de l'escalier.

##### A.2.3 diamètre hors tout :

Le diamètre hors tout doit être supérieur ou égal à 1,20 m.

##### A.2.4 hauteur de marche :

La hauteur de marche maximale est de 230 mm.

##### A.2.5 module :

Le module donné par la relation  $G + 2H$  doit être compris entre 480 mm et 800 mm.

DR1 : Extrait des normes françaises NF P 21-210 , NF P 21-211 et NFP 01-012  
 Escalier en bois – terminologie et spécifications – charges d’exploitation et test des balustres  
 3/4

4. Annexe : Charges d’exploitation selon la norme NFP 01-012

**ANNEXE A**

Catégorie	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
<b>A – HABITATION, RESIDENTIEL</b>		
Plancher	1,5	2
Balcon	2,5	2
Escalier	3,5	2
<b>B – BUREAUX</b>		
Bureau	2,5	4
<b>C – LOCAUX PUBLICS</b>		
C1 Locaux avec table (école, restaurant,...)	2,5	3
C2 Locaux avec sièges fixes (théâtre, cinéma,...)	4	4
C3 Locaux sans obstacles à la circulation (musée, salles d’exposition)	4	4
C4 Locaux pour activités physiques (dancing, salles de gymnastique,...)	5	7
C5 Locaux susceptibles d’être surpeuplés (salles de concert, terrasses,...)	5	4,5
<b>D- COMMERCES</b>		
D1 Commerces de détails courants	5	5
D2 Grands magasins	5	7
<b>E- AIRES DE STOCKAGE</b>		
E1 Surfaces de stockage (Entrepôts, bibliothèques,...)	7,5	7
E2 Usage industriel	Cf. CCTP	
<b>H- TOITURES INACCESSIBLES (SAUF POUR L’ENTRETIEN) (*1)</b>		
si pente = 15% + étanchéité	0,8(*2)	1,5 (*3)
autres toitures	0	1,5 (*3)
<b>I- TOITURES ACCESSIBLES</b>		
pour les usages des catégories A à D	charges identiques à la catégorie de l’usage	
si aménagement paysager	= 3	

### 2.3.2 Garde-corps constitués d'éléments verticaux et horizontaux (barreaux, panneaux, lisses...)

La dimension horizontale des vides entre barreaux, panneaux, façades, tableaux dont la plus grande dimension est verticale doit être au plus égale à 0,11 m (voir figure 31).

La dimension verticale des vides entre lisses, panneaux, zone de stationnement normal ou précaire, dont la plus grande dimension est horizontale, doit être au plus égale à :

- 0,11 m pour ceux qui sont situés à une hauteur inférieure à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal (voir figures 31 et 33).
- 0,18 m pour ceux qui sont situés à une hauteur supérieure ou égale à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal (voir figures 32 et 33).

Quelle que soit la position des éléments par rapport au nu intérieur du garde-corps, la partie du garde-corps située à une hauteur inférieure à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal ne doit pas comporter d'élément permettant d'y stationner en équilibre assisté, à moins que le garde-corps ne soit conçu de façon à satisfaire aux prescriptions de hauteur réduite  $H'$  fixées à l'article 2.2.2.

Dimensions en mètres

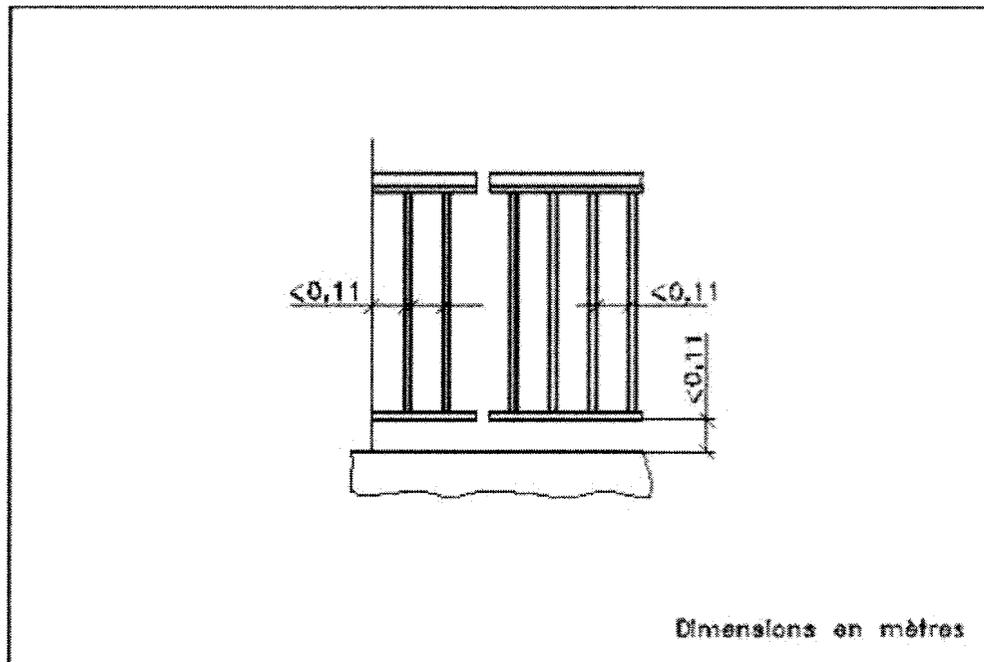


figure 31

## DR2 : Caractéristiques mécaniques du Chêne

<b>Nom commun:</b>	<b>CHENE</b>		
Autre nom :			
Nom scientifique:	<i>Quercus sessiliflora Sm.</i>		
	<i>Quercus pedunculata Ehrh.</i>		
Famille :	Fagacées		
<b>Origines / Description</b>			
Origines:	Europe Afrique du Nord, Asie mineure		
	France : toutes régions de plaine et moyenne altitude		
Description aubier:	pâle, bien distinct		
Couleur bois parfait:	jaune paille à brun clair		
Fil bois parfait:	droit		
Grain bois parfait:	fin à grossier		
Particularité duramen:	rosé à l'état frais - odeur de tannin		
<b>Mise en œuvre</b>			
Sciage:	facile à difficile		
Usinage:	facile à difficile		
Clouage:	assez difficile (avant-trous conseillés)		
Collage:	assez facile		
Finition:	facile		
Placage:	tranchage après étuvage		
Séchage:	assez difficile, lent		
<b>Utilisation</b>			
Agencement, charpente, construction navale, ébénisteris, lambbris, menuiserie extérieure, meubles, panneaux-lamellés, parquets, placage, sculpture, tournage, travaux hyd, escaliers			
<b>Carctéristiques physiques et mécaniques</b>			
Masse volumique en kg/m <sup>3</sup>	anhydre	mini	600
		maxi	700
	sec à l'air	mini	650
		mxi	760
Retrait volumique en % pour 1 % de variation d'humidité	radial	mini	0,18
		maxi	0,22
	tangentiel	mini	0,28
		maxi	0,35
	longitudinal	mini	0,01
		maxi	0,02
Résistances à la rupture en flexion (en MPa)			
Résistances à la rupture en traction axiale (en MPa)			
Résistances à la rupture en compression axiale (en MPa)			
Résistances à la rupture au cisaillement longitudinal (MPa)			
Module d'élasticité de flexion (MPa)			
Durabilité champignon:	faiblement durable		
Durabilité termites:	moyennement durable		
Durabilité vrillette/lyctus:	sensible		
Imprégnabilité:	peu imprégnable		
<b>Observations particulières</b>			
Risque de corrosion du fer en milieu humide.			
<p>Chêne sessile</p> <p>Chêne pédonculé</p>			

CONTRAINTES ADMISSIBLES DES BOIS DE CONSTRUCTION à 12% d'humidité										
		Peuplier et résineux				Feuillus				
		C18	C24	C27	C30	D30	D35	D40	D50	
Propriétés de résistance en N/mm <sup>2</sup> ou en Mpa										
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 <sup>2</sup> ou 10 <sup>3</sup> Mpa										
Module d'élasticité axial	E	8	10	10,5	11	10	10	11	14	
Module d'élasticité transversal	E <sub>t</sub>	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 <sup>3</sup>										
Masse volumique moyenne	ρ	380	420	450	460	640	670	700	780	

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

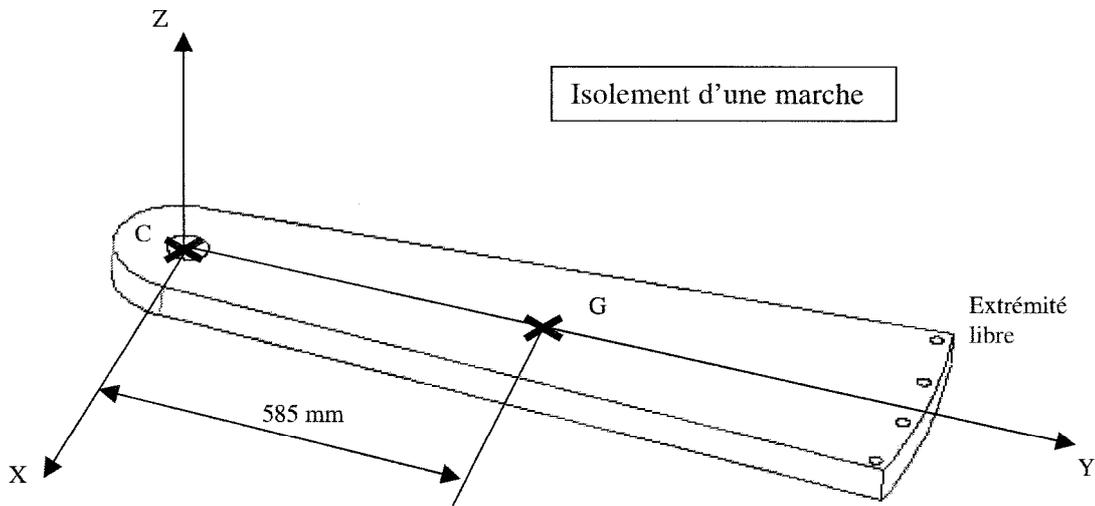
- C : coefficient de hauteur en flexion
- h : hauteur de la section droite de la poutre en cm.

**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 :

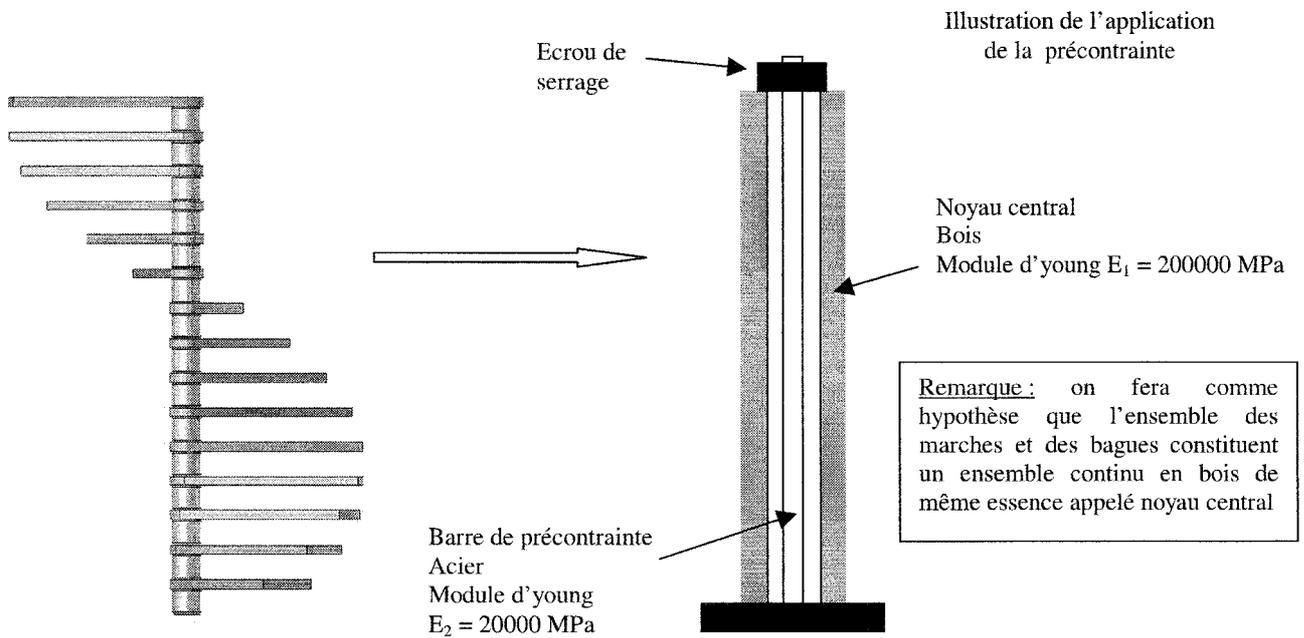
- $C_H = 1,24 - 0,02 \times H$  en flexion et traction axiale
- $C_H = 1,48 - 0,04 \times H$  pour les autres sollicitations
- H : humidité d'utilisation du bois
- C<sub>H</sub> : coefficient d'humidité en %

Escalier en chêne de classe D40 à 12 % d'humidité

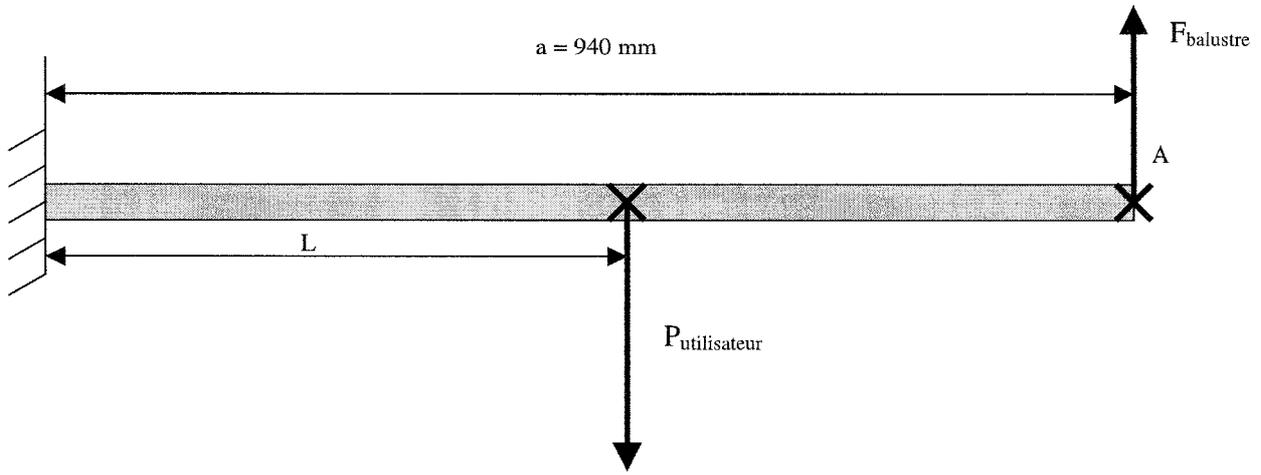
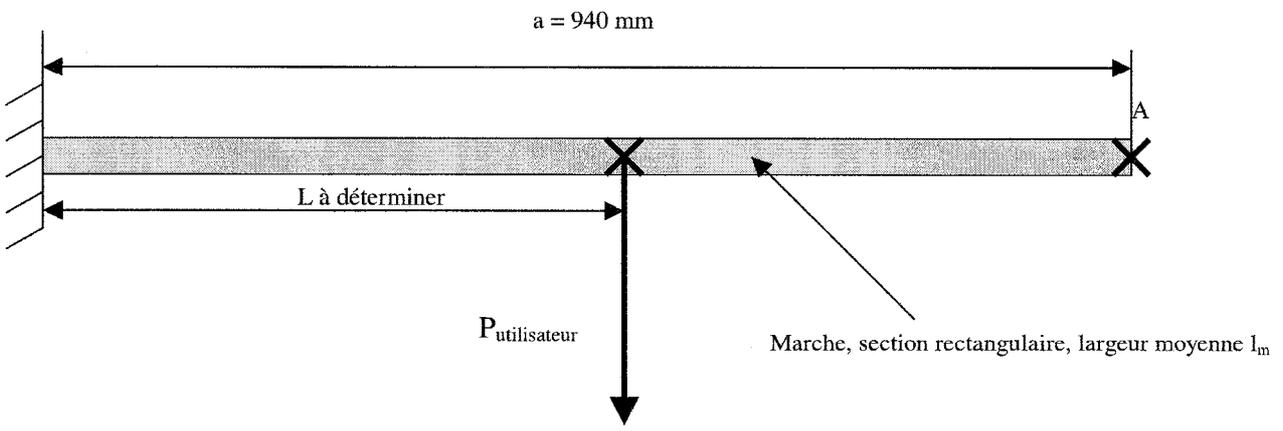
DR3 : Modélisation des éléments



Etude de la précontrainte

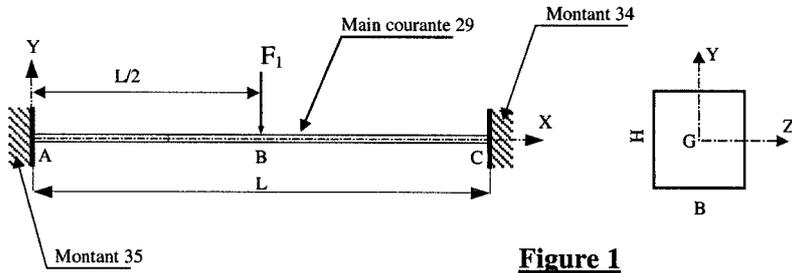


DR4 : Dimensionnement d'un balustre



**DR5 : Modélisation garde-corps**

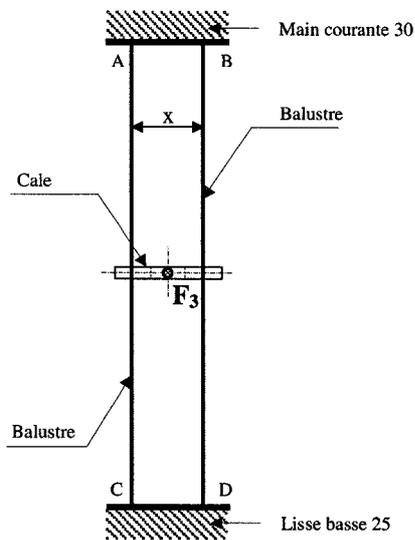
**I – Modèle d'étude de la main courante 29 .**



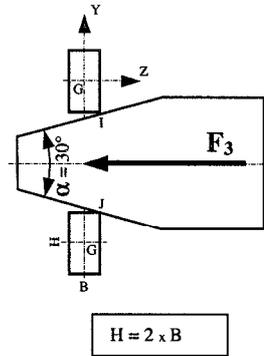
**Figure 1**

- Liaison (29/34) : liaison encastrement de centre A.
- Liaison (29/35) : liaison encastrement de centre C.
- Longueur main courante :  $L = 2026 \text{ mm}$
- La section droite de la main courante est supposée rectangulaire de 65 mm de largeur et de 70 mm de hauteur.

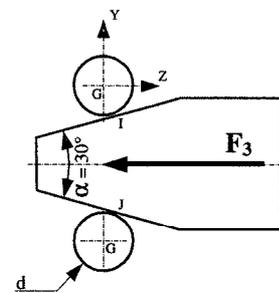
**II – Modèle d'étude des balustres .**



**Figure 2-A**

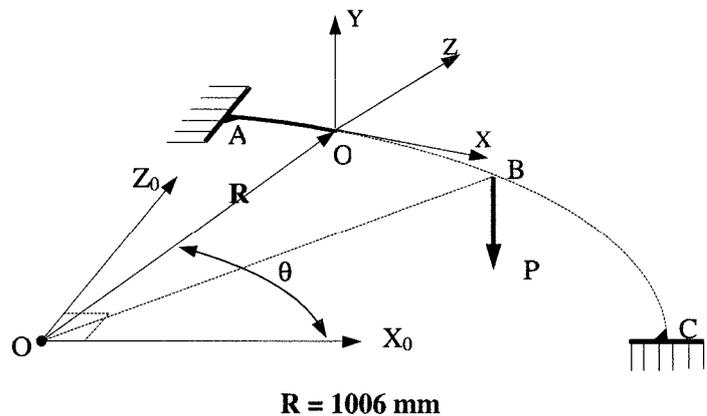
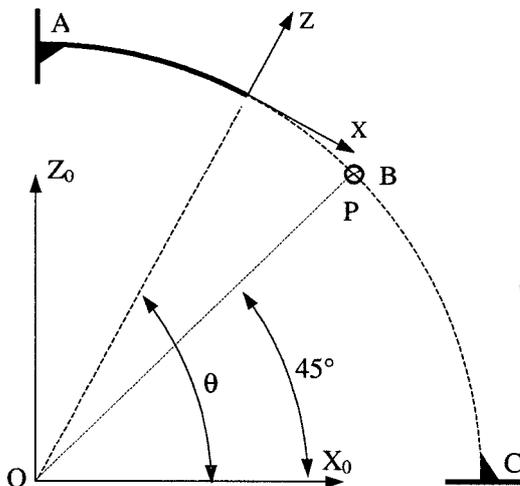


**Figure 2-B**



**Figure 2-C**

**III – Modèle d'étude de la trémie .**



**FIGURE 3**

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

**Pièces soumises à la flexion + traction axiale :**

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

**Pièces soumises à la flexion + compression axiale :**

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

pour  $\lambda \leq 37,5$   $K = 1$

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

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

**Pièces soumises à la traction transversale :**

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

**Pièces soumises à la compression transversale :**

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

**Cisaillement longitudinal :**

$\tau_{maxi} \leq 1,5 \cdot C_H \cdot \bar{\tau}$

$C_h$  : 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

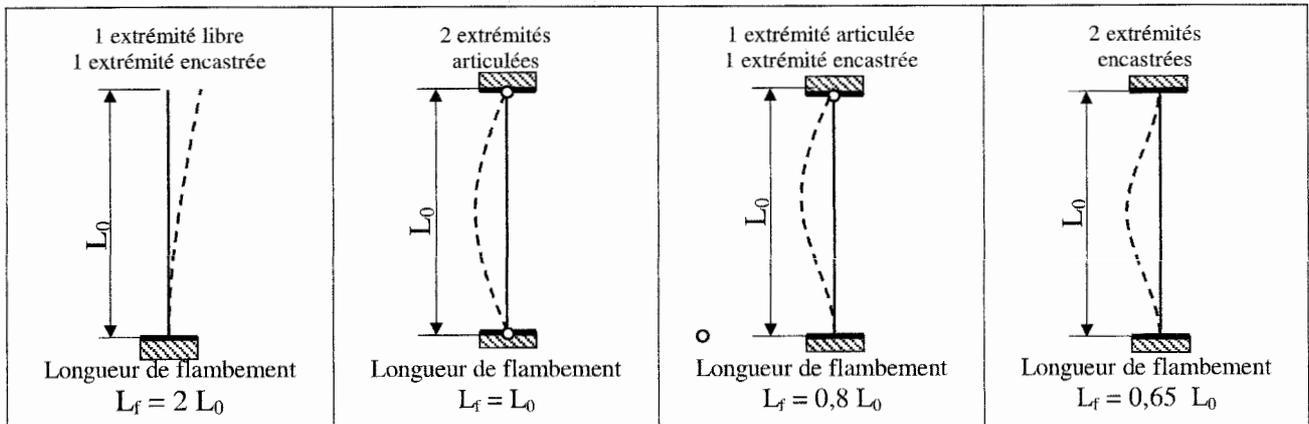
$\bar{\sigma}_c$  : Contrainte admissible en compression axiale

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

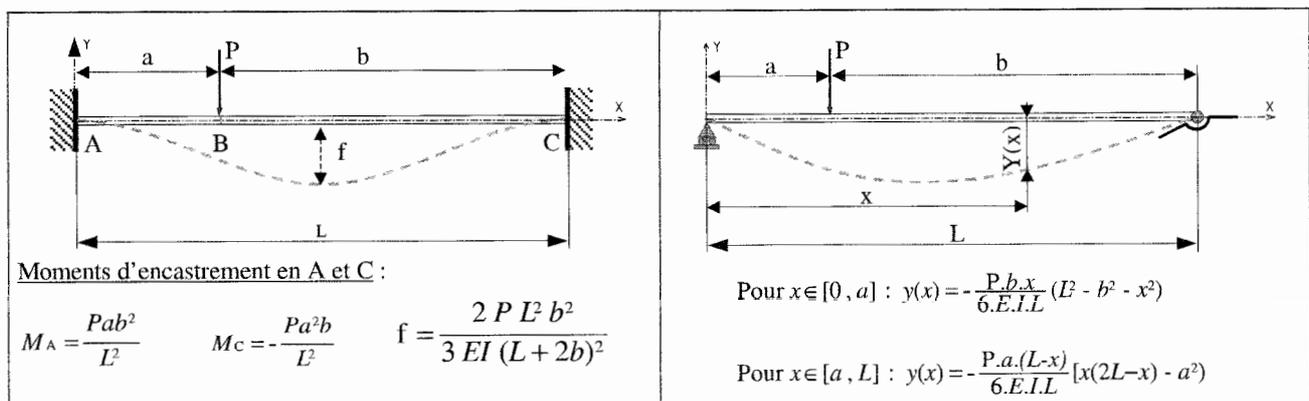
$\bar{\sigma}_r$  : Contrainte admissible en traction transversale

$K$  : Coefficient de flambement

**Longueurs de flambement.**



**II - Formulaire RDM : Equations de la flexion**



**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**

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

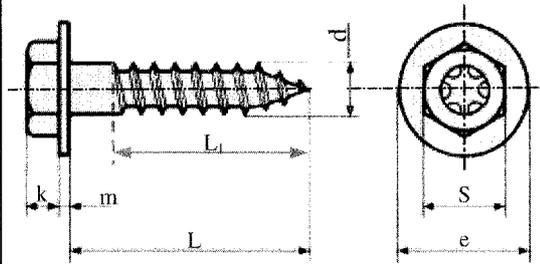
<b>Efforts admissibles : Assemblages boulonnés bois-acier .</b>				
	Modes de sollicitations	Efforts admissibles pour les résineux	Effort admissibles pour les feuillus	commentaires
<b>Simple cisaillement</b>		$\bar{F} = 1000.d.\sqrt{e}$	$\bar{F} = 1300.d.\sqrt{e}$	e : épaisseur pièce en bois $e \leq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

**DR7 : Document ressources assemblages**

**Les assemblages par tire-fonds.**

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

L <sub>fileté</sub> (L <sub>f</sub> )		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 <sub>f</sub> 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 les 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.

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

- 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.**

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

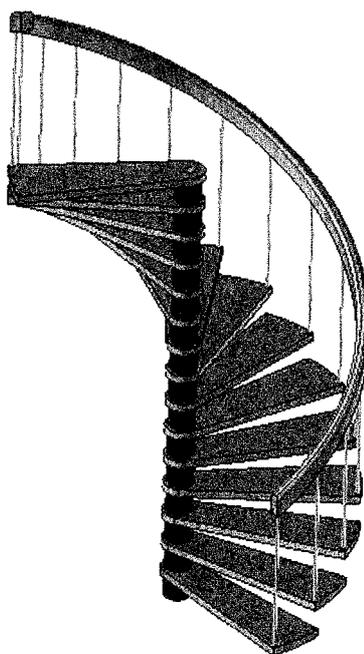
- **Effort quelconque :** Pour un effort quelconque, on doit vérifier la relation suivante :  $\frac{T^2}{\bar{T}^2} + \frac{N^2}{\bar{N}^2} \leq 1$

**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 ( $K_\alpha$ ).

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

# DOSSIER Réponses



Contenu du dossier :

DRep1 : Etude constructive du garde corps

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

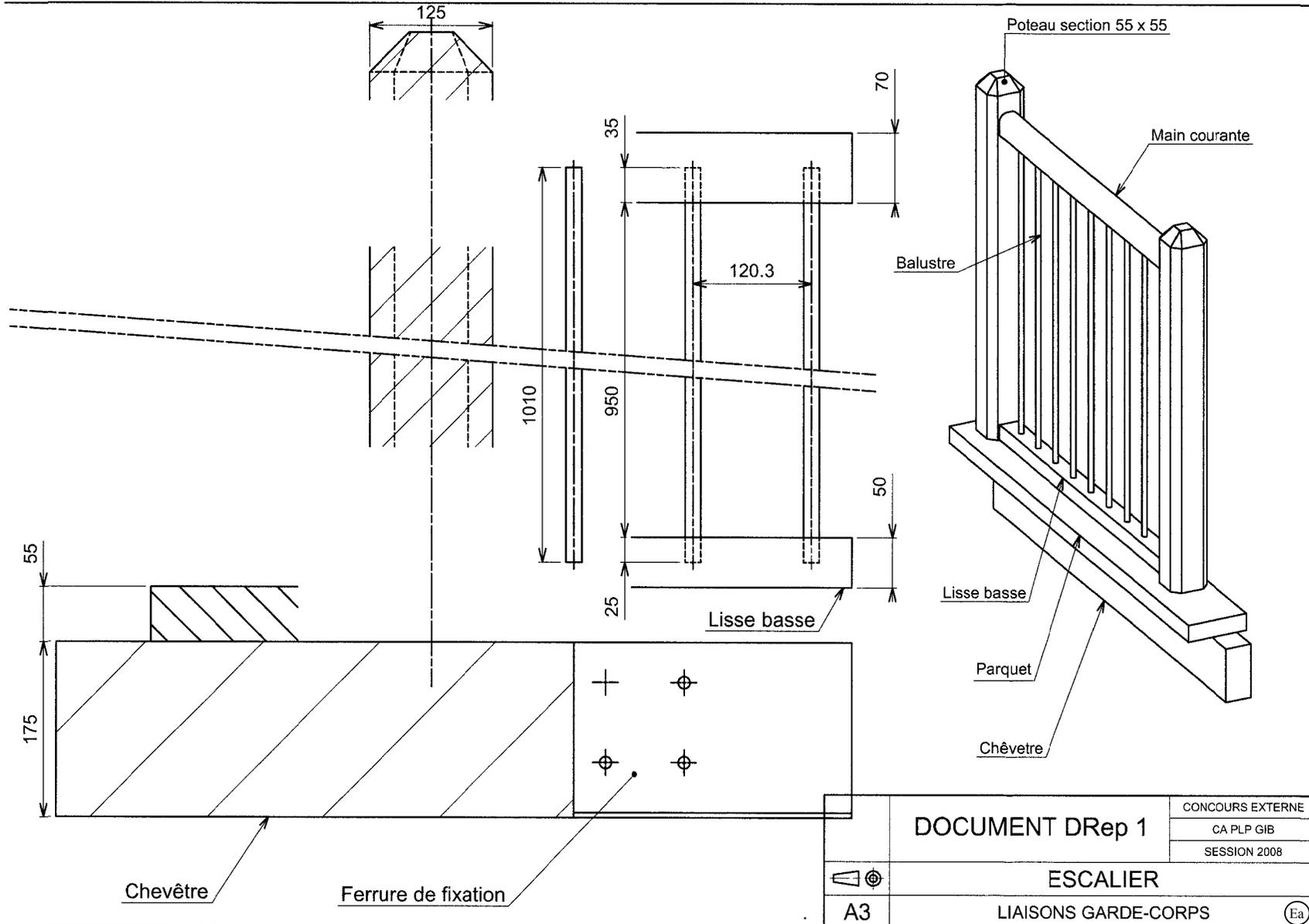
NOM : \_\_\_\_\_

(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)

FE1-10.1



**NE RIEN ÉCRIRE**

**DANS CE CADRE**

**NE RIEN ÉCRIRE**

**DANS CE CADRE**