

SESSION 2014

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE INDUSTRIEL
Option : BOIS**

ÉPREUVE DE SYNTHÈSE

Durée : 5 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 : 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.

Texte de l'épreuve



Documents remis au candidat :

- Texte de l'épreuve 10 pages
- Dossier documents techniques 13 pages
- Dossier documents réponses 2 pages

Les réponses se feront sur feuilles de copie et sur les documents réponses

DR1 et DR2

Etude d'une passerelle



Objectifs de l'étude

L'étude concerne la vérification de la passerelle aux eurocodes sous l'action des charges de structure, d'exploitation et des effets climatiques.

La première partie consiste à définir la transmission des efforts jusqu'aux points durs du bâtiment (sol et maçonnerie du château). Dans la deuxième partie on considère uniquement les actions descendantes pour démontrer la stabilité globale de la passerelle, le dimensionnement des barres, d'une poutre treillis et des assemblages. Dans la troisième partie, l'étude du contreventement est réalisée. La quatrième partie concerne la justification de choix technologiques.

Présentation de la passerelle

Dans le cadre du 600ème anniversaire de la naissance du roi René, le Centre des monuments nationaux a fait réaliser une passerelle en bois, belvédère avançant en surplomb des fossés. C'est une restitution partielle et symbolique du pont-levis de la porte des champs, entrée principale du château d'Angers. Cette passerelle est une installation éphémère.

Né au château d'Angers en janvier 1409, duc de la province de 1434 jusqu'à sa mort en 1480, ce grand prince a toujours témoigné de son attachement à l'Anjou où il a séjourné de façon répétée. Sa notoriété a été immense en son temps et les hasards dynastiques qui l'avaient aussi fait duc de Bar, comte de Provence, roi de Jérusalem et de Sicile font perdurer son souvenir à Naples où il a régné 4 ans.

La passerelle est composée :

- D'un tabouret d'assise (Plan N°3),
- D'un treillis tridimensionnel (Plan N°1),
- D'une partie arrière (Plan N°4),

Chaque partie est indépendante

TRAVAIL DEMANDE

Partie 1 : Schémas de la transmission des efforts (Document réponse DR1)

L'objectif de la première partie est de définir la circulation des efforts dans la structure en fonction des sollicitations.

Sur le document réponse, isoler la passerelle et tracer avec de la couleur des flèches précisant l'effet des actions sur la maçonnerie (en noir sur les schémas) :

- les charges descendantes (G, Q et S) sur le schéma 1,
- le soulèvement (W) sur le schéma 2,
- les effets du vent horizontal (W) sur le troisième schéma 3.

Partie 2 : Etude de la passerelle sans les effets du vent.

L'objectif de cette partie est de définir la stabilité de la passerelle sous charges descendantes et de vérifier l'assemblage du tirant métallique sur la membrure.

Hypothèses de travail :

- Structure réalisée en résineux classé C18
- Tirant métallique de 13,65 m, en acier E24-2 (Module d'élasticité de 240 000 N/mm²)
- Par simplification, les charges de structures sont estimées à 0,3 kN/m² appliquées sur le platelage (barre 7/6)
- Charge d'exploitation de type C5 (la vérification sous charge ponctuelle ne sera pas vérifiée)
- On prendra $g=10 \text{ m.s}^{-2}$ comme accélération de la pesanteur.
- La bande de chargement sera définie à partir de la longueur du platelage
- La vérification sera réalisée avec la combinaison $P = 1,35G + 1,5Q$

Question N°2.1 : Statique pour les charges descendantes (sur feuille de copie et sur le quatrième schéma du DR1)

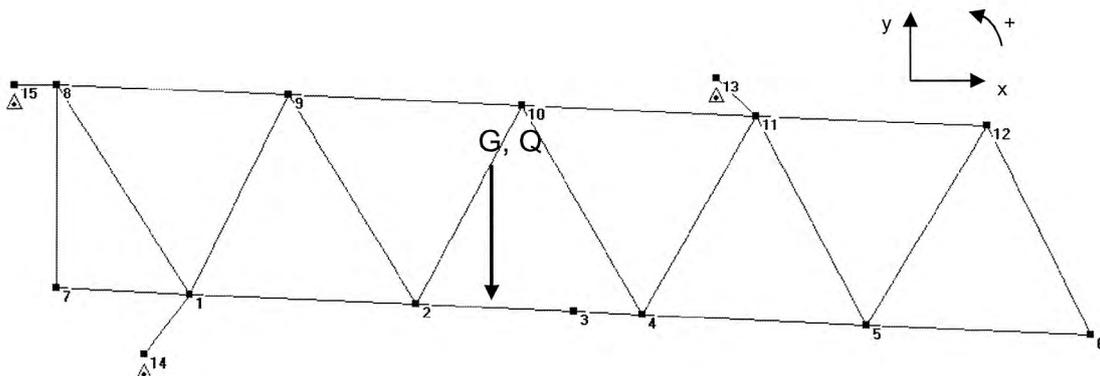


Figure 1 : modélisation statique

- \triangle : pivot
 - Pente de la barre 8/15 : 0 % (Y/X)
 - Pente de la barre 11/13 : - 94 % (Y/X)
 - Pente de la barre 14/1 : 135 % (Y/X)
 - Effort dans la barre 8/15 (bi-articulée) : + 36,7 kN
 - Barre 11/13 bi-articulée
 - Barre 14/1 bi-articulée
 - Coordonnée du point 1 : (0; 0)
 - Coordonnée du point 7 : (-1596; 73,9)
 - Coordonnée du point 6 : (10800; -500)
 - Coordonnée du point 8 : (-1596; 2548,9)
 - Coordonnée du point 3 : (4602; -213,1)
 - Coordonnée du point 11 : (6774,4; 2165,3)
- a) justifier la proposition de modélisation.
 - b) Calculer la longueur de la barre 7/6 et la largeur de la bande de chargement définie par la figure 3. Remarque, par simplification la bande de chargement sera constante sur toute la longueur de la passerelle.
 - c) Démontrer la valeur de charge de calcul $P = 103$ kN.
 - d) Démontrer les efforts dans les barres, 11/13 (91,3 kN) et 14/1 (50,4 kN).

Question N°2.2 : Allongement du tirant métallique (sur feuille de copie).

- a) Démontrer la valeur de l'effort dans le tirant métallique avec la combinaison d'action G+Q de 69,3 kN
- b) Calculer l'allongement du tirant métallique

Question N°2.3 : Assemblage plat du tirant métallique/ferrure (sur feuille de copie).

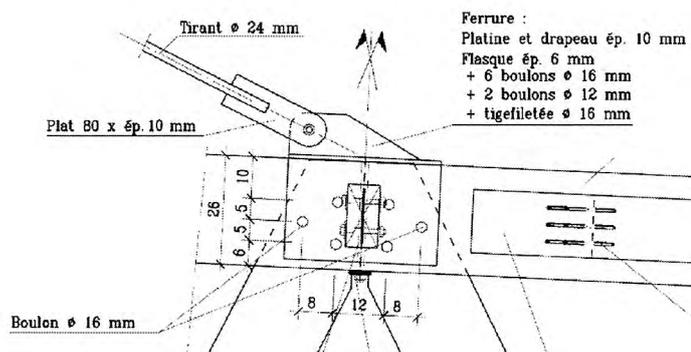


Figure 2 : Assemblage plat du tirant métallique/ferrure

- L'assemblage travail en simple cisaillement.
 - Le calcul est effectué avec la combinaison 1,35G + 1,5Q.
 - La classe du boulon est 6.8.
 - L'acier de la platine et du drapeau sera du S235.
 - La distance entre l'axe du boulon et le bord de la plaque métallique (e_1 et e_2) est de 42 mm
- a) Sélectionner le diamètre d'un boulon pour calculer un taux de travail inférieur à 1 en pression diamétrale (résistance et effet des actions).

b) Calculer le taux de travail en cisaillement (résistance et effet des actions).

Partie 3 : Etude du platelage (plan N°1, coupe DD, noté planchage).

Le but de cette partie est de vérifier une lame de platelage sur deux appuis puis sur trois appuis.

Hypothèses de travail :

- lame réalisée en résineux classé C18
- Charge d'exploitation de type C5 (la vérification sous charge ponctuelle ne sera pas vérifiée)
- Ouvrage située en Zone A2 à une altitude de 300m (Zone géographique différente de la ville d'Angers pour l'application).
- On prendra $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ comme accélération de la pesanteur.
- La vérification sera réalisée avec la combinaison $1,35G + 1,5Q$
- Coefficient de déversement égal à 1

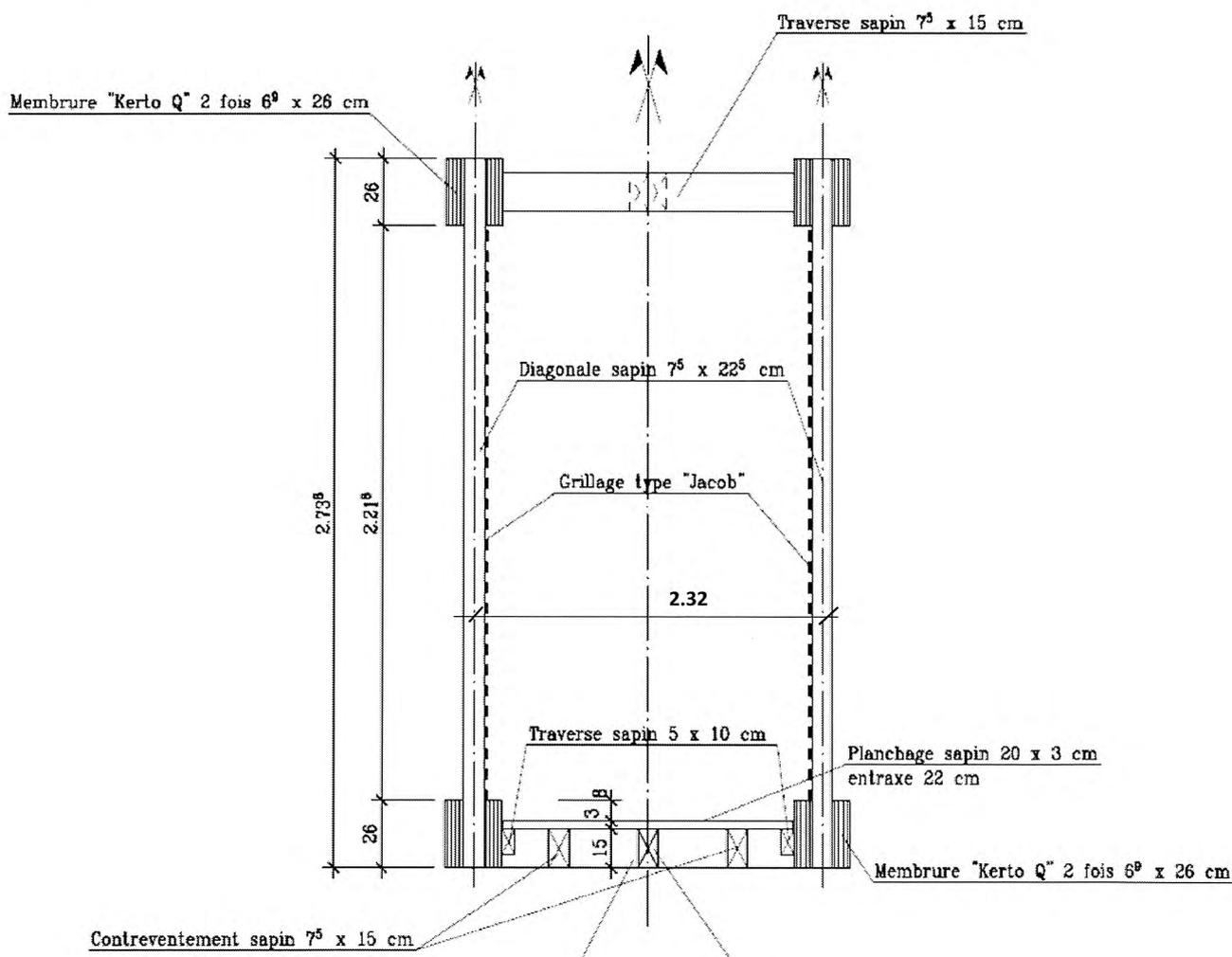


Figure 3 : extrait du plan N°1

Question N°3.1 : Descente de charge et combinaisons d'actions (sur feuille de copie).

- a) Démontrer par le calcul les valeurs de charges suivantes :
 - structure G : 0,023 kN/m,
 - Neige normale : 0,097 kN/m
- b) Démontrer par le calcul le coefficient appliqué à la neige de la combinaison $1,35G + 1,5Q + 0,75S$.
- c) Démontrer par le calcul les valeurs de charge pour les combinaisons suivantes :
 - $q_1 = 1,35G + 1,5Q = 1,68$ kN/m
 - $q_2 = 1,35G + 1,5Q + 0,75S = 1,75$ kN/m
- d) Préciser la raison pour laquelle q_1 est plus défavorable

Question N°3.2 : Vérification de la lame sur deux appuis aux ELU (sur feuille de copie).

Hypothèse : La lame repose uniquement sur les traverses en sapin de 50 x 100 mm. L'étude est réalisée avec la combinaison q_1 , soit une charge de 1,68 kN/m.

- a) Réaliser la modélisation.
- b) Calculer la distance entre appuis (Cf. figure 3).
- c) Tracer les diagrammes de l'effort normal, de l'effort tranchant et du moment fléchissant.
- d) Calculer la contrainte de flexion,
- e) Calculer la contrainte de résistance en flexion et conclure.

Question N°3.3 : Vérification de la lame sur trois appuis aux ELU et aux ELS (sur feuille de copie).

Hypothèse : La lame repose aux extrémités sur les traverses en sapin de 50 x 100 mm et au milieu sur une solive de 75 x 150 mm. L'étude est réalisée avec la combinaison q_1 , soit une charge de 1,68 kN/m.

- a) Réaliser la modélisation.
- b) Calculer la contrainte de flexion, la contrainte de résistance en flexion et conclure.
- c) Calculer la contrainte de cisaillement, la contrainte de résistance en cisaillement et conclure.
- d) Définir l'appui le plus défavorable. Calculer la contrainte de compression transversale sous l'appui le plus défavorable, la contrainte de résistance en compression transversale et conclure.
- e) Calculer la déformation instantanée sous charge variable, la valeur limite réglementaire et conclure
- f) Calculer la déformation totale (avec le fluage), la valeur limite réglementaire et conclure

Partie 4 : Etude de la poutre treillis de la passerelle sans les effets du vent.

L'objectif de cette partie est de justifier une membrure et son assemblage avec une diagonale à partir d'une notice de calcul.

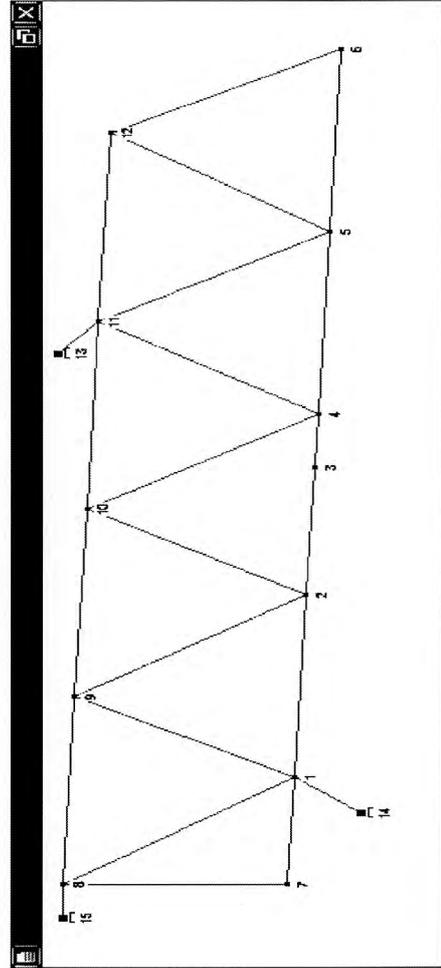
LISTE/DEFINITION DES CAS DE CHARGES

Nombre de Cas étudiés : 7 (Cas dimensionnants : 3)

- Cas ELU 1 : 1.35*Permanente
- Cas ELU 7 : 1.35*Permanente+1.5*Exp. Plancher
- Cas ELU 27 : 1.35*Permanente + 1.5*Exp. Plancher + 0.75*Neige

TAUX DE TRAVAIL : FLEXION + COMPRESSION/TRACTION

Pièces/Barres	Flambement			Effort (N) & Contrainte Normale (N/mm²)		Effort (N.m) & Contrainte Flexion (N/mm²)		Taux			Taux Travail	Cas + Déf									
	ATF ⊥	EI ⊥	Kc ⊥	ATF //	EI //	Kc //	Effort	$\sigma_c/\sigma_{0,d}$	$f_c/\sigma_{0,d}$	/Taux			Moment	$\sigma_{m,d}$	/Taux	Kmod	γ_M	km	ke	kh	
Diagonale																					
7/8							-3373 (T)		4%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	4%	ELU 7
8/1							2523 (C)		11%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	11%	ELU 7
1/9							22169 (C)		76%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	76%	ELU 7
9/2							-22149 (T)		24%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	25%	ELU 7
2/10							-2947 (T)		3%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	4%	ELU 7
10/4							2277 (C)		9%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	9%	ELU 7
4/11							-27077 (T)		29%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	30%	ELU 7
11/5							-39035 (T)		42%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	43%	ELU 7
5/12							9972 (C)		37%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	37%	ELU 7
12/6							-9980 (T)		11%					0.65	1.30	0.70	1.00	1.00	1.00	11%	ELU 7
Divers																					
Porteuse																					
8/9							35261 (C)		43%					0.65	1.20	0.70	1.00	1.02	1.02	44%	ELU 7
9/10							66299 (C)		68%					0.65	1.20	0.70	1.00	1.02	1.02	72%	ELU 7
10/11							53915 (C)		66%					0.65	1.20	0.70	1.00	1.02	1.02	70%	ELU 7
11/12							-9669 (T)		2%					0.65	1.20	0.70	1.00	1.02	1.02	9%	ELU 7
7/6							28131 (C)		42%					0.65	1.20	0.70	1.01	1.02	1.02	58%	ELU 7



LISTE/DÉFINITION DES CAS DE CHARGES

- Cas ELS 1 : Permanente + 0.6*Expl. Plancher
- Cas ELS 2 : Permanente + Neige
- Cas ELS 7 : Permanente + Expl. Plancher
- Cas ELS 13 : Permanente + Neige + 0.7*Expl. Plancher
- Cas ELS 27 : Permanente + Expl. Plancher + 0.5*Neige
- Cas ELS (Utilisateur) 3 : Expl. Plancher + 0.5*Neige

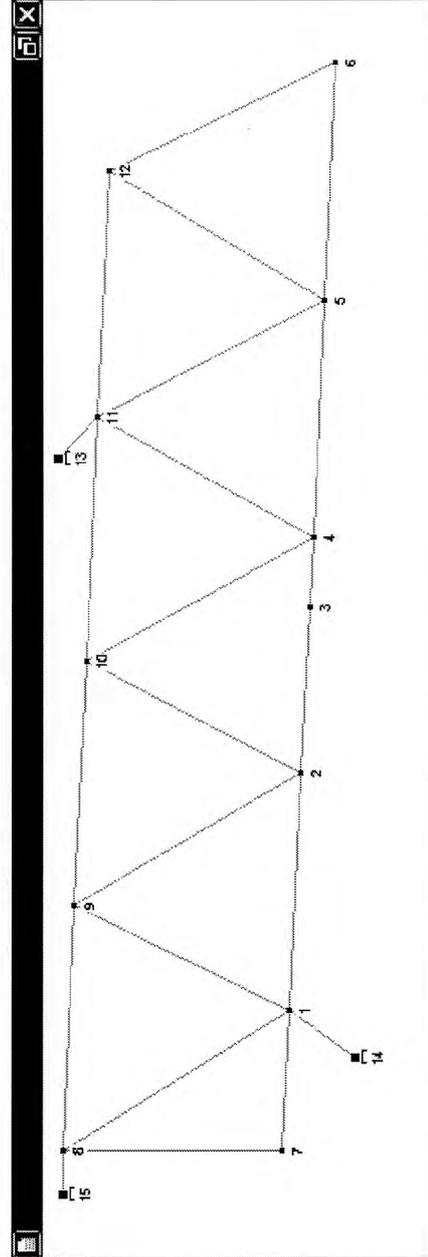
DÉPLACEMENT DES NOEUDS

Pour une meilleure visualisation globale, les 3 plus importants déplacements horizontaux et verticaux de votre structure sont mis en évidence (en gras).

Déplacements limites verticaux (par rapport à la portée de la structure) : 1/200 soit 64.5 mm

Unités : Déplacements Horizontaux, Verticaux (mm) - Rotation (rad)

Noeuds	Déplacements instantanés			Kdef	Déplacements différés			Cas + Déf		
	Horizontaux	Verticaux	Rotation		Horizontaux	Verticaux	Taux	Horizontaux	Verticaux	Verticaux
1	-1.1	0.4	-0.000832	2.00	-2.1	0.4	1%	ELS (Util.) 3	ELS (Util.) 3	ELS 27
2	-1.4	-1.9	-0.000504	2.00	-2.5	-4.0	6%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
3	-1.4	-2.8	0.000294	2.00	-2.7	-5.8	9%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
4	-1.4	-2.3	-0.000088	2.00	-2.7	-4.6	7%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
5	-1.6	-3.2	-0.000788	2.00	-3.1	-6.0	9%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
6	-1.7	-4.3	0.000000	2.00	-3.2	-8.1	13%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
7	-1.1	0.8	0.000000	2.00	-2.0	1.1	2%	ELS (Util.) 3	ELS (Util.) 3	ELS 27
8	-0.2	0.9	0.000000	2.00	-0.4	1.2	2%	ELS 27	ELS (Util.) 3	ELS 27
9	-0.5	-0.6	-0.000606	2.00	-1.0	-1.6	2%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
10	-0.8	-2.1	-0.000115	2.00	-1.8	-4.3	7%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
11	-1.1	-1.7	-0.000223	2.00	-2.4	-3.1	5%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
12	-1.1	-3.8	0.000000	2.00	-2.4	-7.1	11%	ELS 27	ELS 27	ELS 27
13	0.0	0.0	0.000000	2.00	0.0	0.0	0%	ELS 1	ELS 1	ELS 1
14	0.0	0.0	0.000000	2.00	0.0	0.0	0%	ELS 1	ELS 1	ELS 1
15	0.0	0.0	0.000000	2.00	0.0	0.0	0%	ELS 1	ELS 1	ELS 1



Question N°4.1 : Vérification de la porteuse 10/11 aux ELU et aux ELS (sur feuille de copie).

- Préciser les actions retenues pour vérifier la pièce.
- Calculer le taux de travail de la sollicitation composée sachant qu'il n'y a pas de risque de déversement et que le coefficient d'instabilité vis-à-vis du flambement est de 0,16.
- Préciser le nœud qui a le plus grand déplacement. Mentionner les actions employées pour définir le déplacement. Calculer la valeur totale du déplacement.

Question N°4.2 : Justification de l'assemblage de la diagonale 9/2 avec un angle de 61° par rapport à la membrure (sur feuille de copie et sur le document réponse DR2).

Mode de rupture	Equation	Résistance caractéristique d'un plan de cisaillement pour un boulon de 16 Ø
Simple cisaillement MODE 1	a	17815
Simple cisaillement MODE 1	b	28103
Simple cisaillement MODE 1	c	9526
Simple cisaillement MODE 2	d	10174
Simple cisaillement MODE 2	e	12016
Simple cisaillement MODE 3	f	14024
Double cisaillement MODE 1	g	17815
Double cisaillement MODE 1	h	14052
Double cisaillement MODE 2	j	10174
Double cisaillement MODE 3	k	14024

- Définir la résistance d'un boulon.
- Vérifier les conditions de distance et d'espacement de la diagonale et de la membrure.
- La diagonale et la membrure comprennent 1 file de 2 boulons et 1 boulon isolé. Justifier cette affirmation.
- Calculer le nombre efficace de boulons pour la diagonale et la membrure.
- Calculer la résistance de l'assemblage, mentionner l'effort subit par l'assemblage et en déduire le taux de travail.

Partie 5 : Technologie

- Proposer pour un ouvrage définitif une essence avec une durabilité naturelle. Préciser la précaution de classement.
- Proposer pour un ouvrage définitif une essence avec un traitement. Préciser la classe d'emploi, le mode de traitement, la profondeur de pénétration du produit et le type de produit.
- Préciser le motif du type de fixation des câbles sur le château.
- Expliquer le terme « muraillère débillardée » (plan 1 coupe BB).
- Indiquer la Signification « C18 ». Comparer le C18 et le lamibois sur des critères mécaniques et dimensionnels. Justifier l'emploi du lamibois.
- Proposer une amélioration de la section des lames de platelage pour un ouvrage définitif.
- L'architecte souhaite améliorer le bilan environnemental de la construction. Proposer des solutions pour diminuer l'emprunte écologique, l'énergie grise et permettre de recycler le bois en énergie.

DOSSIER TECHNIQUE

Le dossier technique contient :

- Pages 2 à 5 : Formulaire pour la vérification des barres
- Pages 5 à 8 : Tableaux pour définir les combinaisons d'actions et les valeurs limites réglementaires de résistance et de déformation des matériaux
- Pages 9 et 10 : Informations pour la vérification des assemblages par boulon.
- Pages 11 à 13 : Plans d'ensemble et d'élévation

FORMULAIRE EUROCODE 5

Flexion.

Taux de travail : $\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1$

Contrainte de résistance en flexion : $f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{sys} \cdot k_h$

- k_{sys} : le coefficient d'effet système est égale à 1,1. Il apparaît lorsque plusieurs éléments porteurs de même nature et de même fonction avec un entraxe inférieur à 1,2 m (solives, fermes) sont sollicités par un même type de chargement réparti uniformément et avec un système capable de reporter les efforts sur les pièces adjacentes.
- k_h : Calcul du coefficient de hauteur pour du bois massif.
 - si $h \geq 150$ mm $K_h = 1$
 - si $h \leq 150$ mm $K_h = \min(1,3 ; (150/h)^{0,2})$
 Calcul du coefficient de hauteur pour du bois lamellé-collé.
 - si $h \geq 600$ mm $K_h = 1$
 - si $h \leq 600$ mm $K_h = \min(1,1 ; (600/h)^{0,1})$

Coefficient d'instabilité provenant du déversement k_{crit}

Contrainte critique $\sigma_{m,crit}$: $\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot (1 + k_{lef} + \Delta l)}$

- Δl : lorsque la pièce est chargée sur sa fibre comprimée l_{ef} est augmentée de la valeur 2h. Si la pièce est chargée sur sa partie tendue l_{ef} est diminuée de 0,5h.
- k_{lef} :

Type d'appui	Type de chargement	Coefficient
Appuis simples	Charge répartie	0,9
	Charge concentrée	0,8
Porte à faux	Charge répartie	0,5
	Charge concentrée	0,8

Calcul de l'élanement relatif de flexion : $\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,critique}}}$

Calcul du coefficient k_{crit}

- Si $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ $k_{crit} = 1$, pas de déversement
- Si $0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4$ $k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$
- Si $1,4 < \lambda_{rel,m}$ $k_{crit} = 1 / \lambda_{rel,m}^2$

53 ■ 6 POUTRES SUR TROIS APPUIS DE NIVEAU

$\bar{A} = \bar{B} = 0,375 p \cdot \ell \cdot \bar{y}$
 $\bar{C} = 1,250 p \cdot \ell \cdot \bar{y}$
 $\bar{M}_A = \bar{M}_B = \bar{M}_C = 0$

$0 < x < \ell \quad T_y = px - 0,375 p \cdot \ell$
 $\ell < x < 2\ell \quad T_y = px - 1,625 p \cdot \ell$

$0 < x < \ell ; \quad Mf_{Gz} = 0,07 p \cdot \ell^2$
 $Mf_{Gz} = -0,125 p \cdot \ell^2$
 $\ell < x < 2 ; \quad Mf_{Gz} = 0,07 p \cdot \ell$

Flèche pour $x_E = 0,42 \ell$

$f_E = 1/184 \frac{p \cdot \ell^4}{E \cdot I_{Gz}}$

Cisaillement.

Taux de travail: $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$

- k_{cr} :

	Classe de service 1	Classe de service 2	Classe de service 3
Bois massif dont la hauteur < 150 mm	1	1	0,67
Bois massif dont la hauteur > 150 mm	0,67	0,67	0,67
Bois lamellé-collé avec moins de 70% de charge permanente par rapport à la charge totale	1	1	0,67
Bois lamellé-collé avec au moins 70% de charge permanente par rapport à la charge totale	1	0,67	0,67

Contrainte de résistance de cisaillement: $f_{v,d} = f_{v,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$

Compression sous les appuis.

(1)P L'expression suivante doit être respectée :

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \quad \dots (6.3)$$

avec

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad \dots (6.4)$$

où :

$\sigma_{c,90,d}$ est la valeur de calcul de la contrainte de compression dans la zone de contact efficace perpendiculaire au fil ;

$F_{c,90,d}$ est la valeur de calcul de la charge en compression perpendiculaire au fil ;

A_{ef} est l'aire de contact efficace en compression perpendiculaire au fil ;

$f_{c,90,d}$ est la valeur de calcul de la résistance en compression perpendiculaire au fil ;

$k_{c,90}$ est un facteur qui tient compte de la configuration de chargement, de la possibilité de fendage et du degré de déformation en compression.

Il convient de déterminer l'aire de contact efficace perpendiculaire fil, A_{ef} , égale à la longueur de contact réelle ℓ . La longueur de contact réelle ℓ est augmentée de chaque côté de 30 mm, mais sans dépasser a , ℓ ou $0,5 \ell_1$, voir la Figure 6.2.

(2) Il convient de considérer la valeur de $k_{c,90}$ à 1,0, à moins que les conditions mentionnées dans les alinéas suivants ne s'appliquent. Dans ce cas, la valeur maximale spécifiée de $k_{c,90}$ peut être prise, jusqu'à une valeur limite de $k_{c,90} = 1,75$.

(3) Pour des éléments reposant sur des appuis continus, à condition que $\ell_1 \geq 2h$, voir la Figure 6.2a, il convient que la valeur de $k_{c,90}$ soit :

— $k_{c,90} = 1,25$ pour le bois résineux massif

— $k_{c,90} = 1,5$ pour le bois résineux lamellé collé

où h est la hauteur de l'élément et ℓ la longueur de contact.

(4) Pour des éléments reposant sur des appuis discrets, à condition que $\ell_1 \geq 2h$, voir la Figure 6.2b, il convient que la valeur de $k_{c,90}$ soit :

- $k_{c,90} = 1,5$ pour le bois résineux massif
 - $k_{c,90} = 1,75$ pour le bois résineux lamellé collé à condition que $\ell \leq 400$ mm
- où h est la hauteur de l'élément et ℓ la longueur de contact.

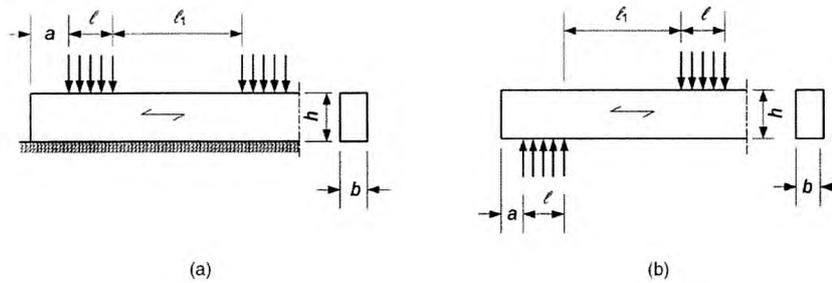


Figure 6.2 — Élément sur (a) appuis continus et (b) discontinus

Traction

Taux de travail: $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$

Contrainte de résistance du bois : $f_{t,0,d} = f_{t,0,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * k_h$

Compression axiale avec risque de flambement

Taux de travail : $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1$

Contrainte de résistance en compression axiale : $f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$

Influence des assemblages des extrémités sur la longueur de flambement

$m = 2$	$m = 1$	$m = 0,7$	$m = 0,5$
$L_f = 2 l_q$	$L_f = l_q$	$L_f = 0,7 l_q$	$L_f = 0,5 l_q$

Elancement relatif : $\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$

Coefficient intermédiaire : $k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$

$\beta_c = 0,1$ pour le BLC et $0,2$ pour le BM

Coefficient d'instabilité : $k_{c,z} = \frac{1}{(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2})}$

Déformation

Déformation instantanée sous charge variable : $\frac{W_{inst(Q)}}{U_{inst(Q)}} \leq 1,$

Déformation totale : $\frac{W_{net,fin(Q)}}{U_{net,fin(Q)}} \leq 1$

Sollicitations composées

Compression axiale avec risque de flambement et flexion : $\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$

TABLEAUX : Vérifications des structures en bois avec les eurocodes

Tab. 2. Valeurs des charges d'exploitation en fonction du bâtiment (source : NF P 06-111-2/A1, clause 6.3.1.2(1)P, tableau 6.2)

Catégorie	Charge uniformément répartie q_k (kN/m ²)	Charge concentrée Q_k (kN)
A – Logement		
– Plancher	1,5	2
– Escalier	2,5	2
– Balcon	3,5	2
B – Bureau		
– Bureau	2,5	4
C – Locaux publics		
– C1 Locaux avec table (école, restaurant, etc.)	2,5	3
– C2 Locaux avec sièges fixes (théâtre, cinéma, etc.)	4	4
– C3 Locaux sans obstacles à la circulation (musée, salles d'exposition)	4	4
– C4 Locaux pour activités physiques (dancing, salles de gymnastique, etc.)	5	7
– C5 Locaux susceptibles d'être surpeuplés (salles de concert, terrasses, etc.)	5	4,5
D – Commerces		
– D1 Commerces de détail courants	5	5
– D2 Grands magasins	5	7
E – Aires de stockage et locaux industriels		
– E1 Surfaces de stockage (Entrepôts, bibliothèques,...)	7,5	7
– E2 Usage industriel	cf. CCTP	
H – Toitures		
– Si pente $\leq 15\%$ + étanchéité	0,8 (1)	1,5
– Autres toitures	0	1,5
I – Toitures accessibles		
– Pour les usages des catégories A à D	charges identiques à la catégorie de l'usage	
– Si aménagement paysager	≥ 3	–

(1) q_k sur une surface rectangulaire ($A \times B$) de 10 m² telle que $A/B \leq 2$.

Les vérifications sont effectuées avec la charge uniformément répartie q_k puis avec la charge concentrée Q_k .

Les charges d'exploitation de la catégorie H sont des charges d'entretien ; elles ne doivent pas être cumulées avec les actions de la neige ou du vent, mais sont prises en compte lors de la vérification de la déformation à l'état limite de service.

Tab. 2bis. Tableau des valeurs des charges de neige (source : NF EN 1991-1-3/NA)

Régions :	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (S_k) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m :	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (S_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :	—	1,00	1,00	1,35	—	1,35	1,80	—
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 :	Δs_1							Δs_2

(charges en KN/m^2)

Altitude A	Δs_1	Δs_2
de 200 à 500 m	$A/1000 - 0,20$	$1,5 A/1000 - 0,30$
de 500 à 1000 m	$1,5 A/1000 - 0,45$	$3,5 A/1000 - 1,30$
de 1000 à 2000 m	$3,5 A/1000 - 2,45$	$7 A/1000 - 4,80$

Remarques

- La valeur de charge neige accidentelle est indépendante de l'altitude.
- La valeur totale de neige est obtenue en ajoutant la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol.

Coefficient de forme μ_i

Le coefficient de forme μ_i est défini dans le paragraphe 5.3.2 de la norme NF EN 1991-1-3 (tab. 3).

Tab. 3. Coefficients μ_i pour une toiture sans dispositif de retenue de la neige (source : NF EN 1991-1-3)

Angle α du toit (degré)	$0 < \alpha \leq 30$	$30 < \alpha \leq 60$	$\alpha \geq 60$
μ_1 (toiture à 1 ou 2 versants)	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0
μ_2 (toiture à versants multiples)	$0,8 + (0,8\alpha / 30)$	1,6	

Remarques

- Si des éléments (barre à neige, acrotères...) empêchent la neige de glisser, μ_1 est pris égal à 0,8.
- Les accumulations de neige sont définies dans les annexes des normes NF EN 1991-1-3

$$S = (S_k + \Delta s_1) \times \mu_i$$

Tab. 4. Coefficients partiels de l'action permanente pour un bâtiment courant (durée indicative d'utilisation de 50 ans)

Type d'action	Coefficient partiel
Permanente :	
– (STR) : $\gamma_{G, sup}$	1,35
– (STR) : $\gamma_{G, inf}$	1
– (EQU) : $\gamma_{G, inf}$	0,9
Variable (STR) : γ_Q	1,5

Tab. 5. Coefficients statistiques en fonction des catégories de bâtiment et de l'altitude

	Action variable d'accompagnement Ψ_0	Combinaison accidentelle (incendie) Ψ_1	Fluage et combinaison accidentelle Ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments			
Catégorie A : Habitations résidentielles	0,7	0,5	0,3
Catégorie B : Bureaux	0,7	0,5	0,3
Catégorie C : Lieux de réunion	0,7	0,7	0,6
Catégorie D : Commerce	0,7	0,7	0,6
Catégorie E : Stockage	1	0,9	0,8
Catégorie H : Toits	0	0	0
Charges de neige			
Altitude > 1 000 m	0,7	0,5	0,2
Altitude \leq 1 000 m	0,5	0,3	0
Action du vent			
	0,6	0,2	0