

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

AMCR

SUJET 0

SOMMAIRE

E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet

Durée : 4h – Coefficient : 4

Contenu du sujet

Trois feuillets indépendants agrafés

- Feuille « Travail demandé »
- Feuille « Documents réponse »
- Feuille « Dossier ressource »

Une partie du travail demandé est à réaliser sur le feuille « Documents réponse », celui-ci sera ensuite rendu dans son intégralité sans avoir été dégrafé.

Les questions sont pour la plus part indépendantes.

Documents autorisés

- Aucun

Matériel autorisé

- Toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique dont le fonctionnement est autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Feuille « Travail demandé »

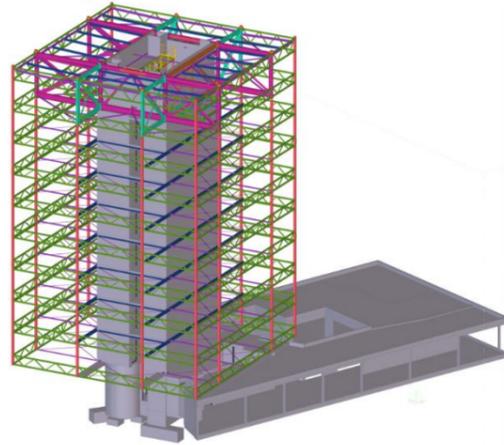
- Présentation de l'ouvrage, barème p. 2
- Partie I : Etude du risque sismique p. 3
- Partie II : Analyse structurelle p. 3
- Partie III : Analyse comparative de composants p. 3
- Partie IV : Etude de la suspente AF p. 4
- Partie V : Etude des U support de plancher p. 5
- Partie VI : Etude d'une méga-poutre p. 6
- Partie VII : Etude d'assemblages p. 7

Feuille « Documents réponse »

Feuille « Dossier ressource »

- Partie I : Documentation technique relative à l'ouvrage étudié..... p. 1
- Partie II : documentation composants p. 3
 - Plancher mixte Cofradal p. 4
 - Plancher collaborant Cofraplus p. 5
- Partie III : Extrait des normes en vigueur pour les calculs réglementaires p. 6
 - Prise en compte des effets du séisme p. 6
 - En 1090 : définition des classes d'exécution p. 7
 - Eurocodes 0 1 3 : extraits p. 9

PRESENTATION DE L'OUVRAGE



Tour ZERO NEWTON : immeuble « suspendu » sur l'Île de Nantes

Le projet ZERO NEWTON porte sur la construction d'un ensemble de bureaux et d'activités dédié aux industries culturelles et créatives, et d'une galerie d'art en rez-de-chaussée. Sur une parcelle anciennement occupée par Alstom (place Albert Camus), le projet s'inscrit dans la dynamique du Quartier de la création.

L'ensemble en R+8 sera constitué d'un rez-de-chaussée s'articulant autour d'un patio et comprenant des commerces et activités (galerie d'art, restaurant) ainsi que d'une tour reposant en équilibre sur ce soubassement. Cette tour accueillera, sur 2364 m², des bureaux où viendront s'installer les entreprises.

Le patio sera végétalisé et planté d'un arbre à haute tige que les passants pourront observer depuis la place Albert Camus. La toiture du rez-de-chaussée sera également végétalisée et constituera un jardin urbain visible des occupants de la tour et des immeubles environnants.

Fiche technique

- **Type de projet** : activités économiques de type bureau
- **Hauteur du bâtiment 33m**
- **Dimensions 20.8m x 20.8m en plan**
- **Porte à faux 7m**
- **Noyau béton 7.4m x 10.85m**
- **8 niveaux de planchers** :
Le premier en béton coulé
Les 7 autres en COFRADAL 200 version DECIBEL
- **Toiture bac acier = 355m²**
- **Peinture intumescente SF = 1h ; S = 735m²**

Barème

Parties	Points	Temps indicatifs
Lecture	/	15'
Partie 1		10'
Partie 2		15'
Partie 3		25'
Partie 4		45'
Partie 5		40'
Partie 6		40'
Partie 7		50'
totaux	60	240'

Compétences évaluées

Compétences évaluées		Questions posées																							
		Q11	Q12	Q21	Q22	Q23	Q31	Q32	Q33	Q41	Q42	Q43	Q44	Q45	Q46	Q47	Q51	Q52	Q531	Q532	Q61	Q62	Q63	Q71	Q72
C1.1	Analyser une information, un résultat																								
C1.2	Analyser le contexte d'un projet																								
C1.3	Analyser une solution technique																								
C2.1	Identifier les calculs à produire pour répondre à une problématique																								
C2.2	Établir ou contrôler une modélisation nécessaire à un calcul																								
C2.3	Réaliser et rédiger un calcul manuscrit de vérification ou de dim.																								
C3.1	Rédiger une partie d'un cahier des charges																								

TRAVAIL DEMANDE

PARTIE I : ETUDE DU RISQUE SISMIQUE

En se référant au guide « Règlementation parasismique » du document ressource(Partie III page 6), étudier le risque sismique relatif à ce projet de construction.

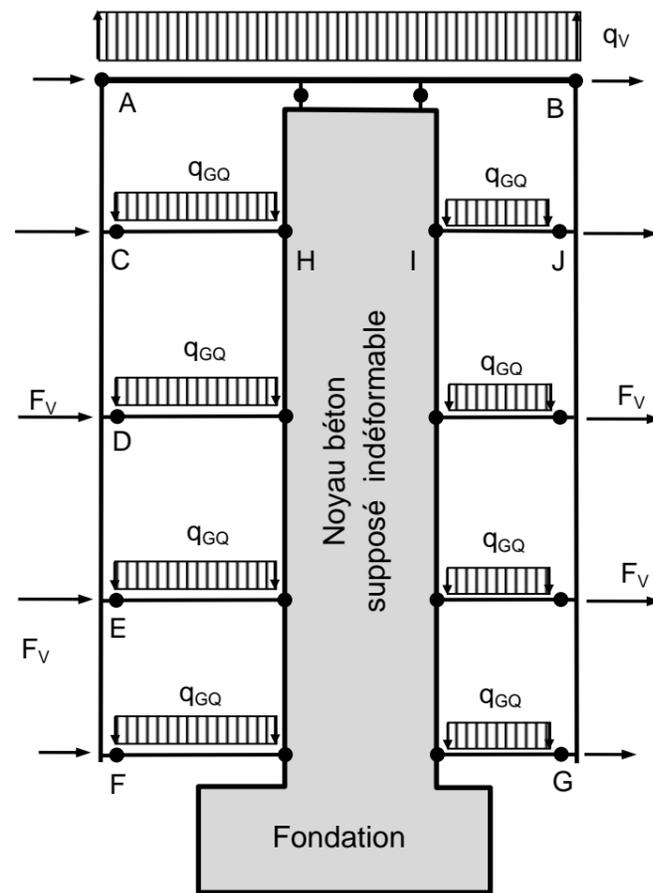
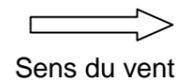
- Conclure sur l'obligation de prise en compte ou non des règles de construction parasismique. Le cas échéant, prescrire la norme à utiliser et donner la valeur de l'accélération maximale de référence au rocher a_{gr} .

PARTIE II : ANALYSE STRUCTURELLE

Stabilité du plan vertical contenant la file B2 selon un modèle simplifié plan à 4 niveaux (au lieu de 8)

L'analyse de la géométrie, des liaisons et de la forme du chargement permet d'identifier la nature des sollicitations en présence dans les éléments structuraux (hormis le noyau béton) ci-contre:

- AB : méga-poutre file B2
- AF : suspente, intersection file (E;B2)
- CH : éléments de plancher du côté au vent.
- IJ : éléments de plancher coté sous le vent.



2.1 Stabilité sous les seules charges permanentes et d'exploitation q_{GQ}

Analyser sans calculs la transmission des charges et renseigner les tableaux sur le document réponse page 1 en cochant les cases associées aux éléments structuraux. Exemple de tableaux :

Élément non sollicité	Φ	C	T	F
	X			

Élément simplement tendu	Φ	C	T	F
			X	

Élément comprimé et fléchi	Φ	C	T	F
		X		X

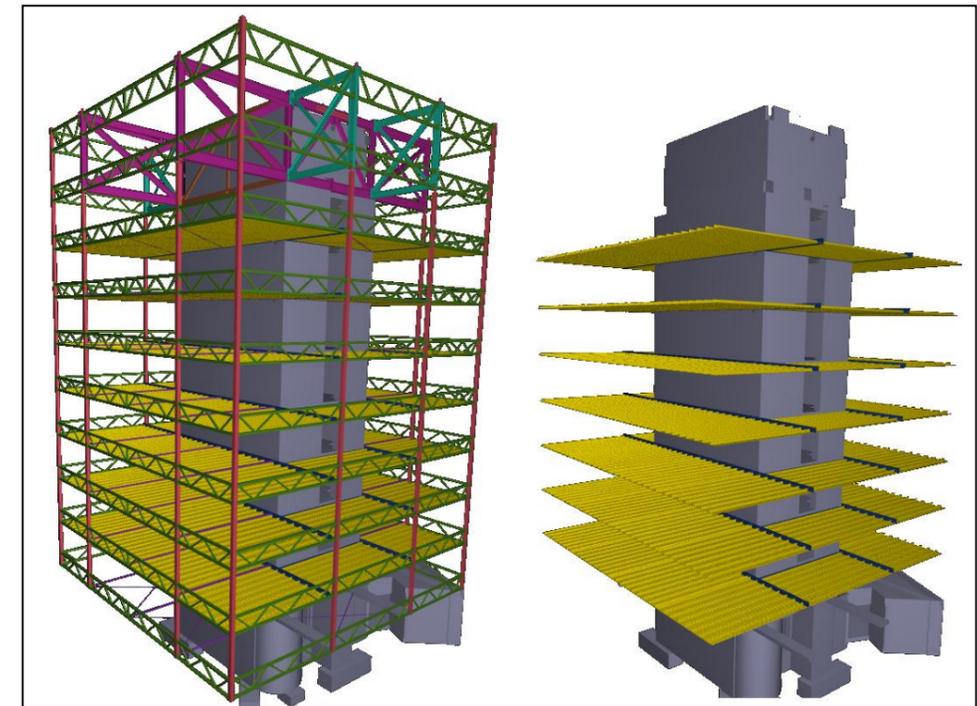
2.2 Stabilité sous les seules charges de vent F_v et q_v

Même question qu'en 2.1 sous le chargement précisé ci-dessus.

2.3 Stabilité sous les charges combinées q_{GQ} , F_v et q_v

Même question qu'en 2.1 sous le chargement précisé ci-dessus.

PARTIE III : ANALYSE COMPARATIVE DE COMPOSANTS



*Disposition des ondes des composants de plancher.
Les composants reposent sur deux appuis : les poutres treillis périphériques et les U support accolés au noyau béton.*

31 Choix du plancher

A partir du document ressources, en particulier les élévations de l'ouvrage et l'annexe plancher, et en donnant toutes les justifications de votre raisonnement et toutes les prescriptions complémentaires à indiquer au CCTP :

- Déterminer si l'ouvrage étudié entre dans la catégorie des immeubles de grande hauteur (IGH) ou non ; si oui indiquer quelle est la classe de ce bâtiment,
- Définir le degré de résistance au feu à prescrire pour les composants de plancher,
- Solution **Cofraplus 220** : déterminer la hauteur $H_{c_{min}}$ de la dalle pour cette prescription REI. En vous référant aux dimensions de la vue en plan du document ressource page 2, calculer le **pooids total** des 7 niveaux de plancher collaborant de l'ouvrage.

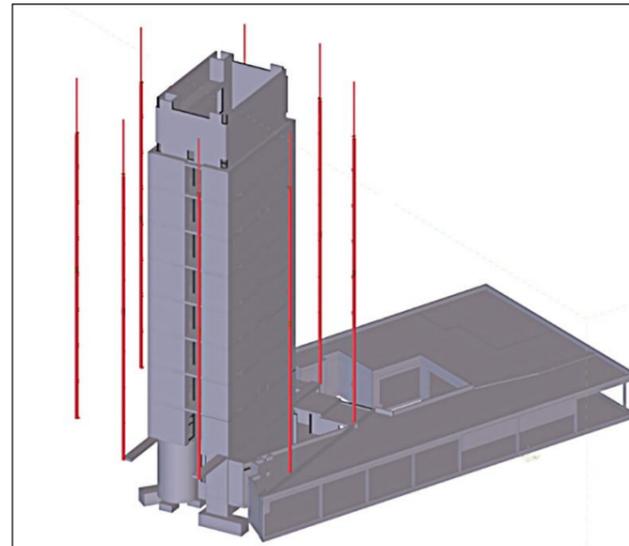
- Solution **Cofradal 200** : la prescription REI est satisfaite, déterminer le poids total des 7 niveaux de plancher collaborant.

32 La maîtrise d'œuvre s'oriente vers la solution Cofradal 200

- Identifier la portée maximale des planchers sur la vue en plan. Vérifier alors la capacité portante de la solution Cofradal 200 ; préciser la taille des aciers HA de tenue au feu.

PARTIE IV : ETUDE DE SUSPENDE

La construction comporte 8 suspentes raccordées aux extrémités des 4 méga poutres. Ces suspentes supportent elles même les 8 niveaux de plancher collaborant.



Pour les questions 41, 42, 43 et 44, la suspente étudiée se situe à l'intersection des files E et B2

41 Travail préliminaire

- Identifier sur le dossier ressource les données relatives aux diverses actions surfaciques en présence sur les planchers et compléter le tableau du document réponse page 2.
- Déterminer la valeur de l'aire de reprise de la suspente sur un niveau.

42 Charges permanentes par niveau sur suspente

Aux charges permanentes de plancher vient s'ajouter celle de la poutre périphérique avec enrobage béton. Sa masse linéique a pour valeur 75 kg/m.

- Définir la longueur de poutre périphérique bordant l'aire de reprise de la suspente (E,B2). En déduire la valeur en kN de la force résultante s'exerçant sur la suspente : F_{GPP}
- Déterminer la valeur résultante des actions du plancher : F_{GPL}
- Calculer la valeur de la force résultante totale en kN sur la suspente AF par niveau de plancher : F_G

43 Charge d'exploitation par niveau sur suspente

- Calculer la valeur de la force résultante en kN, s'exerçant sur la suspente AF à chaque niveau de plancher : F_Q

44 Combinaisons de charges appliquées à chaque niveau de la suspente

- Rappeler la combinaison de charges ELS à prendre en compte et montrer que l'action combinée a pour valeur : $F_{ELS} = 183$ kN
- Rappeler la combinaison de charges ELU à prendre en compte et montrer que l'action combinée a pour valeur : $F_{ELU} = 260$ kN

Pour les questions 45 et 46, on se réfère à la modélisation simplifiée réduite à quatre niveaux représentée ci-contre :

Section transversale :

Tube carré fini à froid 200x200x10 acier S355/JR
 $A = 72,91 \text{ cm}^2$

45 Déformation

Devant les incertitudes relatives à l'horizontalité des planchers qui s'appuient sur les suspentes, il est important de prévoir l'importance des déplacements verticaux. Le résultat de cette démarche permettra d'envisager si besoin l'introduction d'un système de réglage.

- Calculer l'allongement Δ_{EF} du tronçon EF sous le chargement \vec{F}_{ELS} Rappel : $\Delta = FL/EA$
- En déduire les allongements des autres tronçons : Δ_{DE} , Δ_{CD} et Δ_{AC}
- Déterminer le déplacement du nœud F : δ_F

46 Résistance

Il est également nécessaire de s'assurer de la résistance de ces suspentes sous le chargement \vec{F}_{ELU}

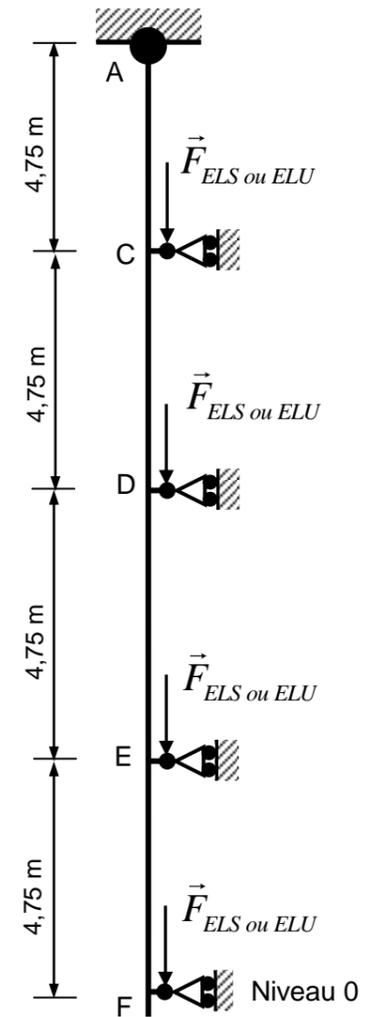
- Etablir le graphe des sollicitations dans la suspente.
- Effectuer la vérification ELU en sections brute sur le tronçon le plus sollicité : le tronçon AC.

47 Conception

Afin d'optimiser la conception des suspentes, le bureau d'étude décide de réduire les sections à mesure que l'on se rapproche du niveau zéro.

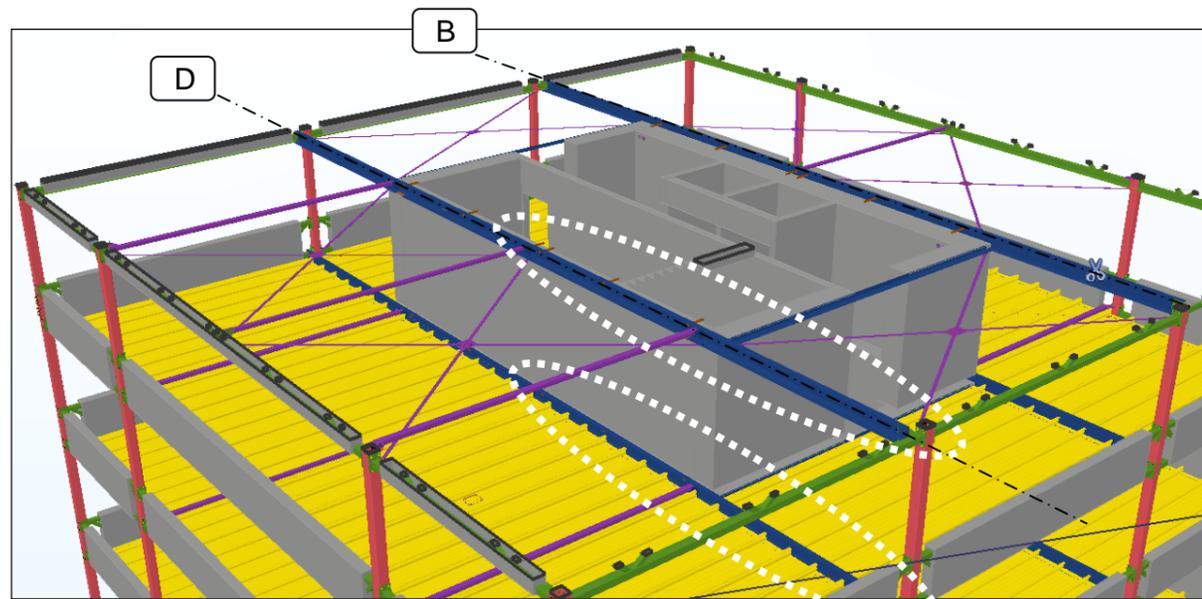
- Justifier cette démarche en quelques lignes.

Ancrage à l'extrémité d'une méga-poutre

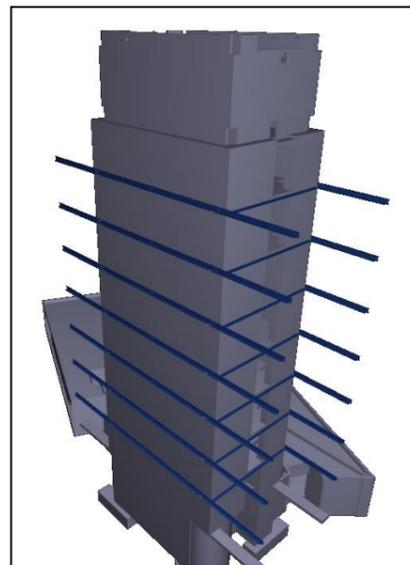


Modélisation simplifiée d'une suspente

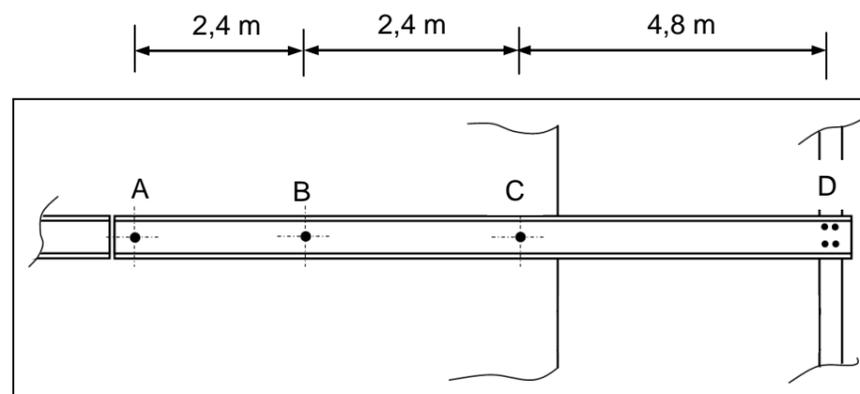
PARTIE V : ETUDE DES U SUPPORT DE PLANCHER



Situation d'un U sur la coupe horizontale d'un étage courant



Vue d'ensemble



Dessin de principe en élévation

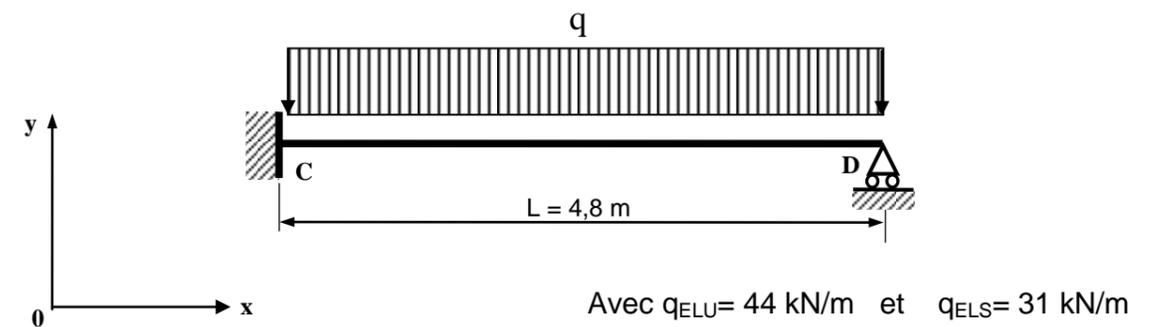
Section transversale : UPN 240 S355

$A = 42,3 \text{ cm}^2$ $I_y = 3600 \text{ cm}^4$ $I_z = 248 \text{ cm}^4$
 $A_{vz} = 23,71 \text{ cm}^2$ $W_{pl,y} = 358 \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} = 75,7 \text{ cm}^3$
 Section de classe 1 pour la flexion simple

51 Modélisation d'un U support de plancher

- En se référant au dessin de principe en élévation figurant sur la page précédente, compléter la modélisation esquissée sur le document réponse. Seront représentées : la géométrie cotée, l'orientation de la section, les liaisons et la forme du chargement (sans valeurs numériques).
- Représenter l'allure de la déformée.

Pour les questions suivantes, le tronçon CD est modélisé en première approche de la façon suivante:



52 Etude statique: équilibre du tronçon CD (sous chargement ELU)

- Identifier les inconnues d'actions transmissibles aux liaisons, en déduire le degré d'hyperstatisme de la modélisation retenue.
 - Le moment transmis en C au tronçon CD est donné : $M_C = + \frac{qL^2}{8}$
- Déterminer les valeurs littérales ou/et numériques des inconnues restantes en développant les calculs.

53 Etude des sollicitations sur le tronçon CD (sous chargement ELU)

L'équilibre du tronçon est donné sur le document réponse.

- Etablir au moyen d'équations ou toute autre méthode les graphes de l'effort tranchant $V_{z,Ed}$ et du moment fléchissant $M_{y,Ed}$ sur le tronçon. Détailler le calcul des valeurs caractéristiques, valeurs à reporter sur les graphes.

54 Vérifications réglementaires

541 ELU : vérification en section

La poutre est maintenue latéralement par le complexe du plancher, le phénomène de torsion ainsi que l'instabilité de déversement ne peuvent occasionner la ruine de l'élément. Il reste donc à vérifier la section en flexion plane simple. Les valeurs des sollicitations sur la section déterminante sont données : $M_{y,Ed} = 127 \text{ kN.m}$ $V_{z,Ed} = 132 \text{ kN}$

- La section étant de classe 1, effectuer cette vérification.

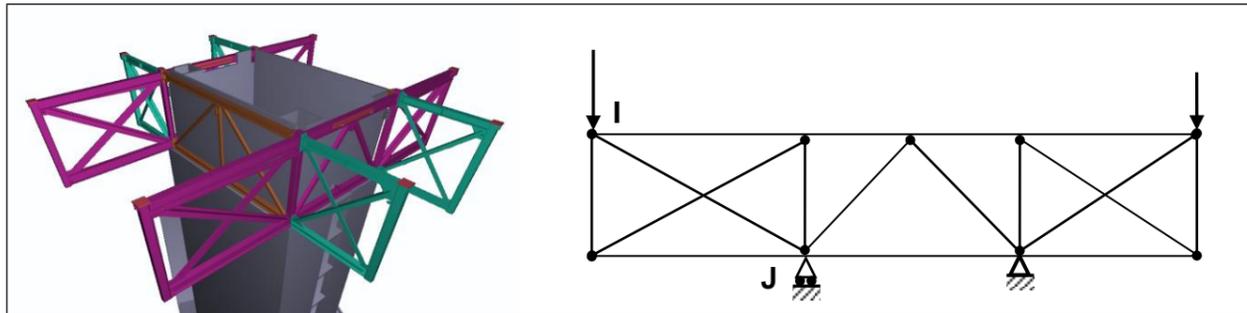
542 ELS

- Représenter l'allure de la déformée sur le doc réponse, positionner approximativement la flèche maximale.
- Rechercher l'expression de la flèche admissible W_{max} , calculer sa valeur.
- La flèche de calcul f_{Ed} à mi longueur, peu différente de la flèche maximale, a pour

expression : $f_{Ed} = \frac{q.L^4}{192.E.I}$ Calculer sa valeur, est-elle acceptable ?

PARTIE VI : ETUDE D'UNE MEGA-POUTRE

Eléments structuraux de première importance, les méga poutres représentent la clef de voûte de l'ouvrage. Elles supportent les suspentes et sont elles mêmes supportées par le noyau béton



Modélisation des files B2 ou B4 : les charges s'appliquent en tête des montants latéraux, les suspentes traversent en effet ces montants tubulaires pour prendre appui sur leurs extrémités supérieures.

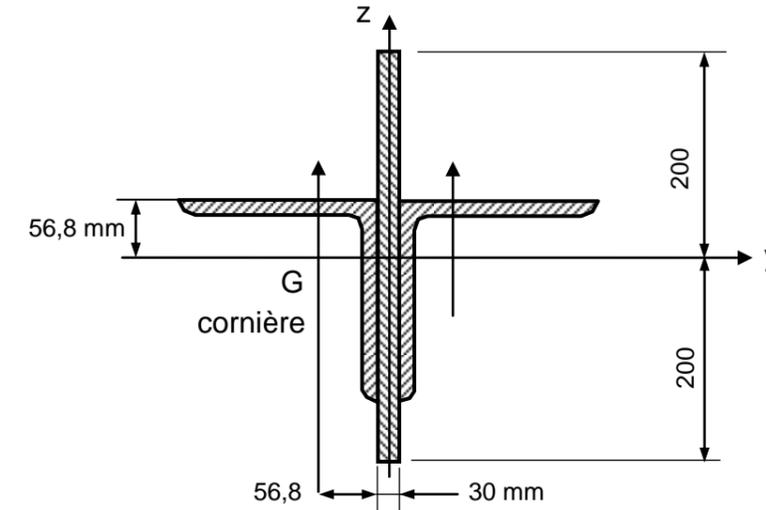
61 Classe d'exécution

- En se référant aux données du dossier ressource page 8, définir la classe d'exécution de l'élément structural. Compléter pour cela le tableau du document réponse.

- Citer quelques prescriptions relatives à la classe d'exécution définie qu'il convient d'appliquer lors de la conception, de la fabrication et du montage sur site. Renseigner à cet effet les cases du tableau sur le document réponse page 4.

62 Caractéristiques de la section de la diagonale IJ

La section est composée d'un plat 30x400 et deux cornières à ailes égales 200x20, le tout en acier S355/JR.



On observe que la position sur z des barycentres des cornières est confondue avec celle du plat.

Caractéristiques d'une cornière :

$A = 76,35 \text{ cm}^2$
 $I_y = I_z = 2851 \text{ cm}^4$ dans son repère propre

- Déterminer l'aire A de la section brute.
- I_{Gy} : montrer que l'inertie (ou moment quadratique) de flexion dans le plan du treillis a pour valeur 21702 cm^4 .
- I_{Gz} : montrer que l'inertie hors-plan a pour valeur 13664 cm^4 .

63 Vérification ELU de la diagonale comprimée IJ

Section transversale : Acier S355/JR

$A = 272,7 \text{ cm}^2$
 $I_{Gy} = 21702 \text{ cm}^4$ $I_{Gz} = 13664 \text{ cm}^4$
 $i_y = 8,92 \text{ cm}$ $i_z = 7,08 \text{ cm}$

Section de classe 2 pour la compression

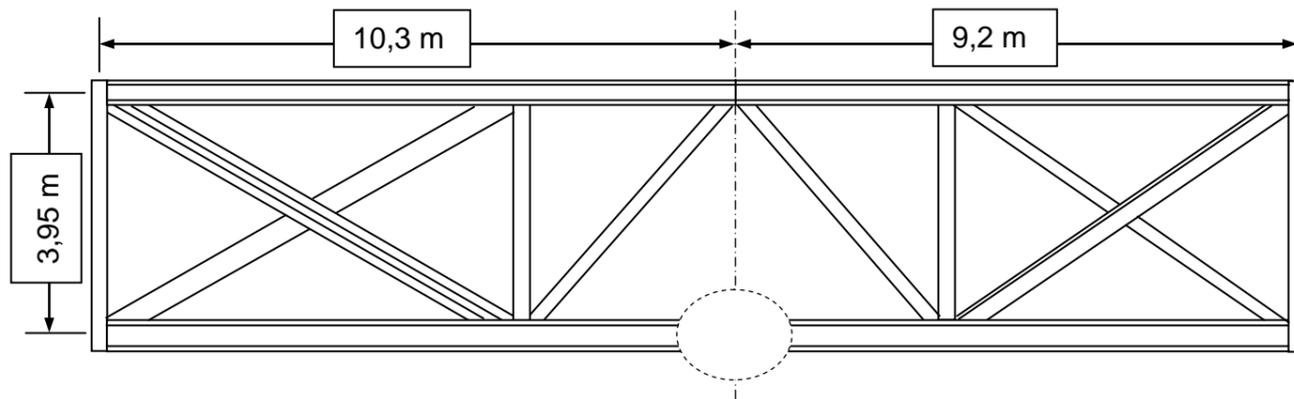
La résistance en section étant validée, il reste à vérifier la barre à l'instabilité de flambement

Pour cela, on retient une longueur prise aux lignes d'épure : $L = 7,93 \text{ m}$

- La diagonale est soudée à ses extrémités.
En vous référant à l'extrait de norme du dossier ressource pages 12 et 13, définir les longueurs de flambement de l'élément : L_{cry} pour le flambement dans le plan du treillis et L_{crz} pour le flambement hors plan.
- Calculer l'effort normal résistant au flambement : $N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd} ; N_{b,z,Rd})$
On retiendra la courbe de flambement **C**
- Effectuer la vérification de la barre sachant que l'effort normal de compression est le suivant : $N_{Ed} = 2460 \text{ kN}$

PARTIE VII : ETUDE D'ASSEMBLAGES

La maîtrise d'œuvre veut éviter un transport de type convoi exceptionnel effectué à l'aide d'un ensemble routier (tracteur et double remorque). Les méga-poutres sont en conséquence réalisées en deux parties puis assemblées sur le chantier. Nous nous intéressons aux liaisons raccordant les deux-demi poutres des files **B2** et **B4**.



Barres raccordées:

Membrane supérieure : HEB 400 S355/JR
 Membrane inférieure : HEB 500 S355/JR
 Diagonales : Tube carré 200x200x10 S355/JR

71 Vérification partielle de l'assemblage de la membrane supérieure

La membrane reprend un effort normal de traction : $N_{Ed} = 3310 \text{ kN}$
 Le moment fléchissant et l'effort tranchant transmis sont négligés dans l'étude.
 Le raccordement est réalisé par un assemblage de continuité. Pour des questions d'encombrement et de manutention (un œillet de levage démontable est fixé sur la semelle supérieur de la membrane), la liaison se concentre sur l'âme uniquement. Elle est réalisée par l'intermédiaire de deux éclisses en T et de 36 (2x18) boulons **M30x110 de classe 8-8**, voir le dossier ressource page 3.

- Citer les modes de ruine à envisager, aucun calcul n'est demandé.
- Spécificité des assemblages longs pour la résistance des boulons au cisaillement.

En vous référant au dossier ressource page 3, montrer que l'assemblage entre dans la catégorie des assemblages longs. En déduire la valeur du coefficient réducteur β_{LF} .

Vérification des boulons aux cisaillement

- Les boulons sont considérés comme travaillant en pression diamétrale, soit en catégorie A.
La condition de résistance des boulons est dans ce cas: $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$
- Les boulons reprennent une part égale de l'effort global sollicitant.
- L'expression de l'effort résistant par plan de cisaillement est la suivante :

$$F_{v,Rd} = \beta_{LF} \cdot \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad \text{Les plans de cisaillement passent par la partie filetée de la vis.}$$

Vérifier la résistance des boulons au cisaillement.

72 Conception de l'assemblage de la membrane inférieure

Cette membrane reprend essentiellement un effort normal de compression. Une solution de raccordement par platines d'about est retenue pour des questions de simplicité et au final de coût.

A cet effet, quatre rangées de deux boulons sont disposées sur les platines entre les semelles des poutres raccordées.

Afin de rigidifier la liaison, une rangée supplémentaire de boulons située au dessus des semelles supérieures vient compléter le dispositif. Les deux platines débordent donc des semelles supérieures et reçoivent de plus un gousset.

- Réaliser sur la trame du document réponse un croquis préparatoire du dessin d'exécution.
Les deux vues sont à compléter, vous représenterez les cordons de soudure et indiquerez les cotes utiles sans leurs valeurs.

Analyse de résultats de simulation **question pour l'avenir**

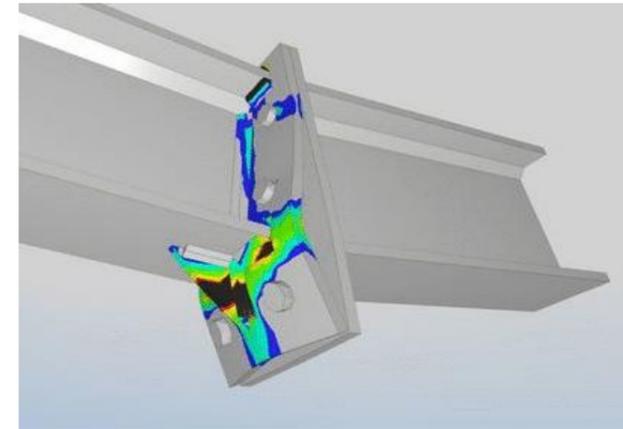
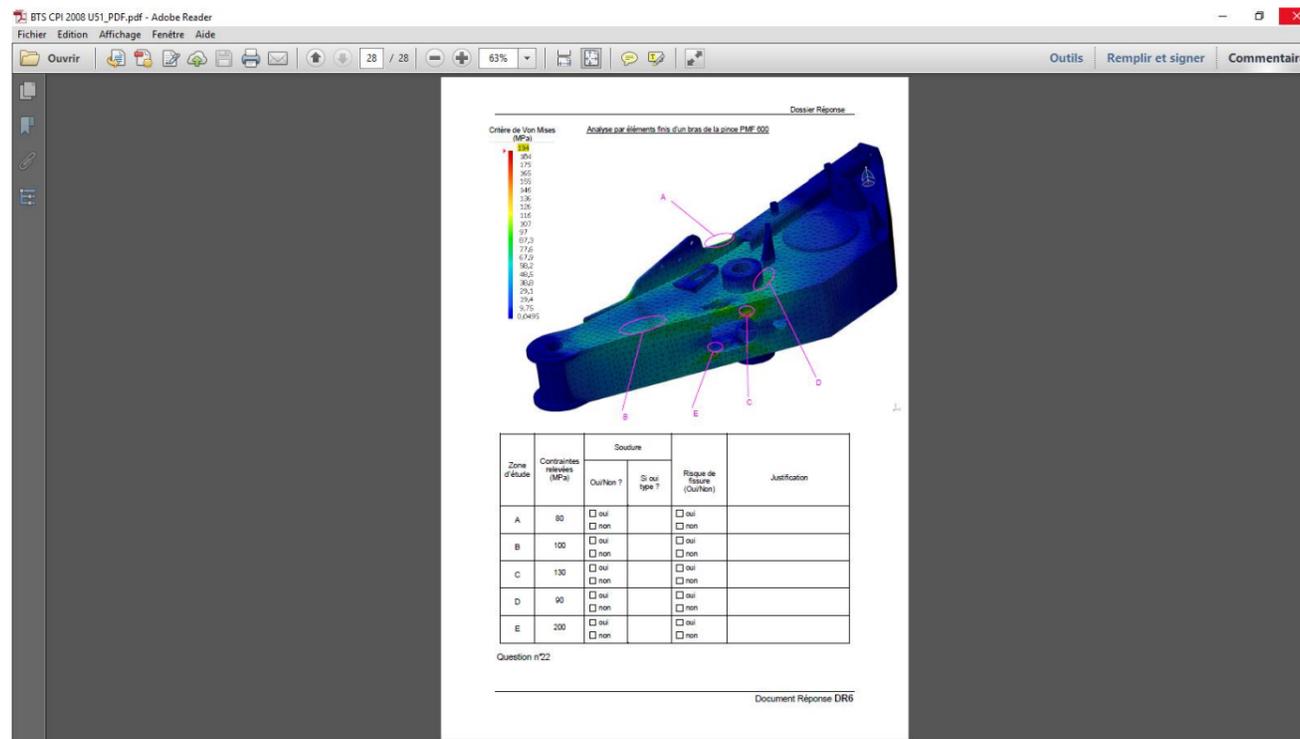
Interprétation de résultats logiciels : résultats contrainte par EF

Choix de matériau en fonction de la contrainte ou bien quel est le coef de sécu en contrainte ?

Optimiser les formes de la pièce

Quelle(s) zone de l'assemblage est à étudier de près à la vue du mode de ruine représentés sur la simulation ci-dessous.

Exemple bts cpi :



Power Connect, IDEA StatiCa, COP Ou bien : en capacité, mécanisme de ruine sur Strains