

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION

SESSION 2024

E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet

U 4

Durée : 4h – Coefficient : 4

Contenu du dossier :

- le présent sujet
- le dossier technique
- le dossier ressources

Barème indicatif :

- partie 1 : 5 points
- partie 2 : 6 points
- partie 3 : 4 points
- partie 4 : 5 points

Recommandations

Les parties sont complètement indépendantes. Au sein d'une partie les questions s'enchaînent avec une certaine logique qu'il vaut mieux respecter. Toutefois vous pouvez sauter une question sur laquelle vous buttez en utilisant, si besoin, les résultats partiels des questions précédentes qui sont notés "*en italique*".

On demande de **justifier avec clarté tous les calculs**.

ATTENTION : ce sujet présente deux **documents réponses** à rendre obligatoirement avec la copie, même si ne sont pas traités.

Calculatrice autorisée

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 1/10

Partie 1 : vérification d'une solive support du platelage

Le platelage est constitué d'un plateau de bois supporté par une série de solives **IPE80 S275** qui reposent de façon isostatique sur les traverses horizontales du pont.

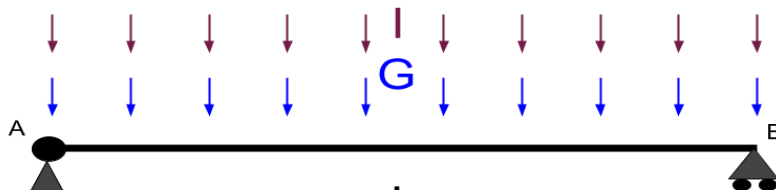


Fig. 1 : schéma mécanique de la solive étudiée. On considère que cette solive est une poutre **IPE80 S275**, isostatique sur deux appuis, chargée par une charge répartie uniforme formée d'une combinaison de **G** et de **I**.

Chargement

Q1.1- Charge de poids propre sur solive

Montrer que la charge due au poids propre sur la solive est de : $G \approx 0,16 \text{ kN/m}$.

Q1.2- Charge d'exploitation sur solive

Montrer que la charge d'exploitation sur la solive est de : $I \approx 1,46 \text{ kN/m}$.

Vérification ELU

Q1.3- ELU : charge sur solive

Montrer que la charge ELU pour G avec une action variable est de : $q_{ELU} \approx 2,4 \text{ kN/m}$.

Q1.4- ELU : sollicitation en milieu de travée

Calculer le moment sollicitant en milieu de travée : M_{yed} . Que vaut l'effort tranchant en ce même point ? Voir le formulaire du document ressource.

Q1.5- ELU : résistance de la solive

Calculer le moment résistant de la solive M_{yplrd} .

La section est-elle vérifiée à l'ELU ?

Vérification ELS

Q1.6- ELS : flèche autorisée

Après avoir donné la portée de la solive, calculer les flèches autorisées à l'ELS sous les combinaisons **G + I** et **I**.

Q1.7- ELS : flèche élastique sous $q_{ELS} = G + I$

Calculer la flèche maximale w_{max} sous le chargement uniforme $q_{ELS} = G + I$. En quel point de la poutre cette flèche est-elle située ? Voir le formulaire du document ressource.

La solive est-elle vérifiée à l'ELS ? Vous justifierez votre réponse.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 2/10

Partie 2 : vérification du treillis

La structure principale du pont est formée de deux treillis identiques et parallèles. Dans cette partie, on vérifie la membrure comprimée d'une de ces poutres treillis.

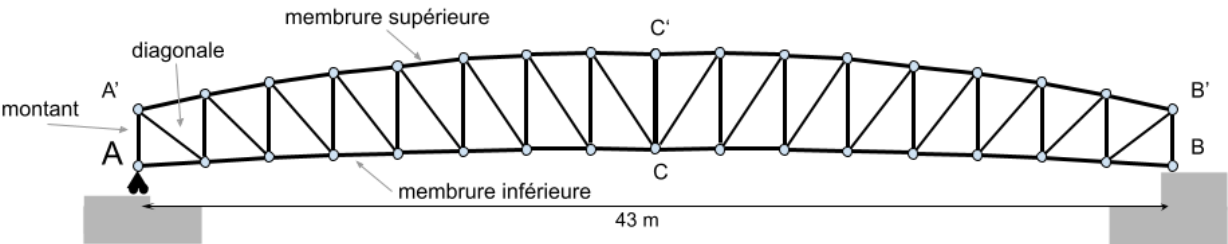


Fig. 2 : schéma mécanique d'une des deux poutres treillis qui constituent la structure porteuse principale de la passerelle. Pour les calculs les membrures seront considérées comme horizontales (voir la Fig.3).

Par soucis de simplicité on négligera les courbures et les pentes des membrures et on modélisera la poutre comme sur la figure 3.

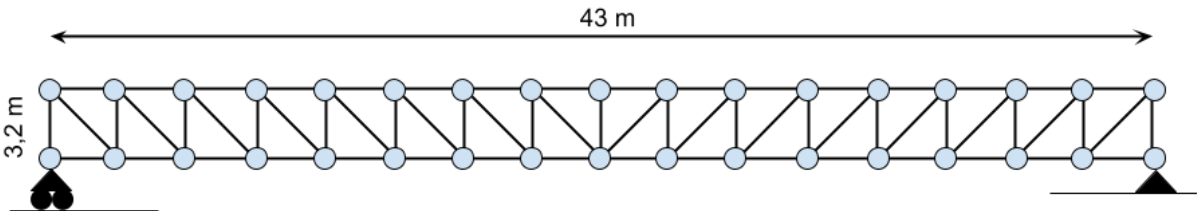


Fig. 3 : modèle simplifié droit à utiliser pour calculer le poids d'une poutre treillis.

Stabilités

Q2.1- Stabilité horizontale du plancher

Expliquer comment et par quels profilés est assurée la stabilité de la poutre treillis dans le plan du plancher.

Q2.2- Stabilité de la poutre treillis face au déversement

Expliquer comment et par quel profilé est assuré le maintien anti-déversement de la poutre treillis.

Chargement

Q2.3- Charge de poids propre sur une poutre treillis

Montrer que le poids propre qui s'applique sur la poutre treillis vaut : $G \approx 2 \text{ kN/m}$. On donne le poids total du pont avec platelage et garde corps : **Poids Total = 170 kN**.

Q2.4- Charge d'exploitation sur une poutre treillis

Montrer que la charge d'exploitation linéique qui s'applique sur la poutre treillis vaut : $I \approx 5,1 \text{ kN/m}$.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET
			RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 3/10

Q2.5- Charge ELU sur la poutre treillis

Montrer que la charge ELU pour une combinaison à une action variable vaut pour chaque nœud courant de la poutre : $F \approx 28 \text{ kN}$ (voir aussi la définition de F sur la Fig. 4).

Sollicitations ELU

Q2.6- Réaction d'appui sur la poutre treillis (l'appui A sur la Fig. 2)

Montrer que la réaction verticale d'appui en A, sous un chargement ELU vaut *environ 222 kN*.

Q2.7- Sollicitation dans le montant le plus sollicité (le montant AA' sur la Fig. 2)

Trouver les efforts normaux qui règnent dans les barres connectées au nœud A. Vous pourrez appliquer la méthode des nœuds en écrivant l'équilibre du nœud A.

Q2.8- Sollicitation dans la partie du pont la plus sollicitée (voir la coupure CC' sur la Fig. 4)

Calculer les efforts internes N_{sup} , N_{inf} et N_{diag} , dans les barres au milieu du pont en utilisant la méthode de Ritter. Cette méthode dite aussi des coupures consiste à couper la structure en CC' (milieu du pont) afin d'isoler la moitié gauche de la poutre (voir le schéma mécanique Fig. 4).

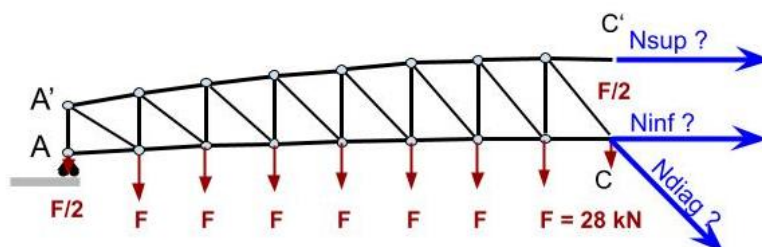


Fig. 4 : schéma mécanique de la moitié gauche de la poutre. En isolant la demie poutre (AA'CC') on trouve les efforts internes dans les membrures et les diagonales les plus sollicitées respectivement N_{sup} , N_{inf} et N_{diag} .

Résistances ELU de la membrure supérieure en C'

Q2.9- Résistance de la section comprimée

Montrer que la résistance à la compression de la section de la membrure vaut : $N_{plRd} \approx 1054 \text{ kN}$.

Q2.10- Longueur critique de flambement de la barre comprimée

Montrer que la longueur critique de flambement de la barre comprimée vaut : $L_{crit} = 2,42 \text{ m}$.

Q2.11- Résistance de la barre comprimée

Calculer la résistance de la barre vis-à-vis du flambement : N_{brd} .

Vérifier la barre à ELU.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 4/10

Partie 3 : dimensionnement du transport et du levage

La structure du pont est préfabriquée en usine, son transport sur le site et son montage doivent être anticipés dès l'origine du projet et font l'objet de cette partie.

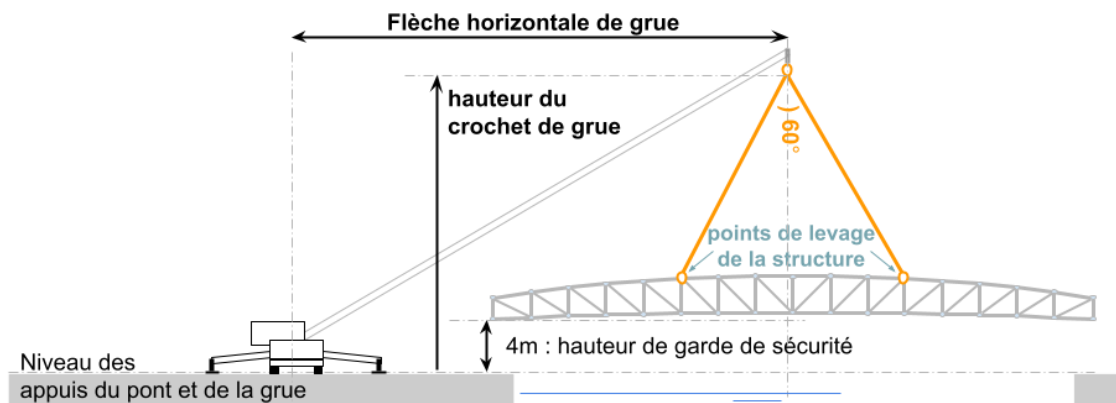


Fig. 5 : Schéma de principe de l'opération de levage. On prévoit de lever d'une pièce la structure grâce à une grue routière et une élingue chaînes à quatre brins - voir dossier ressources.

Q3.1- Poids de la structure acier

Le CCTP interdit d'occuper l'espace entre les appuis du pont pendant le chantier. La structure du pont sera donc levée en une seule pièce. Sur le **document réponse (DR 1)**, calculer le poids de la structure acier à lever.

Pour la suite, ce poids sera majoré à **200 kN** pour tenir compte des accessoires de levage.

Q3.2- Colisage et transport de la structure acier

Indiquer les **catégories de transports** pour chacun des deux scénarios suivants (poids du camion porteur non pris en compte) :

- 1 - la structure est réalisée en une seule pièce **soudée en usine**, transportée sur site puis levée.
 - 2 - la structure est réalisée en 7 tronçons qui seront **boulonnés sur site**, puis l'ensemble est levé.
- Le bureau des méthodes retient le second scénario qui minimise les difficultés de transport.

Q3.3- Choix des élingues pour un poids majoré de 200 kN

Choisir le diamètre et le grade minimum de la chaîne en supposant que l'angle β peut-être mesuré directement sur la Fig. 5 (on confond l'angle β réel 3D avec l'angle apparent du plan de la Fig. 5).

Q3.4- Flèche horizontale de grue (voir définition Fig. 5)

Donner la flèche horizontale de grue nécessaire pour poser l'ouvrage, d'après le plan de chantier.

Q3.5- Hauteur du crochet de grue (voir définition Fig. 5)

Calculer la hauteur minimale pour le crochet de la grue compte tenu des points de levage prévus.

Q3.6- Choix d'une grue

Choisir une grue parmi celles du dossier ressource sachant qu'il faut pouvoir soulever un poids majoré de **200 kN** pour une hauteur de crochet de **22 m** et à une distance de **31 m**. Tracer sur le sur document réponse (DR2) la position du crochet de levage pour la grue choisie.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 5/10

Partie 4 : vérification d'une attache de membrure tendue

Le choix fait par le bureau des méthodes de transporter la passerelle en 7 tronçons conduit à envisager l'étude d'attaches boulonnées qui permettent de reconstituer la passerelle sur la zone de montage du chantier avant le levage.

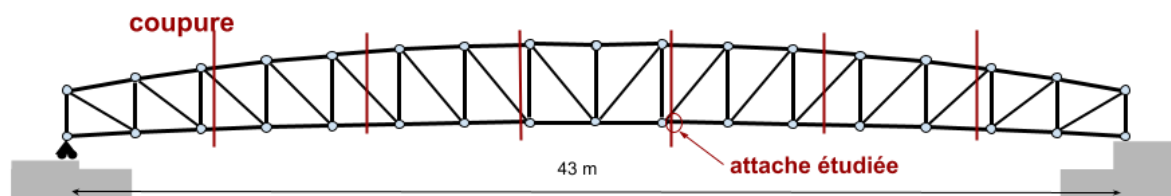


Fig. 7 : schéma de la localisation de l'attache étudiée et des coupures nécessaires pour le transport.

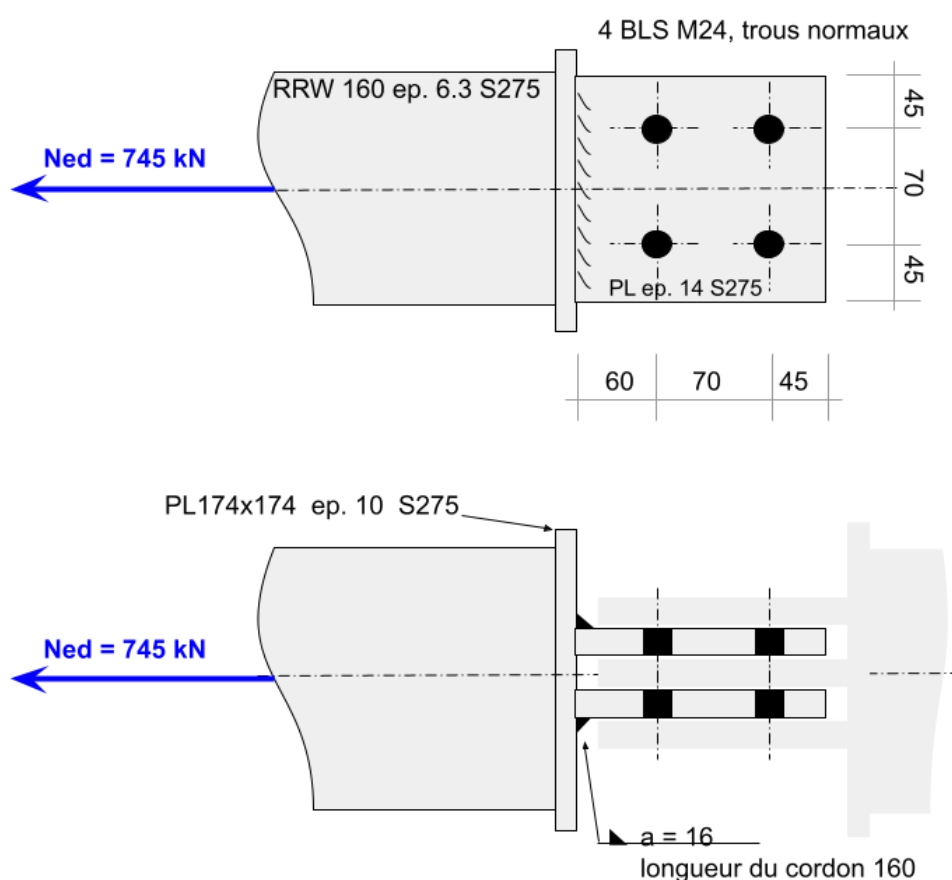


fig. 7 : Vue de détail de l'attache étudiée. En haut : vue en élévation de l'attache étudiée seule.
En bas une deuxième pièce connectée à droite qui est représentée en grisé sans ses traits d'arête.
Tous les boulons sont de classe 8.8.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 6/10

Vérification ELU du plat de l'attache étudiée

Q4.1- Vérification des pas et pinces

Montrer que les pas et pinces sont vérifiées.

Q4.2- Sollicitation pour un plat en section nette

Déterminer la sollicitation appliquée à un plat.

Q4.3- Plat en section brute

Calculer N_{pIRd} , la résistance plastique du plat en section brute, et conclure.

Q4.4- Plat en section nette

Calculer N_{uRd} , la résistance à la rupture du plat en section nette, et conclure.

Vérification ELU des boulons de l'attache étudiée

Q4.5- Boulons cisailés

Combien y a-t-il de plans de cisaillement ? En déduire la sollicitation par plan de cisaillement.

Calculer la résistance de la tige de boulon cisailé : F_{vRd} (le cisaillement passe par la partie filetée de la tige) puis conclure.

Q4.6- Pression diamétrale

Combien y a-t-il de zones de contact en pression diamétrale sur les plats de l'attache étudiée ? En déduire la sollicitation par zone de pression diamétrale.

Calculer la résistance à la pression diamétrale pour un boulon de rive et pour un boulon intermédiaire : F_{bRd} , puis conclure.

Q4.7- Vérification de la soudure

Calculer l'aire de soudure A_w puis calculer la résistance de l'ensemble des soudures : F_{wRd} , puis conclure (on prendra la longueur L pour un des deux cordons égale à $L = 160$ mm).

Q4.8- Variante

Pour une telle passerelle, on préconise de limiter les jeux fonctionnels. Proposez deux solutions techniques de type attache boulonnée qui permettraient de supprimer le jeu au niveau de l'attache.

Q4.9- Variante avec boulon précontraint M24 de classe 8.8

Le bureau d'étude opte pour des boulons avec un serrage contrôlé. Pour mettre en œuvre cette solution donner les précautions à prendre concernant le traitement de l'état de surface des plats et de la qualité de la peinture à y appliquer.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 7/10

Poids de la structure principale du pont

ATTENTION : tous les calculs seront effectués à partir du modèle simplifié de la figure 6.

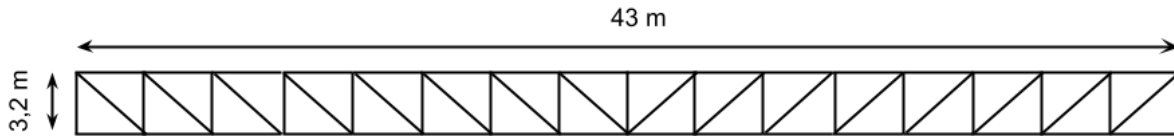


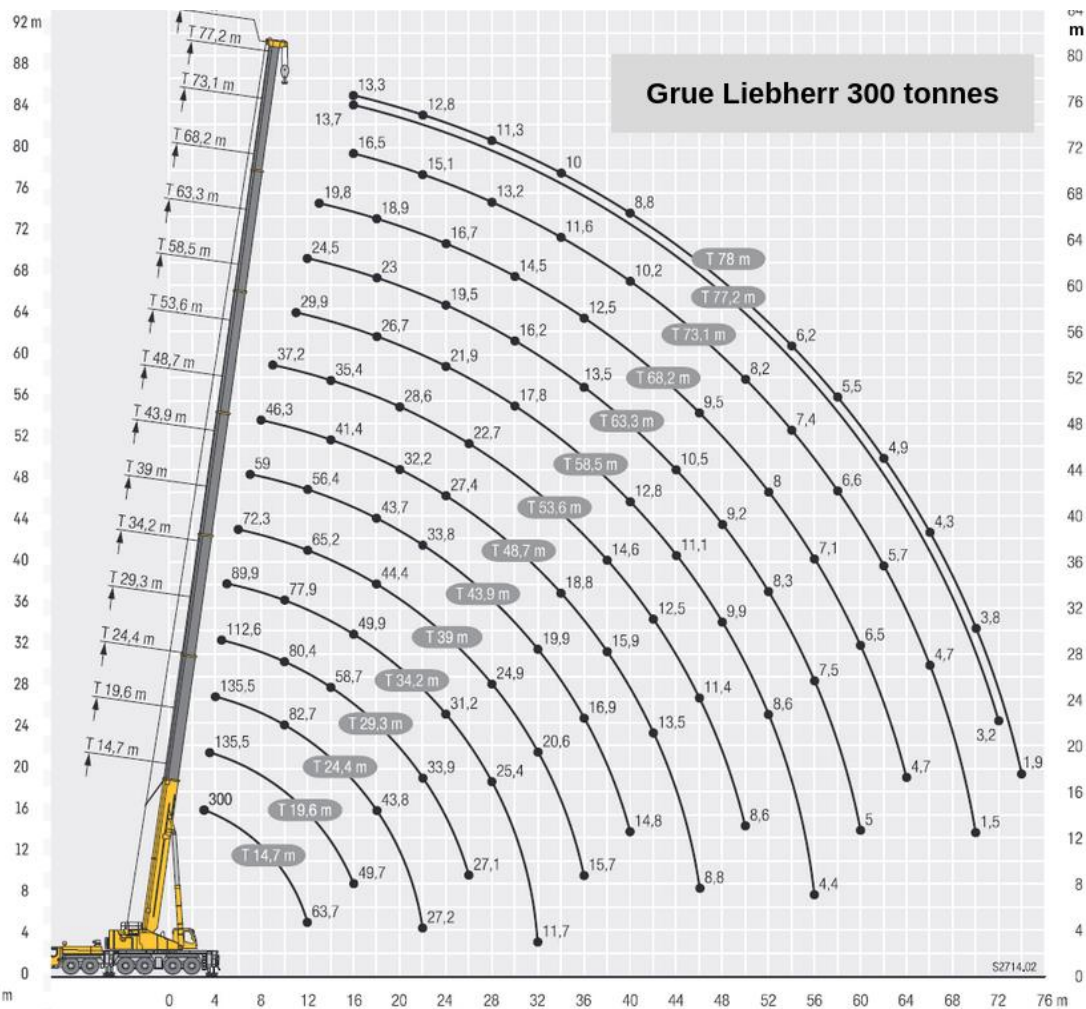
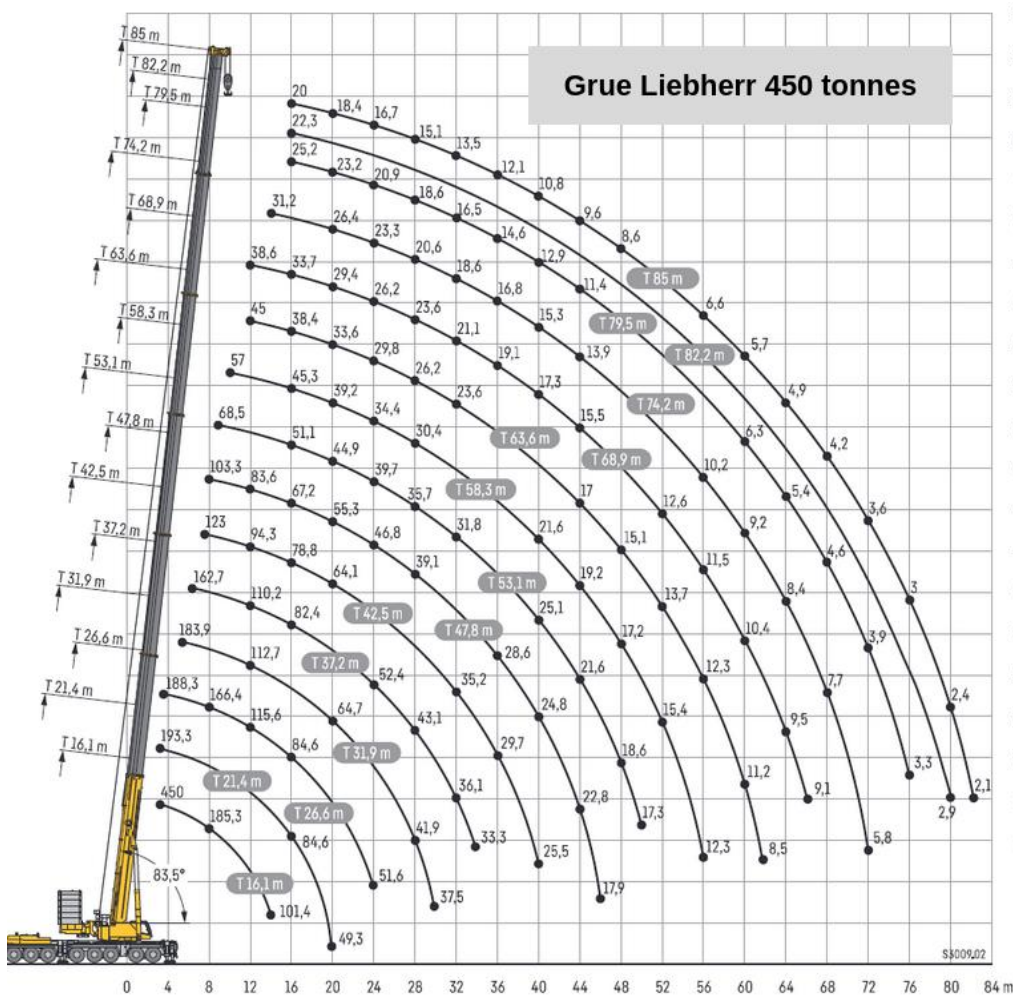
Fig. 6 : modèle simplifié droit à utiliser pour calculer le poids d'une poutre treillis : les membrures sont horizontales et les montants ont une hauteur constante de 3,2 m, cela conduit à majorer le poids du treillis et nous met par là même en sécurité pour le levage.

Remplir les seules cases en pointillés dans les unités demandées.

Membrures et montants d'une poutre treillis (voir Fig.6)			
longueur membrures	$Lm = \dots$	...	m
longueur des montants	$Ln = \dots$	...	m
longueur totale	$L1 = (Lm + Ln)$	...	m
poids linéique	$G1 =$	...	kN/m
poids membrure poutre treillis	$P1 = \dots$	...	kN
Diagonales d'une poutre Treillis (voir Fig.6)			
longueur diagonale	$l2 = \dots$	...	m
longueur totale	$L2 = \dots$	...	m
poids linéique	$G2 =$	...	kN/m
poids diagonales poutre treillis	$P2 = G2 * L2 =$	...	kN
Tablier (Solives + traverses + diagonales horizontales)			
poids tablier	$P3 =$	72,3	kN
Structure Métallique COMPLÈTE			
Poids TOTAL	$P = 2*(P1 + P2) + P3$	...	kN

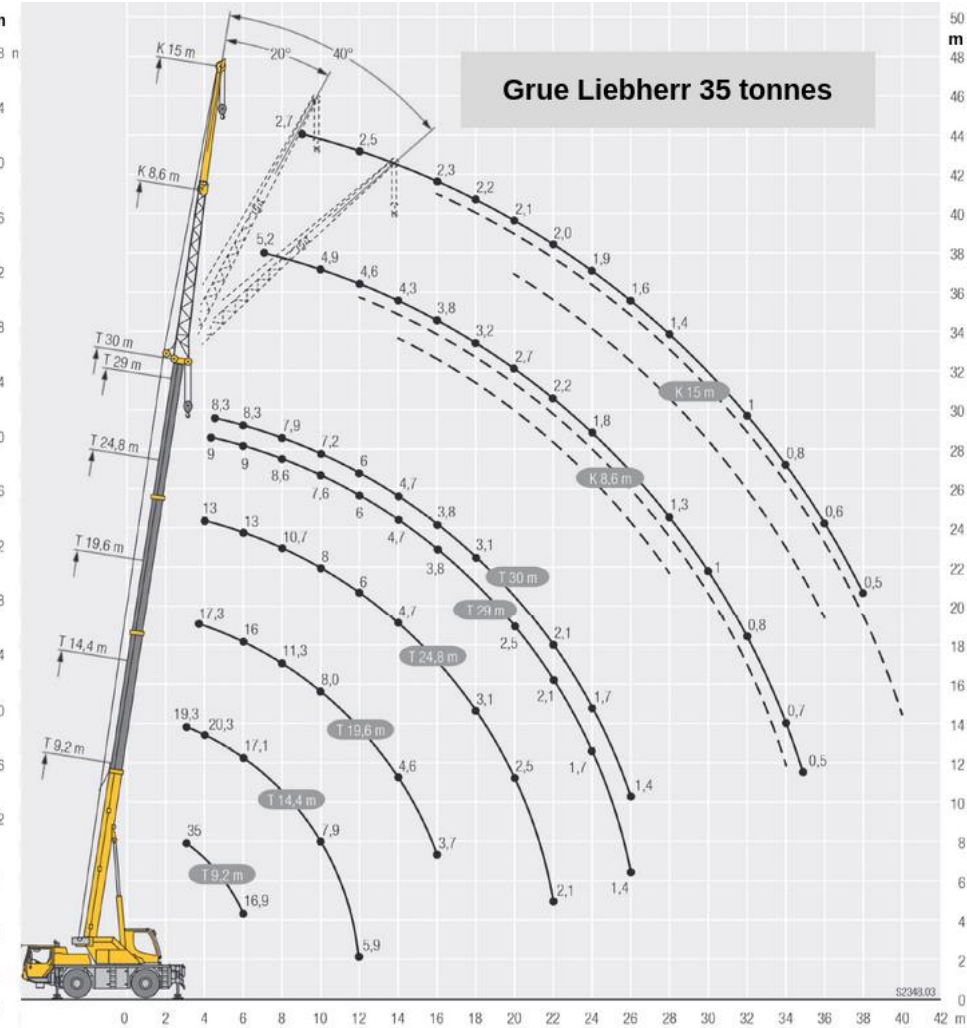
CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 8/10

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 9/10



CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 9/10

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 10/10



CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet		calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4			Page : 10/10

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		Page : 10/10