

<p style="text-align: center;">BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES CONSTRUCTIFS BOIS ET HABITAT</p>
--

EPREUVE E4 – ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

**Sous-épreuve U42 - Analyse, dimensionnement et choix de
composants**

SESSION 2025

Durée : 4 heures – Coefficient : 4

Matériel autorisé :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

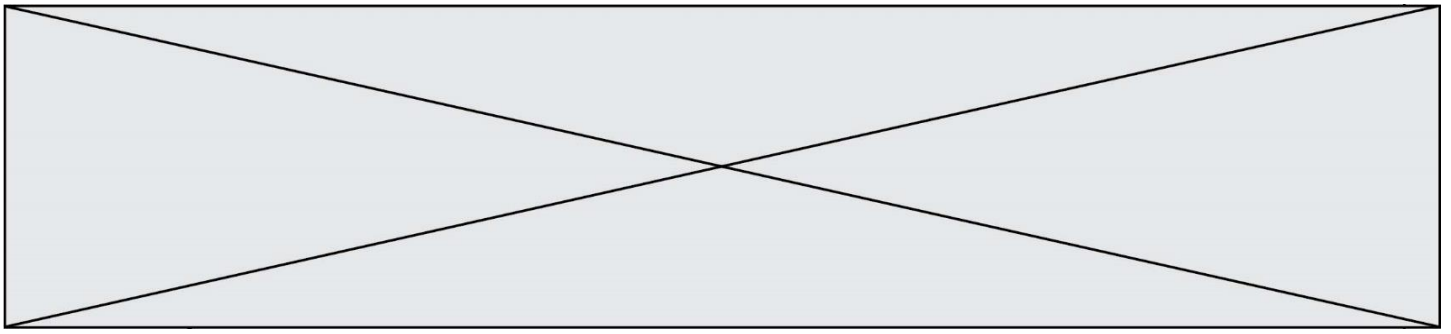
Recommandations :

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose :

- **d'un dossier questionnaire réponses de 24 pages, numérotées de 1/24 à 24/24 à rendre.**
- d'un livret ressources de 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.

Toutes les parties peuvent être traitées indépendamment.



Durées conseillées :

- Lecture du dossier : **15 minutes**
- Problématique n°1 « Choisir des composants » : **45 minutes**
- Problématique n°2 « Effectuer un calcul de prédétermination en phase de chiffrage » : **60 minutes**
- Problématique n°3 « Calculer, modéliser, simuler et analyser les comportements mécaniques et de confort » : **30 minutes**
- Problématique n°4 « Vérifier réglementairement le comportement mécanique de tout ou partie d'une structure » : **60 minutes**
- Problématique n°5 « Interpréter les résultats d'une modélisation thermique issue d'un logiciel de simulation » : **30 minutes**

BTS Systèmes constructifs bois et habitat	Épreuve écrite U42	Session 2025	
Analyse, dimensionnement et choix des composants	Code 25SC42ACP	Coefficient : 4	Page 2 / 24

PROBLÉMATIQUE N°1 : CHOISIR DES COMPOSANTS

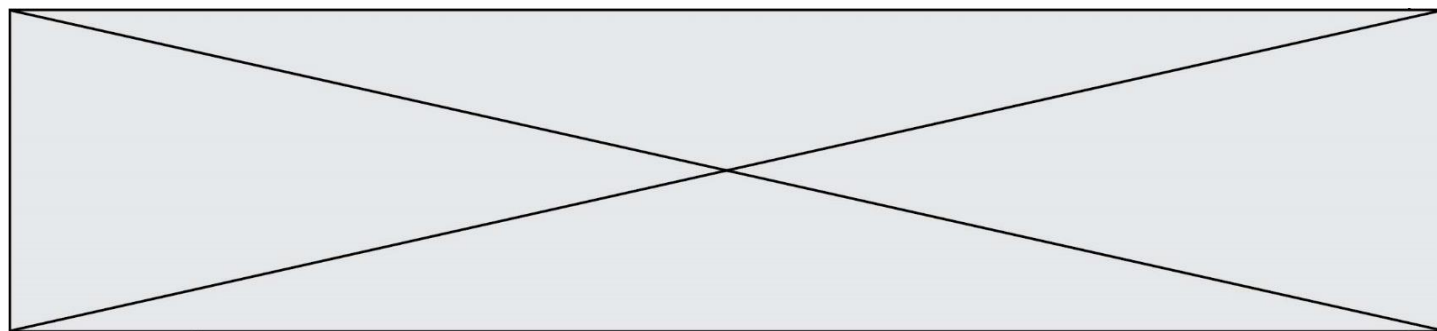
Objectif 1.1 : Choisir un organe d'assemblage pour la liaison des poutres principales sur la poutre de noue

Il s'agit de **concevoir** la façon dont les poutres principales pourront se reprendre sur la poutre de noue à l'aide de connecteurs métalliques. On devra d'abord **sélectionner** la gamme de produit la plus appropriée, puis **choisir** dans cette gamme la référence du composant à mettre en œuvre en fonction des impératifs géométriques et de résistance mécanique.

Les sections de bois mises en œuvre sont les suivantes :


- Poutre de noue porteuse en GL24h de 240 mm x 900 mm.
- Poutre portée en GL24h de 220 mm x 900 mm.

Question 1.1.a Choisir une gamme d'organes de fixation	Les LR11 et LR12 proposent les documentations techniques de deux gammes de composants d'assemblage : <ul style="list-style-type: none">• Sabots SIMSON GBE• Connecteurs RICON® S Indiquez , en précisant les critères de choix sur lesquels vous vous appuyez, laquelle de ces deux gammes de produits vous semble la plus adaptée pour fixer les poutres principales sur les poutres de noue.
Ressources LR1 à LR5, LR11, LR12	



Question 1.1.b Choisir une référence dans la gamme	Déterminez , dans la gamme que vous avez retenue, les références des produits qui conviendraient à la configuration géométrique de l'assemblage.
Ressources LR11, LR12	

Question 1.1.c Valider la capacité mécanique de l'assemblage	Sous la combinaison 1,35G + 1,5S, la réaction d'appui de la poutre principale sur la poutre de noue est de 97 kN .
Ressources LR11, LR12	Calculez la résistance caractéristique minimale que doit présenter le composant d'assemblage pour reprendre cette réaction d'appui.
	Déterminez la référence exacte du modèle de composant qui vous semble adapté. Précisez le nombre et la nature des organes d'assemblage (vis ou boulon) à mettre en œuvre : <ul style="list-style-type: none">• sur la poutre principale,• sur la poutre de noue.

Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
	N° d'inscription :
Né(e) le :	

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1s

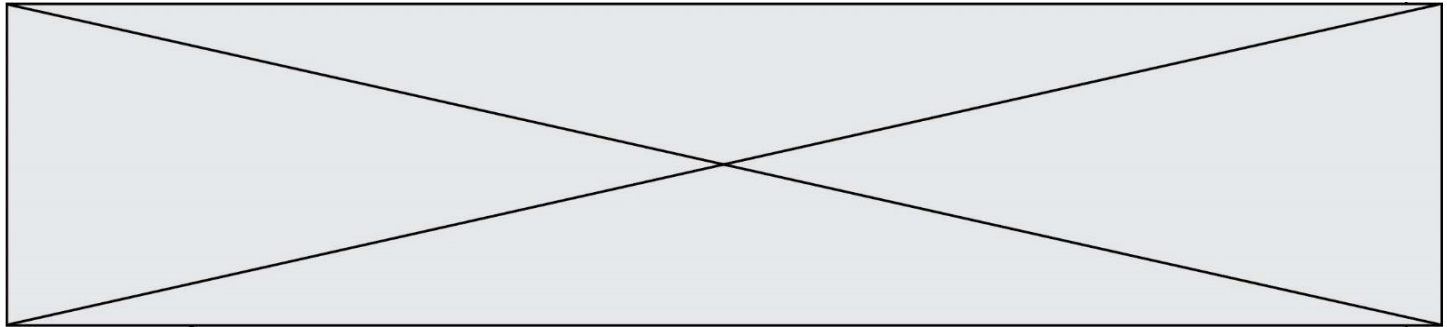
- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
 - En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
 - Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
 - Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.
- CONSIGNES**

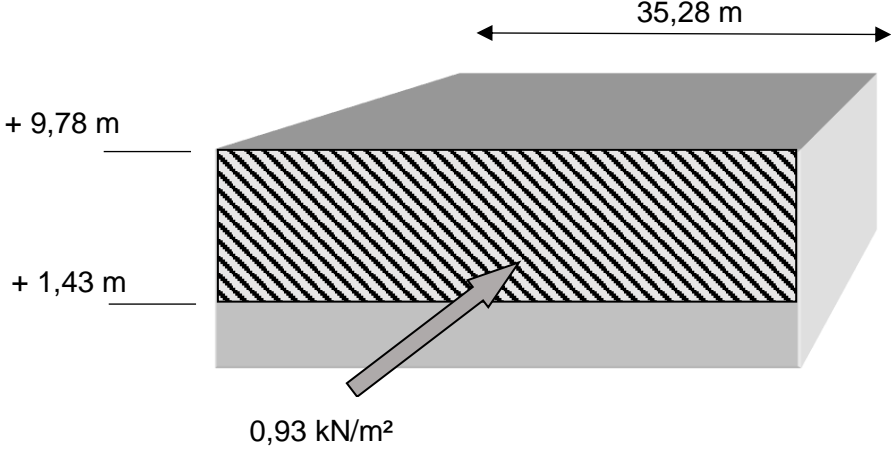
Objectif 1.2 : Choisir une référence de tirant métallique pour les palées de stabilité

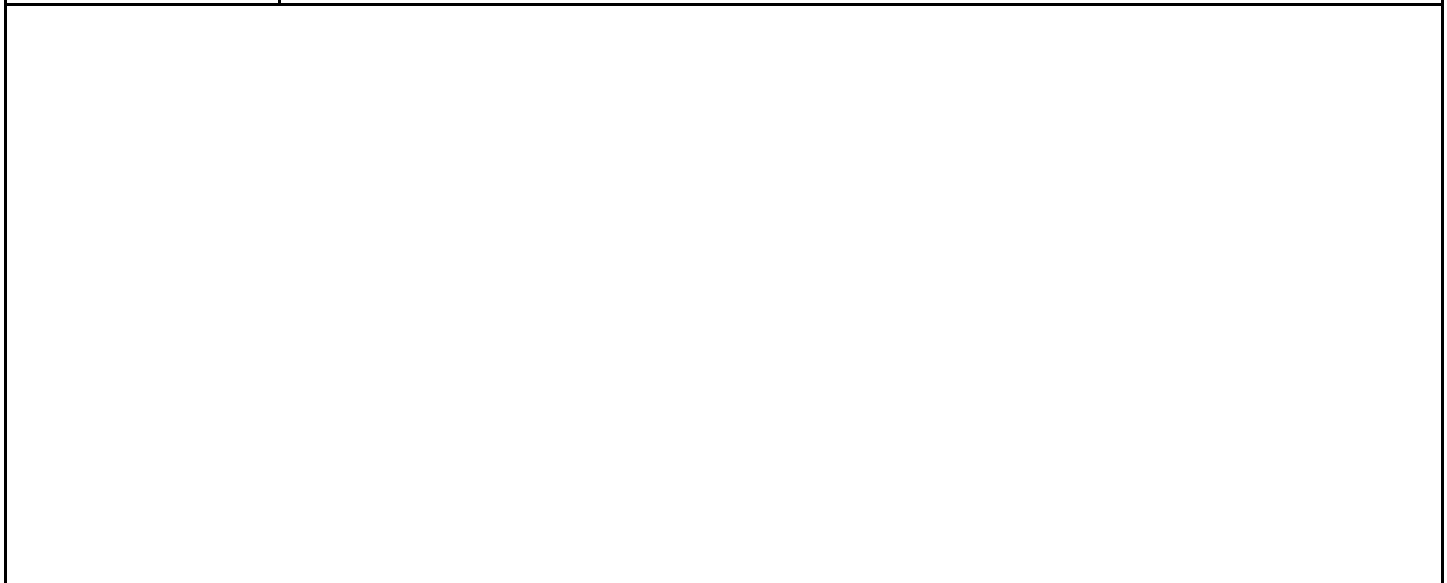
La stabilité horizontale du bâtiment est assurée par des palées de stabilité en croix de Saint-André, constituées de diagonales en rond plein en acier et de butons en tubes circulaires, en acier également.

Après avoir déterminé la sollicitation générée par l'action du vent sur ces tirants, l'objectif de cette partie est de **sélectionner** un diamètre de rond plein capable d'assurer cette fonction mécanique.

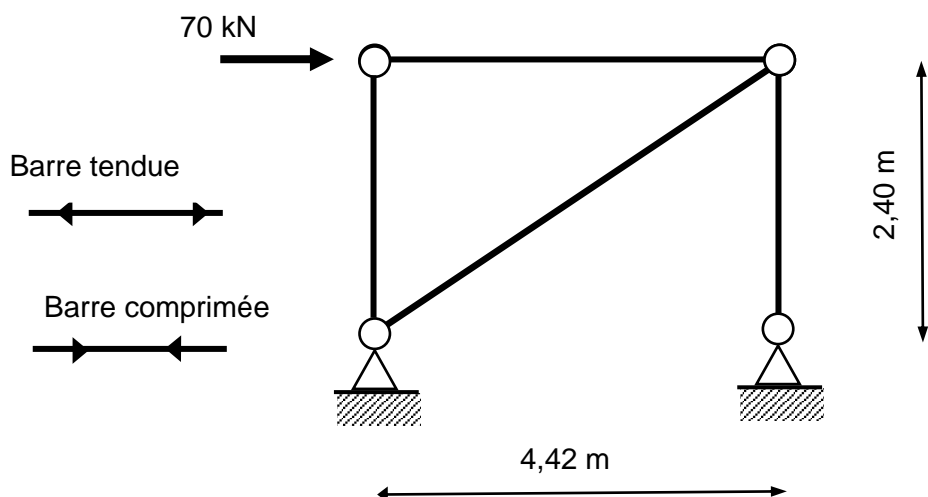
Question 1.2.a Déterminer la pression dynamique de pointe	On rappelle les hypothèses suivantes : <ul style="list-style-type: none"> l'ouvrage se situe en région 3 pour le vent, il est situé dans une zone pouvant être assimilée à une zone urbanisée ou industrielle, sa hauteur par rapport au sol est d'environ 10,00 m.
Ressource LR7	Déterminez la valeur de la pression dynamique de pointe $q_p(z)$ à considérer pour ce projet.



Question 1.2.b Déterminer la pression dynamique de pointe	<p>Le bâtiment est stabilisé longitudinalement par quatre palées de stabilité (deux sur la file 1 et deux sur la file 22).</p> <p>L'action globale du vent soufflant sur le pignon de la file B peut être prise égale à $W = 0,93 \text{ kN/m}^2$ pour une étude à l'État Limite Ultime (ELU).</p> <p>Compte tenu de la configuration des poteaux des files 1 et 2, on peut considérer que la surface de chargement au vent des palées de stabilité correspond à la surface de pignon comprise entre les niveaux +1,43 m et +9,78m, comme représenté en hachuré sur le schéma ci-dessous.</p>
Ressource LR7	 <p>Déterminez la valeur de l'effort de vent F_w (en kN) qui doit être repris à l'ELU par chacune des quatre palées de stabilité.</p>



Question 1.2.c Déterminer la sollicitation à reprendre par le tirant et choisir un diamètre adapté	<p>Le schéma ci-dessous modélise une palée de stabilité à l'ELU.</p> <p>Expliquez succinctement pourquoi un seul tirant de la croix de Saint André est représenté sur ce modèle.</p> <p>Complétez le modèle en indiquant les efforts normaux (en kN) dans chacune des barres représentées, et en respectant la symbolique prescrite pour distinguer les barres tendues des barres comprimées.</p>
Ressource LR13	<p>Reportez la valeur de l'effort normal N_{Ed} subi par le tirant dans le cadre réservé à cet effet.</p> <p>Concluez sur le diamètre minimal du tirant à sélectionner d'après les informations du LR13.</p>



Effort normal dans le tirant : N_{Ed} =

PROBLÉMATIQUE N°2 : EFFECTUER UN CALCUL DE PRÉDÉTERMINATION EN PHASE DE CHIFFRAGE

Objectif 2.1 : Concevoir la poutre de noue

Les poutres principales des files B à N reposent sur la poutre de noue de la file 10.

Il s'agira ici de **pré-dimensionner** cette poutre de noue, et d'en déterminer la conception de façon à pouvoir en assurer la livraison sur chantier.

Question 2.1.a Déterminer les sollicitations internes	<p>Le schéma ci-dessous propose une modélisation statique de la poutre de noue, sous la combinaison ELU $1,35G + 1,5S$.</p> <p>Les charges ponctuelles descendantes de 194 kN représentent l'action des poutres principales. Les charges ascendantes représentent les réactions d'appuis des poteaux.</p> <p>Complétez ce modèle en indiquant les valeurs des réactions d'appuis manquantes. On pourra utilement exploiter la symétrie du système.</p> <p>Tracez ensuite le diagramme de l'effort tranchant V_{Ed} et du moment fléchissant $M_{y,Ed}$.</p>
Ressources LR1 à LR5	

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /

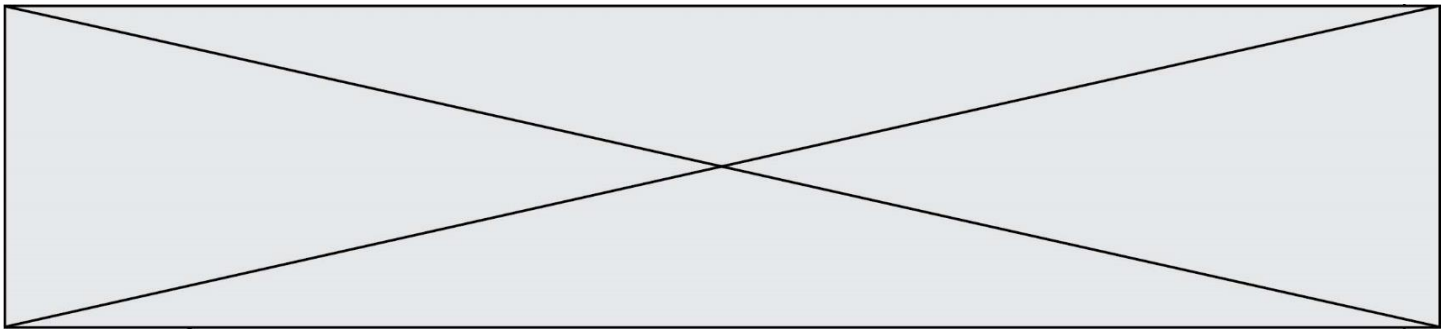
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1s

- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
- En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
- Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 2.1.b Déterminer les résistances de calcul de la poutre de noue	Déterminez les résistances de calcul au cisaillement $f_{v,d}$ et à la flexion $f_{m,y,d}$ sous la combinaison 1,35G + 1,5S.
Ressource LR8	

Question 2.1.c Déterminer la retombée minimale de la poutre de noue	La poutre de noue sera une poutre en GL24h de section constante de 240 mm d'épaisseur. Déterminez la retombée minimale de cette poutre pour qu'un effort tranchant V_{Ed} de 130 kN ne génère pas une contrainte de cisaillement τ_d supérieure à 2,5 MPa.
Ressource LR9	Déterminez la retombée minimale de cette poutre pour qu'un moment fléchissant $M_{y,Ed}$ de 300 m.kN ne génère pas une contrainte de flexion $\sigma_{m,y,d}$ supérieure à 17,0 MPa. Concluez sur la retombée minimale de la poutre de noue, et comparez avec la section figurant au DCE.



Question 2.1.d Positionner le joint de transport.	<p>Il n'est évidemment pas souhaitable de transporter une poutre de plus de 35,00 m de long d'un seul tenant.</p> <p>On devra donc créer un joint de transport de façon à obtenir deux tronçons plus facilement transportables et qui permettront de reconstituer assez simplement la poutre de noue sur chantier.</p> <p>Expliquez comment vous proposeriez de définir l'emplacement de ce joint de transport.</p> <p>Déterminez son positionnement sur la poutre et la longueur des deux tronçons ainsi définis.</p> <p>On pourra supposer que le moment fléchissant sur l'appui central est de 184 m.kN et que l'effort tranchant de part et d'autre de cet appui central est de 87 kN.</p>

Objectif 2.2 : Estimer l'impact environnemental d'une variante bois

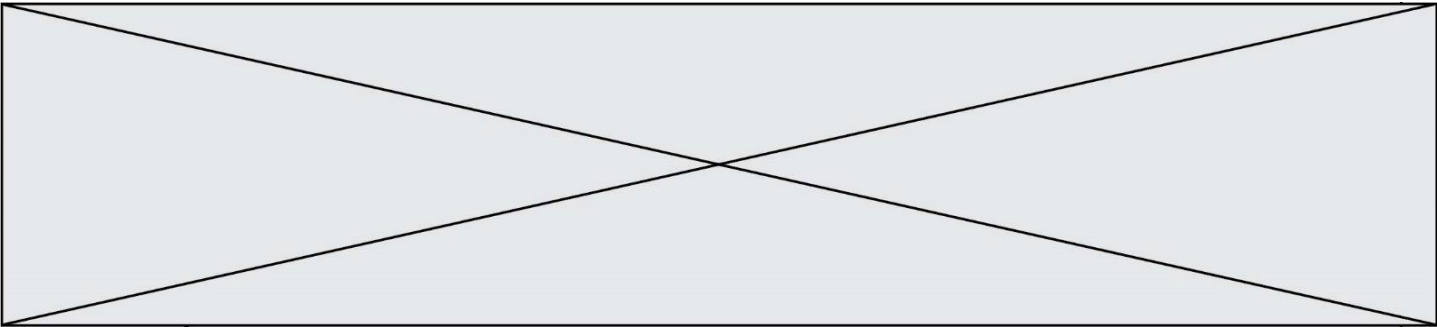
Une entreprise de construction bois souhaite soumettre une offre de variante dans laquelle les poteaux métalliques supportant la poutre de noue seraient remplacés par des poteaux en lamellé-collé.

Elle envisage de défendre cette variante auprès du maître d'ouvrage en lui explicitant les bénéfices environnementaux qu'elle présente.

L'objectif de cette partie est de **quantifier** l'impact environnemental du remplacement des poteaux métalliques par des poteaux en bois lamellé-collé.

Question 2.2.a Estimer les quantités de matériaux en jeu	La version de base du projet comporte 5 poteaux acier en HEB 240 de 7,10 m de hauteur. La masse linéique d'un profilé HEB 240 est de 83,2 kg/m.
Ressources LR1 à LR5	Une pré-étude montre que ces poteaux pourraient être remplacés par des poteaux en GL24h de section 320 mm x 320 mm. Déterminez : <ul style="list-style-type: none">la masse totale des poteaux acier proposés au DCE,le volume total des poteaux en GL24h qui pourraient les remplacer.

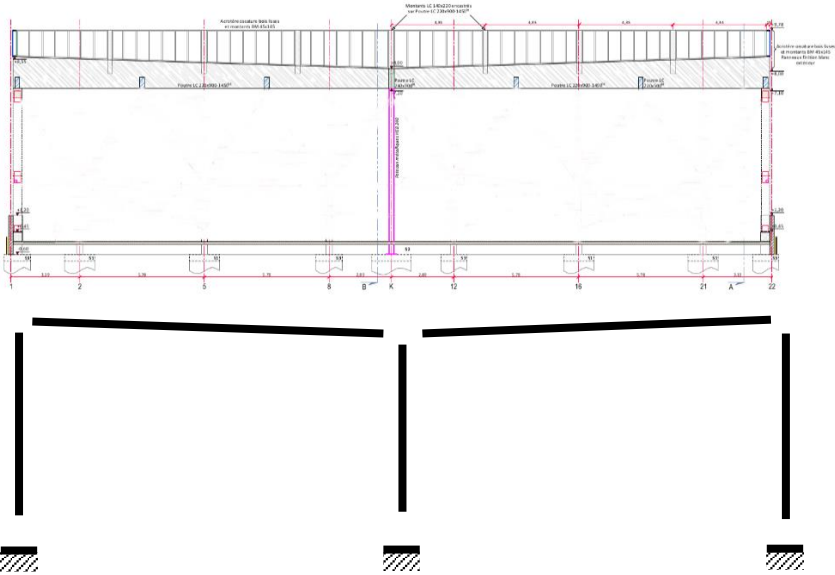
Question 2.2.b Quantifier l'économie potentielle de CO₂.	Déterminez , à partir des extraits de FDES du LR14, l'impact sur le réchauffement climatique (en kg éq. CO ₂) de chacune des deux variantes envisagées :
Ressource LR14	<ul style="list-style-type: none">Poteaux HEB 240 en acier recyclé.Poteaux en GL24h de section 320 mm x 320 mm. Votre estimation sera basée sur la totalité du cycle de vie des composants, et intégrera les bénéfices et charges au-delà des frontières du système. Quantifiez finalement l'économie potentielle de CO ₂ que pourrait générer le choix d'une variante bois par rapport à une solution acier.



PROBLÉMATIQUE N°3 : CALCULER, MODÉLISER, SIMULER ET ANALYSER LES COMPORTEMENTS MÉCANIQUES ET DE CONFORT

Objectif 3.1 : Valider la stabilité globale de l’ouvrage

On souhaite ici s’assurer que la stabilité transversale du bâtiment a été correctement conçue, en explicitant pour cela le fonctionnement mécanique de la file E.

Question 3.1.a Proposer une modélisation mécanique de la file E	La figure ci-dessous montre une élévation de la file E sous laquelle figure une modélisation filaire de la structure. Complétez cette modélisation filaire en faisant apparaître : <ul style="list-style-type: none">la nature des liaisons internes aux extrémités de chacune des barres représentées : relaxation interne ou continuité,la nature des liaisons externes : encastrement, appui simple, appui rotulé. Vous prendrez soin de faire figurer la légende explicitant les symboles utilisés pour représenter les différents types de liaisons.		
Ressources LR1 à LR5			
Symboles des liaisons internes		Symboles des liaisons externes	

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : **N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /

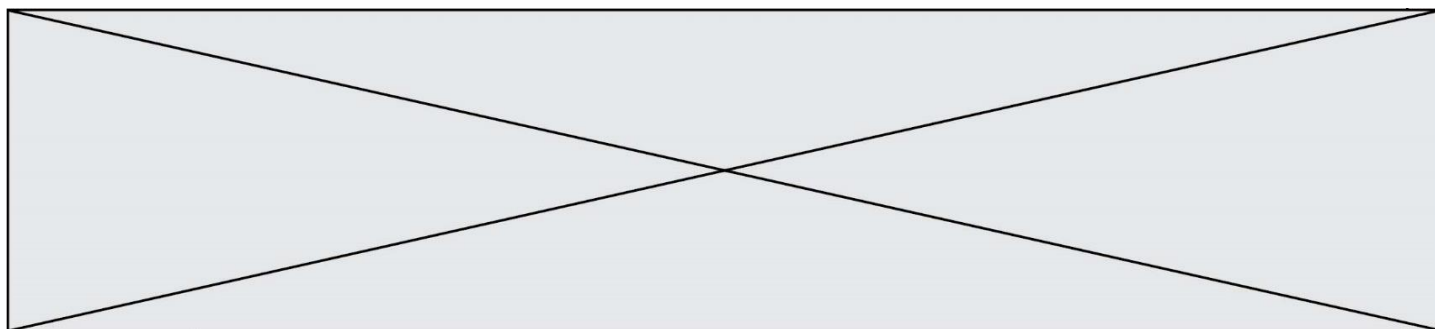
 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1s

- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
 - En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- CONSIGNES**
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
 - Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 3.1.b Déterminer le degré de stabilité de la file E	Déterminez le degré de stabilité de la file E ainsi modélisée (isostatique, hyperstatique, mécanisme).
Ressources LR1 à LR5	

Question 3.1.c Identifier le principe de stabilisation de la file E	Explicitez le dispositif structurel qui permet d'assurer la stabilité de la file E, sachant que les pignons des files B et N sont stables dans leurs plans.
Ressources LR1 à LR5	



PROBLÉMATIQUE N°4 : VÉRIFIER RÉGLEMENTAIREMENT LE COMPORTEMENT MÉCANIQUE DE TOUT OU PARTIE D'UNE STRUCTURE

Objectif 4.1 : Vérifier le dimensionnement des poutres principales

L'objectif de cette activité est de **vérifier** le dimensionnement des poutres principales de toiture.

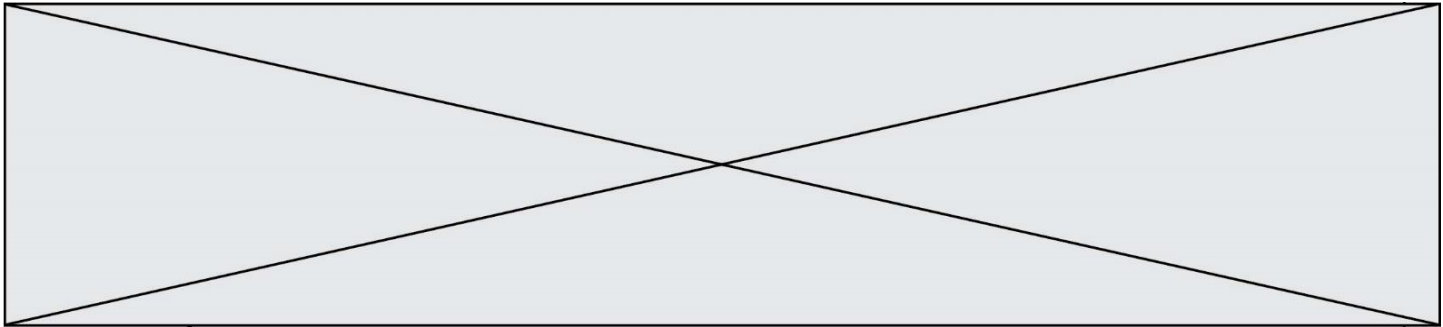
On rappelle qu'il s'agit de poutres à simple décroissance de section 220 x 900/1.450 en GL24h, fabriquées sans contreflèche.

Question 4.1.a Déterminer la charge permanente q_G	Déterminez la charge surfacique permanente G (en kN/m^2) correspondant au poids du complexe de toiture et des dispositifs de chauffage et réseaux divers.
Ressources LR4, LR8, LR15	Précisez la largeur de la bande de chargement de la poutre de la file H , et déduisez-en la charge permanente linéique q_G (en kN/m) agissant sur cette poutre en intégrant son poids propre. Vous pourrez assimiler pour cela la poutre à une poutre droite de section constante dont la retombée est égale à la retombée moyenne de la poutre à simple décroissance.

Question 4.1.b Déterminer la charge de neige caractéristique sur le sol	Déterminez la charge caractéristique de neige sur le sol S_k (en kN/m²) à retenir pour ce projet.
Ressources LR1, LR6	

Question 4.1.c Déterminer la charge de neige sur la toiture	<p>On assimilera pour cette question la forme de la toiture au schéma ci-dessous.</p> <p>Complétez ce schéma en proposant un diagramme de répartition de la charge surfacique de neige (en kN/m^2), y compris accumulation contre les acrotères.</p> <p>Détaillez vos calculs relatifs aux principales informations portées sur ce schéma :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coefficients de forme. • Longueur d'accumulation. • Surcharge pour faible pente.
Ressource LR6	

Détail des calculs



Question 4.1.d Modéliser mécaniquement les poutres principales	On envisage à ce stade des poutres principales isostatiques de 17,64 m chargées uniformément sur toute leur longueur. On retient comme valeur des charges linéiques : <ul style="list-style-type: none">• charges permanentes : $q_G = 4,9 \text{ kN/m}$• charge de neige : $q_S = 2,9 \text{ kN/m}$
Ressources LR1 à LR5	Proposez ci-dessous un schéma mécanique correspondant à ces hypothèses (Portée, nature des appuis, charges linéiques q_G et q_S en kN/m). Précisez la nature de la sollicitation interne principale à laquelle sont soumises ces poutres.

Question 4.1.e Déterminer l'effort tranchant V_{Ed}.	Déterminez la valeur maximale de l'effort tranchant V_{Ed} sous la combinaison ELU 1,35G+1,5S et précisez à quel endroit se situe cet effort tranchant maximum.
Ressource LR9	

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /

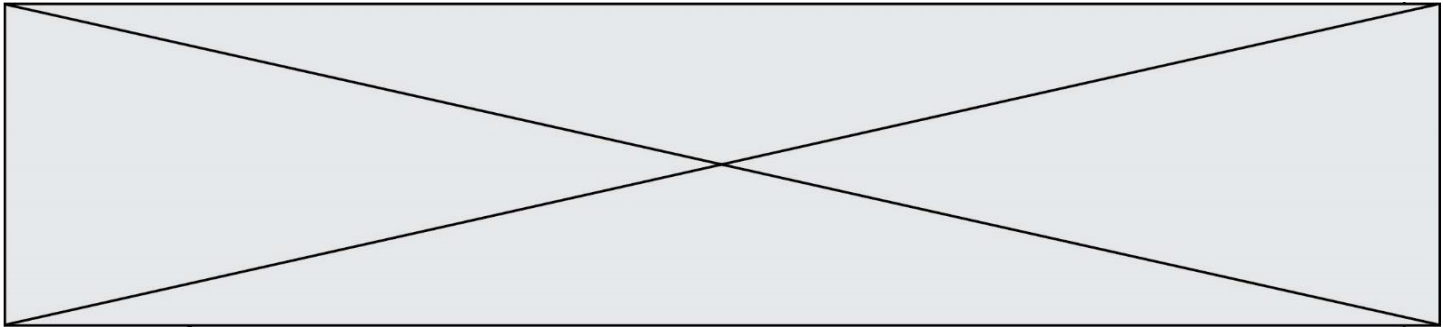
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1s

- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
 - En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- CONSIGNES
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
 - Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 4.1.f Vérifier la résistance au cisaillement	Vérifiez la résistance au cisaillement de la section la plus faible de la poutre sous la combinaison ELU 1,35G+1,5S.
Ressources LR8, LR9	Vous pourrez prendre $V_{Ed} = 97$ kN.

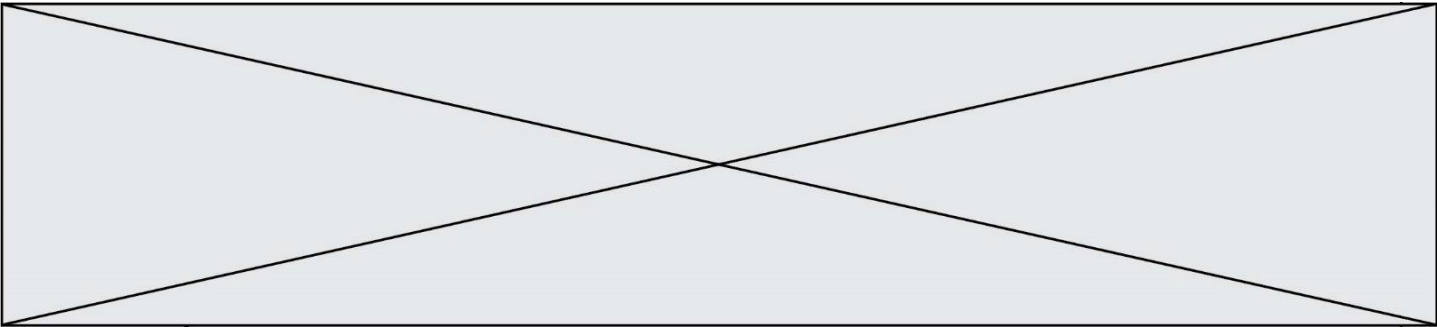
Question 4.1.g Vérifier la résistance à la flexion	Vérifiez , en suivant la procédure décrite au LR9, la résistance de la poutre à la flexion sous la combinaison ELU 1,35G+1,5S.
Ressources LR8, LR9	Vous pourrez prendre $q_{Ed} = 11$ kN/m.



Question 4.1.h Calculer les déformations instantanées	<p>On s'intéresse maintenant aux vérifications en déformation.</p> <p>Compte tenu de la faible pente de décroissance, on pourra considérer la poutre comme étant de section constante, avec une largeur de 220 mm et une retombée égale à la retombée moyenne de la poutre (c'est-à-dire la retombée à mi-portée).</p> <p>Déterminez les flèches instantanées $U_{inst,G}$ et $U_{inst,S}$, générées respectivement par les charges permanentes et par la charge de neige.</p> <p>Vous travaillerez avec les mêmes hypothèses que pour les vérifications en résistance :</p> <ul style="list-style-type: none">- charges permanentes : $q_G = 4,9 \text{ kN/m}$- charge de neige : $q_S = 2,9 \text{ kN/m}$- portée entre appuis : 17,64 m.
Ressource LR10	

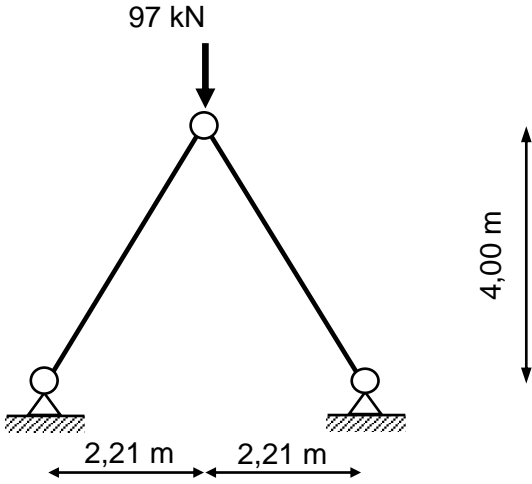
--

<p>Question 4.1.i Vérifier les déformations réglementaires</p>	<p>Déterminez les déformations réglementaires $u_{inst}(Q)$, u_{fin} et $u_{net,fin}$ (on rappelle que les poutres sont fabriquées sans contreflèche).</p> <p>Comparez ces déformations avec leurs limites respectives $w_{inst}(Q)$, w_{fin} et $w_{net,fin}$.</p>
<p>Ressource LR10</p>	<p>Concluez sur la conformité des poutres principales en regard des exigences Etat Limite de Service (ELS).</p>



Objectif 4.2 : Vérifier les branches supérieures des poteaux 140 x 400 au flambement

Les poutres principales reposent en périphérie de l'ouvrage sur des poteaux en lamellé-collé en forme de « Y ». On veut ici s'assurer de la résistance au flambement des branches supérieures de ces poteaux.

<p>Question 4.2.a Déterminer l'effort normal dans la barre</p>	<p>Le schéma ci-dessous représente le fonctionnement mécanique de deux branches contigües.</p> <p>Elles reprennent une charge verticale de 97 kN sous la combinaison ELU 1,35G + 1,5S.</p> <div></div> <p>Déterminez la valeur de l'effort normal N_{Ed} dans chacune des branches.</p> <p>Déduisez de cette valeur celle de la contrainte normale de compression $\sigma_{c,0,d}$ dans la barre.</p>
<p>Ressources LR1 à LR5</p>	

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : **N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation.)

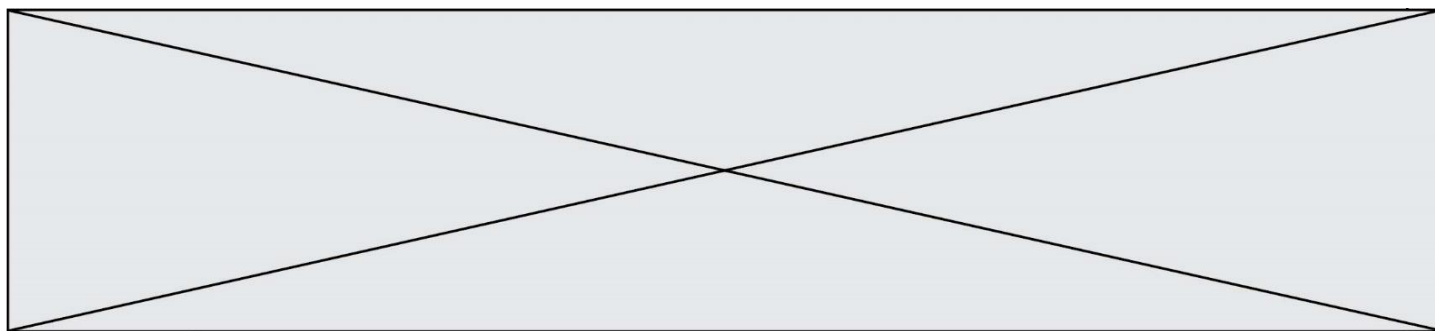
Né(e) le : / /

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1s

- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
- En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
- Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 4.2.b Vérifier la résistance de la barre au flambement	Vérifiez , en vous appuyant sur la procédure réglementaire décrite au LR9, la résistance de la barre au flambement.
Ressource LR9	



PROBLÉMATIQUE N°5 : INTERPRÉTER LES RÉSULTATS D'UNE MODÉLISATION THERMIQUE ISSUE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION

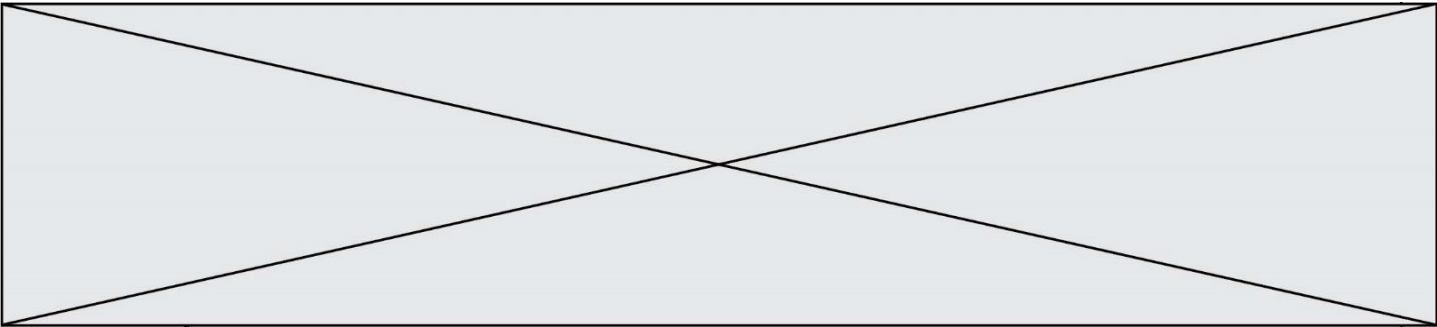
Objectif 5.1 : Déterminer l'épaisseur complémentaire d'isolant à disposer en toiture

Question 5.1.a Expliciter les fonctions techniques des composants du complexe de toiture	<p>La composition du complexe de couverture est explicitée au CCTP (LR 1), et sur la documentation technique du fournisseur (LR15).</p> <p>Les plateaux non-porteurs Hacierco C500.90P (repère ① sur l'illustration du LR15) sont perforés.</p>
Ressources LR1, LR15	<p>Expliquez brièvement la fonction des perforations sur ces plateaux, ainsi que le rôle du composant repéré ④ en précisant notamment la pathologie que risquerait d'entraîner son absence.</p>

Question 5.1.b Déterminer la déperdition énergétique de la toiture	Précisez la valeur (en W/m²K) du coefficient de transmission surfacique U_p indiqué sur la documentation technique du complexe de couverture (LR15). On estime en première approche que le bâtiment sera chauffé à 16°C durant 180 jours, et que sur cette durée la température extérieure sera en moyenne de 5°C.
Ressources LR15, LR16	Déterminez la déperdition énergétique de la toiture sur cette période, exprimée en kWh (on considérera une surface de toiture de 1.270 m²).

Question 5.1.c Déterminer la quantité de combustible consommée	Le système de chauffage du bâtiment, assuré par une chaudière bois, présente un rendement global de 73%. Déterminez la masse de combustible bois consommée pour restituer 2.500 kWh au bâtiment, en considérant un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 4,5 kWh/kg.
Ressources LR15, LR 16	

Question 5.1.d Estimer l'économie potentielle de combustible	<p>Le maître d'œuvre propose un complexe de couverture plus performant, en remplaçant les panneaux Torock de 120 mm par des panneaux de 200 mm, le reste du complexe restant par ailleurs identique.</p> <p>Déterminez le coefficient de transmission surfacique U_p (W/m²K) du complexe ainsi modifié, sachant que la conductivité thermique des panneaux Torock est de 0,035 W/mK.</p> <p>Exprimez le gain ainsi réalisé en pourcentage et traduisez ce gain en quantité de combustible économisé sur la période de chauffage.</p>
Ressources LR15, LR16	



BTS Systèmes constructifs bois et habitat	Épreuve écrite U42	Session 2025	
Analyse, dimensionnement et choix des composants	Code 25SC42ACP	Coefficient : 4	Page 24 / 24