Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

Épreuve E4 – Étude technique, sous-épreuve E41

Session 2016 • Code sujet : **BTE4DVO** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Conception générale du projet (10 questions) **Page 3**

2. Étude mécanique de la charpente (9 questions) **Page 10**

3. Vérification du plan d'armatures d'une poutre continue (6 questions) **Page 14**

4. Dimensionnement d'un poteau en béton armé et principe d'armatures (5 questions) **Page 17**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 20**

Sujet officiel (PDF) : https://btsbatiment.fr/assets/annales/bts-batiment/E4.1 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages/2016/BTS Bâtiment - E4.1 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Conception générale du projet

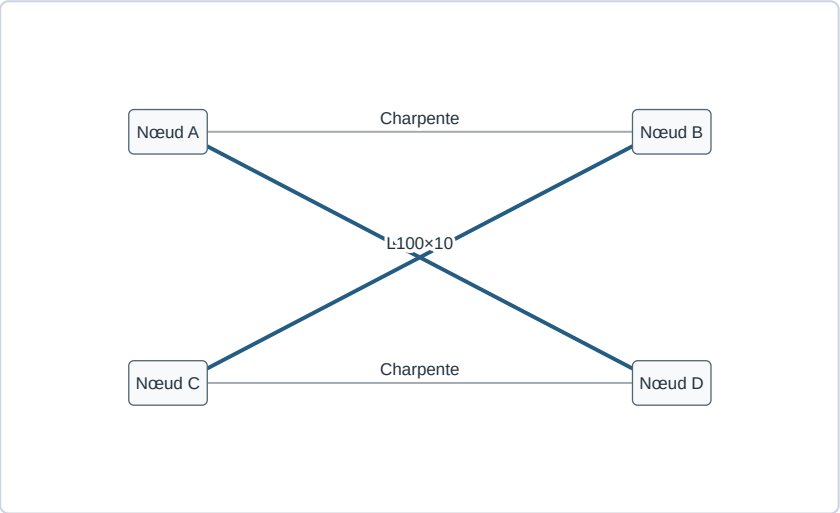
L'étude porte sur une partie de la charpente métallique de la salle Studio Scène de la Pépinière Musicale, notamment les bacs acier et le profilé IPE 160 supportant la toiture. Les plans, la documentation Hacierco, les caractéristiques des profils et les modèles mécaniques servent à valider les choix de structure et à vérifier résistance et déformation.

1.1 Analyse de la charpente

Question Q1. Expliquer le rôle des profilés L100*10 repérés sur la vue en plan de la toiture.

Les cornières L100×10 repérées en diagonale triangulent le plan de la toiture. Elles forment le contreventement horizontal, empêchent le déplacement latéral des fermes dans ce plan et transmettent les efforts horizontaux vers les éléments stabilisés. Elles ne constituent pas le support direct de la couverture, assuré par les profilés de toiture indiqués sur le plan.

Contreventement horizontal de toiture



Les diagonales triangulent le plan de toiture.

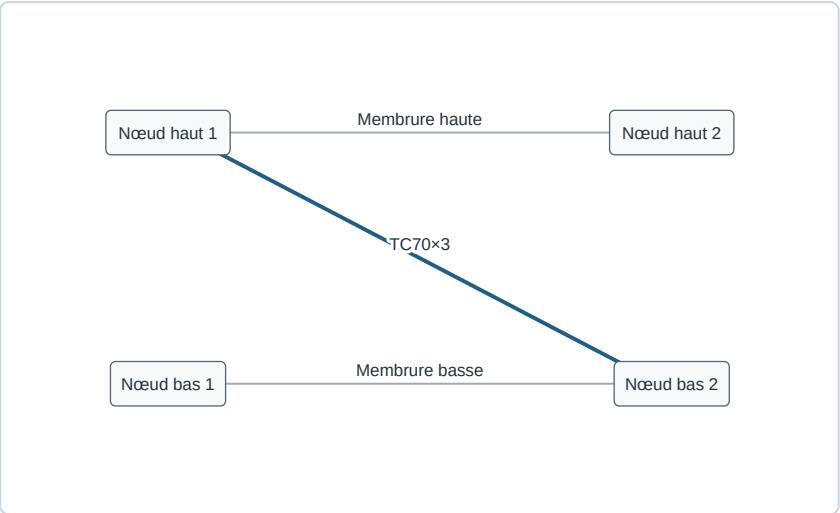
✓ RÉPONSE À RETENIR

Les L100×10 assurent le contreventement horizontal de la toiture.

Question Q2. Donner la fonction des profilés TC70*3 repérés sur l'élévation de la file C.

Sur l'élévation de la file C, les profilés TC70×3 apparaissent en diagonale dans le plan vertical longitudinal. Ils jouent le rôle de contreventements : ils limitent le déplacement relatif des fermes dans ce plan et transmettent les efforts horizontaux aux appuis. Ils contribuent ainsi à la stabilité longitudinale de la charpente, sans porter directement la couverture.

Contreventement vertical de la file C



La diagonale stabilise la file dans son plan vertical.

✓ RÉPONSE À RETENIR

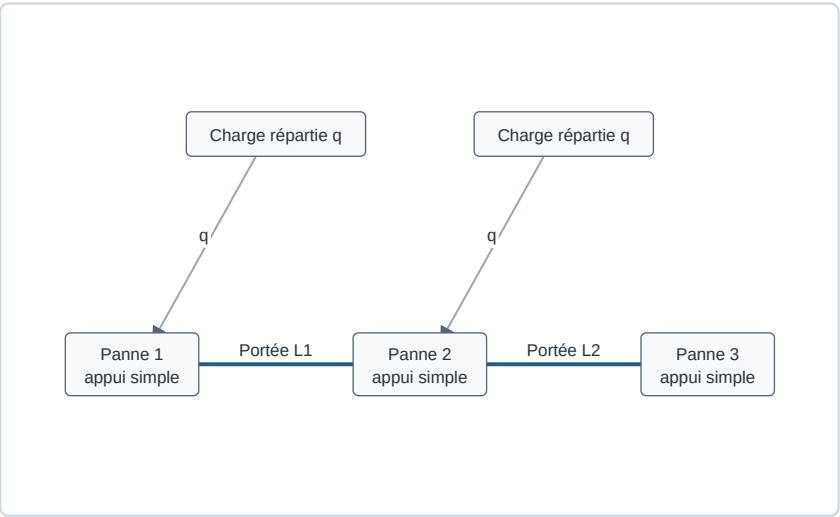
Les TC70×3 contreventent la charpente dans le plan vertical de la file C.

1.2 Étude des bacs acier de la couverture

Question Q3. Proposer un schéma mécanique pour le dimensionnement du bac Hacierco C38, référence n° 6 de la documentation constructeur. Faire apparaître les liaisons, le type de chargement et les portées.

Le détail de toiture montre le bac C38 porté par les pannes. Pour son dimensionnement, on le représente comme une tôle continue sur plusieurs appuis simples, soumise à un chargement uniformément réparti perpendiculaire à son plan. Les portées sont les distances entre axes de pannes. La continuité sur trois appuis correspond à deux travées successives et doit être cohérente avec le tableau constructeur utilisé à la question suivante.

Modèle mécanique du bac C38



Deux travées continues sur trois pannes.

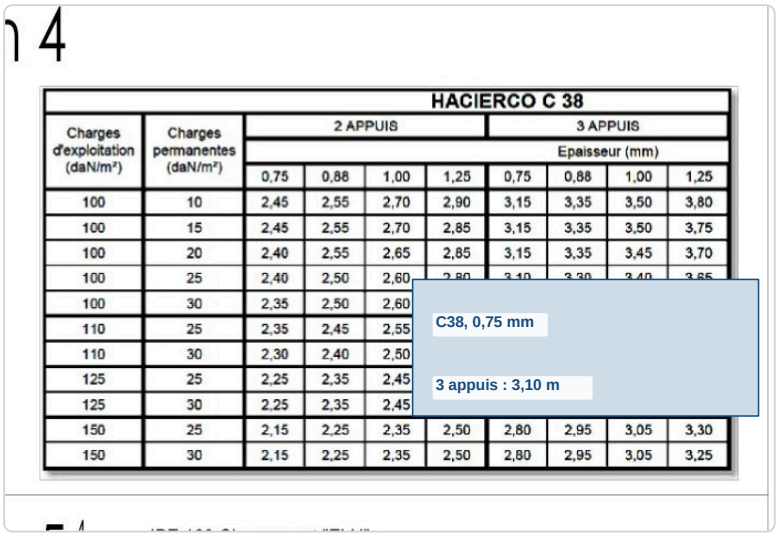
✓ RÉPONSE À RETENIR

Bac C38 continu sur trois appuis, sous charge uniformément répartie.

Question Q4. Vérifier que l'hypothèse de modèle mécanique est compatible avec un bac Hacierco C38 de 0,75 mm d'épaisseur. Indiquer sur le DR1 l'entraxe maximal autorisé des pannes dans ce cas de chargement, en tenant compte de la charge permanente de 30 daN/m² due à l'étanchéité et à l'isolation sur le premier bac.

Dans le tableau Hacierco C38, on lit la ligne 100 daN/m² de charge d'exploitation et 30 daN/m² de charge permanente, puis la colonne 0,75 mm sous « 3 appuis ». La portée admissible correspond à l'entraxe maximal des pannes. Le résultat confirme que le modèle continu sur plusieurs appuis est compatible avec le bac spécifié.

DR1, portée admissible du bac C38



HACIERCO C 38

Charges d'exploitation (daN/m²)	Charges permanentes (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS			
		Epaisseur (mm)							
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
100	10	2,45	2,55	2,70	2,90	3,15	3,35	3,50	3,80
100	15	2,45	2,55	2,70	2,85	3,15	3,35	3,50	3,75
100	20	2,40	2,55	2,65	2,85	3,15	3,35	3,45	3,70
100	25	2,40	2,50	2,60					
100	30	2,35	2,50	2,60					
110	25	2,35	2,45	2,55					
110	30	2,30	2,40	2,50					
125	25	2,25	2,35	2,45					
125	30	2,25	2,35	2,45					
150	25	2,15	2,25	2,35	2,50	2,80	2,95	3,05	3,30
150	30	2,15	2,25	2,35	2,50	2,80	2,95	3,05	3,25

C38, 0,75 mm

3 appuis : 3,10 m

✓ RÉPONSE À RETENIR

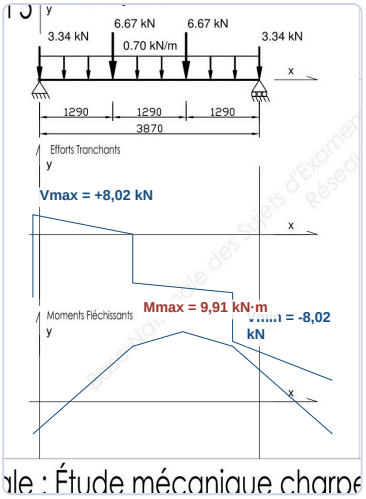
Entraxe maximal des pannes : 3,10 m.

1.3 Validation du profilé IPE 160 de la charpente

Question Q5. À partir du modèle défini pour le profilé IPE 160, tracer sur le DR1 les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants, puis en déduire les sollicitations maximales.

La charge totale vaut 2×3,34 + 2×6,67 + 0,70×3,87 = 22,729 kN, donc chaque réaction vaut 11,3645 kN. Après la charge de rive, l'effort tranchant vaut 8,0245 kN et décroît linéairement sous la charge répartie, avec des sauts aux charges ponctuelles. Le moment est nul aux appuis et maximal là où V s'annule, à mi-distance entre les charges de 6,67 kN.

DR1 complété, diagrammes des efforts et moments

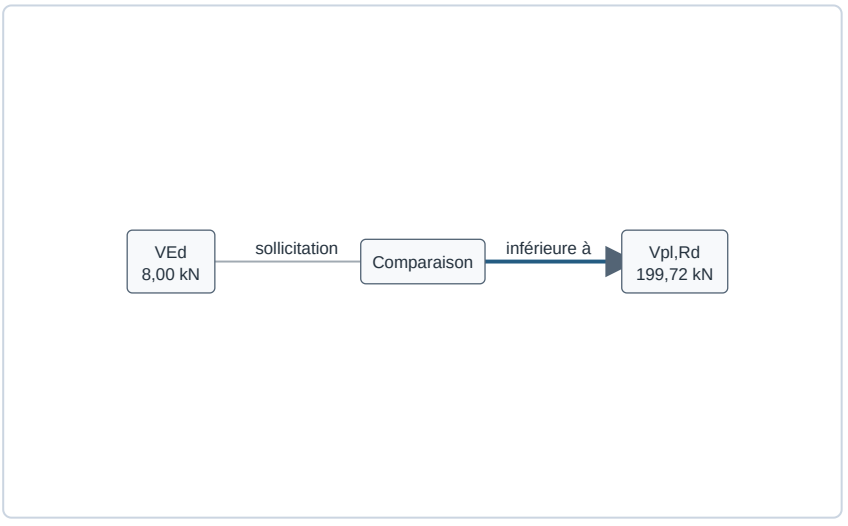


> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> V_{max} = 8,02 kN ; M_{max} = 9,91 kN·m.

Question Q6. Vérifier que la contrainte tangentielle dans la section la plus sollicitée n'est pas dépassée. Prendre Vmaxi = 8,00 kN.

Pour l'IPE160, le tableau donne une aire de cisaillement A_v = 9,7 cm², soit 970 mm². Selon la formule fournie, la résistance plastique vaut $V_{pl,Rd} = 0{,}58\, A_v f_y / \gamma_{M0}$. Avec f_y = 355 MPa et γ_{M0} = 1, on obtient 199,72 kN, bien supérieur à l'effort appliqué de 8,00 kN.

Contrôle au cisaillement de l'IPE160



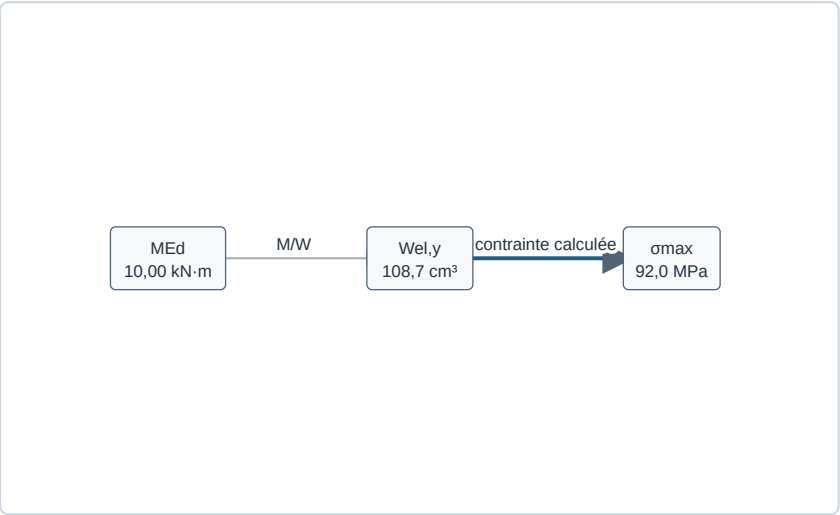
La résistance au cisaillement dépasse l'effort appliqué.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 8,00 kN < 199,72 kN : vérification au cisaillement satisfaite.

Question Q7. Vérifier que la contrainte normale dans la section la plus sollicitée n'est pas dépassée. Prendre Mmaxi = 10,00 kN.m.

Le tableau de l'IPE160 donne le module élastique de flexion selon l'axe fort $W_{el,y}$ = 108,7 cm³, soit 108 700 mm³. Pour M_{Ed} = 10,00 kN·m, la contrainte maximale vaut $\sigma_{max} = M_{Ed}/W_{el,y}$ = 92,0 MPa. Elle reste inférieure à f_y = 355 MPa ; la vérification en contrainte normale est satisfaite.

Vérification de la contrainte normale



La contrainte calculée est comparée à fy = 355 MPa.

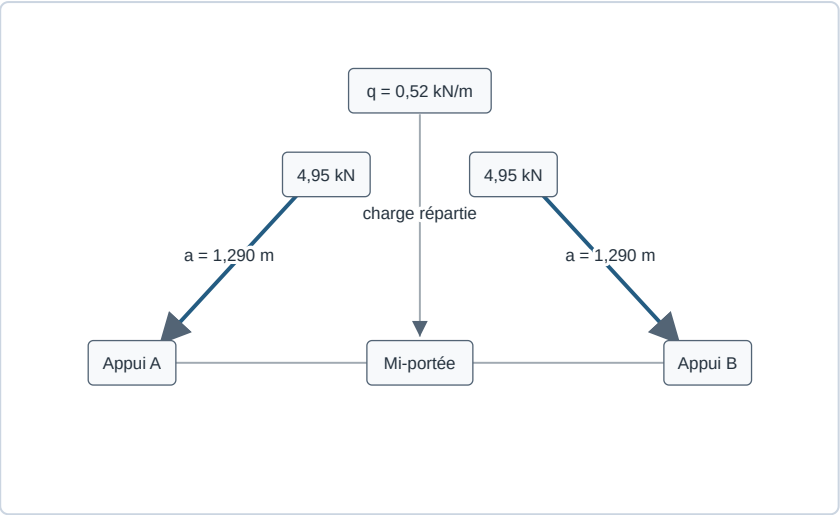
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

σ_{max} = 92,0 MPa < 355 MPa : vérification satisfaite.

Question Q8. À partir du modèle mécanique retenu pour la vérification de la flèche, déterminer la flèche à mi-portée du profilé IPE 160.

Le modèle donne L = 3,870 m, deux charges ponctuelles symétriques de 4,95 kN à a = 1,290 m des appuis et une charge répartie de 0,52 kN/m. Avec E = 210 000 MPa et I = 869,3 cm⁴, on additionne les flèches à mi-portée dues aux deux types de charge. Les charges de 2,48 kN appliquées aux appuis ne créent pas de moment fléchissant dans le modèle.

Chargement ELS du profilé IPE160



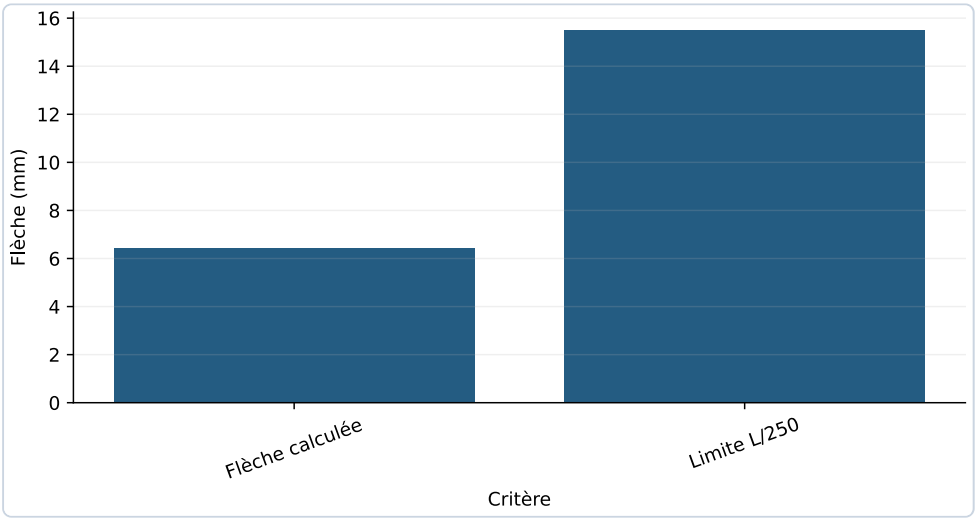
Deux charges ponctuelles symétriques et une charge répartie.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Flèche à mi-portée : environ 6,41 mm.

Question Q9. Calculer la flèche maximale autorisée pour ce type de structure, limitée à L/250, puis conclure sur les résultats obtenus.

La portée indiquée sur le modèle mécanique est L = 3,870 m. La flèche admissible imposée vaut donc f_{adm} = L/250 = 0,01548 m, soit 15,48 mm. La flèche calculée à la question précédente est d'environ 6,41 mm. Comme elle est inférieure à la limite, le critère de déformation est respecté.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Flèche admissible : 15,48 mm ; flèche calculée : 6,41 mm, conforme.

Question Q10. En s’appuyant sur les résultats des questions 6, 7 et 9, déterminer si le profilé IPE 160 S355 Classe 2 est adapté.

Les trois vérifications demandées sont satisfaites : l’effort tranchant de 8,00 kN est inférieur à la résistance au cisaillement de 199,72 kN ; la contrainte de 92,0 MPa reste inférieure à 355 MPa ; et la flèche calculée de 6,41 mm respecte la limite de 15,48 mm. L’IPE160 S355 classe 2 est donc adapté pour les critères étudiés.

Bilan de vérification de l’IPE160

Critère	Valeur vérifiée	Limite	Conclusion
Cisaillement	8,00 kN	199,72 kN	Conforme
Contrainte normale	92,0 MPa	355 MPa	Conforme
Flèche	6,41 mm	15,48 mm	Conforme

Synthèse des vérifications demandées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui, l’IPE160 S355 classe 2 est adapté aux critères vérifiés.

2. Étude mécanique de la charpente

L'étude porte sur la ferme métallique n° 2, qui supporte la couverture et contribue au maintien en tête des murs. Elle contrôle le modèle de base à âme encastrée et compare celui-ci à une variante à âme articulée à partir des charges, de la note de calcul et des critères de résistance et de flèche.

2.1 Validation du chargement de la ferme n° 2

Question Q11. Expliquer l'origine des charges apparaissant en partie haute et en partie basse de la ferme n° 2, sans effectuer de calcul.

Les charges en partie haute représentent les actions appliquées à la toiture : poids propre de la couverture et charges climatiques, notamment la neige. Elles sont transmises à la ferme par les éléments de toiture et reprises aux nœuds supérieurs. Les charges en partie basse correspondent aux actions appliquées à la membrure inférieure, notamment celles liées au chemin de moufle et aux équipements qu'elle porte. La ferme transmet ensuite l'ensemble de ces actions à ses appuis ancrés dans les murs.

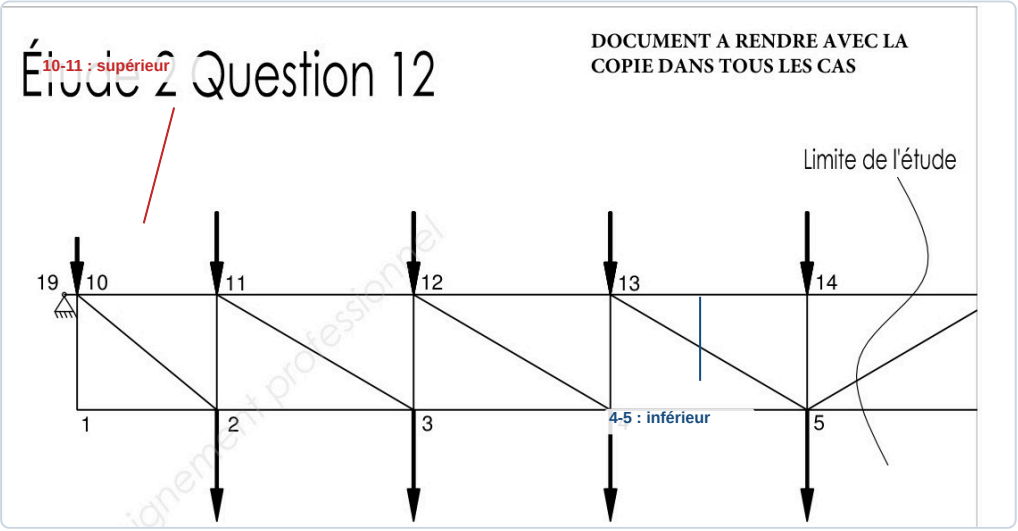
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> En haut : charges de toiture, transmises par les éléments de couverture. En bas : charges du chemin de moufle et des équipements portés par la membrure inférieure.

2.2 Contrôle de la structure dans sa version définitive

Question Q12. À partir de la note de calcul DT9, repérer sur le DR1 la ou les sections les plus sollicitées dans la traverse supérieure HEA120 et dans la traverse inférieure HEA120. Justifier la réponse en expliquant le type de sollicitations agissant sur ces barres.

Dans DT9, la barre 10-11 de la traverse supérieure porte un effort normal de 226,21 kN, un effort tranchant maximal de 5,49 kN et un moment maximal de 6,76 kN·m. Pour la traverse inférieure, la barre 4-5 est la plus sollicitée : 535,23 kN d'effort normal, 1,08 kN d'effort tranchant et 2,46 kN·m de moment maximal. Les deux traverses subissent donc un effort normal associé à de la flexion. La traverse supérieure travaille principalement en compression et l'inférieure en traction.

Sections les plus sollicitées, DR1



✓ RÉPONSE À RETENIR

Traverse supérieure : barre 10-11, compression et flexion. Traverse inférieure : barre 4-5, traction et flexion.

Question Q13. Pour un contrôle rapide de la structure, ne retenir que l'effort normal de +535,00 kN agissant dans la barre 4-5, puis vérifier que la contrainte normale dans la section n'est pas dépassée.

La section du HEA120 vaut 25,34 cm², soit 2 534 mm². Avec l'effort normal donné de 535,00 kN, la contrainte normale vaut $\sigma = N/A = 535000/2534 = 211,1\ \text{MPa}$. La limite de calcul est $f_y/\gamma_{M0} = 355/1,00 = 355\ \text{MPa}$. La contrainte calculée est inférieure à cette limite : le contrôle simplifié de la section brute est satisfait.

✓ RÉPONSE À RETENIR

σ = 211,1 MPa < 355 MPa : contrainte normale vérifiée.

Question Q14. Pour les barres d'extrémité 19-10 et 18-20, l'effort tranchant maximal vaut 172,50 kN. Vérifier que la contrainte tangentielle dans le profilé HEA120 n'est pas dépassée.

Pour l'effort tranchant considéré, le tableau du HEA120 donne une aire de cisaillement $A_v = 8,5\ \text{cm}^2 = 850\ \text{mm}^2$. La contrainte vaut $\tau = V/A_v = 172500/850 = 202,94\ \text{MPa}$. La résistance simplifiée est $V_{c,Rd} = 0,58 A_v f_y/\gamma_{M0}$, soit une contrainte limite de $0,58 \times 355/1,00 = 205,9\ \text{MPa}$. La contrainte calculée reste inférieure à la limite, avec une marge faible.

✓ RÉPONSE À RETENIR

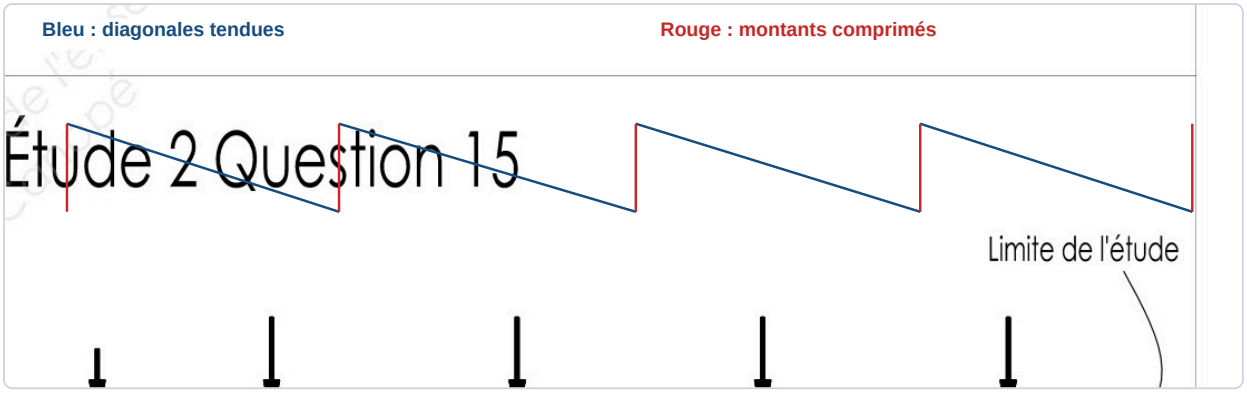
τ = 202,94 MPa < 205,9 MPa : vérification au cisaillement satisfaite.

2.3 Étude de la variante de réalisation de la ferme

Question Q15. Sur le DR1, repérer les barres tendues et les barres comprimées de l'âme de la ferme dont les éléments d'âme sont articulés. Utiliser deux couleurs distinctes et légender la réponse.

Dans la variante articulée, les diagonales de l'âme sont tendues : les efforts normaux positifs de DT9 le confirment, notamment pour les barres 10-2, 11-3, 12-4 et 13-5. Les montants verticaux sont comprimés, comme l'indiquent les efforts normaux négatifs des barres correspondantes. Sur le DR1, repérer donc en bleu les diagonales descendantes vers la droite et en rouge les montants verticaux. La couleur suit ici le signe et la nature des efforts de la variante, et non une alternance des diagonales.

Barres tendues et comprimées de l’âme, DR1



✓ RÉPONSE À RETENIR

Diagonales descendantes vers la droite : tendues, en bleu. Montants verticaux : comprimés, en rouge.

Question Q16. Dans la note de calcul DT9, relever les sollicitations maximales dans les barres 4-5 et 10-11, puis comparer celles de la variante aux sollicitations données pour la solution de base à âme encastrée.

Pour la barre 4-5, la variante donne $N = 537,03\ \text{kN}$, $V = 0,75\ \text{kN}$ et $M_{max} = 2,00\ \text{kN}\backslash\text{cdotp}\text{m}$, contre 535,00 kN, 1,09 kN et 2,46 kN·m pour la base. Pour la barre 10-11, la variante donne $N = 224,95\ \text{kN}$, $V = 19,03\ \text{kN}$ et un moment maximal de 22,42 kN·m, contre 226,20 kN, 5,49 kN et 6,76 kN·m. L’effort tranchant et le moment augmentent nettement sur 10-11.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La variante conserve des efforts normaux proches, mais augmente fortement V et M dans 10-11 : 19,03 kN et 22,42 kN·m.

Question Q17. Calculer la flèche maximale autorisée pour cette structure en appliquant la limite de L/250 à la portée indiquée de 15,100 m.

La portée indiquée est $L = 15,100\ \text{m}$, et la flèche maximale autorisée vaut $L/250$. Le calcul donne $15,100/250 = 0,0604\ \text{m}$. Convertie en millimètres, cette limite est de 60,4 mm. C’est cette valeur qu’il faut comparer aux flèches calculées des deux solutions.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Flèche maximale autorisée : 0,0604 m, soit 60,4 mm.

Question Q18. Comparer les flèches maximales des deux solutions, soit 1,84.10-2 m pour la solution entièrement encastrée et 1,88.10-2 m pour la solution avec membrure articulée, puis conclure.

La solution entièrement encastrée présente une flèche de $1{,}84 \times 10^{-2}$ m, soit 18,4 mm. La variante à membrure articulée atteint $1{,}88 \times 10^{-2}$ m, soit 18,8 mm. L'écart est donc de 0,4 mm en faveur de l'encastrement. Les deux flèches restent très inférieures à la limite de 60,4 mm : les deux solutions satisfont le critère de déformation. Le gain apporté par l'encastrement est faible.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les deux solutions respectent la limite de 60,4 mm. La variante articulée fléchit de 0,4 mm de plus.

Question Q19. Indiquer s'il existe un intérêt particulier à utiliser une structure complètement encastrée ou partiellement articulée.

Les flèches calculées ne révèlent pas d'avantage déterminant de l'encastrement : l'écart n'est que de 0,4 mm et les deux solutions respectent largement la limite. La variante articulée peut faciliter la fabrication et le montage grâce à des assemblages plus simples. En revanche, elle modifie la répartition des efforts et augmente notamment l'effort tranchant et le moment dans la barre 10-11. Le choix doit donc aussi tenir compte de la résistance des barres et du dimensionnement des assemblages.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'articulation facilite le montage; l'encastrement réduit légèrement la flèche. Le choix dépend aussi des efforts et des assemblages.

3. Vérification du plan d’armatures d’une poutre continue

Le candidat intervient comme contrôleur d’une étude de poutres continues en béton armé, les poutres Po1 et Po2 étant représentées dans les plans d’exécution et d’armatures. Il vérifie les portées, les charges, le moment sur appui, les sections d’acier et les dispositions d’ancrage, puis identifie le rôle de certaines armatures.

3.1 Validation du modèle de calcul

Question Q20. Justifier la longueur efficace de la travée Po1 à l’aide du plan d’armatures DT14 et des règles de détermination des portées utiles.

Donnée	Valeur
Distance libre entre nus	6,19 m
Largeur des appuis	0,20 m
Hauteur de Po1	0,63 m
Correction par appui	min(0,20/2 ; 0,63/2) = 0,10 m

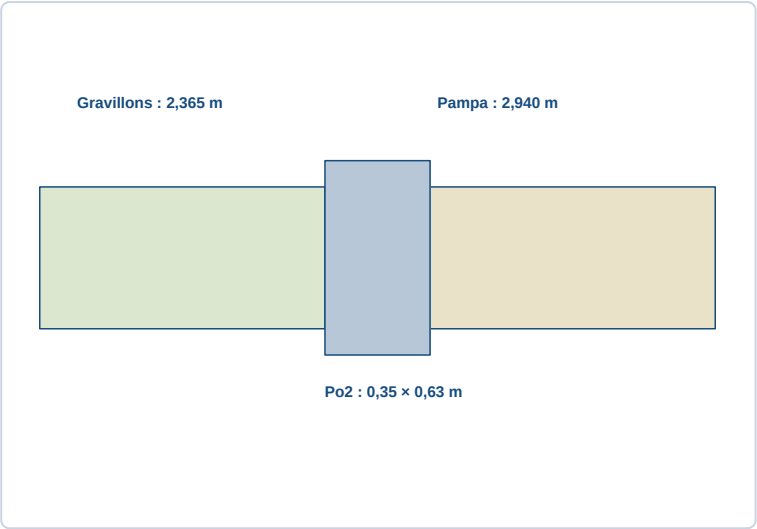
Po1 est une poutre continue. D’après la règle des portées utiles, on ajoute à la distance libre les corrections aux deux extrémités. La demi-largeur des appuis gouverne le calcul, car elle est inférieure à la demi-hauteur de la poutre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Portée efficace de Po1 : 6,39 m.

Question Q21. À l’aide d’un schéma coté, vérifier que la charge unitaire prise en compte par le projeteur à l’ELU pour la travée Po2 est cohérente. Prendre en compte les charges permanentes, la charge d’exploitation et la neige.

La poutre Po2 reprend la moitié de chaque bande de dalle : 4,730/2 = 2,365 m côté gravillons et 5,880/2 = 2,940 m côté Pampa. La dalle de 0,260 m pèse 6,50 kN/m² ; le poids propre de Po2 vaut 0,35 × 0,63 × 25. Pour l’ELU, on prend l’exploitation comme action dominante et la neige en accompagnement avec $\psi_0 = 0,50$. On obtient 87,6 kN/m, supérieur aux 82,3 kN/m du modèle : la charge retenue n’est donc pas cohérente avec les données du sujet.

Largeurs tributaires de Po2



✓ RÉPONSE À RETENIR

Charge ELU calculée : 87,6 kN/m. Les 82,3 kN/m du modèle sont insuffisants.

3.2 Vérification du moment de calcul

Question Q22. Vérifier si le moment Med = -350,00 kN.m retenu par le projeteur pour dimensionner les armatures sur l'appui P3 est conforme au schéma mécanique, en utilisant le formulaire DT12.

Pour le modèle à deux travées, avec extrémités simples et rigidité constante, le théorème des trois moments donne le moment sur P3 :

$$M_{P3} = -\frac{p_1 L_1^3 + p_2 L_2^3}{8(L_1 + L_2)}$$

En utilisant les charges et portées du schéma, soit 57,6 kN/m sur 6,39 m et 82,3 kN/m sur 6,30 m, on trouve environ −350,8 kN·m. Le résultat est très proche des −350,0 kN·m retenus par le projeteur, à l'arrondi près. Cette conformité concerne le modèle de charge indiqué.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Moment calculé : −350,8 kN·m. Les −350,0 kN·m sont conformes au modèle indiqué.

3.3 Contrôle du plan d'armatures

Question Q23. En considérant que les sections d'acier des travées indiquées sur DT8 sont justes, vérifier la section prolongée en partie basse sur l'appui intermédiaire de la travée Po2. Si la section n'est pas vérifiée, proposer une modification. Donnée : Ved = 314,90 kN.

Sur Po2, la barre inférieure prolongée sur l'appui est la barre 11 : 3 HA16, soit 6,03 cm². Avec h = 0,63 m, la hauteur utile vaut d = 0,9h = 0,567 m. D'après DT13, la force d'ancrage est $F_{Ed} = |V_{Ed}| + M_{Ed}/(0,9d)$, soit environ −371 kN. Elle est négative : aucune section tendue supplémentaire n'est requise par cette vérification. La barre existante est suffisante pour la section ; son ancrage minimal reste toutefois à assurer.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La section prolongée, 3 HA16 = 6,03 cm², est suffisante : $F_{Ed} < 0$.

Question Q24. Justifier la présence ou l'absence de crochets d'ancrage sur l'appui intermédiaire de la travée Po2. À défaut d'un dimensionnement plus précis, prendre d = 0,9 h. Données : Ved = 314,90 kN et Med = -350,00 kN.m.

Avec d = 0,9 × 0,63 = 0,567 m, DT13 donne $F_{Ed} = |V_{Ed}| + M_{Ed}/(0,9d)$, soit −370,97 kN. Pour une valeur négative, la règle impose l'ancrage de la barre sur 10ϕ dans l'appui. Pour les barres HA16, la longueur droite à assurer est donc 160 mm. La largeur de P3 est de 200 mm ; le détail de la barre 11 prévoit un retour qui permet de respecter l'ancrage lorsque la longueur droite disponible est insuffisante.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ancrage requis : 10ϕ = 160 mm pour HA16. Le retour prévu sur la barre 11 assure l'ancrage.

Question Q25. Expliquer les rôles des armatures n° 13 et n° 15.

Sur le plan d'armatures de Po2, les repères identifient des armatures de fonctions différentes. La barre 13, composée de 3 HA10, constitue un renfort longitudinal supérieur au voisinage de l'appui, où le moment négatif tend la partie haute de la poutre. La barre 15, composée de 37 HA6, correspond aux cadres transversaux. Ces cadres reprennent l'effort tranchant et maintiennent les armatures longitudinales dans leur position, notamment dans les zones d'appui.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> N°13 : renfort longitudinal supérieur sur appui. N°15 : cadres transversaux de cisaillement et de maintien.

4. Dimensionnement d’un poteau en béton armé et principe d’armatures

L’étude porte sur le poteau P3 en béton armé situé au rez-de-chaussée de la partie enterrée du bâtiment. À partir de l’effort normal, de la longueur efficace et des règles de dimensionnement, il faut calculer et choisir les aciers puis proposer un principe de ferraillage du poteau et de sa tête.

4.1 Dimensionnement des armatures du poteau P3

Question Q26. Calculer la section nécessaire d’armatures longitudinales dans le poteau P3 à partir de Ned = 553,80 kN et de L0 = 3,630 m.

La section P3 est de 200 × 350 mm : A_c = 70 000 mm² et b = 200 mm. Selon le formulaire, $\lambda = L_0\sqrt{12}/b = 62{,}87$; comme $\lambda > 60$, $\alpha = (32/\lambda)^{1{,}3} = 0{,}4155$. Avec $k_h = 0{,}93$, $f_{cd} = 25/1{,}5$ et $f_{yd} = 500/1{,}15$, l’approximation de compression centrée donne $A_s = [N_{Ed}/(\alpha k_h) - A_c f_{cd}]/f_{yd}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Section nécessaire : $A_s \approx 6{,}13$ cm².

Question Q27. Après vérification des sections minimale et maximale d’acier, choisir les références des armatures longitudinales. Pour traiter cette question, prendre comme hypothèse une section nécessaire calculée de 10 cm².

Pour la section 200 × 350 mm, A_c = 70 000 mm². Le minimum est le maximum entre $0{,}10N_{Ed}/f_{yd}$ et $0{,}002A_c$; le maximum hors recouvrement vaut $0{,}04A_c$.

Vérification	Section d’acier
Minimum réglementaire	1,40 cm²
Maximum hors recouvrement	28,00 cm²
Choix : 6 HA16	12,06 cm²

Le choix satisfait l’hypothèse de 10 cm² et les limites réglementaires. Disposer les barres aux angles et au milieu des deux grands côtés pour qu’elles soient maintenues par les cadres.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choix : 6 HA16, soit 12,06 cm², entre 1,40 et 28,00 cm².

Question Q28. Déterminer l’espacement des armatures transversales, puis l’espacement des cours du poteau P3.

Avec des barres longitudinales HA16, le diamètre minimal des armatures transversales est max(6 mm ; 16/4) : on retient HA6. L’espacement courant maximal des cadres est min(400 mm ; 20 × 16 mm ; 200 mm) = 200 mm.

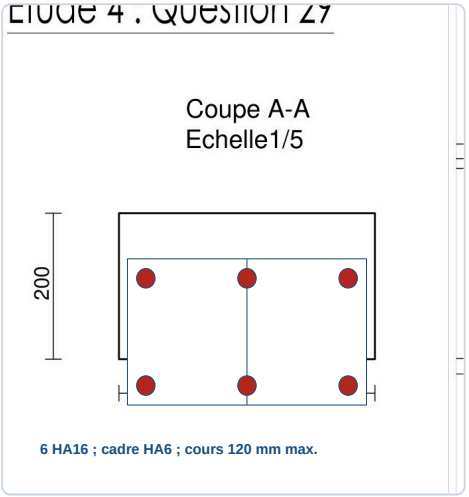
Pour les cours, le formulaire impose de réduire cette limite d'un facteur 0,6 : min(240 mm ; 12 × 16 mm ; 0,6 × 200 mm) = 120 mm. On adopte donc des cadres HA6 espacés de 120 mm au plus, notamment dans les zones de recouvrement et près des poutres.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Cadres HA6 : espacement courant maximal 200 mm ; cours resserrés à 120 mm au plus.

Question Q29. Compléter sur le document réponse DR2 la section transversale du poteau en faisant apparaître toutes les armatures.

Sur la coupe A-A du DR2, placer six HA16 : un à chaque angle et un au milieu de chacun des deux côtés de 350 mm. Entourer les barres d'un cadre fermé HA6 et ajouter une épingle pour maintenir les barres médianes. L'enrobage nominal est de 30 mm. Indiquer la disposition des barres et l'espacement des cadres adopté, conformément aux vérifications précédentes.

DR2, coupe A-A complétée



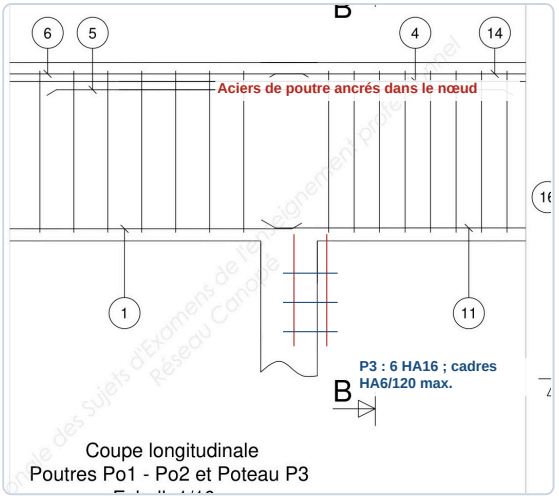
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Section P3 : 6 HA16, cadres fermés HA6 espacés de 120 mm au plus.

4.2 Analyse d'armatures

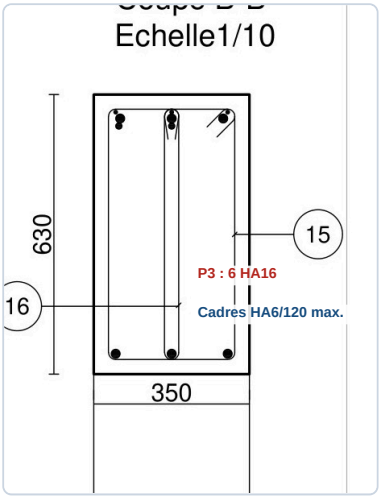
Question Q30. À partir des armatures des poutres Po1 et Po2 données sur le DR2, compléter la coupe longitudinale et la coupe B-B en faisant apparaître les armatures du poteau ainsi que toutes les armatures utiles au principe de ferraillage en tête de poteau. Utiliser de préférence des couleurs pour faciliter la compréhension des détails.

Dans la coupe longitudinale, prolonger les armatures du poteau dans le nœud poutre-poteau et y maintenir les barres par des cadres. Conserver les armatures de poutre représentées au plan : les barres supérieures sur appui et les barres inférieures des travées doivent être ancrées dans le nœud selon leur tracé. Compléter la coupe B-B par la disposition du poteau : six HA16 maintenus par des cadres HA6, avec un espacement maximal de 120 mm. Pour les attentes d'un poteau comprimé, le formulaire donne $l_0 = 30\varphi$, soit 480 mm pour des HA16.

DR2, coupe longitudinale au nœud P3



DR2, coupe B-B complétée



✓ RÉPONSE À RETENIR

Tête de P3 : 6 HA16, cadres HA6/120 ; attentes HA16 de 480 mm.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2016)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E41 du BTS Bâtiment, session 2016, code BTE4DVO, dure 4 heures et a un coefficient 2. Elle s'appuie sur le projet de Pépinière Musicale pour évaluer la conception et la vérification d'une charpente métallique, le contrôle d'une poutre continue en béton armé et le dimensionnement ainsi que le ferraillage d'un poteau.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- À l'ELU, comparer les sollicitations de calcul aux résistances correspondantes pour vérifier la résistance d'une section.
- En flexion d'une section acier de classe 1 ou 2, comparer MEd à Mpl,Rd = Wpl fy / γM0.
- La portée utile d'une poutre se calcule à partir de la distance libre entre nus d'appuis et des longueurs d'appui : leff = ln + a1 + a2.
- Pour un poteau, contrôler l'élancement et les sections minimales et maximales d'aciers avant de choisir le ferraillage.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les modèles ELU et ELS et relever charges et portées sur les schémas concernés.
- Lire les axes, unités et caractéristiques des profils dans les tableaux avant de calculer contraintes et résistances.
- Pour les vérifications de poutres, expliciter le modèle, les réactions et les signes des efforts et des moments.
- Reporter les réponses demandées sur les DR1 et DR2, puis vérifier la cohérence des dispositions d'ancrage et de maintien des barres.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la flèche d'une poutre simplement appuyée sous charge répartie ?

Identifier la portée, la charge uniformément répartie, le module d'élasticité et l'inertie du profilé. Appliquer la formule correspondant au schéma mécanique du sujet, en conservant des unités cohérentes, puis comparer la flèche obtenue à la limite imposée.

Q : Comment vérifier une section métallique soumise à un effort tranchant ou à un moment fléchissant ?

Relever l'aire de cisaillement ou le module de résistance du profilé dans le tableau adapté. Comparer ensuite l'effort ou le moment de calcul à la résistance correspondante, selon la classe de section et les coefficients partiels du formulaire.

Q : Comment organiser les quatre études indépendantes pendant les quatre heures d'épreuve ?

Les quatre études sont indépendantes et valent respectivement 6, 5, 5 et 4 points. Répartir le temps selon le barème, garder une marge pour les documents réponses et vérifier les unités, les conclusions et les renvois aux annexes.

Q : Quels éléments faut-il présenter pour rendre une vérification technique claire ?

Présenter le modèle mécanique et les données utilisées, écrire la relation de vérification adaptée, puis comparer sollicitation et résistance avec leurs unités. Les schémas demandés doivent être cotés, légendés et cohérents avec les plans et les documents réponses.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsbatiment.fr/assets/annales/bts-batiment/E4.1 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages/2016/BTS Bâtiment - E4.1 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages - Session 2016 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Bâtiment : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.