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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS EBCR, veuillez visiter :
btsebcr.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ENVELOPPE DES BÂTIMENTS : CONCEPTION ET RÉALISATION

ÉPREUVE E4.2 : CONCEPTION DES ENVELOPPES

SESSION 2026

Durée : 50 minutes

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
ENVELOPPE DES BÂTIMENTS : CONCEPTION ET RÉALISATION	5

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Dossier de projet personnel élaboré à partir du dossier technique commun, documents de conception et ressources numériques nécessaires à la présentation orale, mis à disposition selon les modalités du centre d'examen.

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

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : SOCIÉTÉ FAÇADE ATLANTIQUE, SITE DE RÉNOVATION DU GROUPE SCOLAIRE JEAN-MOULIN, LA ROCHELLE

La société Façade Atlantique est chargée de concevoir la rénovation de l'enveloppe opaque d'un bâtiment scolaire existant à La Rochelle. Le maître d'ouvrage est la commune de La Rochelle. Le projet est étudié par un groupe de trois candidats à partir du dossier technique commun DT 1 à DT 3. Chaque candidat constitue un dossier personnel et développe une solution de conception individuelle, en coordination avec le groupe.

La préparation du projet s'effectue sur deux semaines, avec une ou plusieurs revues de projet. L'évaluation comporte le suivi du projet et une soutenance individuelle de 50 minutes au maximum : exposé de 20 minutes au maximum, puis entretien de 30 minutes au maximum. Le dossier et la présentation doivent rendre compte des choix, des calculs, des informations techniques validées, du chiffrage et des dispositions de prévention.

Pour le barème de ce sujet, 5 points portent sur la revue et la contribution collective au projet ; 15 points portent sur les productions et les réponses individuelles du candidat. Les pièces du dossier fournissent les données de calcul nécessaires. Les références réglementaires et normatives indiquées constituent le cadre documentaire à vérifier et à appliquer au projet, sans remplacer l'analyse des textes et prescriptions en vigueur.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, réglementaire et revue de projet (5 points)

Questionnement collectif, organisation de la revue et validation des exigences

Cette partie est évaluée à partir de la revue de projet du groupe et de la contribution du candidat. La revue s'appuie sur le cahier des charges DT 1, les données de conception DT 2 et les prescriptions documentaires DT 3.

Exigences du projet à examiner en revue

Exigence	Donnée du projet	Justification attendue
Surface opaque nette	63 m²	Repérage sur élévation et cohérence du métré
Résistance thermique minimale de l'isolant	$R \geq 4{,}0$ m²·K/W	Calcul à partir de l'épaisseur et de la conductivité thermique
Pression de vent de calcul fournie	0,80 kN/m²	Vérification de la trame et des supports selon le dossier
Maintien de l'activité scolaire	Intervention par zones, accès séparés	Organisation du chantier et prévention des risques

Les valeurs du tableau sont les données de conception du cas étudié.

1.1 (2 points) Lors de la revue de projet collective, présentez les fonctions attendues de l'enveloppe rénovée et hiérarchisez les exigences du maître d'ouvrage. Justifiez au moins quatre exigences par une donnée du dossier : protection contre les intempéries, performance thermique, durabilité, aspect extérieur, continuité de l'activité scolaire ou maintenance.

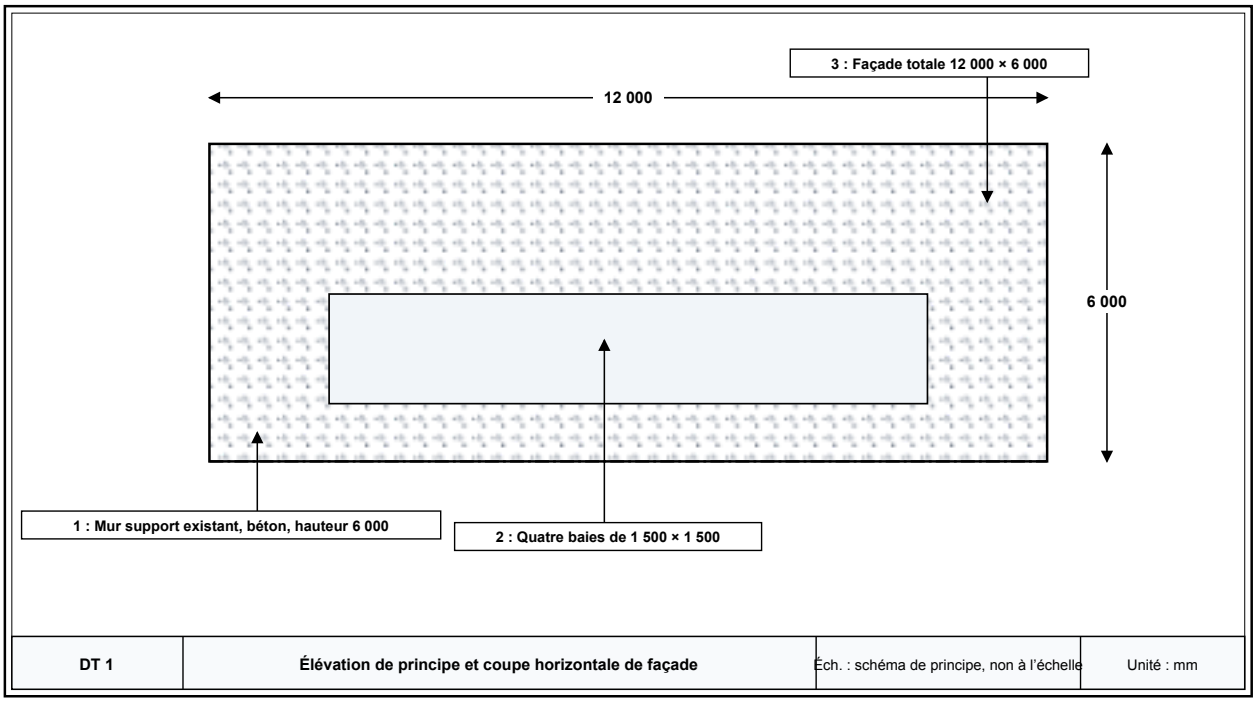
1.2 (1,5 point) À partir du DT 3, établissez le tableau de correspondance entre les sujets à vérifier et les références documentaires applicables au projet. Distinguez les prescriptions de mise en œuvre, les exigences de performance de façade et les règles de détermination des actions de vent. Signalez toute donnée du dossier qui doit être confirmée avant exécution.

1.3 (1,5 point) Contribuez à l'organisation de la revue : annoncez l'ordre du jour, répartissez les points à examiner entre les membres du groupe et rédigez une synthèse brève des décisions, des réserves et des actions à mener, avec un responsable et une échéance pour chaque action.

PARTIE 2 : Étude technologique, choix des matériaux et dimensionnement (8 points)

Conception comparative, calculs de prédimensionnement, métré et estimation

Le candidat développe et justifie une solution individuelle à partir du DT 1 et du DT 2. Les vérifications demandées sont des prédimensionnements réalisés avec les données conventionnelles fournies dans le dossier. Toute hypothèse supplémentaire doit être explicitée.



Solutions de paroi et données de calcul

Solution	Isolant	Épaisseur e	Conductivité λ	Prix indicatif isolant	Bardage rapporté
A	Laine minérale rigide	160 mm	0,036 W/(m·K)	26 €/m²	48 €/m²
B	Laine minérale rigide	140 mm	0,035 W/(m·K)	23 €/m²	48 €/m²

Les résistances thermiques ci-dessous concernent uniquement la couche d'isolant.

Données conventionnelles pour le prédimensionnement du montant

Paramètre	Valeur
Pression de vent de calcul p	0,80 kN/m²
Entraxe des montants b	1,20 m
Portée entre appuis L	3,00 m
Module d'élasticité de l'aluminium E	70 000 N/mm²
Module de résistance de la section W	12 000 mm³
Moment quadratique I	8,5 × 10⁶ mm⁴
Contrainte admissible fournie	160 N/mm²
Limite de flèche de projet	L/200

Valeurs simplifiées imposées pour les calculs de l'épreuve.

2.1 (2 points) Comparez les solutions A et B au regard de l'exigence R ≥ 4,0 m²·K/W, du coût d'isolant et des contraintes de conception. Calculez les résistances avec la relation $R = e/\lambda$, en exprimant e en mètres. Retenez une solution et justifiez votre choix, en distinguant résultat calculé et appréciation qualitative.

2.2 (2 points) Prédimensionnez un montant vertical soumis au vent. Calculez la charge linéique $q = p \times b$, puis le moment maximal pour un appui simple $M_{max} = qL^2/8$. Calculez la contrainte de flexion $\sigma = M_{max}/W$ après conversion cohérente des unités et comparez-la à la contrainte admissible fournie. Calculez aussi la flèche avec $f = 5qL^4/(384EI)$, en utilisant des unités cohérentes, et comparez-la à la limite L/200. Concluez sur ce prédimensionnement, sans le présenter comme une note de calcul d'exécution.

2.3 (1,5 point) Établissez le métré de la surface opaque nette. La façade mesure 12,00 m × 6,00 m et comporte quatre baies de 1,50 m × 1,50 m. Calculez la surface brute, la surface des baies, puis la surface opaque nette. Déterminez la surface de commande avec 8 % de pertes selon $S_{commande} = 1,08 \times S_{nette}$, en conservant deux décimales.

2.4 (1,5 point) Établissez le coût matière de la solution A pour l'isolant et le bardage, en utilisant la surface de commande calculée à la question 2.3 et les prix unitaires du DT 2. Calculez séparément le coût de chaque poste puis le total hors taxes. Les prix fournis excluent les ossatures, les accessoires, la main-d'œuvre et les frais de chantier.

2.5 (1 point) Comparez votre proposition à la solution alternative B : calculez l'écart de coût d'isolant sur la surface de commande et l'écart de résistance thermique. Présentez ces deux écarts avec leur unité et formulez une recommandation au maître d'ouvrage.

PARTIE 3 : Préparation de la réalisation et production des documents (4 points)

Représentation numérique, préparation opératoire et communication technique

Le candidat prépare les documents utiles à la compréhension et à la préparation de sa solution. Les travaux demandés sont des productions de conception et de préparation ; ils ne constituent pas une mise en fabrication réelle.

Données de préparation des montants

Donnée	Valeur
Largeur de façade	12,00 m
Entraxe maximal retenu	0,60 m
Hauteur de montant	3,00 m
Longueur commerciale d'une barre	6,00 m
Nombre de coupes de séparation par barre utilisée	1
Temps de rotation de la lame	2 500 tr/min
Diamètre de la lame	300 mm
Longueur totale indicative de rails à prévoir	138,60 m, pertes de coupe incluses

Les montants verticaux sont disposés à entraxe constant sur une largeur de 12 m.

3.1 (1,5 point) Établissez une préparation de débit pour les montants : déterminez le nombre de montants nécessaires sur 12,00 m avec un entraxe maximal de 0,60 m, puis la longueur totale à débiter pour des montants de 3,00 m. Proposez un plan de débit dans des barres de 6,00 m et calculez le taux de chute selon $T_{chute} = (L_{acheté} - L_{utile})/L_{acheté} \times 100$. Indiquez explicitement si le trait de scie est pris en compte.

3.2 (1,5 point) Produisez une représentation numérique cotée de votre principe de façade et d'un détail significatif. Faites apparaître les couches, les supports, les interfaces, les dimensions principales, les repères des composants et le sens de transfert des charges. Le document doit permettre à un tiers de comprendre la solution retenue sans ambiguïté.

3.3 (1 point) Présentez oralement une synthèse technique de votre solution en distinguant les données du dossier, vos choix, les résultats calculés et les points restant à confirmer avant exécution. La synthèse doit être compréhensible par le maître d'ouvrage et exploitable par l'équipe de travaux.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité de l'intervention (3 points)

Identification des risques et préparation des mesures de prévention

Le chantier est réalisé en site occupé. La façade atteint 6 m de hauteur et les travaux comprennent la pose d'une ossature, d'un isolant et d'un bardage. Le candidat s'appuie sur le DT 3 et sur les principes généraux de prévention applicables aux travaux de bâtiment.

Situations de travail à analyser

Situation	Donnée du chantier
Travail en hauteur	Intervention sur façade jusqu'à 6 m
Coactivité	Établissement scolaire maintenu en activité
Manutention	Panneaux de bardage et colis d'isolant
Découpe	Profilés métalliques et éléments de bardage

Les mesures proposées doivent correspondre au risque identifié et à la phase de chantier.

4.1 (1 point) Identifiez trois risques majeurs liés aux situations décrites et associez à chacun une mesure de prévention prioritaire, en privilégiant la suppression du risque ou la protection collective avant les équipements de protection individuelle.

4.2 (1 point) Proposez un protocole de sécurisation du site occupé : séparation des zones de chantier et des circulations scolaires, balisage, gestion des livraisons et des déchets, et conduite à tenir en cas de modification des conditions d'intervention.

4.3 (1 point) Indiquez les vérifications à réaliser avant le démarrage des travaux en hauteur et de la découpe : adéquation et contrôle des moyens d'accès, stabilité des installations, état des équipements, captage ou réduction des poussières, maintien des protections et information des intervenants.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

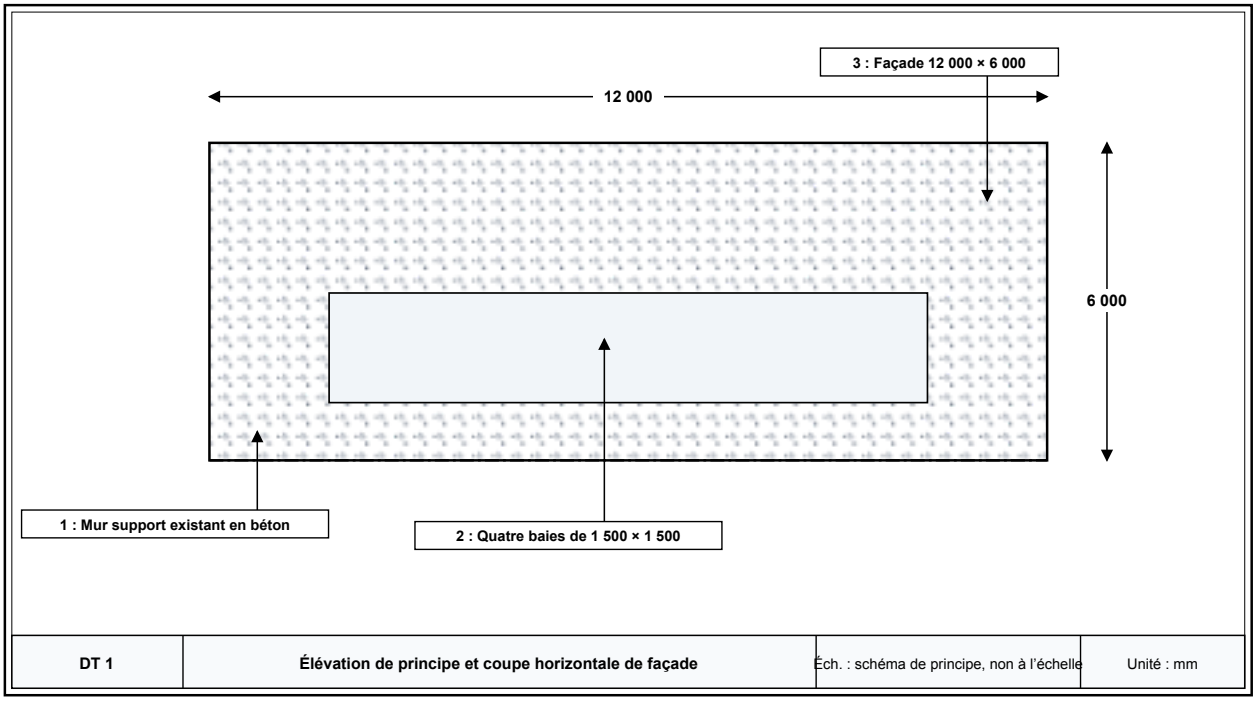
Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : PROGRAMME DU MAÎTRE D'OUVRAGE ET GÉOMÉTRIE DE LA FAÇADE

Le bâtiment étudié est un groupe scolaire existant à La Rochelle. La façade concernée mesure 12,00 m de largeur et 6,00 m de hauteur. Elle comporte quatre baies identiques de 1,50 m × 1,50 m. La surface brute est donc déterminée à partir de la façade rectangulaire ; la surface des baies est déduite pour obtenir la surface opaque nette.

Le projet porte sur une façade ventilée rapportée devant le mur support existant. Les exigences du maître d'ouvrage sont : résistance thermique de l'isolant au moins égale à 4,0 m²·K/W, continuité de l'isolation, évacuation de l'eau, durabilité des composants, facilité de maintenance et maintien de l'activité scolaire pendant les travaux. La surface de commande des couches surfaciques est calculée avec une majoration de 8 % pour les pertes.

La pression de vent de calcul conventionnelle fournie pour le prédimensionnement est de 0,80 kN/m². Cette valeur est une donnée du cas d'étude et ne dispense pas d'établir, pour un projet d'exécution, les actions réglementaires correspondant au site, à la géométrie et à la catégorie de terrain.



DT 1	Élévation de principe et coupe horizontale de façade	Éch. : schéma de principe, non à l'échelle	Unité : mm

Données géométriques et prescriptions de conception

Paramètre	Valeur ou exigence
Largeur de façade	12,00 m
Hauteur de façade	6,00 m
Nombre et dimensions des baies	4 baies de 1,50 m × 1,50 m
Majoration pour pertes de surface	8 %
Résistance thermique minimale de l'isolant	4,0 m²·K/W
Pression de vent conventionnelle de calcul	0,80 kN/m²
Contraintes de chantier	Site scolaire occupé, intervention par zones

Données communes à l'ensemble des candidats.

DT 2 : FICHES DE SOLUTIONS, DONNÉES DE PRÉDIMENSIONNEMENT ET PRIX

Les solutions A et B sont des isolants rigides en laine minérale destinés à une façade ventilée. Pour le calcul demandé, la résistance thermique de la couche d'isolant est calculée par $R = e/\lambda$, où e est exprimée en mètres et λ en W/(m·K). Les résistances des autres couches ne sont pas prises en compte dans cette comparaison simplifiée.

Pour le prédimensionnement du montant, utiliser les hypothèses d'une poutre simplement appuyée et d'une charge uniformément répartie. La charge linéique est calculée par $q = p \times b$, le moment maximal par $M_{max} = qL^2/8$, la contrainte de flexion par $\sigma = M_{max}/W$ et la flèche par $f = 5qL^4/(384EI)$. Pour la vérification de contrainte, convertir le moment en N·mm ; pour la flèche, utiliser q en N/mm et L en mm. La limite de flèche fournie est L/200.

Les prix sont des prix indicatifs hors taxes par mètre carré. Pour l'estimation demandée, ils s'appliquent à la surface de commande avec pertes. Ils ne comprennent ni ossature, ni accessoires, ni main-d'œuvre, ni transport.

Caractéristiques des solutions de paroi

Solution	Produit isolant	Épaisseur	Conductivité thermique λ	Prix isolant	Prix du bardage
A	Laine minérale rigide	160 mm	0,036 W/(m·K)	26 €/m²	
B	Laine minérale rigide	140 mm	0,035 W/(m·K)	23 €/m²	

Valeurs fournies pour l'étude comparative.

Valeurs de calcul du montant vertical

Grandeur	Symbole	Valeur
Pression de vent	p	0,80 kN/m²
Largeur de reprise de charge	b	1,20 m
Portée entre appuis	L	3,00 m
Module d'élasticité de l'aluminium	E	70 000 N/mm²
Module de résistance de la section	W	12 000 mm³
Moment quadratique	I	$8{,}5 \times 10^6$ mm⁴
Contrainte admissible fournie	σadm	160 N/mm²
Limite de flèche	fadm	L/200

Valeurs conventionnelles à utiliser pour le prédimensionnement.

Prix unitaires pour le chiffrage matière

Poste	Prix unitaire
Isolant de solution A	26 €/m²
Isolant de solution B	23 €/m²
Bardage rapporté	48 €/m²

Prix indicatifs hors taxes, sans pose ni accessoires.

DT 3 : RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES, PRÉPARATION DE CHANTIER ET PRÉVENTION

Références à mobiliser et à vérifier dans leur version applicable au projet : NF EN 13830 pour les façades rideaux lorsque le système étudié relève de son domaine ; DTU 33.1 pour les façades rideaux et leurs conditions de mise en œuvre lorsqu'il est applicable ; NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale pour la détermination des actions du vent ; prescriptions techniques du fabricant du système de bardage, de l'isolant et des fixations. Le candidat doit distinguer ces références des données conventionnelles de calcul fournies dans le dossier.

Les travaux sont préparés conformément aux principes généraux de prévention du Code du travail. Les risques à considérer comprennent notamment la chute de hauteur, la chute d'objets, la coactivité avec les usagers de l'établissement, la manutention, les coupures lors de la découpe et l'exposition aux poussières. Les mesures sont définies en priorité par la suppression du risque, l'organisation du chantier et les protections collectives, puis par les équipements de protection individuelle adaptés.

Les travaux en hauteur nécessitent la préparation des accès, la vérification des installations et le maintien des protections collectives. Le chantier doit séparer matériellement les zones d'intervention des circulations scolaires et organiser les livraisons. Les consignes du plan de prévention ou du document de coordination applicable au chantier, ainsi que les notices des équipements utilisés, sont à consulter avant intervention.

Pour un débit théorique de montants, considérer un entraxe maximal de 0,60 m, une hauteur de montant de 3,00 m et des barres commerciales de 6,00 m. Pour un calcul indicatif de vitesse périphérique de lame, utiliser $V_c = \pi Dn/1000$, avec D en millimètres, n en tours par minute et Vc en mètres par minute. Cette valeur calculée ne remplace pas les consignes du fabricant de la machine et de la lame.

Références et vérifications documentaires

Référence ou document	Objet de vérification
NF EN 1991-1-4 et annexe nationale	Actions du vent applicables au site et à la géométrie
NF EN 13830	Exigences relatives aux façades rideaux, lorsque le système relève de son domaine
DTU 33.1	Conditions de conception et de mise en œuvre des façades rideaux, si applicable
Avis, documents techniques et notices du fabricant	Compatibilité des composants, fixations, entraxes et conditions de pose
Code du travail et documents de coordination du chantier	Prévention des risques, organisation du site et coordination des intervenants

Le domaine d'application de chaque référence doit être vérifié pour le système effectivement retenu.

Données de préparation de débit et de coupe

Donnée	Valeur
Largeur de façade	12,00 m
Entraxe maximal des montants	0,60 m
Hauteur de montant	3,00 m
Longueur d'une barre commerciale	6,00 m
Vitesse de rotation de la lame	2 500 tr/min
Diamètre de la lame	300 mm
Longueur totale indicative de rails avec pertes	138,60 m

Valeurs conventionnelles données pour les questions de préparation.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec le dossier : métré, comparaison thermique et chiffrage

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter les cases demandées et joindre les feuilles de calcul détaillées. Indiquer les unités, les formules utilisées et les arrondis. Les résultats doivent être cohérents avec les données des DT 1 et DT 2.

Tableau de calcul du métré et du coût matière

Calcul	Formule ou données utilisées	Résultat
Surface brute de façade	12,00 × 6,00	.....
Surface totale des baies	4 × 1,50 × 1,50	.....
Surface opaque nette	Surface brute - surface des baies	.....
Surface de commande avec pertes	Surface nette × 1,08	.....
Coût isolant solution A	Surface de commande × 26 €/m²	.....
Coût bardage	Surface de commande × 48 €/m²	.....
Coût matière total hors taxes	Coût isolant + coût bardage	.....

Comparaison thermique des solutions

Solution	Épaisseur e en m	Conductivité λ en W/(m·K)	Calcul de R	R en m²·K/W	Conforme à R ≥ 4,0
A	.....	.....	.....	.....	.....
B	.....	.....	.....	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec le dossier : prédimensionnement et préparation de débit

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter les tableaux et joindre les étapes de calcul. Pour le débit, indiquer le nombre de montants, les longueurs utiles et achetées, les chutes et les hypothèses relatives au trait de scie.

Feuille de calcul du prédimensionnement du montant

Étape	Relation	Résultat et unité	Conclusion
Charge linéique	$q = p \times b$	.....	.....
Moment maximal	$Mmax = qL^2/8$	.....	.....
Contrainte de flexion	$\sigma = Mmax/W$	.....	Comparer à 160 N/mm²
Flèche calculée	$f = 5qL^4/(384EI)$	.....	.....
Limite de flèche	L/200	.....	.....

Feuille de débit des montants

Donnée ou résultat	Calcul	Valeur
Nombre de montants	Largeur de façade et entraxe maximal	.....
Longueur utile totale	Nombre de montants × 3,00 m	.....
Nombre de barres commerciales	Barres de 6,00 m, deux montants de 3,00 m par barre	.....
Longueur totale achetée	Nombre de barres × 6,00 m	.....
Longueur de chute	Longueur achetée - longueur utile	.....
Taux de chute	(Longueur achetée - longueur utile) / longueur achetée × 100	.....
Hypothèse de trait de scie	À préciser par le candidat	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

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.