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

BAC STI2D • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Bac STI2D

Architecture et construction

Session 2021 • Code sujet : **21-2D2IDACME3** • Durée : **4 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Chauffage au bois et émissions de gaz à effet de serre** (4 questions) — **Page 3**
2. **Chauffage au bois et émissions de particules fines** (4 questions) — **Page 5**
3. **Évaluation de la consommation annuelle et choix du silo** (7 questions) — **Page 7**
4. **Optimisation de la combustion et régulation de la chaudière** (11 questions) — **Page 10**
5. **Implantation du silo à granulés** (2 questions) — **Page 14**
6. **Calculs de résistance de la nouvelle installation** (3 questions) — **Page 16**
7. **Analyse de la résistance d'une poutre du plancher** (3 questions) — **Page 19**
8. **Choix d'un doublage acoustique côté garage-chaufferie** (3 questions) — **Page 22**
9. **Calcul d'un gain thermique avec le nouveau mur** (4 questions) — **Page 25**
10. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 27**

Sujet officiel (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2021/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2021 - 1-Sujet.pdf

1. Chauffage au bois et émissions de gaz à effet de serre

Le candidat compare les émissions de gaz à effet de serre associées aux combustibles utilisés pour le chauffage domestique. Il exploite les données d'émissions par unité de chaleur utile et de répartition des énergies pour évaluer le remplacement du fioul.

Partie 1

Question 1.1. À partir du DT1, indiquer le combustible qui émet le plus de gaz à effet de serre, en kg équivalent CO2 par MWh utile.

Le diagramme du DT1 compare les émissions de gaz à effet de serre associées à chaque chauffage, pour produire un MWh utile. La valeur la plus élevée est celle du fioul, indiquée à 466 kg équivalent CO_2/MWh utile. Elle dépasse celles du gaz (222) et de l'électricité (180). Les solutions de chauffage au bois sont nettement plus faibles, avec une moyenne de filière de 37 kg équivalent CO_2/MWh utile.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le fioul est le combustible le plus émetteur, avec 466 kg équivalent CO_2 par MWh utile de chaleur.

Question 1.2. À partir du DT1, indiquer l'énergie la plus utilisée pour le chauffage des foyers français.

Le tableau du DT1 donne la répartition des énergies utilisées pour le chauffage des foyers français. L'électricité représente 35,1 %, contre 28,6 % pour le gaz, 17,3 % pour le bois et 15,4 % pour le fioul. C'est donc l'électricité qui possède la part la plus importante. Il s'agit bien ici de la fréquence d'utilisation des énergies, et non de leur niveau d'émission de gaz à effet de serre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'électricité est l'énergie la plus utilisée pour le chauffage des foyers français, avec une part de 35,1 %.

Question 1.3. Recopier et compléter le tableau en indiquant, pour le gaz, l'électricité, le fioul et le bois en moyenne, la part des émissions de gaz à effet de serre en kg équivalent CO2 par MWh utile pour le chauffage des foyers français. Indiquer l'énergie qui émet le plus.

Pour chaque énergie, la contribution demandée s'obtient en multipliant sa part dans le chauffage résidentiel, écrite sous forme décimale, par ses émissions par MWh utile. Les parts et facteurs d'émission sont relevés dans le DT1. Pour le bois, on utilise la moyenne de filière indiquée dans le document. Le tableau montre que le fioul apporte la contribution pondérée la plus élevée.

Énergie	Calcul	Contribution (kg équivalent CO_2/MWh utile)
Gaz	0,286 × 222	63,5
Électricité	0,351 × 180	63,2
Fioul	0,154 × 466	71,8
Bois (moyenne)	0,173 × 37	6,4

Tableau des contributions pondérées complété

Question 1.3 — DT1

Recopier et **compléter** le tableau ci-dessous. **Indiquer** l'énergie qui émet le plus de gaz à effet de serre pour le chauffage des foyers français en *kg.équivalent CO_2 / MW·h utile*.

	Gaz	Électricité	Fioul	Bois (en moyenne)
Part des émissions de gaz à effet de serre en *kg.équivalent CO_2 / MW·h*	0,286 x 222 = 63,5	63,2	71,8	6,4

Tableau à recopier sur la copie

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le fioul est la contribution pondérée la plus élevée : 71,8 kg équivalent CO_2 par MWh utile.

Question 1.4. Déduire par quelle énergie il faut remplacer le fioul pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Le fioul émet 466 kg équivalent CO_2/MWh utile, tandis que la filière bois affiche une moyenne de 37 kg équivalent CO_2/MWh utile dans le DT1. Les émissions liées au bois sont donc bien plus faibles selon les données de l'étude. Le chauffage aux granulés, qui émet 42 kg équivalent CO_2/MWh utile sur le diagramme, constitue un remplacement adapté pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Remplacer le fioul par une chaudière à granulés de bois, dont les émissions sont nettement plus faibles selon le DT1.

2. Chauffage au bois et émissions de particules fines

L'étude porte sur les émissions de PM10 en Île-de-France en 2010 et compare la combustion du bois par les ménages avec les autres secteurs émetteurs. Les données distinguent les appareils à foyer ouvert et le chauffage aux granulés.

Partie 2

Question 2.1. Expliquer pourquoi les particules PM10 sont dangereuses pour les humains en vous appuyant sur le DT1.

Les PM10 ont un diamètre inférieur à 10 micromètres. Leur finesse leur permet de pénétrer dans le système respiratoire. Elles contiennent des métaux lourds et des hydrocarbures cancérigènes, et sont associées à des effets comparables au tabagisme passif. L'exposition augmente notamment les risques d'accidents cardiaques, de cancers du poumon et des sinus de la face, ainsi que d'accidents vasculaires cérébraux.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les PM10 pénètrent dans le système respiratoire et augmentent les risques cardiaques, de cancers et d'accidents vasculaires cérébraux.

Question 2.2. Calculer le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois par les ménages et le comparer à celui du trafic routier.

Le secteur résidentiel représente 29 % des émissions totales de PM10. Parmi ces émissions résidentielles, 80 % proviennent de ménages utilisant un combustible bois. Leur contribution au total vaut donc 29 × 0,80 = 23,2 %. Le graphique attribue 25 % des émissions au trafic routier. La combustion du bois par les ménages représente donc presque autant d'émissions que le trafic routier, mais sa part est inférieure de 1,8 point.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les ménages utilisant du bois émettent 23,2 % des PM10 totales, contre 25 % pour le trafic routier, soit 1,8 point de moins.

Question 2.3. Calculer le pourcentage des émissions totales de PM10 lié à la combustion de bois de chauffage pour les ménages équipés de cheminées à foyer ouvert.

Étape du calcul	Valeur
Part du résidentiel dans les émissions totales	29 %
Part du résidentiel liée au bois	80 %
Part du chauffage au bois due aux foyers ouverts	50 %
Contribution des foyers ouverts au total	29 × 0,80 × 0,50 = 11,6 %

Le taux de 50 % s'applique aux émissions dues au chauffage au bois, et non directement à toutes les émissions de PM10. Il faut donc multiplier les trois proportions successives pour obtenir la part des émissions totales imputable aux foyers ouverts.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les cheminées à foyer ouvert contribuent à 11,6 % des émissions totales de PM10 en Île-de-France.

Question 2.4. Évaluer les conséquences du remplacement des appareils à foyer ouvert par un chauffage aux granulés sur le pourcentage des émissions totales de PM10, puis conclure sur l'intérêt d'un chauffage au bois aux granulés.

Les foyers ouverts émettent huit fois plus de particules qu'un foyer fermé à granulés. À service de chauffage identique, leur contribution passe donc de 11,6 % à 11,6 ÷ 8 = 1,45 % de l'ancien total. En conservant les autres émissions inchangées, le total devient 100 − 11,6 + 1,45 = 89,85 % de l'ancien total, soit une baisse de 10,15 %. La part résidentielle liée au bois vaut alors 13,05 unités sur l'ancienne base, soit 14,52 % du nouveau total. Le remplacement réduit fortement les émissions de PM10.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les émissions totales diminuent de 10,15 % par rapport à la situation initiale. La part résidentielle liée au bois représente alors 14,52 % du nouveau total, sous les hypothèses de calcul indiquées.

3. Évaluation de la consommation annuelle et choix du silo

Une habitation actuellement chauffée au fioul par une chaudière ancienne doit être équipée d'une chaudière à granulés et d'un silo adapté à une saison de chauffe. Les questions mobilisent les pouvoirs calorifiques, les rendements, les caractéristiques du silo et les données nationales de production et de consommation.

Partie 3

Question 3.1. Relever dans le DT2 le pouvoir calorifique inférieur (PCi) du fioul et des granulés de bois, en précisant l'unité de produit correspondante.

Combustible	PCi
Fioul domestique	9,97 kWh/L
Granulés de bois	4 600 kWh/t

Le PCi est rapporté à une unité de produit : un litre pour le fioul et une tonne pour les granulés.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Fioul domestique : 9,97 kWh par litre. Granulés de bois : 4 600 kWh par tonne.

Question 3.2. Sachant que la consommation annuelle de fioul domestique est de 1 380 L et que le rendement de l'ancienne chaudière est de 75 %, calculer la quantité d'énergie thermique ET produite, en kWh.

Le fioul consommé fournit d'abord 1 380 × 9,97 = 13 758,6 kWh. Avec un rendement de 75 %, l'énergie thermique utile est E_T = 13 758,6 × 0,75 = 10 318,95 kWh par an.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> L'ancienne chaudière produit environ 10 319 kWh d'énergie thermique par an.

Question 3.3. Relever le rendement à charge partielle de la nouvelle chaudière à granulés, puis calculer la masse de granulés à stocker pour une saison de chauffe afin de produire la même quantité d'énergie thermique ET.

Donnée	Valeur
Rendement à charge partielle	91 %
PCi des granulés	4,6 kWh/kg
Masse de granulés	(10 318,95 ÷ 0,91) ÷ 4,6 ≈ 2 465 kg

Pour obtenir la même chaleur utile, on compense le rendement de la chaudière à granulés, puis on divise par l'énergie fournie par un kilogramme de granulés.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rendement à charge partielle : 91 %. Masse nécessaire pour une saison de chauffe : environ 2 465 kg.

Question 3.4. Calculer le volume de granulés à stocker pour une saison de chauffe et justifier le choix du silo proposé dans le DT5.

Avec une masse volumique de 600 kg/m³, le volume nécessaire vaut (1 380 × 9,97 × 0,75) ÷ (0,91 × 4,6 × 600) = 4,11 m³. Le silo ECO200P convient : ses capacités maximales sont de 4,6 m³ et 3,1 t, supérieures aux besoins de 4,11 m³ et 2,47 t.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume nécessaire : environ 4,11 m³. Le silo ECO200P convient, avec une capacité maximale de 4,6 m³ et 3,1 t.

Question 3.5. Déterminer graphiquement, à l'aide du DT6, les valeurs de production et de consommation de granulés en France pour 2019. Expliquer l'écart entre ces deux valeurs.

La lecture du DT6 pour 2019 donne environ 1,6 million de tonnes produites et 1,8 million consommées. La consommation est donc supérieure à la production nationale. Le graphique indique des importations et des exportations : les importations nettes permettent de compléter l'offre française et de couvrir cet écart.

✓ RÉPONSE À RETENIR

En 2019 : environ 1,6 million de tonnes produites et 1,8 million consommées. Les importations nettes complètent la production française.

Question 3.6. Sachant que la consommation annuelle moyenne de granulés pour un foyer est de 2,5 tonnes, déterminer le nombre de foyers qui auraient pu se chauffer avec les granulés produits en France en 2019.

On divise la production française estimée en 2019 par la consommation moyenne annuelle d'un foyer : 1 600 000 ÷ 2,5 = 640 000. Le calcul donne une estimation, car les besoins réels en chauffage varient d'un logement à l'autre.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La production française de granulés en 2019 aurait permis de chauffer environ 640 000 foyers.

Question 3.7. En vous basant sur l'ensemble des questions précédentes, expliquer pourquoi la chaudière à granulés est une solution d'avenir dans le cadre du développement durable, au regard des dimensions économique, sociale et environnementale.

Sur le plan environnemental, les émissions de la filière bois sont estimées à 37 kg éq. CO_2/MWh utile, contre 466 pour le fioul. Les granulés valorisent des résidus de bois et une ressource renouvelable, même si leur combustion émet des particules. Sur le plan économique et social, une production française croissante réduit la dépendance aux énergies fossiles importées et soutient une filière locale. Une chaudière à granulés bien réglée limite les rejets par rapport à un foyer ouvert.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les granulés valorisent une ressource renouvelable et réduisent les émissions de gaz à effet de serre, tout en soutenant une filière locale.

4. Optimisation de la combustion et régulation de la chaudière

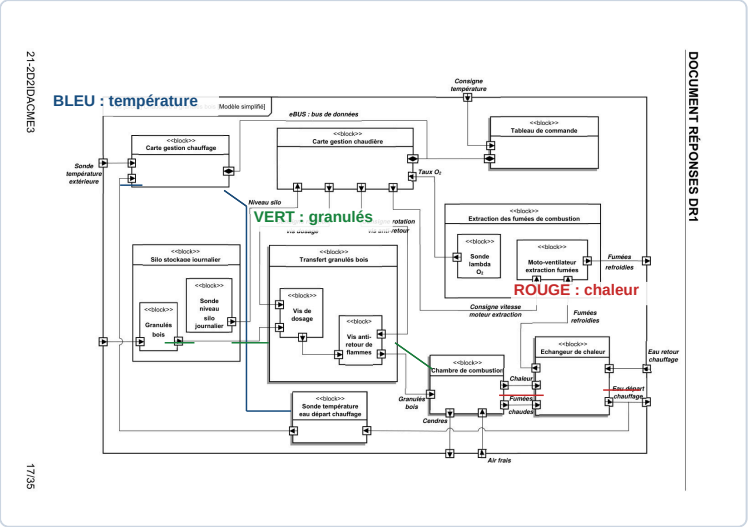
Le candidat étudie le dimensionnement thermique d'un point de fonctionnement et l'ajustement de l'alimentation en granulés et en air afin d'obtenir une combustion complète. Il analyse ensuite la régulation de la vitesse du moto-ventilateur à partir de la sonde lambda et complète un algorigramme.

Partie 4

Question 4.1. Sur le diagramme de blocs internes du DR1, identifier les flux en repassant sur les traits avec les couleurs indiquées : flux d'information concernant la température en bleu, flux de matière concernant les granulés en vert et flux d'énergie en rouge.

Sur le DR1, repérer en bleu les liaisons d'information issues des sondes de température et transmises aux cartes de gestion. Tracer en vert le trajet des granulés depuis le silo journalier, par les vis de dosage et anti-retour, jusqu'à la chambre de combustion. En rouge, suivre le transfert de chaleur de la chambre vers l'échangeur, puis vers l'eau de départ chauffage. Les étiquettes du document annoté rappellent la nature de chaque flux et les traits colorés en indiquent le parcours principal.

DR1 : principaux flux repérés



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Bleu : informations de température. Vert : granulés jusqu'à la chambre de combustion. Rouge : chaleur vers l'échangeur et l'eau de chauffage.

Question 4.2. À partir du DT7, déterminer graphiquement la température d'eau de départ chauffage θedc permettant d'obtenir la température de confort dans l'habitation après 5 h du matin. Arrondir à la valeur entière supérieure.

Après 5 h, la consigne intérieure passe de 16 °C à 20 °C. Sur le DT7, on choisit donc la courbe correspondant à une température intérieure de 20 °C et on la lit à l'abscisse de température extérieure 7 °C. La lecture graphique est proche de 40 °C. Comme il faut arrondir à la valeur entière supérieure, la température de départ chauffage à retenir est 40 °C.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Température d'eau de départ chauffage à retenir : θedc = 40 °C.

Question 4.3. Calculer la quantité de chaleur QE, en joules, que la chaudière doit fournir pour obtenir la température d'eau de départ chauffage désirée, sachant que la température d'eau de retour chauffage est de 23 °C. Utiliser la relation et les données thermiques indiquées dans le sujet.

La chaudière contient 90 L d'eau, soit une masse de 90 kg avec ρ = 1000 kg·m⁻³. L'eau doit passer de 23 °C au retour à 40 °C au départ. En appliquant Q = m·C·(θf − θi), avec C = 4185 J·kg⁻¹·°C⁻¹ : QE = 90 × 4185 × (40 − 23) = 6 403 050 J. Le calcul porte sur toute l'eau contenue dans la chaudière.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Chaleur à fournir à l'eau : QE = 6 403 050 J, soit environ 6,40 MJ.

Question 4.4. Calculer la puissance de chauffe nécessaire Pc, en watts, pour une montée en température de la chaudière jusqu'à θedc en 10 minutes.

La puissance thermique nécessaire est le rapport entre la chaleur calculée à la question précédente et la durée de chauffe. Les 10 minutes correspondent à 600 s. Ainsi, Pc = QE / Δt = 6 403 050 / 600 = 10 671,75 W. Cette valeur est la puissance moyenne requise pendant la montée en température, en supposant que toute la puissance sert à chauffer l'eau.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance de chauffe nécessaire : Pc ≈ 10 672 W, soit 10,7 kW.

Question 4.5. Convertir la masse volumique des granulés en g·mm⁻³ et en déduire la masse maximale de granulés, en grammes, pouvant être amenée pour un tour de la vis de dosage.

La masse volumique indiquée vaut 600 kg·m⁻³. Comme 1 kg = 1000 g et 1 m³ = 1 000 000 000 mm³, elle vaut 600 × 1000 / 1 000 000 000 = 0,0006 g·mm⁻³. Le volume utile de la vis est de 125 000 mm³ par tour. La masse maximale transportée en un tour est donc 0,0006 × 125 000 = 75 g.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Masse volumique : 0,0006 g·mm⁻³. Masse maximale transportée par tour : 75 g.

Question 4.6. À l'aide de la documentation technique du motoréducteur dans le DT8, calculer le nombre de tours effectués par la vis pour un cycle d'alimentation de 20 secondes.

Le DT8 indique une vitesse de rotation du motoréducteur de 3 $tr \cdot min^{-1}$. Un cycle d'alimentation dure 20 s, soit 20 / 60 minute. Le nombre de tours de vis pendant ce cycle est donc 3 × 20 / 60 = 1. La vis effectue ainsi un tour complet pour chaque cycle de 20 s.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nombre de tours de la vis par cycle d'alimentation de 20 s : 1 tour.

Question 4.7. Pour un temps de chauffe de 10 minutes et un débit moyen de granulés de 0,7 $g \cdot s^{-1}$, calculer la masse totale de granulés. En déduire le nombre de cycles d'alimentation électrique du moteur.

La durée de chauffe est de 10 × 60 = 600 s. Avec un débit moyen de 0,7 $g \cdot s^{-1}$, la masse totale consommée vaut 0,7 × 600 = 420 g. Un cycle de 20 s correspond à un tour et peut amener au maximum 75 g, d'après la question 4.5. Le nombre théorique de cycles est 420 / 75 = 5,6 ; il faut donc compter 6 cycles pour couvrir ce besoin.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Masse totale : 420 g. Nombre de cycles d'alimentation à prévoir : 6.

Question 4.8. Sur le DT9, relever le rapport A/G (masse d'air sur masse de granulés) pour $\lambda réf = 1,3$. Calculer la masse puis le volume d'air nécessaires à une combustion complète par cycle de 20 secondes, sachant que la masse de granulés par cycle est de 75 g et que la masse volumique de l'air est de 1,204 $kg \cdot m^{-3}$.

Sur le DT9, pour $\lambda réf = 1,3$, le rapport A/G se lit à environ 8. Pour 75 g de granulés par cycle, la masse d'air requise est 8 × 75 = 600 g, soit 0,600 kg. Le volume d'air est $V = m / \rho = 0,600 / 1,204 = 0,498\ m^3$ environ. Ce volume correspond à un cycle d'alimentation de 20 s.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> A/G ≈ 8. Par cycle : masse d'air ≈ 600 g et volume d'air ≈ 0,498 m^3.

Question 4.9. Déduire le débit d'air correspondant en $m^3 \cdot h^{-1}$ et vérifier que le moto-ventilateur peut fournir ce débit à partir de ses caractéristiques.

Le volume d'air requis est d'environ 0,498 m^3 pour 20 s. En une heure, il y a 3600 / 20 = 180 cycles. Le débit nécessaire vaut donc 0,4983388704318937 × 180 = 89,7 $m^3 \cdot h^{-1}$ environ. Le DT3 indique un débit d'air maximal de 290 $m^3 \cdot h^{-1}$ pour la chaudière : le moto-ventilateur peut fournir le débit calculé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit d'air requis : environ 89,7 $m^3 \cdot h^{-1}$. Le débit maximal de 290 $m^3 \cdot h^{-1}$ est suffisant.

Question 4.10. À partir du DT9, relever les valeurs limites λmini et λmaxi permettant de rester dans la zone idéale.

La zone idéale est la bande grisée du DT9. En lisant ses bords sur l'axe horizontal λ, son début se situe vers 1,15 et sa fin vers 1,35. La régulation doit donc maintenir la valeur mesurée par la sonde dans cet intervalle afin de rester dans la zone de mélange recherchée.

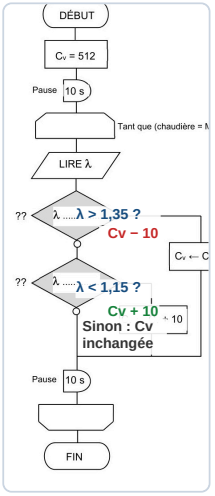
✓ RÉPONSE À RETENIR

Limites de la zone idéale : λmini ≈ 1,15 et λmaxi ≈ 1,35.

Question 4.11. Compléter l'algorigramme du DR2 afin que le microcontrôleur adapte automatiquement la vitesse de rotation du moto-ventilateur pour fournir le volume d'air optimal.

Le premier test compare λ à la limite supérieure : si λ > 1,35, le mélange est trop pauvre et la consigne Cv diminue de 10. Sinon, le second test vérifie si λ < 1,15 : dans ce cas, Cv augmente de 10 pour accroître l'apport d'air. Entre les deux limites, Cv reste inchangée. Après la pause de 10 s, la mesure est relue dans la boucle tant que la chaudière est en marche.

DR2 : seuils des tests de régulation



✓ RÉPONSE À RETENIR

Si λ > 1,35 : Cv ← Cv − 10. Si λ < 1,15 : Cv ← Cv + 10. Sinon : Cv inchangée.

5. Implantation du silo à granulés

Trois zones d'implantation sont envisagées dans le grenier et le garage d'une habitation équipée d'une chaudière à granulés. Le choix doit tenir compte de la position de la chaudière, des accès, du transfert des granulés et des contraintes de remplissage du silo.

Partie A

Question A.1. Justifier que la zone B convient le mieux à cette habitation au regard de la position de la chaudière, des positions des accès et des contraintes liées au transfert des granulés indiquées dans le DTS2.

La zone B offre le volume nécessaire au silo, au-dessus de l'ancienne cuve, et reste proche de la chaudière. Le camion peut approcher par l'accès du garage et de la rue : le tuyau de remplissage peut ainsi rester sous 20 m et comporter peu de coudes, conformément au DTS2. Le transfert vers la chaudière se fait par vis ou aspiration. La zone A est moins favorable pour installer un silo de cette taille sous la pente ; la zone C occupe l'espace de la citerne et doit préserver l'accès à la maison et le ballon solaire.

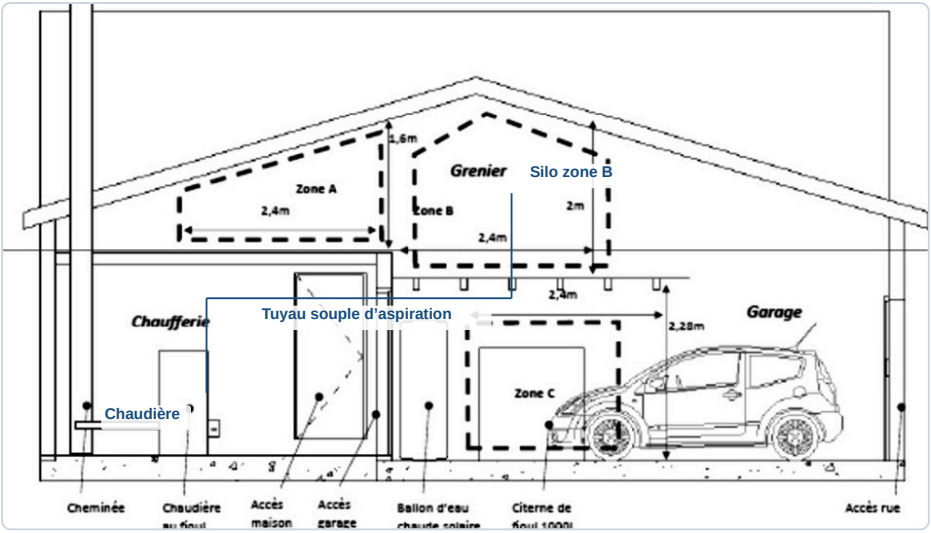
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choisir la zone B : volume adapté, remplissage accessible depuis la rue et transfert mécanisé jusqu'à la chaudière.

Question A.2. Sur le document réponse DRS1, proposer par un schéma une solution technologique utilisant un tuyau souple pour transporter les granulés entre le silo et la chaudière. Indiquer les différents travaux à accomplir pour cette opération.

1. Installer dans le silo de la zone B une sortie reliée au système d'aspiration de la chaudière par un tuyau souple adapté aux granulés.
2. Tracer un parcours court, avec peu de coudes ; repérer les réseaux avant de créer les traversées du plancher et des parois.
3. Poser et fixer le tuyau, réaliser les raccordements, puis étancher les passages.
4. Mettre en service l'aspiration et vérifier le transfert des granulés.

Ce tuyau d'alimentation est distinct de celui du camion souffleur, qui sert au remplissage du silo.

Alimentation du silo de la zone B vers la chaudière



✓ RÉPONSE À RETENIR

Tuyau souple d’aspiration entre le silo en zone B et la chaudière, avec un parcours court et peu de coudes.

6. Calculs de résistance de la nouvelle installation

Un silo textile ECO200P rempli de granulés repose sur le plancher haut du garage, soutenu par des poutres en bois. Le candidat détermine la géométrie de la poutre étudiée, les charges ponctuelles et réparties qui lui sont appliquées, puis établit la charge totale à utiliser pour la simulation.

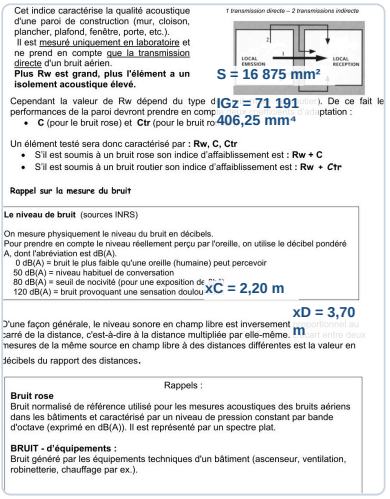
Partie B

Question B.1. Sur le DRS2, déterminer la section S et le moment quadratique IGz de la poutre, ainsi que les positions xC et xD des points d'appui, à partir des dimensions et des documents techniques.

Grandeur	Calcul	Valeur
Section S	75 × 225	16 875 mm²
Moment quadratique I_{Gz}	75 × 225³ / 12	71 191 406,25 mm⁴
Position de C	0,2 + 2	2,20 m
Position de D	Longueur de la poutre	3,70 m

La section est rectangulaire, de largeur 75 mm et de hauteur 225 mm. Le silo mesure 2 m de côté : l'écartement entre les pieds B et C est donc de 2 m. Comme x_B = 0,2 m, x_C = 2,20 m. L'appui D se trouve à l'extrémité de la poutre, à 3,70 m de A.

DRS2 complété : géométrie de la poutre

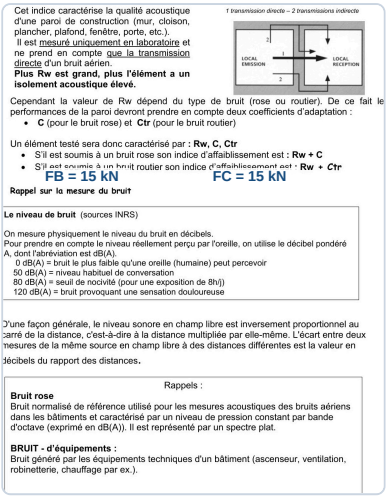


> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> S = 16 875 mm² ; I_{Gz} = 71 191 406,25 mm⁴ ; x_C = 2,20 m ; x_D = 3,70 m.

Question B.2. Sur le DRS2, indiquer les charges ponctuelles FB et FC supportées par la poutre aux points B et C du modèle, en tenant compte de la répartition égale du poids du silo plein sur ses quatre pieds.

Le poids total du silo plein est de 60 kN, réparti également sur ses quatre pieds. La charge transmise par chaque pied vaut donc 60 / 4 = 15 kN. Deux pieds reposent au droit de la poutre n°4, en B et en C. Chacun applique à la poutre la charge d'un seul pied : les deux efforts ponctuels sont égaux.

DRS2 complété : charges ponctuelles



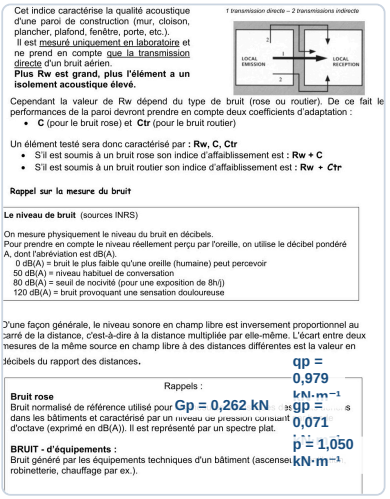
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les charges ponctuelles appliquées à la poutre sont F_B = 15 kN et F_C = 15 kN.

Question B.3. À partir des caractéristiques du bois et de la géométrie de la poutre, calculer son poids Gp puis son poids linéique gp. Compléter le tableau du DRS2 pour déterminer la charge linéique d'exploitation qp supportée en plus du poids propre, puis en déduire la charge répartie totale p = gp + qp.

Charge	Calcul	Valeur linéique
Mobilier et personnes	Valeur indiquée sur le DRS2	0,9 kN·m⁻¹
Plaque OSB	3,7 × 0,6 × 0,022 × 6 / 3,7	0,0792 kN·m⁻¹, soit 0,079 au tableau
Poutre	G_p = 3,7 × 0,075 × 0,225 × 4,2	$g_p = G_p$ / 3,7

Le poids de la poutre vaut 0,262 kN et son poids linéique 0,071 kN·m⁻¹. En utilisant la valeur du tableau pour l'OSB, q_p = 0,9 + 0,079 = 0,979 kN·m⁻¹. La charge répartie totale est p = g_p + q_p = 1,050 kN·m⁻¹.

DRS2 complété : charges réparties



✓ RÉPONSE À RETENIR

G_p = 0,262 kN ; g_p = 0,071 kN·m^{-1} ; q_p = 0,979 kN·m^{-1} ; p = 1,050 kN·m^{-1}.

7. Analyse de la résistance d’une poutre du plancher

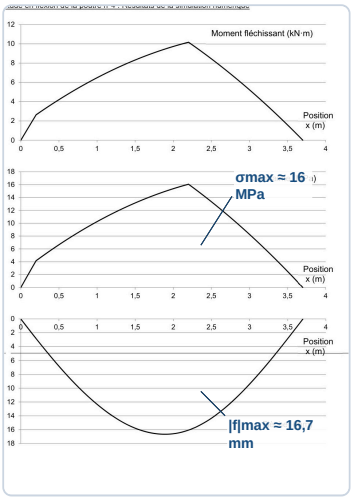
Le candidat analyse les résultats de simulation de la poutre supportant le silo, en les confrontant aux limites de flèche et de résistance en flexion du bois C24. Cette partie constitue le choix 1 de l’épreuve spécifique et n’est pas à traiter si le candidat choisit la partie D.

Choix 1 - Partie C

Question C.1. Relever sur les graphiques du DRS3 la flèche maximale fmax et la contrainte normale maximale en flexion σmax de cette poutre.

Le maximum de contrainte se lit au sommet de la courbe du graphique central du DRS3 : environ 16 MPa. Sur le graphique inférieur, la flèche atteint son extremum vers le milieu de la poutre, à environ −16,7 mm. La flèche maximale demandée est sa valeur absolue, soit environ 16,7 mm. Ces valeurs sont des lectures graphiques, donc approximatives.

Valeurs maximales relevées sur le DRS3



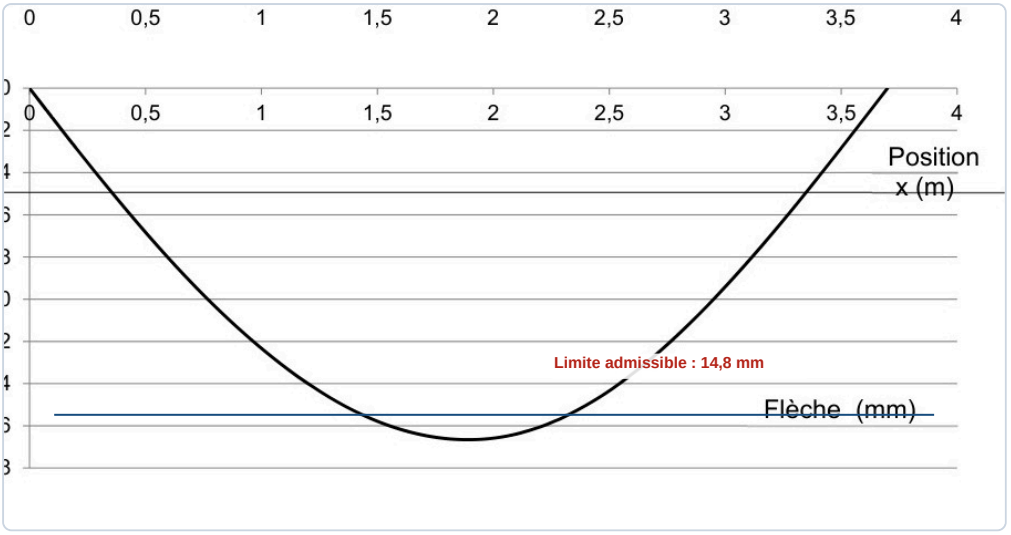
✓ RÉPONSE À RETENIR

Flèche maximale en valeur absolue : environ 16,7 mm ; contrainte normale maximale : 16 MPa.

Question C.2. Comparer les valeurs relevées aux valeurs limites de flèche et de contrainte admissible en flexion. Indiquer si la poutre actuelle est suffisamment dimensionnée et, si nécessaire, proposer une autre solution en l’argumentant.

La longueur entre appuis est de 3,7 m, donc la flèche admissible vaut **3,7 / 250 = 0,0148 m, soit 14,8 mm**. La flèche lue, environ 16,7 mm, la dépasse d’environ 1,9 mm. En revanche, la contrainte maximale de 16 MPa reste inférieure à la résistance en flexion du pin C24, égale à 24 MPa. La poutre n’est donc pas suffisamment dimensionnée en déformation. Il faut la rigidifier, par exemple en ajoutant un appui, puis vérifier à nouveau la structure.

Limite de flèche à comparer au résultat



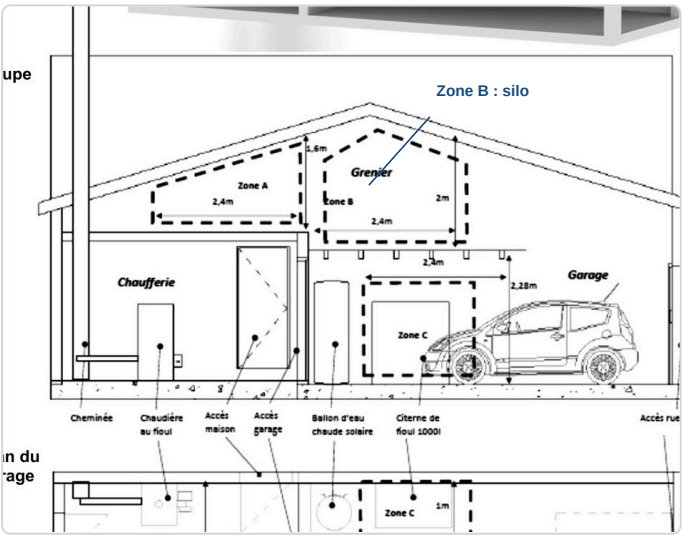
✓ RÉPONSE À RETENIR

Poutre insuffisante : 16,7 mm > 14,8 mm, malgré 16 MPa < 24 MPa. Rigidifier la structure et refaire la vérification.

Question C.3. Conclure sur les avantages et les inconvénients de la solution choisie par rapport aux deux autres possibilités d'installation proposées dans le DTS1.

La zone B, au-dessus de l'ancienne cuve, offre environ 2 m de hauteur : elle peut accueillir le silo, contrairement à la zone A, limitée à 1,6 m alors que le silo mesure au minimum 1,8 m. Le transfert vers la chaudière reste à prévoir par vis ou aspiration. La zone C réutilise l'emplacement de la citerne, mais risque de gêner l'accès à la maison ou le ballon solaire. La zone B est donc le meilleur compromis, sous réserve de vérifier et renforcer le plancher si nécessaire.

Zone B retenue pour le silo



✓ RÉPONSE À RETENIR

La zone B est le meilleur compromis : le silo y est implantable sans empiéter sur la zone C, mais le plancher doit être vérifié.

8. Choix d’un doublage acoustique côté garage-chaufferie

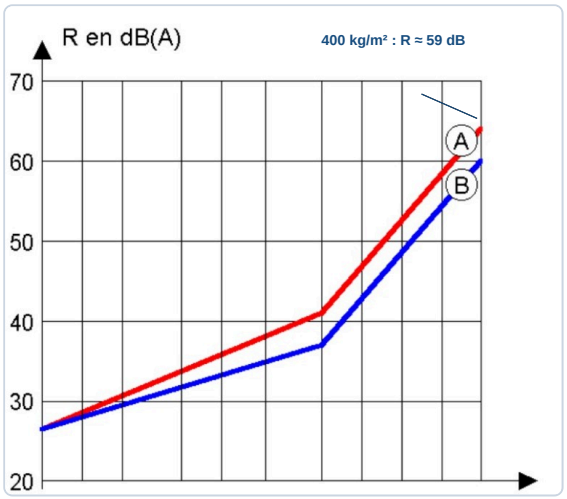
La chaudière et le transfert mécanique des granulés génèrent du bruit transmis vers la chambre voisine à travers un mur de béton. Le candidat évalue l’affaiblissement du mur, choisit une solution d’isolation acoustique et vérifie les limites liées aux transmissions indirectes.

Choix 2 - Partie D

Question D.1. Calculer la masse surfacique du mur en béton de 16 cm, relever son affaiblissement R à l’aide de la courbe de loi des masses du DTS6, puis en déduire le niveau sonore du bruit de la chaudière perçu dans la chambre.

La masse surfacique du mur est le produit de la masse volumique par son épaisseur : 2500 × 0,16 = 400 kg/m². Sur la courbe A du DTS6, qui concerne le bruit rose, la lecture à 400 kg/m² donne un affaiblissement d’environ 59 dB. Le niveau reçu par transmission directe est donc le niveau émis diminué de cet affaiblissement : 70 − 59 = 11 dB. La lecture graphique reste approximative et ne tient pas compte des transmissions indirectes.

Lecture sur la loi de masse



✓ RÉPONSE À RETENIR

Masse surfacique : 400 kg/m² ; affaiblissement : environ 59 dB ; niveau reçu par transmission directe : environ 11 dB.

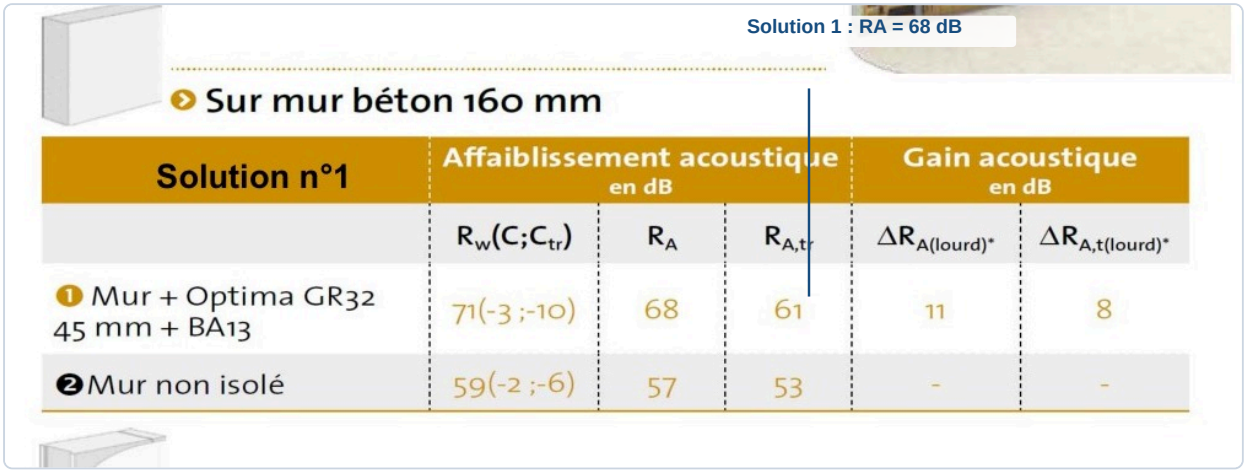
Question D.2. À partir des solutions murales proposées par le groupe ISOVER dans le DTS7, choisir celle qui répond à l’affaiblissement souhaité. Décrire la composition du nouveau mur et donner son épaisseur.

Pour réduire le niveau émis de 70 dB à moins de 5 dB, il faut un affaiblissement supérieur à 65 dB. Pour un mur en béton de 160 mm, le DTS7 donne à la solution 1 un affaiblissement RA de 68 dB pour le bruit rose. Elle répond donc au critère pour la transmission directe.

Élément ajouté	Épaisseur
Laine de verre GR32	45 mm
Lame d'air	17,5 mm
Plaque de plâtre BA13	13 mm

Le doublage mesure 75,5 mm. Avec le mur en béton existant, l'épaisseur totale est de 235,5 mm.

Solution acoustique retenue



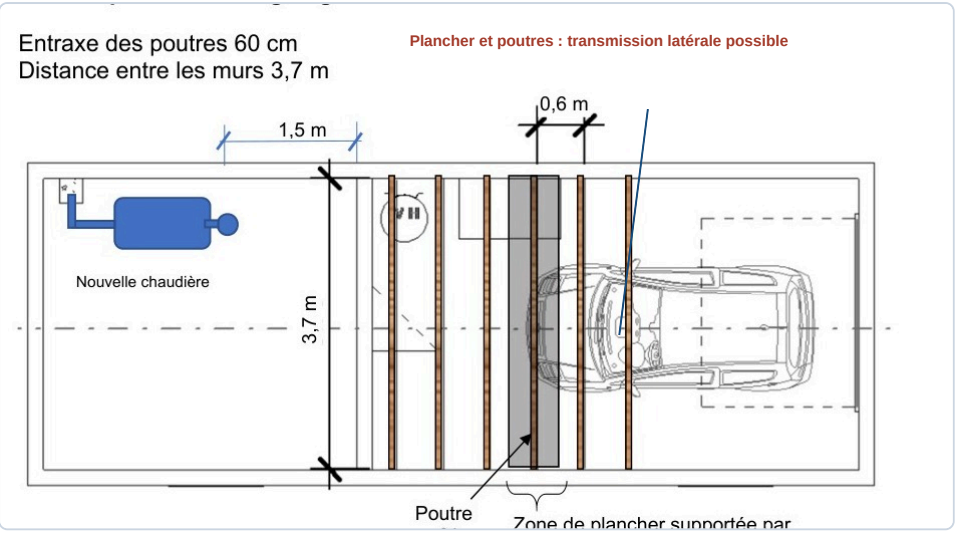
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Solution 1 : RA = 68 dB ; doublage de 75,5 mm ; épaisseur totale avec le mur existant : 235,5 mm.

Question D.3. En analysant l'organisation des volumes du garage dans le DTS4 et le document DTS5 sur la transmission indirecte des bruits, dire si la solution retenue assure le silence souhaité dans la chambre, puis conclure.

Avec la solution 1, l'affaiblissement direct de 68 dB ramène le bruit de 70 dB à environ 2 dB, sous le seuil souhaité de 5 dB. Toutefois, le DTS5 précise que l'affaiblissement indiqué caractérise seulement la transmission directe. Le plan du DTS4 montre un plancher haut reposant sur des poutres : le bruit peut aussi se propager par le plancher et les parois adjacentes, puis contourner le mur isolé. Le niveau dans la chambre ne peut donc pas être garanti inférieur à 5 dB avec le seul doublage mural.

Voie possible de transmission indirecte



✓ RÉPONSE À RETENIR

La solution 1 réduit suffisamment la transmission directe, mais ne garantit pas moins de 5 dB à cause des transmissions latérales.

9. Calcul d’un gain thermique avec le nouveau mur

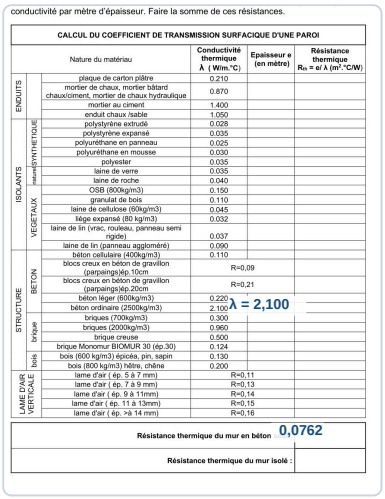
Le mur séparant la chambre du garage reçoit un doublage constitué de laine de verre, d’une lame d’air et d’une plaque de plâtre. Le candidat compare les résistances thermiques du mur non isolé et du mur isolé afin d’évaluer le gain thermique de la solution.

Partie E

Question E.1. Donner le coefficient λ du béton ordinaire. En déduire la résistance thermique Rth du mur en béton ordinaire de 16 cm séparant la chambre du garage et reporter le résultat sur le DRS4.

Le DRS4 donne pour le béton ordinaire une conductivité thermique de $\lambda = 2{,}100\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}}$. L’épaisseur du mur est de 16 cm, soit 0,16 m. En appliquant la relation indiquée sur le document, $R_{th} = e/\lambda = 0{,}16/2{,}1 = 0{,}0762\ \mathrm{m^2 \cdot {}^{\circ}C/W}$. Cette valeur correspond à la résistance thermique du béton seul, avant ajout du doublage isolant.

DRS4 : béton seul



conductivité par mètre d'épaisseur. Faire la somme de ces résistances.

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE D'UNE PAROI

		Nature du matériau	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Epaisseur e (en mètre)	Résistance thermique $R_{th} = e/\lambda$ (m².°C/W)
ENDUITS		plaque de carton plâtre	0.210		
		mortier de chaux, mortier bâtard chaux/ciment, mortier de chaux hydraulique	0.870		
		mortier au ciment	1.400		
		enduit chaux /sable	1.050		
ISOLANTS	SYNTHETIQUE	polystyrène extrudé	0.028		
		polystyrène expansé	0.035		
		polyuréthane en panneau	0.025		
		polyuréthane en mousse	0.030		
		polyester	0.035		
		laine de verre	0.035		
		laine de roche	0.040		
	VEGETAUX	OSB (800kg/m3)	0.150		
		granulat de bois	0.110		
		laine de cellulose (60kg/m3)	0.045		
		liège expansé (80 kg/m3)	0.032		
		laine de lin (vrac, rouleau, panneau semi rigide)	0.037		
		laine de lin (panneau aggloméré)	0.090		
STRUCTURE	BETON	béton cellulaire (400kg/m3)	0.110		
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.10cm	R=0,09		
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.20cm	R=0,21		
		béton léger (600kg/m3)	0.220		
		béton ordinaire (2500kg/m3)	2.100	λ = 2,100	
	brique	briques (700kg/m3)	0.300		
		briques (2000kg/m3)	0.960		
		brique creuse	0.500		
		brique Monomur BIOMUR 30 (ép.30)	0.124		
	bois	bois (600 kg/m3) épicéa, pin, sapin	0.130		
		bois (800 kg/m3) hêtre, chêne	0.200		
LAME D'AIR VERTICALE		lame d'air (ép. 5 à 7 mm)	R=0,11		
		lame d'air (ép. 7 à 9 mm)	R=0,13		
		lame d'air (ép. 9 à 11mm)	R=0,14		
		lame d'air (ép. 11 à 13mm)	R=0,15		
		lame d'air (ép. >à 14 mm)	R=0,16		

Résistance thermique du mur en béton	0,0762
Résistance thermique du mur isolé :	

✓ RÉPONSE À RETENIR

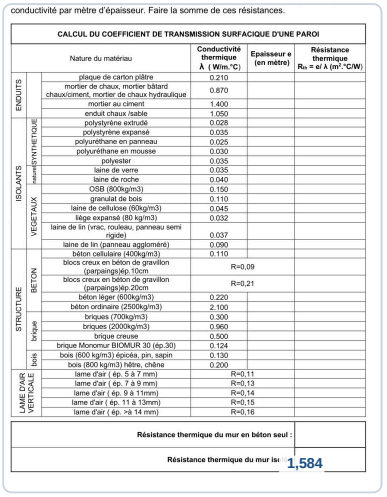
$\lambda = 2{,}100\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}}$; $R_{th} = 0{,}0762\ \mathrm{m^2 \cdot {}^{\circ}C/W}$.

Question E.2. Calculer la nouvelle résistance thermique Rth obtenue avec l’isolation de la solution n°1 du DTS7 et reporter le résultat sur le DRS4.

Élément	Calcul	Résistance (m²·°C/W)
Béton, 16 cm	0,16 / 2,1	0,0762
Laine de verre, 45 mm	0,045 / 0,035	1,2857
Lame d’air, 17,5 mm	Valeur tabulée pour plus de 14 mm	0,16
Plaque BA13, 13 mm	0,013 / 0,210	0,0619

Les résistances des couches s'additionnent : $R_{th} = 0{,}0762 + 1{,}2857 + 0{,}16 + 0{,}0619 = 1{,}5838\ \mathrm{m^2 \cdot {}^\circ C/W}$. La résistance du béton est incluse dans celle du mur isolé. La valeur à reporter sur le DRS4 est donc la résistance totale des quatre éléments, arrondie à trois décimales.

DRS4 : résistance du mur isolé



conductivité par mètre d'épaisseur. Faire la somme de ces résistances.

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE D'UNE PAROI

		Nature du matériau	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Epaisseur e (en mètre)	Résistance thermique R_{th} = e/ λ (m².°C/W)
ENDUITS		plaque de carton plâtre	0.210		
		mortier de chaux, mortier bâtard chaux/ciment, mortier de chaux hydraulique	0.870		
		mortier au ciment	1.400		
		enduit chaux /sable	1.050		
ISOLANTS	SYNTHETIQUE	polystyrène extrudé	0.028		
		polystyrène expansé	0.035		
		polyuréthane en panneau	0.025		
		polyuréthane en mousse	0.030		
		polyester	0.035		
	VEGETAUX	laine de verre	0.035		
		laine de roche	0.040		
		OSB (600kg/m3)	0.150		
		granulat de bois	0.110		
		laine de cellulose (60kg/m3)	0.045		
		liège expansé (80 kg/m3)	0.032		
		laine de lin (vrac, rouleau, panneau semi rigide)	0.037		
		laine de lin (panneau aggloméré)	0.090		
STRUCTURE	BETON	béton cellulaire (400kg/m3)	0.110		
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.10cm	R=0,09		
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.20cm	R=0,21		
		béton léger (600kg/m3)	0.220		
		béton ordinaire (2500kg/m3)	2.100		
	brique	briques (700kg/m3)	0.300		
		briques (2000kg/m3)	0.960		
		brique creuse	0.500		
		brique Monomur BIOMUR 30 (ép.30)	0.124		
	bois	bois (600 kg/m3) hêtre, chêne	0.130		
		bois (800 kg/m3) épicéa, pin, sapin	0.200		
LAME D'AIR VERTICALE		lame d'air (ép. 5 à 7 mm)	R=0,11		
		lame d'air (ép. 7 à 9 mm)	R=0,13		
		lame d'air (ép. 9 à 11mm)	R=0,14		
		lame d'air (ép. 11 à 13mm)	R=0,15		
		lame d'air (ép. >à 14 mm)	R=0,16		

Résistance thermique du mur en béton seul :	
Résistance thermique du mur isc	1,584

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Résistance thermique du mur isolé : $1{,}584\ \mathrm{m^2 \cdot {}^\circ C/W}$.

Question E.3. Calculer la valeur du gain thermique en pourcentage.

Le gain relatif de résistance thermique se calcule par rapport au mur en béton seul : $G = ((R_{isolé} - R_{béton})/R_{béton}) \times 100$. En utilisant les valeurs non arrondies obtenues aux questions précédentes, soit $R_{isolé} = 1{,}58381$ et $R_{béton} = 0{,}07619$, on obtient un gain d'environ 1 978,8 %. La résistance thermique du mur isolé est donc près de vingt fois supérieure à celle du mur initial.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Gain de résistance thermique : environ 1 979 %.

Question E.4. Conclure sur l'utilité de cette isolation.

Le doublage augmente fortement la résistance thermique du mur, de $0{,}0762$ à $1{,}5838\ \mathrm{m^2 \cdot {}^\circ C/W}$. À différence de température égale, le mur laisse donc passer beaucoup moins de chaleur. Cette isolation limite les pertes thermiques de la chambre vers le garage et améliore le confort thermique. Elle est ainsi utile au-delà de son objectif acoustique initial.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'isolation réduit fortement les pertes de chaleur vers le garage et améliore le confort de la chambre.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BAC STI2D

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2021)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de spécialité Architecture et construction du baccalauréat technologique STI2D, session 2021, code 21-2D2IDACME3, d'une durée de 4 heures, sans coefficient imprimé. L'étude porte sur une chaudière à granulés et son installation dans une habitation. Elle évalue l'analyse énergétique et environnementale, les calculs thermiques et mécaniques, la régulation de combustion et, au choix, la résistance d'une poutre ou l'isolation acoustique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'énergie utile fournie par une chaudière tient compte du rendement : énergie utile = énergie du combustible × rendement.
- La chaleur reçue par un corps se calcule avec Q = m × C × (θf - θi).
- Pour une poutre rectangulaire, IGz = b × h³ / 12 ; la contrainte de flexion se compare à la résistance admissible du matériau.
- La résistance thermique d'une couche homogène vaut Rth = e / λ ; les résistances des couches successives s'additionnent.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités lors des conversions entre litres, kilogrammes, tonnes, kWh, joules et mètres cubes.
- Lire les axes et les courbes des documents graphiques avant de relever une valeur, puis préciser l'unité et l'arrondi.
- Pour les charges du plancher, distinguer charges surfaciques, linéiques et ponctuelles avant de les additionner.
- Dans la partie spécifique, traiter les parties A, B et E, puis choisir une seule option : C ou D.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'énergie utile produite par une chaudière à partir de la consommation de combustible ?

Calculez d'abord l'énergie fournie par le combustible avec sa consommation et son pouvoir calorifique inférieur. Multipliez ensuite cette énergie par le rendement de la chaudière, exprimé sous forme décimale, pour obtenir l'énergie utile.

Q : Comment déterminer la masse d'air nécessaire à une combustion complète des granulés ?

Relevez sur le DT9 le rapport A/G correspondant à la valeur de lambda demandée. Multipliez ce rapport par la masse de granulés du cycle, puis divisez la masse d'air obtenue par sa masse volumique pour calculer le volume d'air.

Q : Dois-je réaliser les parties C et D de la partie spécifique ?

Non. La partie spécifique vaut 8 points au total. Les parties A, B et E sont obligatoires, puis il faut choisir une seule option : la partie C, choix 1, ou la partie D, choix 2.

Q : Quels critères permettent de juger si la poutre est correctement dimensionnée ?

Comparez la flèche maximale simulée à la limite fmax = L/250 et la contrainte maximale de flexion à la résistance de 24 MPa du pin C24. La poutre doit respecter les deux critères.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2021/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2021 - 1-Sujet.pdf
Ressources Bac STI2D : 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.