

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, Innovation et Développement Durable
ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

CORRIGÉ

Durée de l'épreuve : 4 heures

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

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

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

Ce sujet comporte 19 pages numérotées de 1/19 à 19/19.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

Complexe International Multisports et Escalade C.I.M.E.



CORRIGÉ

Travail demandé

Partie 1 : comment le complexe sportif « CIME » s'inscrit-il dans une démarche de développement durable ?

Question 1.1

Mise en situation

DT1

Identifier pour chacun des trois piliers du développement durable, un argument inscrivant la construction et l'exploitation du complexe sportif dans :

- une démarche environnementale ;
 - Utilisation de matériaux respectueux de l'environnement.
 - Circuits courts d'approvisionnement de matériaux permettant de minimiser la quantité de CO2 rejeté dans l'atmosphère.
- une démarche sociétale ;
 - Développer la pratique de l'escalade dans l'Aube.
 - Encourager la pratique du handisport de haut niveau
 - Développer et pérenniser la pratique du sport chez les Aubois.
- une démarche économique.
 - Utilisation de matériau performant d'un point de vue énergétique.
 - L'accueil d'équipes sportives et de spectateurs permet de dynamiser l'économie locale.

Question 1.2

Calculer la consommation en litres pour le car et en kW·h pour le van électrique pour le trajet entre Troyes et Le Bourget.

Car = 56,73 l

Van électrique = 38,68 kWh

Question 1.3

Calculer le nombre de car(s) et de van(s) électrique(s) pour effectuer le trajet entre Troyes et Le Bourget pour une délégation (*arrondir à l'unité supérieure*).

$91/61 = 1,49$ soit 2 cars

$91/7 = 13$ vans

En **déduire** le coût en euros pour les deux modes de transport pour le trajet entre Troyes et Le Bourget.

$56.7 \times 1,9 \times 2 \text{ cars} = 215,46$ euros

$38,68 \times 13 \text{ vans} \times 0.2062 = 103,68$ euros

- Question 1.4 | **Calculer** la consommation en énergie primaire par kilomètre (kWhep·km⁻¹) pour le trajet en car entre Troyes et Le Bourget.
 $30,5 \times 9.82 / 100 = 3 \text{ kWh.km}^{-1}$
 $3 / 0.94 = 3,2 \text{ kWhep.km}^{-1}$
 En **déduire** la consommation en énergies primaires par passager (kWhep·km⁻¹·passager⁻¹) pour les deux modes de transport.
Car :
 $3,2 / 61 = 0,052 \text{ kWhep.km}^{-1}.\text{passager}^{-1}$
Van électrique :
 $0,71 / 7 = 0,101 \text{ kWhep.km}^{-1}.\text{passager}^{-1}$
- Question 1.5 | **Calculer** la consommation en énergies primaires (kWhep) pour les deux modes de transport pour le trajet entre Troyes et Le Bourget pour une délégation.
Car :
 $0,052 \times 186 \text{ km} \times 2 \text{ car} \times 61 \text{ passager} = 1180 \text{ kWhep}$
Van électrique :
 $0,101 \times 186 \text{ km} \times 13 \text{ vans} \times 7 \text{ passager} = 1710 \text{ kWhep}$
- Question 1.6 | Au regard des différents critères évalués (le coût en énergie, la consommation d'énergie primaire et l'émission de gaz à effet de serre (GES) en phase d'utilisation).
Conclure en faisant un bilan sur les critères évalués.
Car :
 Coût = 215,46 euros
 Consommation en énergies primaires par passager = 1180 kWhep
 Emission de gaz à effet de serre = 1409 g Eq CO₂ / km
Van électrique :
 Coût = 103,68 euros
 Consommation en énergies primaires par passager = 1710 kWhep
 Emission de gaz à effet de serre = 0 g Eq CO₂ / km
Indiquer le transport le plus économique et le plus respectueux de l'environnement.
 Le coût en van électrique est deux fois moins cher que le car.
 En phase d'utilisation, le van électrique n'émet pas de CO₂ contrairement au car. Par contre, le van électrique impacte plus sur le prélèvement d'énergies primaires.
Citer d'autres facteurs qui auraient pu favoriser ou qui favoriseront la limitation des impacts environnementaux sur le transport.
 Il serait judicieux de tenir d'autres facteurs tels que :
 - le facteur d'occupation des passagers ;
 - l'impact du prélèvement en énergies primaires en phase de fabrication.

Partie 2 : dans une démarche d'éco-conception, comment optimiser le choix des matériaux afin de réduire l'impact environnemental de la construction du bâtiment « CIME » ?

- Question 2.1
DT2 | Un poteau à une longueur de 12 m. **Justifier**, à l'aide du document technique DT2, pourquoi le choix s'est porté sur une ossature en bois lamellé collé plutôt que sur du bois massif.
Ossature bois en pin → portée jusqu'à 45 m au lieu de 7 m pour le pin massif.
- Question 2.2
DR1 | Sur le document réponses DR1, **calculer** le volume et la masse du poteau pour chaque matériau (bois, béton armé, acier).
Voir document réponses DR1.
- Question 2.3
DR1 | Sur le document DR1, **calculer** la contrainte (σ) en MPa pour chacun de ces matériaux.
Voir document réponses DR1.
- Question 2.4
DR1 | Avec un coefficient de sécurité de 2 et en utilisant les données du tableau du document réponses DR1, **vérifier** la performance des matériaux en termes de résistance mécanique.
Expliquer pourquoi la résistance mécanique n'est pas le seul critère de choix d'un matériau pour un poteau.
 $2 \geq \frac{\sigma_e}{\sigma}$ c'est le cas pour tous les matériaux.
Il faut aussi prendre en compte l'aspect environnemental.
- Question 2.5
DR1
DR2 | **Classer** en complétant le document réponses DR2, les matériaux étudiés selon les critères caractérisés dans l'étude précédente.
Voir document réponses DR2.
- Question 2.6
DR2 | **Justifier** le choix du matériau du poteau réalisé par le bureau d'étude structure en vérifiant qu'il s'agit du meilleur compromis en termes de masse, performances mécaniques et bilan carbone.
Voir la colonne « Total » sur le document réponses DR2.
Le choix se porte sur un poteau en bois lamellé collé. C'est bien la solution choisie par le bureau d'étude structure.

Partie 3 : comment assurer efficacement le renouvellement d'air du bâtiment « CIME » ?

- Question 3.1 | Sur le document réponses DR3, **calculer** le volume d'air neuf nécessaire dans les différents cas d'utilisation de la salle multisports et **indiquer** le volume d'air renouvelé retenu.
DT3
DR3
Voir document réponses DR3.
- Question 3.2 | **Déterminer** la référence du modèle de caissons de filtration retenu. **Indiquer** le nombre de caissons installés.
DT4
Il faut installer 3 modules SIE₂₀ de 20 000 m³·h⁻¹ (2 556 x 940 x 605).
- Question 3.3 | **Calculer** la vitesse du fluide dans un caisson. **Justifier** si l'équipement sera ou non perturbant pour les rencontres sportives.
DT5
Débit d'air dans un caisson 20 000 m³·h⁻¹
 $V = q_v / S = (20\,000 / 3600) / (2,550 \times 0,935) = 2,33\text{m/s}$
Il n'y aura pas de perturbation sonore.
- Question 3.4 | **Choisir et justifier** la référence du filtre à utiliser.
DT6
Filtre A7 PM2,5 car les particules sont inférieures à 10 µm dimension 2550 x 935, débit 22500 m³·h⁻¹, perte de charge 85 PA < 100 PA.
- Question 3.5 | **Conclure** sur les solutions retenues pour le traitement de l'air.
Les solutions : CTA avec 3 caissons SIE₂₀ et filtres A7 Qui permettent la filtration adaptée au débit sans perturbation de bruit par la vitesse.

Partie 4 : comment matérialiser sur l'aire multisports du bâtiment « CIME » un marquage au sol adapté au handisport ?

- Question 4.1 | **Préciser** l'intérêt de matérialiser un marquage au sol lumineux sur l'aire multisports du bâtiment « CIME ».
Les rubans LED encastrés dans le plancher permettent d'afficher le marquage au sol et de le changer sur demande pour l'adapter instantanément au sport pratiqué. La modification des tracés est pilotable depuis une interface homme/machine. Cette technologie offre l'avantage de n'afficher qu'un seul marquage à la fois tout en restant polyvalente. La surface du plancher laisse passer la lumière des LED sans éblouir les sportifs.

Question 4.2 | **Calculer** sur le DR4, en justifiant vos réponses :

DT7, DT8
DR4

Question 4.3 | **Déterminer** la valeur de la tension (V_{Stop}) et du niveau logique (NL_{Stop}) en sortie du bouton poussoir « Stop » lorsque que celui-ci est relâché ou appuyé.

DT9, DT10

Bouton poussoir « Stop » relâché :

$V_{\text{Stop}} = 5 \text{ V}$

$NL_{\text{Stop}} = 1$

Bouton poussoir « Stop » appuyé :

$V_{\text{Stop}} = 0 \text{ V}$

$NL_{\text{Stop}} = 0$

Remarque :

- à une tension de 0 V correspond un niveau logique 0 ;
- à une tension de 5 V correspond un niveau logique 1.

Question 4.4 | **Compléter** sur le document réponses DR5 les deux algorithmes de programmation du plancher lumineux.

DT11
DR5

Voir documents réponses DR5.

Question 4.5 | Pour conclure :

- **proposer** un paramètre sur lequel il serait possible d'agir afin de diminuer le nombre de blocs alimentations ;
Choisir des blocs alimentations de puissance maximale supérieure afin de minimiser le nombre de blocs.

Le pilotage de la modification des tracés se fait actuellement par un pupitre équipé de boutons poussoirs. **Proposer** une technologie plus innovante pour l'interface homme/machine permettant de piloter le plancher lumineux du bâtiment « CIME ». Écran tactile.

Partie 5 : comment le réseau informatique contribue au fonctionnement des différents systèmes pluritechnologiques du bâtiment « CIME » ?

Question 5.1

DT12

Pour chaque matériel connecté à ce sous-réseau, **proposer** une adresse IP afin que les équipements cités ci-dessous puissent communiquer entre eux :

Toute adresse IP comprise entre 172.16.3.1 et 172.16.3.254 convient.

- automate dédié au traitement de l'air ;
172.16.3.10 (exemple)
- automate dédié au chauffage ;
172.16.3.20 (exemple)
- automate dédié au plancher lumineux ;
172.16.3.30 (exemple)
- automate dédié à l'éclairage ;
172.16.3.40 (exemple)
- automate dédié au contrôle d'accès au site ;
172.16.3.50 (exemple)
- console de supervision des automates.
172.16.3.60 (exemple)

Question 5.2

DT12

Déterminer en justifiant votre réponse, le nombre d'adresses IP restant disponibles pour le sous-réseau gestion des équipements d'automatisation.

Le masque de sous-réseau étant 255.255.255.0, le net-ID est codé sur 3 octets. Il reste donc 1 octet pour le host-ID. Avec 1 octet, il est possible d'avoir 256 nombres ($2^n = 2^8 = 256$).

Des 256 adresses IP possibles, il faut retirer :

- l'adresse du sous-réseau « gestion des équipements d'automatisation » : 172.16.3.0 ;
- l'adresse de diffusion (broadcast) : 172.16.3.255 ;
- les 6 adresses IP utilisées pour les automates et la console de supervision.

Le nombre d'adresses IP restant disponibles pour le sous-réseau gestion des équipements d'automatisation est donc égal à 248 ($256 - 1 - 1 - 6 = 248$).

Question 5.3

DT12

Déterminer en précisant la méthode utilisée, l'adresse IP du sous-réseau sécurité ainsi que son adresse IP de diffusion (broadcast : message transmis à tous les participants d'un réseau ne nécessitant pas de réponse).

Pour trouver l'adresse IP du sous-réseau « sécurité » il faut réaliser un ET logique entre l'adresse IP d'un équipement et le masque de sous-réseau.

$10101100 . 00010000 . 00000010 . 00000001 = 172.16.2.1$

ET logique $\underline{11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000} = 255.255.255.0$

$10101100 . 00010000 . 00000010 . 0000 0000 = 172.16.2.0$

L'adresse du sous-réseau « sécurité » est donc : 172.16.2.0

L'adresse de broadcast du sous-réseau « sécurité » est : 172.16.2.255

Question 5.4

DT12

DT13

Déterminer pour l'ordinateur du technicien :

- son adresse MAC (Media Access Control) en hexadécimal ;
- son adresse IP en hexadécimal et en décimal.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	34	64	a9	2a	36	be	54	bf	64	87	72	97	08	00	45	00
0010	00	3c	91	31	00	00	80	01	00	00	ac	10	01	0a	ac	10
0020	01	c8	08	00	4d	52	00	01	00	09	61	62	63	64	65	66
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69						

Adresse MAC destination

Adresse MAC source

Adresse IP destination

Adresse IP source

Adresse MAC ordinateur en hexadécimal : 54-BF-64-87-72-97

Adresse IP ordinateur en hexadécimal : AC-10-01-0A

Adresse IP ordinateur en décimal : 172.16.1.10

Question 5.5

DT12

DR6

Pour conclure, **compléter** le document réponses DR6 en inscrivant dans chaque cellule, le mot « OUI » lorsque la communication est possible et le mot « NON » dans le cas contraire.

Voir le document réponse DR6.

DR1 – Tableau des caractéristiques liées à l'étude du béton armé, de l'acier de construction et du bois lamellé collé

On rappelle pour la question 2.4 que le coefficient de sécurité est de 2.

Poteau	Masse volumique (kg·m ⁻³)	Section (mm ²)	Volume (m ³)	Masse (kg)	Contrainte de l'étude (MPa)	Limite élastique (MPa)	Bilan carbone (kg eq. CO2 par tonne)
Bois lamellé collé (section rectangulaire)	430	120000	1,44	619	0.21	32	- 47,2
Acier de construction (Section HEA)	7850	8000	0,096	754	3.39	295	+ 2211
Béton Armée Ultra Haute Performance (Section rectangulaire)	2500	160000	1,92	4800	0.42	60	+ 159

DR2 – Tableau de choix du matériau pour le poteau

Matériau	Critères de choix			
	Masse	Performances mécaniques	Bilan carbone	Total
Bois lamellé collé (section rectangulaire)	3	3	3	9
Acier de construction (section HEA)	2	1	1	4
Béton Armée Ultra Haute Performance (section rectangulaire)	1	2	2	5

Classer les matériaux selon chaque critère en attribuant un certain nombre de points :

- 3 points pour le plus performant ;
- 2 points pour une performance moyenne ;
- 1 point pour le moins performant.

DR3 – Calcul du renouvellement d'air

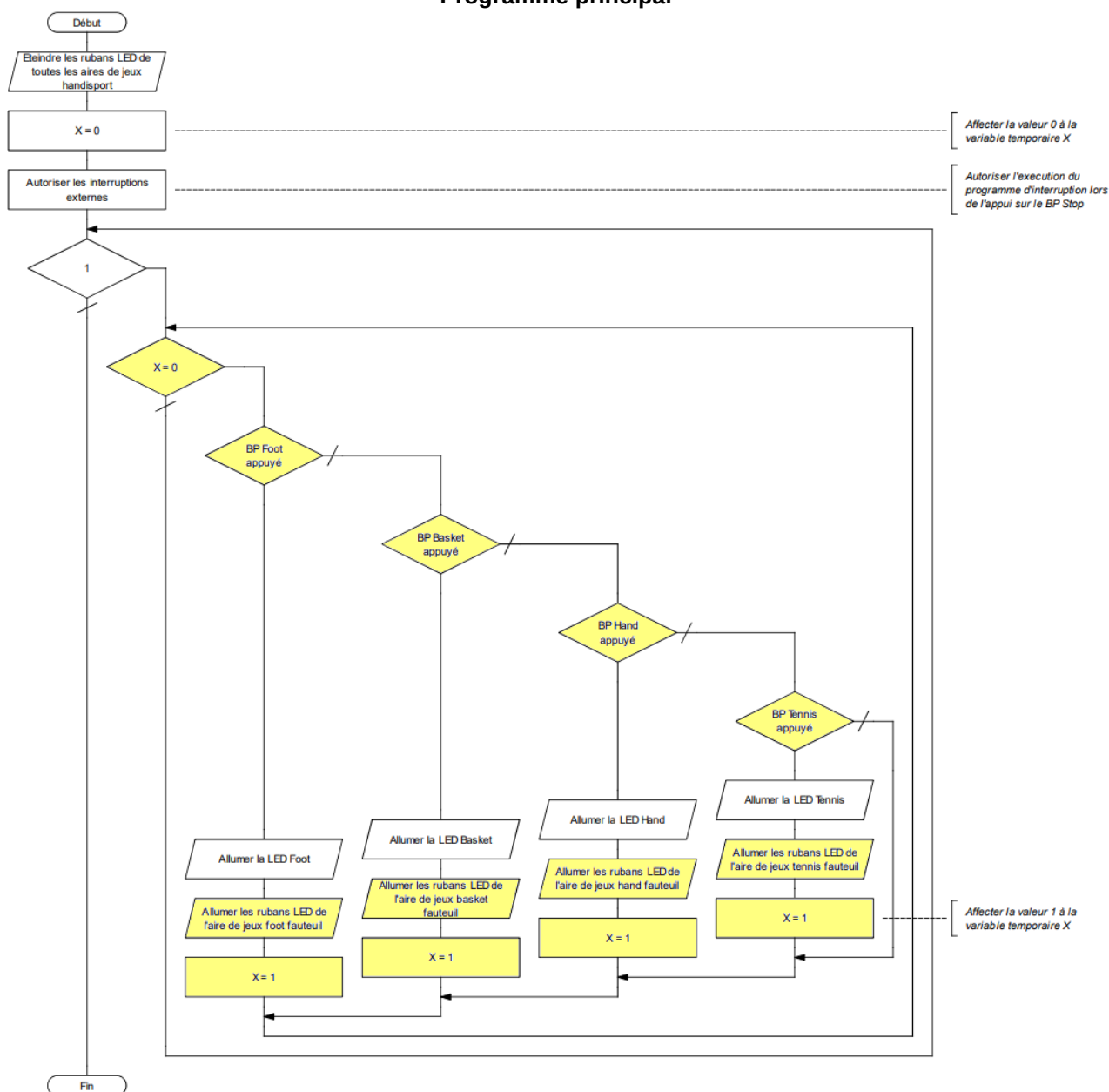
Type de sport	Nombre de joueurs et de remplaçants	Volume d'air renouvelé par joueur	Volume d'air total renouvelé pour l'ensemble des joueurs	Nombre de spectateurs	Volume d'air renouvelé par spectateur	Volume d'air renouvelé pour l'ensemble des spectateurs	Volume d'air renouvelé total
		$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
Tennis	2 ou 4	25	100	500	18	9000	9100
Basket	17	25	425	500	18	9 000	9 425
Handball	14	25	350	500	18	9 000	9 350
Escalade	4	25	100	3000	18	54 000	54 100
Le volume d'air renouvelé retenu sera de : 54 100 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$							

DR4 – Etude du marquage au sol

Type de sport	Nombre de LEDs	Nombre de ruban LED	Puissance électrique	Nombre de blocs alimentation
<u>Foot fauteuil</u>	$320 \times 156 = 49920 \text{ LED}$	$\frac{156}{5} = 31,2$	$P_{\text{FOOT}} = 8 \times 156 = 1248 \text{ W}$	$\frac{1248}{400} = 3,12$ 4 blocs alimentations
<u>Basket fauteuil</u>	$320 \times 258 = 82560 \text{ LED}$	$\frac{258}{5} = 51,6$	$P_{\text{BASKET}} = 8 \times 258 = 2064 \text{ W}$	$\frac{2064}{400} = 5,16$ 6 blocs alimentations
<u>Hand fauteuil</u>	$320 \times 217 = 69440 \text{ LED}$	$\frac{217}{5} = 43,4$	$P_{\text{HAND}} = 8 \times 217 = 1736 \text{ W}$	$\frac{1736}{400} = 4,34$ 5 blocs alimentations
<u>Tennis fauteuil</u>	$320 \times 147 = 47040 \text{ LED}$	$\frac{147}{5} = 29,4$	$P_{\text{TENNIS}} = 8 \times 147 = 1176 \text{ W}$	$\frac{1176}{400} = 2,94$ 3 blocs alimentations

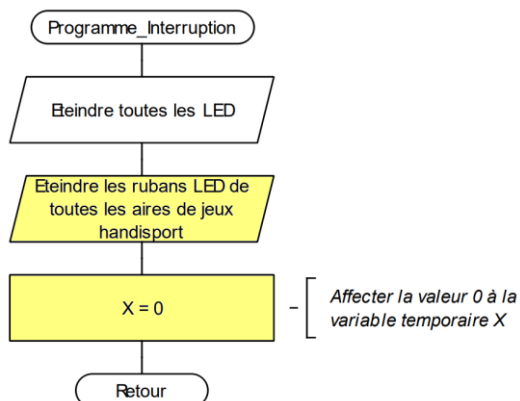
DR5 – Algorithmes de programmation du plancher lumineux

Programme principal



Programme d'interruption

Lorsque le bouton poussoir nommé « BP Stop » est appuyé, le programme d'interruption s'exécute. Lorsque le programme d'interruption est terminé, le programme principal reprend son exécution.



DR6 – Matrice de communication du réseau informatique local

MATRICE DE COMMUNICATION	Ordinateur - Accueil	Console de supervision vidéo	Console de supervision des automates
Imprimante	OUI	NON	NON
Serveur de stockage vidéo	NON	OUI	NON
Automate dédié à l'éclairage	NON	NON	OUI

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

ARCHITECTURE & CONSTRUCTION

C.I.M.E.

Complexe International Multisports et Escalade



CORRIGÉ

Partie A : quels matériaux choisir pour respecter la Réglementation Environnementale (RE 2020) ?

Question A.1 | Voir DRS1

DTS1, DRS1

Question A.2 | Voir DRS1

DRS1

Question A.3 | $6,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \geq R_{\text{tot}} = 5,61 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Il y a un écart de performance.

Solution : un isolant plus performant (λ plus petit) ou une épaisseur de l'isolant plus importante.

Question A.4 | $R_{\text{mini}} = 6,66 = 5,62 + e / \lambda$ laine de roche avec e , épaisseur d'isolant à ajouter.

DTS1

$e = (6,66 - 5,62) \cdot 0,034 = 3,55 \text{ cm}$ soit 40 mm donc épaisseur totale d'isolant = $100 + 80 + 40 = 220 \text{ mm}$

Question A.5 | L'impact des matériaux en considérant l'ensemble du cycle de vie et l'impact du chantier conditionnent la valeur du $I_{\text{cconstruction}}$

DTS2

Question A.6 | La laine de roche a le plus gros impact carbone de la liste (43 kg eq. $\text{CO}_2 \cdot \text{UF}^{-1}$). Il serait judicieux de choisir le polyuréthane pour ses performances thermiques (λ de 0,021) et sa résistance à la diffusion de la vapeur.

DTS3

Question A.7 | Paramètres contribuant à la validation de la RE 2020 :

DTS3

- Résistance thermique des parois murales supérieur ou égale à $6,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ → Redimensionnement de l'épaisseur du matériau isolant pour obtenir le coefficient en question.
- Bilan carbone du bâtiment « CIME » le plus faible possible → Changement de l'isolant pour un matériau plus durable avec un bilan carbone plus faible.

Partie B : Comment limiter la condensation dans une paroi ?

Question B.1	Une humidité élevée dans une enceinte sportive peut présenter un risque pour la santé des pratiquants et entraîner des dommages aux matériaux constituant le bâtiment, tels que la formation de moisissures.
Question B.2 DRS2	Voir DRS2
Question B.3 DRS3	Voir DRS3
Question B.4 DTS1	En cas de condensation sur l'isolant, ses performances thermiques seront altérées Appliquer un pare vapeur ou utiliser un matériau hydrophobe.
Question B.5 DTS3	Le paramètre est le coefficient de diffusion de la vapeur « μ » Le polyuréthane est un bon compromis avec une valeur de $\mu > 200$. C'est le meilleur isolant thermique et le matériau qui présente l'impact carbone le plus favorable. La laine de bois pourrait également convenir.

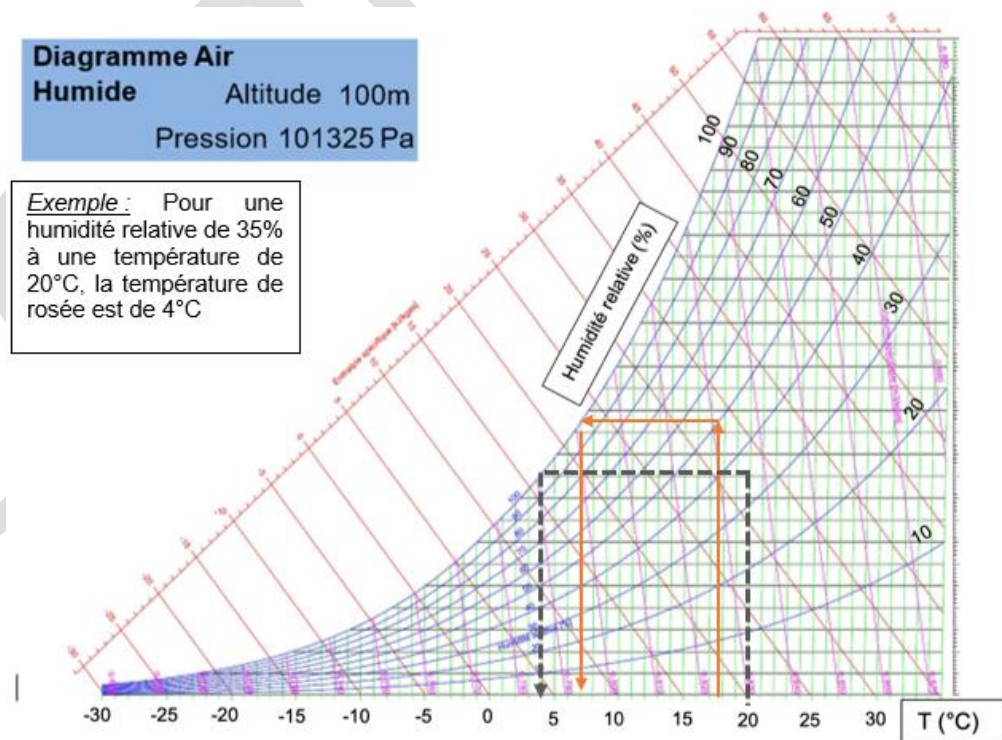
Partie C : la réglementation pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite (PMR) est-elle respectée ?

Question C.1 DRS4, DTS4	• Pas l'espace pour un fauteuil roulant. Impossible de faire rentrer un cercle de diamètre 1,50m. • La porte n'est pas réglementaire. Elle permet une ouverture de 845mm alors que la réglementation impose 900 mm.
Question C.2 DRS4	Echelle : 1/30 ^{ème} Il est possible de réaliser 2 douches = 3.000 / 1.200
Question C.3 DRS4	Voir DRS4 La porte laisse un passage de 90cm. Les douches sont dimensionnées pour les fauteuils roulants. Il faudrait enlever le banc et une partie des casiers. L'espace d'accès aux douches est bien de 1,50 m.

DRS1 : Calcul des résistances thermique de la paroi mural

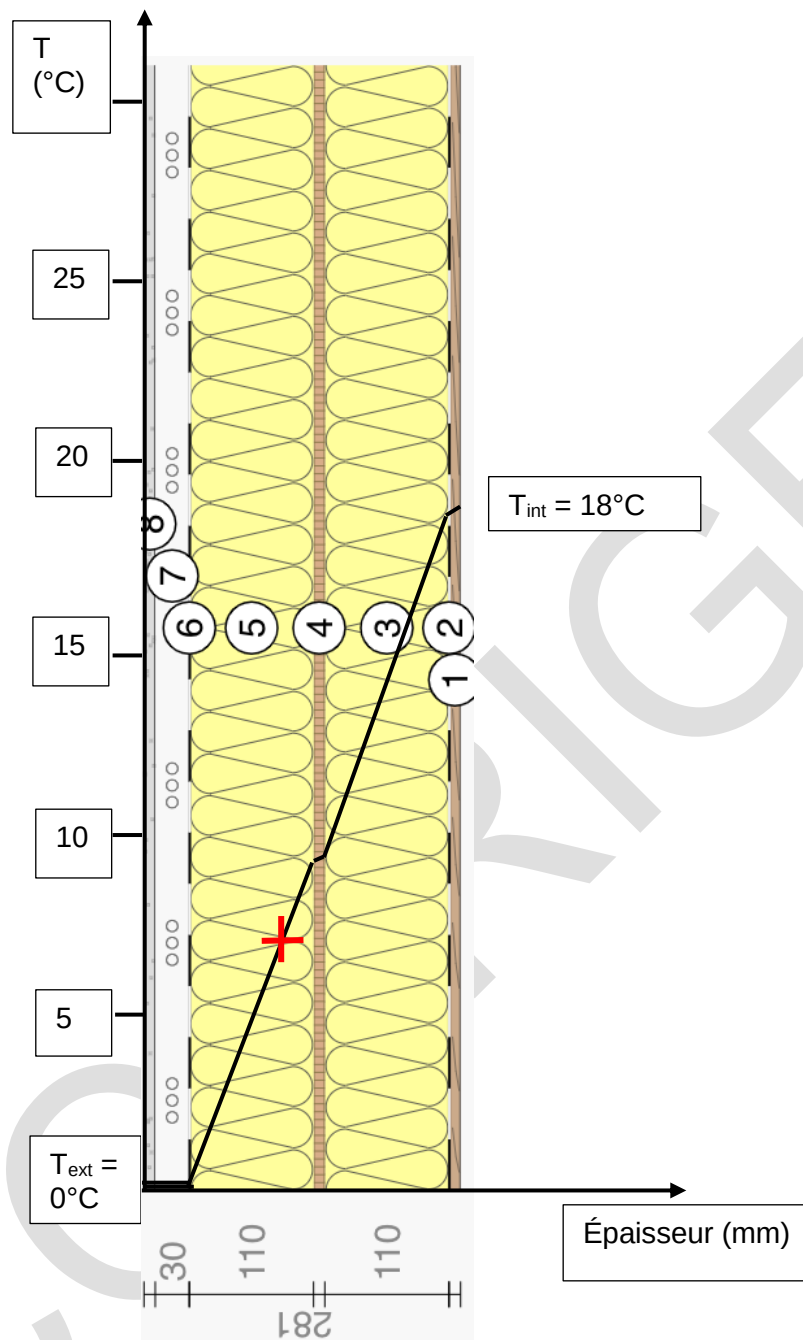
Constituant	Épaisseur en [m]	Coefficient de conductivité thermique en [W . m ⁻¹ . K ⁻¹]	Résistance thermique m ² ·K·W ⁻¹
R _{se}			0,04
Laine de roche	0,08+0,1	0,034	5,29
OSB	0,01	0,144	0,07
Pin	0,01	0,13	0,08
R _{si}			0,13
R _{paroi murale} =			ΣRi = 5,61

DRS2 – Coefficient de diffusion de la vapeur μ



T_{rosée} = 7°C ou 8°C

DRS3– Diagramme de répartition de la température dans la paroi murale



Matériau concerné :

Le point de rosée peut être atteint dans la première couche de laine de roche depuis l'extérieur.

DRS4 – Plan des vestiaires

