

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

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 33 pages numérotées de 1/33 à 33/33.

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.

PARTIE COMMUNE (12 points)

CORRIGÉ

Analyse thermique et gestion de l'éclairage d'une école



UNE ÉCOLE OÙ IL FAIT BON GRANDIR (Crédit photo DSA)

- o **Présentation de l'étude et questionnaire** pages 3 à 11
- o **Documents techniques** pages 12 à 21
- o **Documents réponses** pages 22 à 23

Mise en situation

Dans le cadre de sa compétence en énergie, la Métropole Européenne de Lille (MEL) gère les réseaux de chaleur publics répartis sur son territoire. Six réseaux de chaleur publics existent actuellement.

Ils se situent sur les communes de Lille, Mons-en-Barœul, Villeneuve d'Ascq, Roubaix, Wattignies et Wattrelos. Les équipements sont alimentés à partir de plusieurs combustibles comme la biomasse ou le gaz.

Les réseaux appartiennent à la MEL, mais ils sont gérés par des concessionnaires qui ont en charge l'exploitation, l'entretien et le développement de ces infrastructures.



Figure 1 : chaufferie urbaine de Mons-en-Barœul

En 2015, le réseau de 82 km a distribué 575 GWh sur 450 points de livraison (45 % habitat, 55 % tertiaire), soit l'équivalent de 40 000 logements. La chaleur produite était d'origine biomasse à 20%. L'objectif à atteindre pour 2023 étant fixé à de plus de 50%.

Les investissements se poursuivent en février 2017 avec l'attribution par la MEL d'une nouvelle concession. Ce contrat prévoit une extension du réseau de chaleur de Lille / Roubaix vers Halluin. Ce projet permettra de valoriser l'énergie fatale (énergie non utile aux procédés industriels, mais récupérable) issue du processus d'incinération du centre de valorisation énergétique d'Halluin. Ce réseau de chaleur alimentera de nouveaux édifices publics tels que les équipements sportifs ou encore les établissements scolaires.

Dans le même temps, les communes approvisionnées de la métropole mènent une campagne de réhabilitation des bâtiments publics et d'habitation.

C'est dans ce contexte que la ville de Mons-en-Barœul a entrepris des travaux de rénovation de l'école maternelle Charles de Gaulle, située en centre-ville.

Dans cette partie commune, nous nous intéresserons à l'étude thermique de la salle de classe n°1 et au projet de gestion d'éclairage de la salle de jeux (voir Figure 2 ci-dessous).

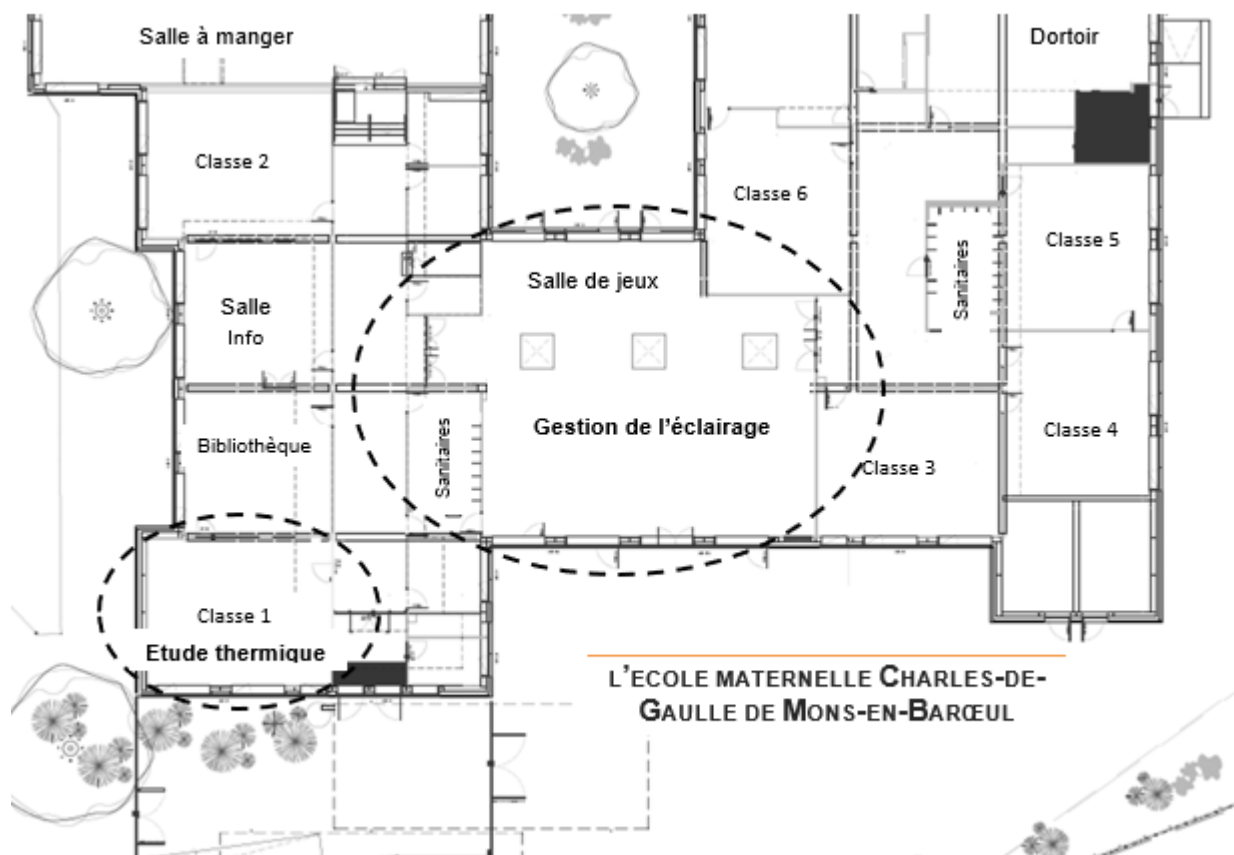


Figure 2 : vue en plan partielle

Travail demandé

Partie 1 : L'isolation des bâtiments anciens par l'extérieur (ITE) constitue-t-elle un bon investissement ?

Objectif : estimer les gains en énergie thermique pouvant être obtenus par isolation des parois extérieures de l'école.

Question 1.1 | La rénovation de l'école s'inscrit-elle dans une démarche de développement durable ?

Mise en situation

DT1

3 points

A l'aide de la mise en situation et du diagramme des exigences (document technique DT1), **énoncer** pour chacun des 3 piliers du développement durable :

- 1 argument inscrivant le projet dans une démarche environnementale.
 - 1 argument inscrivant le projet dans une démarche sociétale.
 - 1 argument inscrivant le projet dans une démarche économique.
- d'un point de vue environnemental : limiter perte thermique
- d'un point de vue sociétal : accès PMR.
- d'un point de vue économique baisse de la facture énergétique.

Question 1.2 | À partir des documents techniques DT1 et DT2, **identifier** la réglementation thermique qui s'applique au projet de rénovation énergétique de l'école. **Justifier** votre réponse.

DT1, DT2

2 points

La réglementation thermique qui s'applique est la RT Globale (arrêté du 13 juin 2008) : D'après les DT1.1 et DT1.2, le bâtiment existant a été construit après 1948, la surface plancher (égale à 1500 m²) est >à 1000 m² et le coût des travaux est >à 25% de la valeur du bâti.

Question 1.3 | À partir des documents techniques DT3, **résumer** les critères d'exigences qui doivent être respectés pour satisfaire la réglementation RT2012 puis à partir du DT4, **justifier** le scénario d'étude thermique qui devra être retenu.

DT3, DT4

3 points

Les critères devant être respectés sont :

- Le besoin bioclimatique Bbio, il caractérise l'efficacité énergétique du bâti ($U_{bat} < U_{bat\ max}$)
- La Consommation en énergie primaire Cep exprimée en kWh_{ep}·m⁻² ($Cep < Cep\ référence$)
- La Tic maximale (température intérieure de confort) ($Tic < Tic\ référence$)
- Des performances minimales (garde-fous) sont également requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...).

1 point

A la lecture du DT1.4, le scénario 2 satisfait tous les critères de la RT GLOBALE.

Afin de constater l'impact sur la régulation du chauffage, on souhaite estimer par une modélisation les déperditions de chaleur d'une salle de classe avant et après rénovation. Pour cela, il est nécessaire de déterminer la résistance thermique équivalente des parois.

Question 1.4

DR1

3 points

À partir du document DR1, **calculer** les résistances thermiques de chaque composant. **Compléter** le tableau en y indiquant les valeurs trouvées.

Voir document réponses DR1.1 → Utiliser la formule : $R_{\text{composant}} = \frac{e_{\text{comp}}}{\lambda_{\text{comp}}}$

Question 1.5

DR1, DT5

2 points

En déduire la résistance globale R_{therm} de la paroi verticale rénovée. **Compléter** le DR1.

Voir document réponses DR1.1 :

Résistance thermique globale de la paroi verticale rénovée :

$$R_{\text{therm}} = R_i + \frac{e_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{béton}}} + \frac{e_{\text{polystyrène}}}{\lambda_{\text{polystyrène}}} + \frac{e_{\text{panneau}}}{\lambda_{\text{panneau}}} + R_e$$

$$R_{\text{therm}} = 0,13 + \frac{0,2}{2,3} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,14}{0,022} + 0,04$$

$$R_{\text{therm}} = 7,62 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

2 points

A l'aide du DT5, **vérifier** que la réglementation pour ce projet de rénovation est respectée.

D'après le DT1.5, la réglementation thermique RT 2012 exige une valeur minimale de $2,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ pour les murs, ceci dans le cadre d'une rénovation. La paroi verticale rénovée satisfait très largement cette réglementation (puisque $R_{\text{therm}} = 7,62 \gg 2,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$).

On utilise la valeur calculée précédemment pour paramétrer le modèle d'évolution de la température intérieure de la salle de classe 1. Il s'agira de montrer l'impact de la rénovation des parois extérieures sur la régulation du chauffage. La modélisation proposée tient compte du volume de la pièce, de la surface des parois extérieures et de l'évolution de la température extérieure.

Question 1.6

DR2

3 points

Sur le DR2, **positionner** sur le modèle de simulation, les blocs A, B et C au regard de leur description.

Voir document réponses DR1.2

2 points

Indiquer dans le tableau le type des variables (interne ou externe) associées aux composants.

Voir document réponses DR1.2

Question 1.7 DT4, DT6	À la lecture du DT6, commenter les résultats des simulations de la régulation du chauffage <u>avant et après</u> rénovation. A la lecture du DT6, on observe <u>qu'après rénovation</u> : • La température intérieure (entre 18 et 20°C) diminue bien moins rapidement. • Le chauffage en régulation se déclenche 4,6 fois moins souvent (23 fois avant rénovation contre seulement 5 fois après rénovation sur une période de 12 h). La puissance installée des radiateurs est inchangée. A l'aide du DT1.6, calculer le rapport « R_t » des temps de fonctionnement du chauffage : $R_t = t_{\text{avant rénovation}} / t_{\text{après rénovation}}$. Temps avant rénovation : 23 impulsions x 305 / Temps après rénovation / 5 impulsions x 305
1 point	
2 points	Le rapport de temps de chauffage est donc de 4,6. A l'aide du DT1.4, calculer le rapport « R_c » des consommations en énergie primaire : $R_c = E_{\text{avant rénovation}} / E_{\text{après rénovation}}$.
2 points	Sur le DT4 - scénario 2, on observe que la consommation d'énergie primaire en chauffage est initialement de 188,176 kWhep.m⁻² et le projet de rénovation prévoit une Cep de 53,841 kWhep.m⁻², soit 3,5 fois moins de dépenses énergétiques sur ce poste.
2 points	Analyser les écarts entre R_t et R_c et identifier les hypothèses simplificatrices retenues pour le modèle proposé. Les écarts peuvent s'expliquer par une modélisation des déperditions de chaleur par les parois extérieures rénovées uniquement (pas de modélisation des déperditions en planchers, toiture ou huisseries) et un modèle climatique plus complet pour l'étude thermique menée par le bureau d'études. Les hypothèses simplificatrices sont ainsi la modélisation des déperditions de chaleur par les parois extérieures uniquement et une variation moyenne de la température annuelle.

La paroi d'origine est composée d'un voile de béton plein et d'une fine épaisseur de polystyrène expansé. L'isolation par l'extérieur va permettre de diminuer le flux de chaleur s'échappant par les parois.

Question 1.8 DT1, DT7	En vous référant aux performances des matériaux du DT1.7 d'une part et au diagramme des exigences en DT1 d'autre part, déterminer le panneau sandwich le plus adapté au regard de la charge additionnelle acceptée.
3 points	le panneau en mousse rigide a une masse surfacique de 4,48 kg.m⁻². Elle est 4 fois moins importante que celle du panneau avec une âme de laine de roche et satisfait d'après le DT1, l'exigence de surcharge additionnelle étant inférieure à 10 kg.m⁻².

Confirmer ce choix au regard de l'impact environnemental lié au changement climatique et des performances thermiques attendues.

D'après le DT7, L'analyse du cycle de vie montre un impact plus faible du point de vue « changement climatique (7 fois moins d'émission de CO2)

De plus, sa conductivité thermique est 2 fois plus petite.

Question 1.9

DT1

2 points

Conclure sur les choix constructifs retenus pour l'isolation thermique des parois extérieures de l'école, au regard du cahier des charges et du développement durable.

Le panneau de bardage retenu en mousse rigide a un impact moindre que d'autres solutions sur le critère « changement climatique ».

D'après la simulation, le panneau isolant retenu permettra d'atteindre les performances énergétiques souhaitées (diminution des consommations, y compris en matière de chauffage et ainsi presque 50% de gain sur la facture d'énergie). Il faudrait affiner cette modélisation en ajoutant les déperditions par les autres parois (toiture, parois vitrées et planchers).

Partie 2 : L'investissement dans de nouveaux luminaires de technologie LED est-il nécessaire?

Objectif : mener une étude préliminaire pour estimer la rentabilité de l'investissement.

Avec le remplacement des luminaires à tubes fluorescents existant, un gain non négligeable est attendu au regard de leur consommation et en termes de cycle de vie. Le choix se porte sur des luminaires à technologie LED. Trois puits de lumière naturelle sont également prévus.

Question 1.10
DT8 | **Justifier** à partir du DT8, la pertinence du choix de la technologie LED en fonction de son coût global et de sa durée de vie.

3 points

La technologie LED a la meilleure durée de vie avec plus de 10ans sans devoir racheter de lampe (6 ans pour le fluo compacte et 2 ans pour l'halogène).

Concernant le coût, c'est la courbe qui a le coefficient directeur le plus petit donc le moins de consommation.

Ainsi, malgré le coût légèrement plus élevé à l'achat comparé au fluo compacte, la technologie LED est la plus rentable sur la durée.

Question 1.11
DT9 | Pour le modèle *Philips CoreLine Downlight* présenté dans le DT9, **relever** les valeurs du flux lumineux initial en lumen ainsi que la valeur de l'angle d'ouverture du faisceau de lumière.

2 points

Pour le DN130B utilisé, $\Phi = 2200 \text{ lm}$ et $\alpha = 120^\circ$

Calculer l'éclairement (en Lux) d'un luminaire sur le plan utile d'activité. Dans notre cas le sol est situé à 2,8 mètres du luminaire.

2 points

$$\text{Eclairement : } E = \frac{2200 * \cos(\frac{120}{2})}{2.8^2} = 140 \text{ Lux}$$

Question 1.12 | **Calculer** la surface d'éclairement d'un luminaire sur le plan d'activité en utilisant les données de la question précédente.

2 points

Surface d'éclairement :

$$S = 2200/140 = 15,7\text{m}^2$$

Question 1.13
DT1, DT10 | **Comparer** cet éclairement en Lux à l'exigence de confort visuel exprimée dans le DT1. **Conclure** quant au choix de ce modèle.

2 points

D'après le document technique DT1, l'exigence de confort visuel pour cette salle de jeux est de 300 Lux. Le modèle LED choisipour un luminaire (*Philips CoreLine Downlight DN130B*) ne semble pas convenir.

On définit le facteur d'insuffisance comme étant le rapport entre l'exigence de confort visuel et l'éclairement du luminaire sur le plan d'activité, ces deux valeurs étant exprimées en lux.

2 points

Calculer le facteur d'insuffisance.

$$\text{Facteur d'insuffisance} = \text{exigence} / E = 340/140 = 2,14$$

3 points

L'essentiel de l'activité se déroule au centre de la pièce

Après analyse des différentes simulations Dialux du DT10, **choisir** et **justifier** l'implantation optimale des luminaires pour compenser l'insuffisance et satisfaire l'exigence de confort visuel.

D'après l'analyse des simulations Isolux du DT1.10, les implantations 1 et 2 ne respectent pas l'exigence d'éclairement au centre de la pièce. L'implantation 4 (avec 54 luminaires) la respecte mais est surdimensionnée.

L'implantation optimale est la N°3, ceci en permettant un éclairage quasi uniforme et moyen de 350 Lux dans la salle de jeux.

Question 1.14

2 points

Pour la suite de l'étude, le facteur d'insuffisance est fixé à 2,15. **Estimer** le nombre minimal théorique de luminaires *Philips CoreLine Downlight* nécessaires sachant que la salle de jeux totalise une surface de 215 m².

Nombre minimal théorique de luminaires :

$$Nb = \frac{215}{s} * \text{Facteur} = 30 \text{ luminaires.}$$

Les anciens tubes fluorescents avaient une efficacité lumineuse d'environ 80 lm·W⁻¹ (lumen par watt).

Question 1.15
DT9

1 points

2 points

En vous référant au DT9, **donner** l'efficacité lumineuse des luminaires *Philips CoreLine Downlight* et **déterminer** le gain (en %) obtenu grâce au passage à la technologie LED.

Efficacité lumineuse du luminaire *Philips CoreLine Downlight* : 107 lm·W⁻¹, d'où un gain (en %) de : $G = (107 / 80) - 1 = 0,3375$, soit 33,75% d'économie énergétique réalisée.

Dans les bâtiments, la consommation d'énergie liée à l'éclairage est conséquente. Son impact environnemental n'est pas négligeable. Dans cette école, les luminaires fonctionnent durant les périodes d'ouverture hebdomadaire à raison de 5 jours pendant 10 h, 36 semaines par an.

On estime qu'une gestion intelligente du bâtiment peut permettre une économie de 60% de la consommation d'énergie liée à l'éclairage. Cette gestion tient compte de lumière naturelle ambiante, des horaires d'ouverture et de la présence des usagers.

Question 1.16
DT9

2 points

2 points

À partir du DT9, **calculer** pour 30 luminaires *Philips CoreLine Downlight*, l'énergie consommée (en kWh) sur une période d'un an avec cette gestion d'éclairage intelligente.

L'énergie dépensée est :

$$E = P * t = 20,5 \text{ (W)} * 30 \text{ lampes} * 5 \text{ jours} * 10 \text{ h} * 40 \% * 36 \text{ semaines} = 442\,800 \text{ Wh} = 442,8 \text{ kWh}$$

.

Calculer alors l'économie annuelle réalisée en Euros sachant que le kWh coûte 0,20€.

$$\text{Economie} = 132\text{€} = 0,2 \times 442 \times 0,6 / 0,4$$

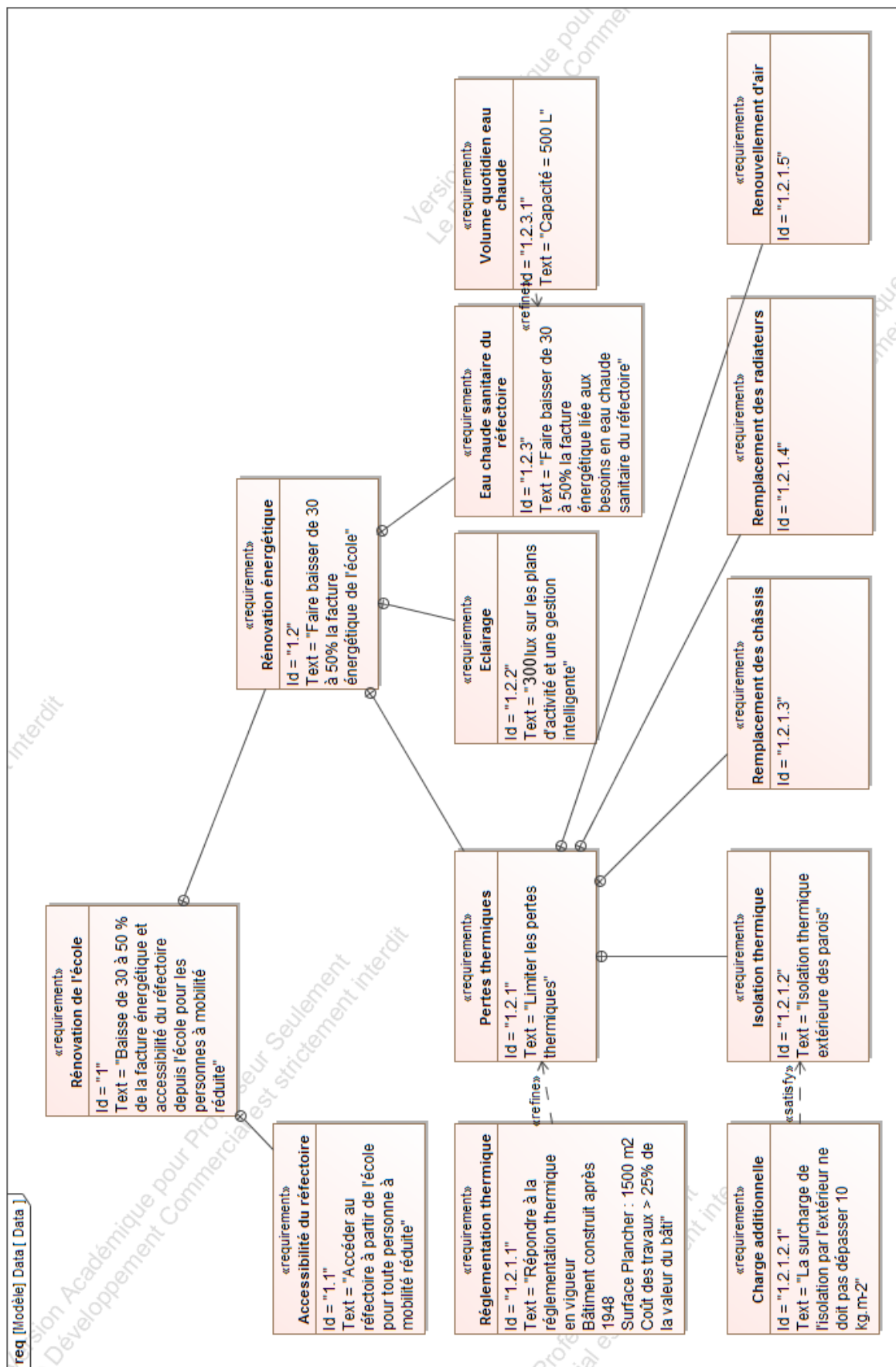
Question 1.17
DT1

À partir du DT1, **conclure** sur le respect des exigences quant aux choix de la technologie retenue pour l'éclairage et pour sa gestion.

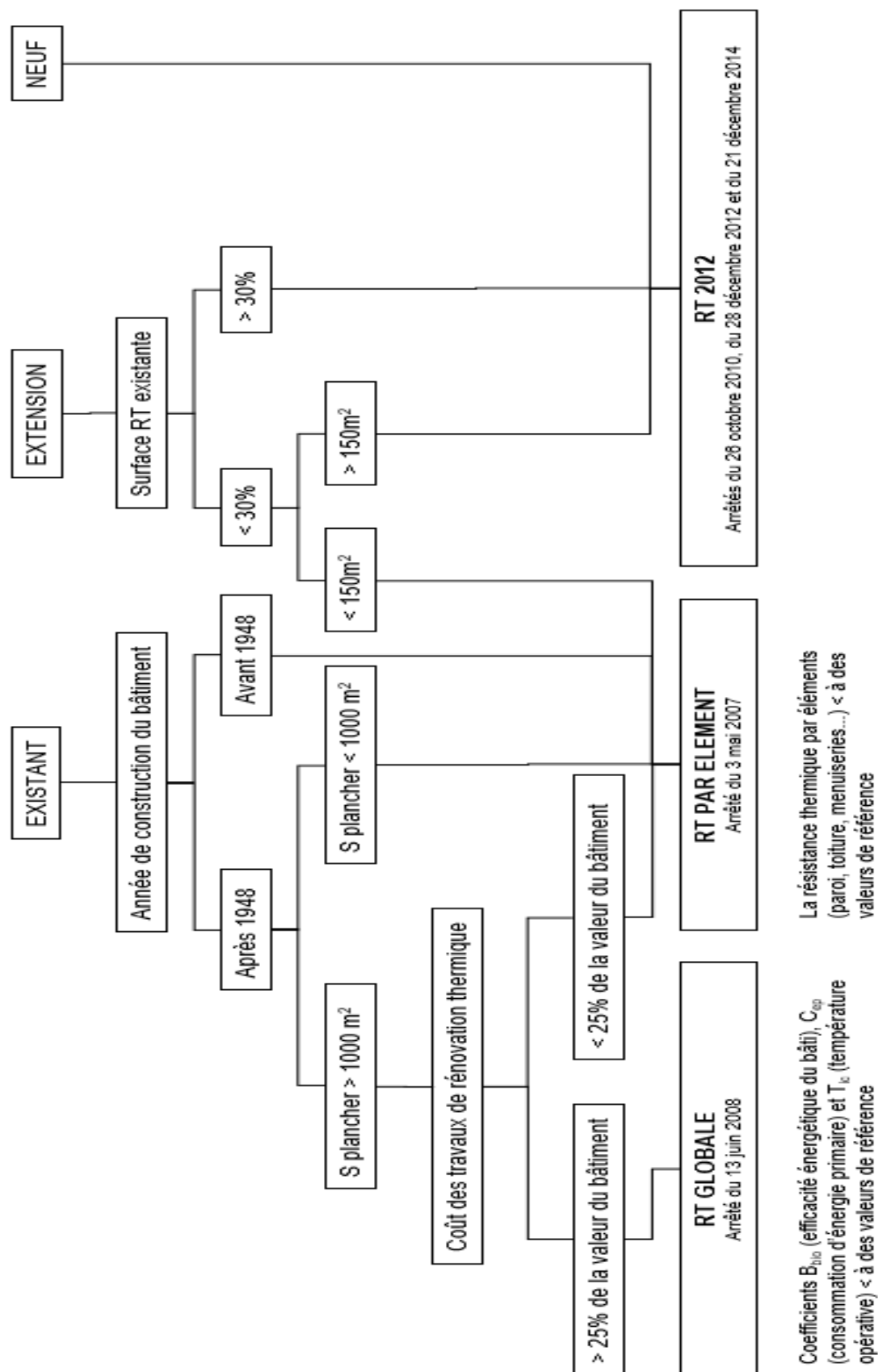
2 points

La technologie LED présente un intérêt sur l'ensemble du cycle de vie des luminaires (consommation – durée de vie) tout en respectant le confort visuel exigé.

Le gain de consommation sera important (près de 35%) et la prise en compte du contexte de fonctionnement, la gestion de l'éclairage (en fonction de l'éclairement naturel) permettent d'obtenir une luminosité constante, adaptée et automatisée.



DT2 : Organigramme d'application de la réglementation thermique



DT3 : RT globale, critères à satisfaire

La méthode de calcul Th-BCE 2012 est une méthode de calcul réglementaire définie par le centre scientifique et technique du bâtiment. Elle est utilisée obligatoirement pour toute étude thermique de bâtiments soumis à la RT2012. La méthode se base sur un modèle horaire d'occupation du bâtiment et des données climatiques locales. La RT 2012 s'articule autour de trois exigences principales.

- Le besoin bioclimatique Bbio caractérise l'efficacité énergétique du bâti. Le Bbio vise à réduire la consommation de chauffage, de rafraîchissement et d'éclairage artificiel du bâtiment en optimisant sa conception. Le coefficient Ubât permet d'évaluer le niveau d'isolation global du bâtiment ;
- La consommation d'énergie primaire Cep, exprimée en kWh_{ep}·m⁻², représente les consommations d'énergie primaire en chauffage, climatisation, ventilation, éclairage, eau chaude sanitaire et auxiliaires du bâtiment. La Cep du projet doit être au moins inférieure de 30 % à la Cep initiale et inférieure à une Cep de référence préconisée par le moteur de calcul ;
- La température opérative maximale Tic est calculée en période d'occupation pour un jour chaud. La Tic du projet doit être inférieure à la Tic de référence préconisée par le moteur de calcul.

Des performances minimales (des garde-fous) sont également requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...).

DT4 : RT globale, résultats des études thermiques.

Scénario n°1 : Réfection de l'isolation des murs extérieurs et de la toiture, et remplacement des menuiseries.

Conformité du bâtiment selon le moteur : 1.0.3

Condition	Satisfaite	Bâtiment	Usage	SHONinit (m²)	SHONproj. (m²)	Surf. utile (m²)
Cepprj <= 0,7xCepi	OUI	OBJECTIF -30%	non résidentiel	1496.00	1496.00	1496.00
Cepprojet <= Cepréf	NON	UBâtinit (W/m².K)	UBâtproj (W/m².K)	UBâttréf (W/m².K)	UBâtbase (W/m².K)	UBâtmax (W/m².K)
UBât <= Ubâtmax	OUI	1.239	0.576	0.623	0.623	0.934
Garde-fous conformes	OUI	Cepinit (Kwep/m²)	Cepproj (Kwep/m²)	Cepréf (Kwep/m²)	Cep_p (Kwep/m²)	Cepmax (Kwep/m²)
Tic conforme	OUI	253.69	171.04	144.26	-	-
		Gain Cepproj/Cepinit	Gain Cepproj/Cepréf	Gain Cep_p/Cepmax	Gain UBât/UBâttréf	Gain UBât/UBâtmax
Bâtiment non conforme		32.58 %	-18.57 %	-	7.48 %	38.32 %

Comparatif des consommations en énergie primaire (kWh/m²)

	Chauffage	Refroid.	ECS	Ventil.	Aux.	Eclair.	PhotoV.	Total
initial	188.176	0.000	17.209	1.719	1.292	45.291	0.000	253.687
projet	124.334	0.000	17.209	1.125	0.677	27.699	0.000	171.044
référence	81.688	0.000	16.571	14.193	1.383	30.424	0.000	144.260

Scénario n°2: Réfection de l'isolation des murs extérieurs et de la toiture, remplacement des menuiseries, installation d'une VMC double flux et remplacement des systèmes d'éclairage.

Conformité du bâtiment selon le moteur : 1.0.3

Condition	Satisfaite	Bâtiment	Usage	SHONinit (m²)	SHONproj. (m²)	Surf. utile (m²)
Cepprj <= 0,7xCepi	OUI	OBJECTIF -50%	non résidentiel	1496.00	1496.00	1496.00
Cepprojet <= Cepréf	OUI	UBâtinit (W/m².K)	UBâtproj (W/m².K)	UBâttréf (W/m².K)	UBâtbase (W/m².K)	UBâtmax (W/m².K)
UBât <= Ubâtmax	OUI	1.239	0.576	0.623	0.623	0.934
Garde-fous conformes	OUI	Cepinit (Kwep/m²)	Cepproj (Kwep/m²)	Cepréf (Kwep/m²)	Cep_p (Kwep/m²)	Cepmax (Kwep/m²)
Tic conforme	OUI	253.69	99.43	133.47	-	-
		Gain Cepproj/Cepinit	Gain Cepproj/Cepréf	Gain Cep_p/Cepmax	Gain UBât/UBâttréf	Gain UBât/UBâtmax
Bâtiment conforme		60.81 %	25.50 %	-	7.48 %	38.32 %

Comparatif des consommations en énergie primaire (kWh/m²)

	Chauffage	Refroid.	ECS	Ventil.	Aux.	Eclair.	PhotoV.	Total
initial	188.176	0.000	17.209	1.719	1.292	45.291	0.000	253.687
projet	53.841	0.000	17.209	5.902	0.559	21.915	0.000	99.427
référence	72.368	0.000	16.571	12.766	1.338	30.424	0.000	133.467

DT5 : Extrait de la réglementation thermique RT 2012.

La réglementation thermique RT 2012 spécifie pour les bâtiments neufs une consommation maximale de $50\text{kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ (à moduler suivant les régions) et une isolation respectant des valeurs seuils minimales pour chaque élément. Le tableau ci-dessous récapitule ces valeurs :

Elément	Valeur R par élément (pour une construction neuve et bénéficiant d'un crédit d'impôt)	Valeur R par élément (pour une rénovation)
<i>Combles perdus</i>	$R \geq 7.0$	$R \geq 4.5$
<i>Combles aménagés</i>	$R \geq 6.0$	$R \geq 4.0$
<i>Murs</i>	$R \geq 3.7$	$R \geq 2.3^{**}$
<i>Planchers</i>	$R \geq 3.0$	$R \geq 2.3^{***}$
<i>Toiture-terrasse</i>	$R \geq 4.5$	$R \geq 2.5$

** cette valeur dépend du type de mur

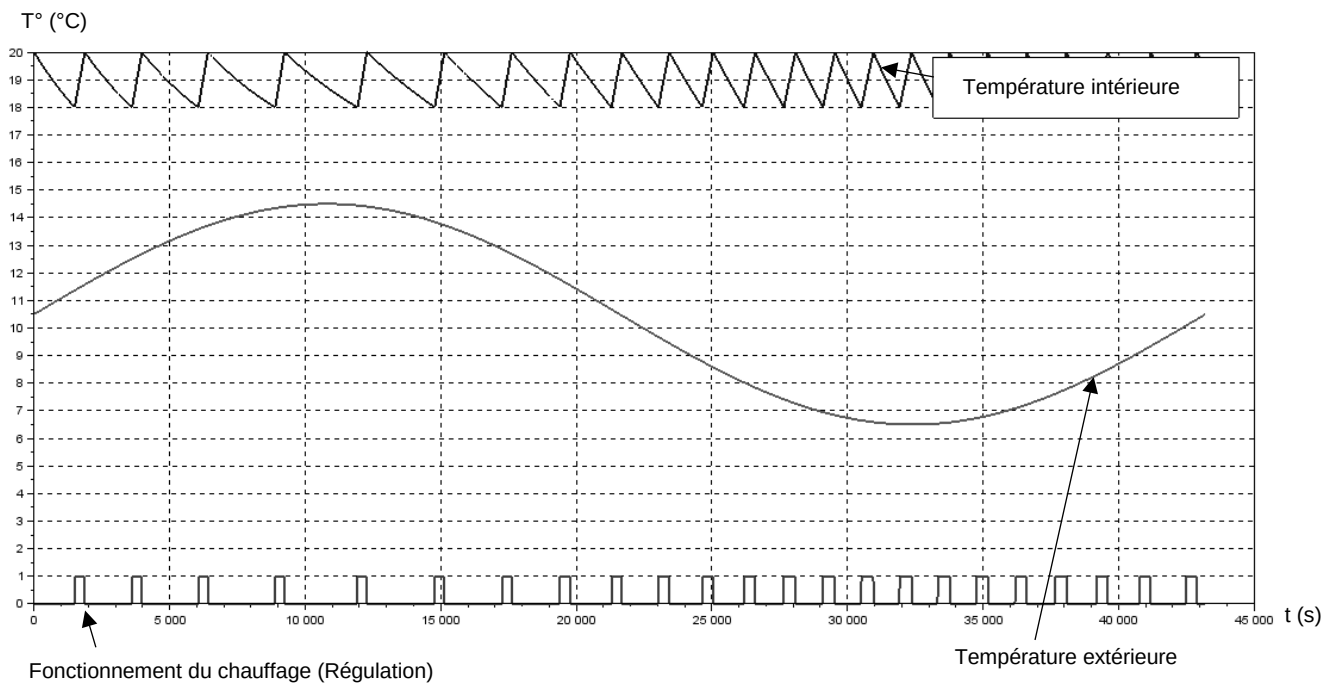
*** cette valeur dépend du type de plancher

DT6 : Simulation des variations de la température intérieure et de la régulation du chauffage.

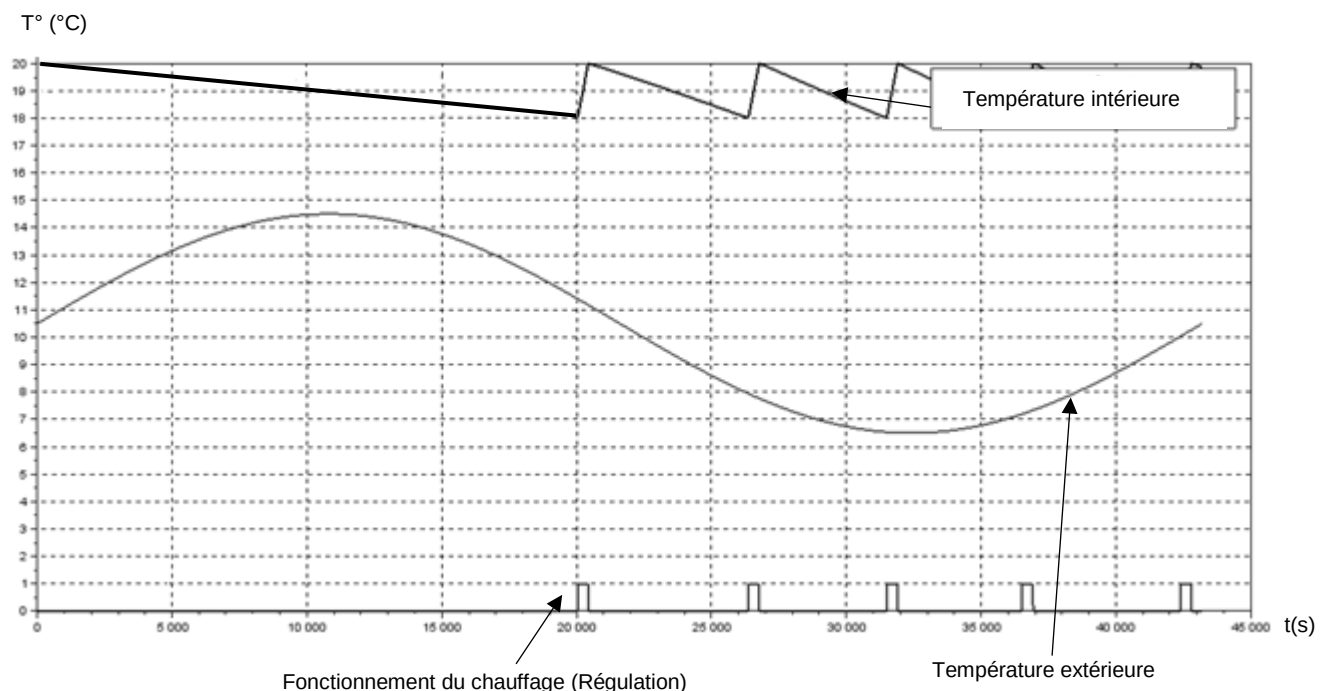
Les simulations ci-dessous sont obtenues pour une variation de la température extérieure comprise entre 6,5°C et 14,5°C : températures moyennes minimales et maximales de la région en hiver.

Les résultats ont été obtenus sur une période de 12 h. Le chauffage fonctionne en moyenne 305s par impulsion.

Simulation de la régulation de chauffage avant rénovation :



Simulation de la régulation de chauffage après rénovation :



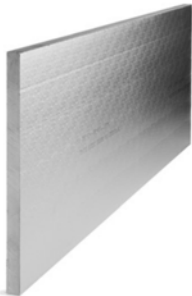
DT7 : Caractéristiques de deux panneaux sandwichs.

Définition de l'unité fonctionnelle (UF) : étude réalisée pour 1 m² de paroi verticale pendant 50 ans en assurant les performances prescrites du produit (données environnementales des produits – base INIES ou données fabricant).

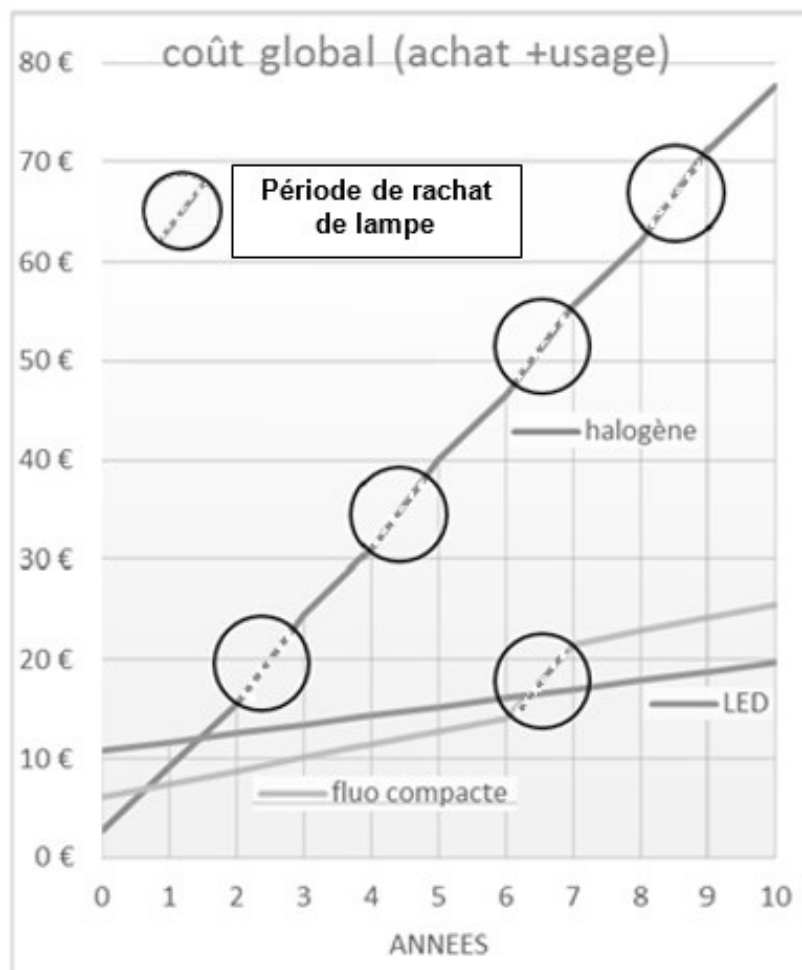
Panneau sandwich de bardage avec une âme laine de roche et deux parements acier

 Conductivité thermique : λ de 0,043 W·m⁻¹·K⁻¹ Masse surfacique : 19,5 kg·m⁻²	Impact environnemental	Unité	Valeur sur UF
	Consommation ressources énergétiques primaires totales	MJ	1021,7
	Epuisement des ressources	kg éq Sb	9,4.10 ⁻⁶
	Consommation d'eau	m ³	5,5.10 ⁻¹
	Déchets	kg	
	Dangereux		3,2.10 ⁻²
	Non dangereux		26,3
	Radioactifs		3,4.10 ⁻³
	Changement climatique	kg éq CO ₂	47,7
	Acidification	kg éq SO ₂	2,2.10 ⁻¹
	Pollution de l'air	m ³	5250
	Pollution de l'eau	m ³	5,7
	Appauvrissement de la couche d'ozone	kg éq CFC-11	4,8.10 ⁻⁶
	Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	2,6.10 ⁻²
	Eutrophisation	kg éq PO ₄ ³⁻	2,4.10 ⁻²

Panneau sandwich de bardage en mousse rigide et deux parements aluminium

 Conductivité thermique : λ de 0,022 W·m⁻¹·K⁻¹ Masse surfacique : 4,48 kg·m⁻²	Impact environnemental	Unité	Valeur sur UF
	Consommation ressources énergétiques primaires totales	MJ	149,17
	Epuisement des ressources	kg éq Sb	9,48.10 ⁻⁵
	Consommation d'eau	m ³	5,77.10 ⁻¹
	Déchets	kg	
	Dangereux		7,43.10 ⁻¹
	Non dangereux		1,34
	radioactifs		2,75.10 ⁻³
	Changement climatique	kg éq CO ₂	6,99
	Acidification	kg éq SO ₂	8,75.10 ⁻³
	Pollution de l'air	m ³	798
	Pollution de l'eau	m ³	5,19
	Appauvrissement de la couche d'ozone	kg éq CFC-11	4,33.10 ⁻⁶
	Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	2,12.10 ⁻³
	Eutrophisation	kg éq PO ₄ ³⁻	3,11.10 ⁻³

DT8 : Calcul des coûts d'utilisation de lampes.



Calcul des coûts d'utilisation de lampes (LED de 6 watt, équivalente aux anciennes lampes de 60 Watt) – Source ADEME

DT9 : Luminaire à Leds pour la salle de jeux.

CoreLine Downlight

DN140B LED20S/840 PSD-E WR

Coreline Downlight Gen4 - 840 blanc neutre - Alimentation avec interface DALI - Réflecteur blanc - Connecteur à poussoir et soulagement de traction - Protection des doigts



Données du produit

Caractéristiques générales	
Angle d'ouverture du faisceau de lumière	120 °
Température de couleur	840 blanc neutre
Source lumineuse de substitution	Non
Nombre d'unités d'appareillage	1 unit
Driver/alimentation/transformateur	PSD [Alimentation avec interface DALI]
Driver inclus	Oui
Type d'optique	WR [Réflecteur blanc]
Faisceau du luminaire	90°
Interface de commande	DALI

	« Evaluer les performances des luminaires LED - janvier 2018 », statistiquement, il n'existe aucune différence significative de maintien du flux lumineux entre B50 et, par exemple, B10. La valeur de la durée de vie utile moyenne (B50) représente donc également la valeur B10.
Flux lumineux constant	Non
Nombre de produits par disjoncteur de 16 A type B	24
Conforme à la directive RoHS UE	Oui
Service Tag	Oui
Code de la famille de produits	DN140B [Coreline Downlight Gen4]
Score taux d'éblouissement CEN	25

Caractéristiques électriques	
Tension d'entrée	220-240 V
Fréquence d'entrée	50 à 60 Hz
Consommation électrique de CLO initiale	- W
Consommation électrique de CLO moyenne	- W
Fin de la consommation électrique CLO	- W
Courant d'appel	20,4 A
Temps du courant d'appel	0,195 ms
Facteur de puissance (min.)	0.95

Gestion et gradation	
avec gradation	Oui

Connexion	Connecteur à poussoir et soulagement de traction
Câble	Non
Classe de protection CEI	Classe de sécurité I
Essai au fil incandescent	Température 850 °C, durée 5 s
Essai au fil incandescent	F [conçus pour des surfaces normalement inflammables]
Marquage CE	Marquage CE
Marquage ENEC	Non
Garantie	5 ans
Remarques	*-Conformément au document d'orientation de Lighting Europe

Dimensions (hauteur x largeur x profondeur)	108 x 0 x 0 mm (4.3 x 0 x 0 in)
---	---------------------------------

Normes et recommandations

Code d'indice de protection	IP20 [Protection des doigts]
Code de protection contre les chocs mécaniques	IK02 [0.2 J standard]
Notation de durabilité	-

Performances initiales (conforme IEC)

Flux lumineux initial	2200 lm
Tolérance du flux lumineux	+/-10%
Efficacité lumineuse à 0h du luminaire LED	107 lm/W
Température de couleur proximale initiale	4000 K
Indice de rendu des couleurs (initial)	≥80
Chromaticité initiale	(0.380,0.377) SDCM≤5
Puissance initiale absorbée	20.5 W
Tolérance de consommation électrique	+/-10%

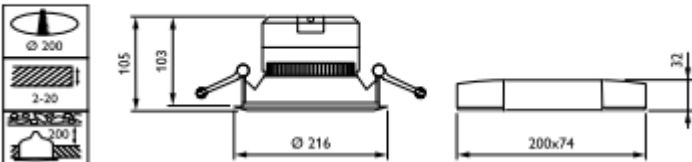
Durées de vie (condorme IEC)

Taux de défaillance driver à la durée de vie utile moyenne de 50 000 h	5 %
Maintien du flux lumineux en fin de vie (50 000 h à 25 °C)	L70

Conditions d'utilisation

Plage de températures ambiantes	-20 à +40 °C
Performance Température Ambiante Tq	25 °C
Niveau de gradation maximal	1%
Convient à une commutation aléatoire	Oui

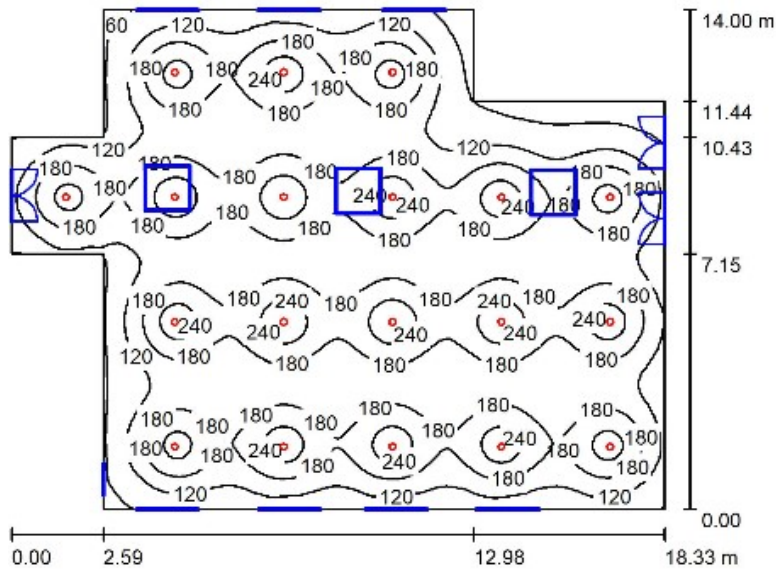
Schéma dimensionnel



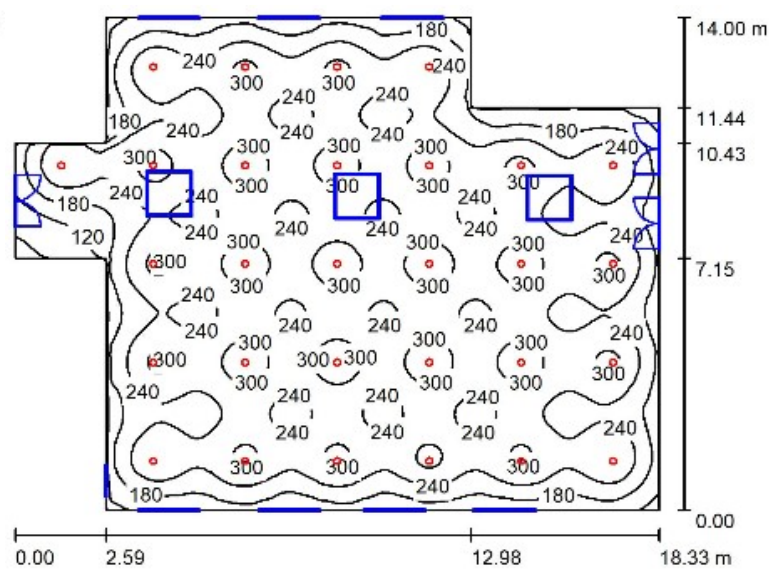
DT10 : Simulations sous Dialux.

Comparaison en courbes Isolux de quatre implantations en nombres différents du luminaire *Philips CoreLine Downlight* employédans la salle de jeux.

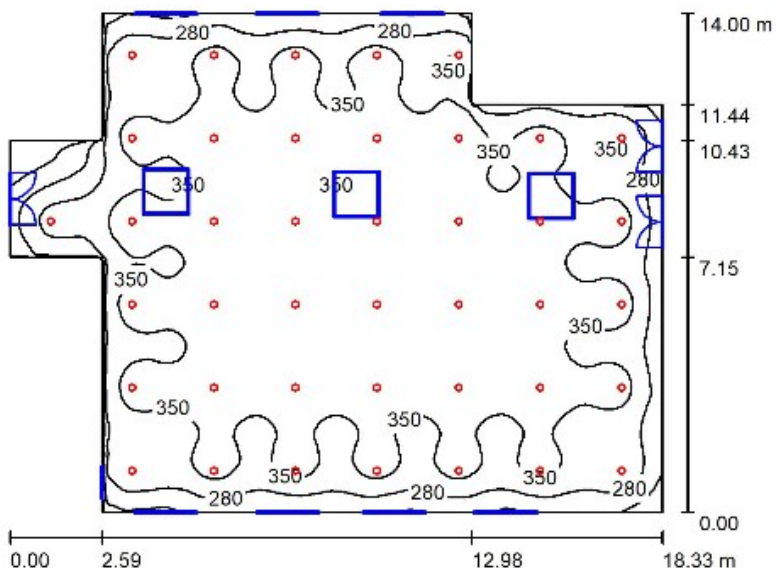
Implantation 1
(19 luminaires)



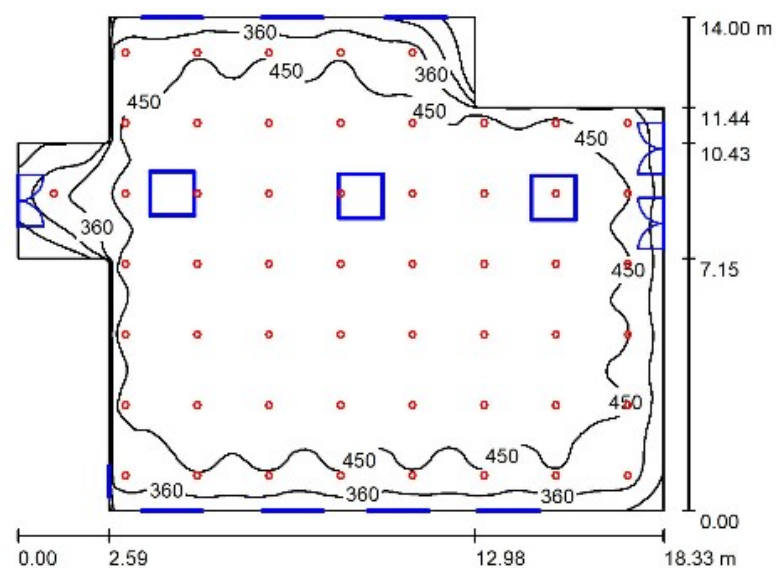
Implantation 2
(29 luminaires)



Implantation 3
(41 luminaires)



Implantation 4
(54 luminaires)



DOCUMENT RÉPONSES DR1 : Caractéristiques thermiques d'une salle de classe.

Composition de la paroi verticale existante :

Composants	Epaisseur (m)	Conductivité thermique λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Béton plein armé	0,20	2,3
Polystyrène expansé	0,05	0,05

Composition de la paroi verticale rénovée :

Composants	Epaisseur (m)	Conductivité thermique λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	Résistance thermique composant ($\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)
Ri			0,13
Béton plein armé	0,20	2,3	Q1.4... 0,09
Polystyrène expansé	0,05	0,05	Q1.4... 1,00
Panneau sandwich en mousse rigide	0,14	0,022	Q1.4... 6,36
Lame d'air faiblement ventilée*	0,02		
Vêture brique*	0,1		
Re			0,04
		$R_{\text{therm paroi}}$ ($\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	Q1.5 7,62

* La lame d'air et le parement brique ne contribuent pas à l'isolation thermique par l'extérieur du fait de la non-étanchéité à l'air de l'ensemble.

Définition :

La résistance thermique globale d'une paroi est notée R_{therm} · [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]

$$R_{\text{therm}} = R_i + \sum \frac{e_{\text{matériau}}}{\lambda_{\text{matériau}}} + R_e$$

Avec $R_i = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ et $R_e = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

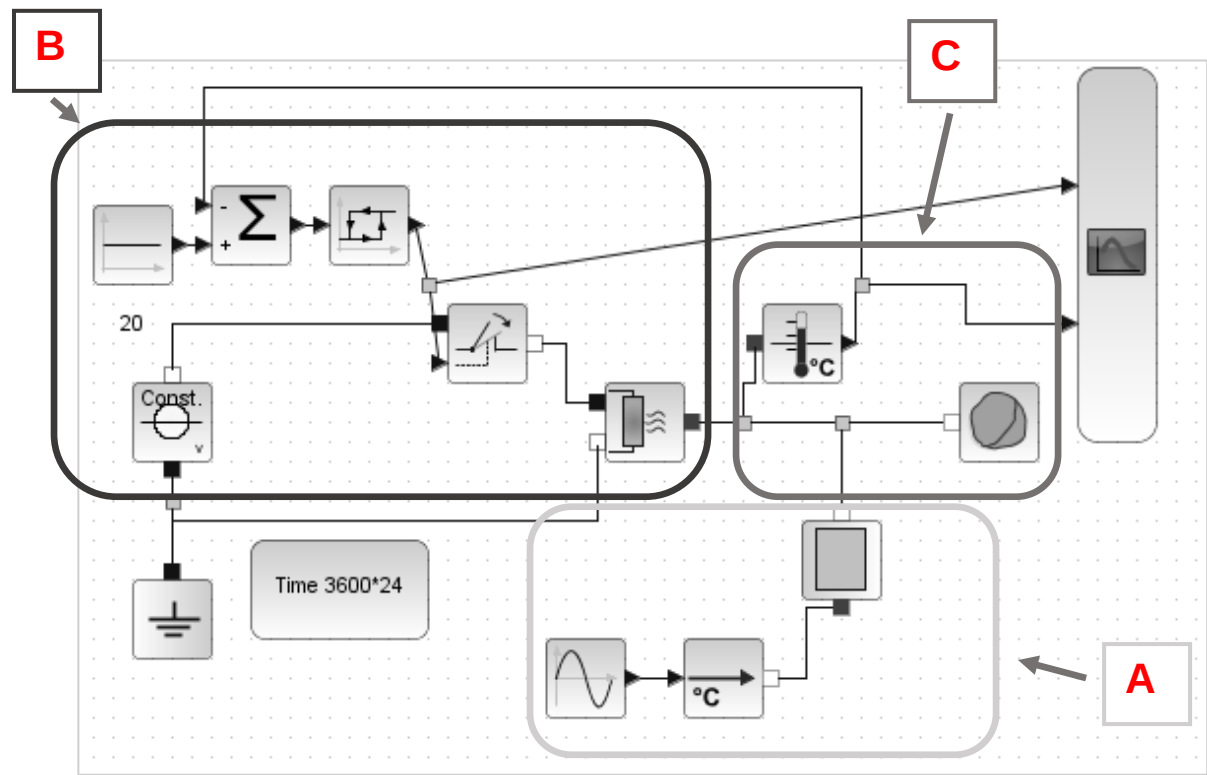
DOCUMENT RÉPONSES DR2

Question 1.6

A : déperditions de chaleur à travers la paroi (dépend de la conductivité thermique et de l'épaisseur des matériaux de la paroi) en fonction des variations de température extérieure.

B : modélisation du chauffage et de sa régulation : le chauffage se déclenche quand la température descend en-dessous de 17°C et s'arrête lorsque la température atteint 20°C.

C : volume de la pièce à chauffer (capacité thermique de l'air de la salle de classe) et mesure de la température intérieure.



Composants	Paramètres	Type de variable (interne ou externe)
	Conductivité thermique de la paroi	Q1.6...interne.....
	Epaisseur de la paroi	Q1.6...interne.....
	Variations de la température extérieure	Q1.6...externe.....
	Variations de la température intérieure	Q1.6 ...externe.....

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

CORRIGÉ

ARCHITECTURE ET CONTRUCTION



- o **Présentation de l'étude et questionnaire** pages 25 à 30
- o **Documents techniques** pages 31 à 36
- o **Documents réponses** pages 37 à 38

Mise en situation

La ville de Mons-en-Barœul a entrepris des travaux de rénovation de l'école maternelle Charles de Gaulle.

Dans un environnement urbain très bétonné, les toits végétalisés offrent des espaces de verdure. En plus d'être esthétiques, ils favorisent la biodiversité et augmentent les performances en termes d'isolation et de rétention d'eau.

On souhaite d'abord mener une première étude pour végétaliser la toiture au-dessus de la salle de jeux (voir figure 1 ci-dessous). Cette végétalisation entraînera une charge supplémentaire sur les fondations. Une vérification du dimensionnement est donc nécessaire.

Des nuisances sonores sont constatées par les usagers dans certaines classes. La problématique de l'ambiance acoustique de la salle de classe 3 (voir figure 1) fera l'objet d'une seconde étude.

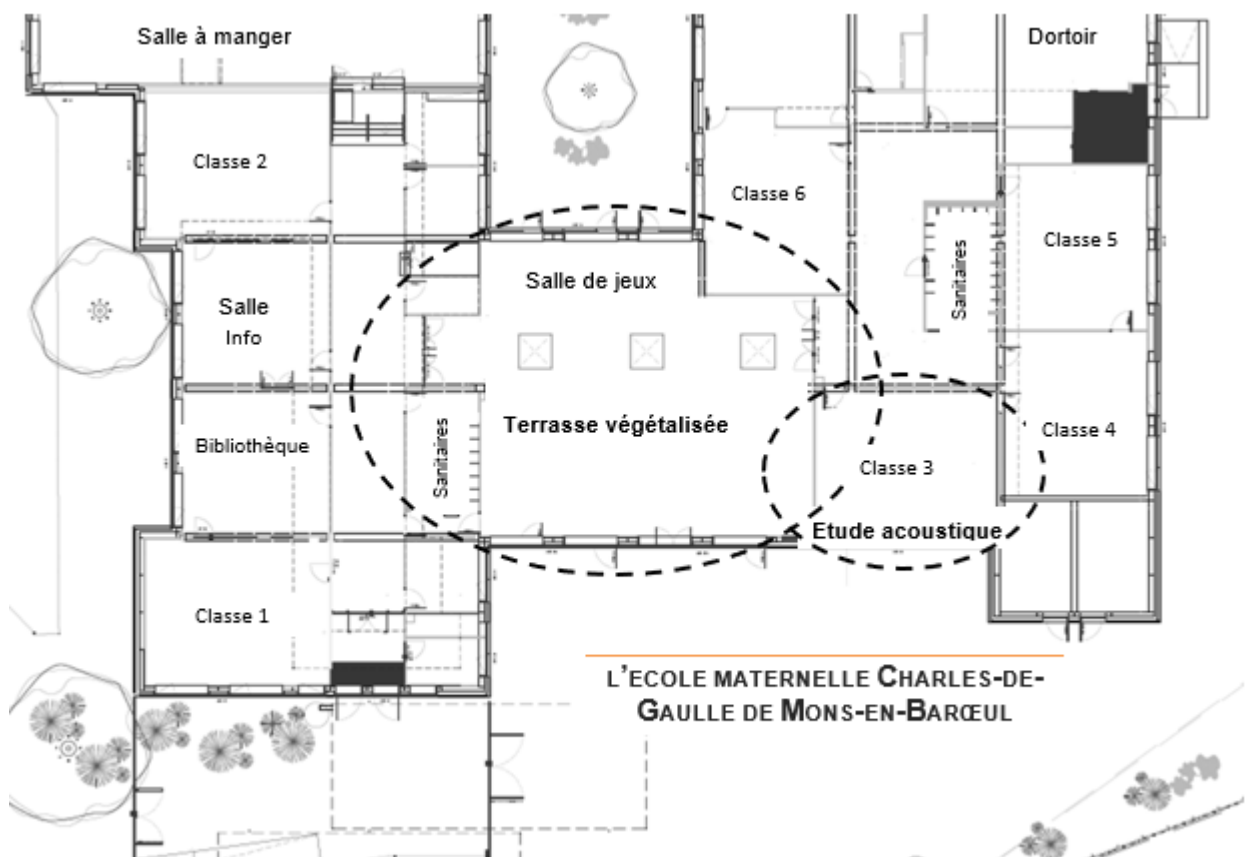


Figure 1 : vue en plan partielle

Travail demandé

PARTIE A : le dimensionnement des structures existantes sera-t-il suffisant pour accueillir une terrasse végétalisée ?

Objectif : valider les caractéristiques dimensionnelles des fondations.

Après avoir vérifié que la toiture terrasse est capable de supporter une végétalisation, on souhaite déterminer les charges à l'état limite ultime (ELU) sur la semelle de fondation.

Nous n'effectuerons pas l'étude dimensionnelle des différents porteurs intermédiaires (poteau, poutre, etc.).

On rappelle les principales solutions constructives ci-dessous :

- Tous les éléments de la structure sont en béton armé (B.A.) de poids volumique $\rho_{\text{béton armé}} = 25 \text{ kN.m}^{-3}$;
- Le plancher du rez-de-chaussée est une dalle flottante sur terre-plein en B.A. reposant par conséquent directement sur le sol.

Question A.1
DTS1

À l'aide du document technique DTS1, **ANALYSER** et **justifier** l'influence du poids du plancher bas du rez-de-chaussée sur le calcul du dimensionnement de la semelle de fondation du poteau P1.

2 points

Le plancher du rez-de-chaussée est un dallage sur terre-plein, il repose directement sur le sol. Le poids de cette dalle flottante n'est pas repris et donc supporté par aucun mur ni poteau, en particulier le P1. Le plancher n'entre pas en compte par conséquent dans le dimensionnement de la semelle isolée.

Question A.2
DTS2
DRS1

Rappel : La surface portée est nommée *surface d'influence*, c'est la portion de dalle ou de plancher supportée par un porteur.

À l'aide du document technique DTS2, **tracer** en rouge et **coter** sur le document réponse DRS1, la surface d'influence supportée par le poteau étudié P1.

2 points

Voir DRS1 : il s'agit d'un rectangle représentant la portion de dalle B.A. supportée par le poteau (moitié des portées reprises par l'élément dans tous les sens)

Calculer cette surface en m^2 en détaillant votre calcul sur le document réponse DR2.1

1 point

Voir DRS1 : $S_{\text{influence}} = (5.15+5.22)/2 \times (7.15+7.01)/2 = 36.71 \text{ m}^2$.

Question A.3
DTS4

À l'aide du DTS4, **déterminer** la charge surfacique S en kN.m^{-2} due à la neige en sachant que l'ouvrage est situé à Mons-en-Barœul à une altitude de 30 m.

3 points

Nous sommes en région A1 et une altitude $< \text{à } 200 \text{ m}$: $S_k = 0,45 \text{ kN.m}^{-2}$.

De plus, la salle de jeux dispose d'une toiture-terrasse végétalisée : $\mu=0,8$.

$S = S_k * \mu * C_e * C_t = 0,45 * 0,8 * 1 * 1 = 0,36 \text{ kN.m}^{-2}$

La charge supportée P_u par la fondation est coefficientée (calcul à l'ELU), elle est donnée ci-dessous. On pondère les charges pour se donner une marge de sécurité :

$$P_u = 1,35G + 1,50 (Q \text{ ou } S)$$

Pour réaliser la descente des charges sur la semelle S1 :

Question A.4

DTS1

2 points

À l'aide du DTS1, **déterminer** le volume du poteau P1.

$$V = \pi * R^2 * L = \pi * 0.175^2 * 2.6 = 0.25 \text{ m}^3$$

Calculer son poids P en KN (Rappel : masse volumique du B.A. $\rho_{\text{béton armé}} = 25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$).

1 point

$$P = 0.25 * 25 = 6.25 \text{ KN}$$

Question A.5

DRS3

5 points

Compléter le DRS3 par les informations manquantes.

Voir DR2.3 : $G = 298,70 \text{ KN}$, $Q = 36,74 \text{ KN}$ et $S = 13,23 \text{ KN}$

2 points

Déterminer l'ensemble des charges P_u aux états limites ultimes (ELU) appliqué sur la semelle de fondation S1.

$$P_u = 1,35G + 1,50 Q = 1,35 \times 298,70 + 1,50 \times 36,74 = 458,36 \text{ KN}$$

Nous allons vérifier que les semelles de fondations calculées avant la rénovation par l'entreprise sont correctement dimensionnées pour supporter en plus la végétalisation de la toiture terrasse.

Connaissant les charges appliquées à l'ELU provenant de la structure, on souhaite vérifier le dimensionnement de la semelle de fondation du poteau P1 afin que le sol puisse supporter la contrainte.

On supposera que la résultante des charges P_u à l'ELU appliquées sur l'assise de la fondation isolée S1 est égale à 450 KN.

Question A.6

Sachant que la contrainte admissible du sol est de $\sigma_{\text{sol}} = 0,4 \text{ MPa}$ et que l'on doit respecter la condition de résistance : $\sigma \leq \sigma_{\text{sol}}$, **calculer** la surface minimale de la semelle de fondation en m^2 .

On rappelle la formule de la contrainte $\sigma = P_u / S$, dans laquelle σ est exprimée en MPa, P_u en MN et S en m^2 .

3 points

Nous avons $P_u = 450 \text{ KN} = 0,45 \text{ MN}$. Sachant que l'on doit respecter la condition de résistance : $\sigma \leq \sigma_{\text{sol}} = 0,4 \text{ MPa}$, avec $\sigma = P_u / S$, nous aurons donc une surface minimale de fondation :

$$S_{\text{mini}} = P_u / \sigma = 0,45 / 0,4 = \underline{1,125 \text{ m}^2 \text{ minimum.}}$$

Question A.7

DTS1, DTS5

3 points

A l'aide du DTS5 et en partant de l'hypothèse que chaque semelle isolée est de section carrée (dimension b' égale à c'), **déterminer** les dimensions minimales de la semelle de fondation S1 sous le poteau P1.

Chaque semelle isolée est de section carrée, donc $S = b' \times c' = b'^2 = c'^2$.

Les dimensions minimales sont : $b'_{\text{mini}} = c'_{\text{mini}} = \sqrt{S} = \sqrt{1.125} = \underline{1,06 \text{ m minimum}}$

Pour la hauteur h , d'après la condition de rigidité :

$D \geq \max [(b' - b) / 4 ; (c' - c) / 4]$, avec $b = c = 0.35 \text{ m}$ (poteau) et $b' = c' = 1,06 \text{ m}$ (semelle isolée mini), donc $D \geq (1,06 - 0.35) / 4 = 0,18 \text{ m}$

Ainsi $h_{\text{mini}} = D + 0.06 \text{ m} = 0,18 + 0.06 = \underline{0,24 \text{ m minimum}}$

2 points

À l'aide des données du DTS1, **vérifier** si la semelle S1 mise en œuvre respecte a minima ce dimensionnement théorique.

D'après le DT2.1, la semelle S1 mise en œuvre a pour dimensions : $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$.

Elles sont supérieures aux dimensions minimales théoriques : $1,06 \text{ m} \times 1,06 \text{ m} \times 0,24 \text{ m}$, le dimensionnement est donc correct.

PARTIE B : comment améliorer les ambiances acoustiques ?

Objectif : Vérifier les exigences réglementaires.

Les enseignants constatent des nuisances sonores dans certaines classes. Cet état de fait est considéré par tous comme une source de fatigue pour les adultes et pour les enfants.

On veut à présent contrôler l'acoustique à l'intérieur de la salle de classe 3 située en mitoyenneté de la salle de jeux.

Afin de travailler dans de bonnes conditions en matière de correction acoustique dans une salle de classe, la réglementation sur la durée de réverbération impose pour les locaux d'enseignement une valeur comprise entre 0,8 s et 1,2 s.

Le son est étudié à la fréquence de 1 000 Hertz (Hz).

On donne la description de la salle de classe 3 à étudier (voir DT2.3) :

- Dimensions : 8,0 m x 7,0 m ;
- Hauteur sous plafond : 2,40 m ;
- 2 portes isoplanes 2,05 m x 1,00 m ;
- 3 fenêtres vitrées (vitrage courant) : 1,00 m x 1,00 m ; 1,00 m x 1,75 m ; 1,00 m x 1,75 m ;
- Plafond en plâtre peint ;
- Murs en plâtre peint ;
- Sol en carrelage ;
- Salle vide, sans mobilier ni personnes.

Question B.1

DT2.3

3 points

À l'aide du DT2.3, **calculer** les surfaces des murs (en déduisant les ouvertures) et la surface totale des parois.

$$S_{\text{murs}} = (7 \times 2 + 8 \times 2) \times 2.4 - (2 \times 2.05 \times 1) - (1 \times 1) - (2 \times 1.75 \times 1) = 63.4 \text{ m}^2$$

Question B.2

DT2.6

DR2.2

4 points

À l'aide du DT2.6, **compléter** le DR2.2 et **calculer** la surface équivalente d'absorption A.

Voir DR2.2 : Aire équivalente d'absorption $A=6,17 \text{ m}^2$

Déduire, en répondant sur le DR2.2, le temps de réverbération de la salle de classe 3 en utilisant la formule de Sabine décrite dans le DT2.6.

2 points

Voir DR2.2 : Temps de réverbération $Tr = 0.16 * (134.4/6.17) = 3.48 \text{ s}$

Conclure sur la conformité vis-à-vis de la réglementation.

1 point

La salle de classe 3 n'est pas conforme car $Tr = 3.48 \text{ s} > 1.2 \text{ s}$ maxi imposé pour un local d'enseignement.

On effectue une correction du temps de réverbération (Tr) en recouvrant la moitié du plafond d'un faux-plafond en matériau absorbant (dalles de fibres, par exemple) de coefficient d'absorption acoustique $\alpha = 0,66$ à 1 000 Hz.

Pour vérifier la bonne correction, on effectue une simulation du niveau sonore de la salle de classe 3. Le DT2.7 présente les résultats de cette simulation.

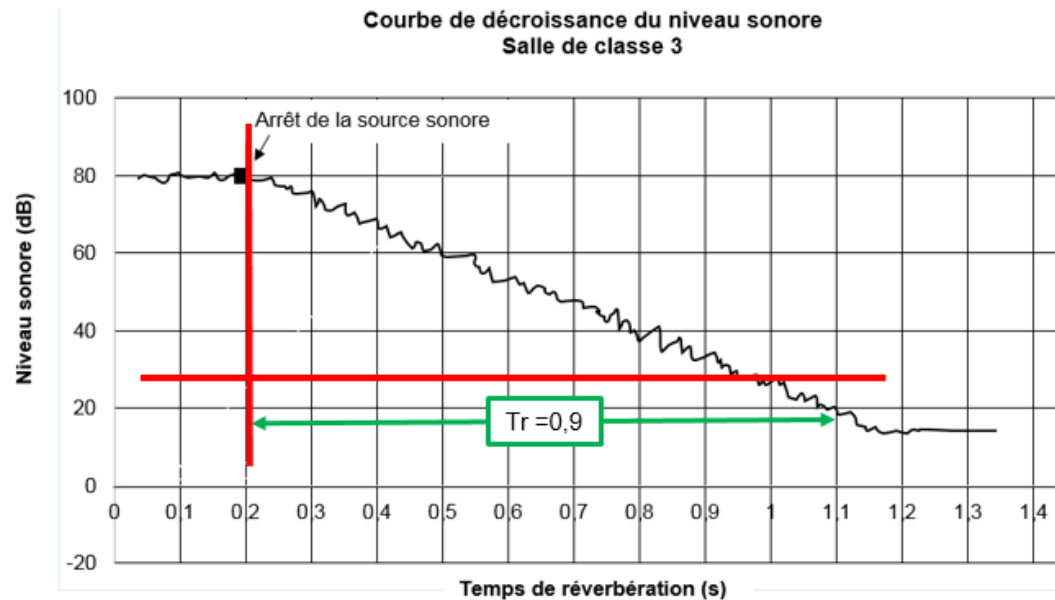
Question B.3

DTS7

3 points

À l'aide du DTS7, **mesurer** le temps de réverbération T_r obtenu après correction.

En utilisant la courbe de décroissance sur le DTS7, nous trouvons un temps de réverbération $T_r = 0.9s$.

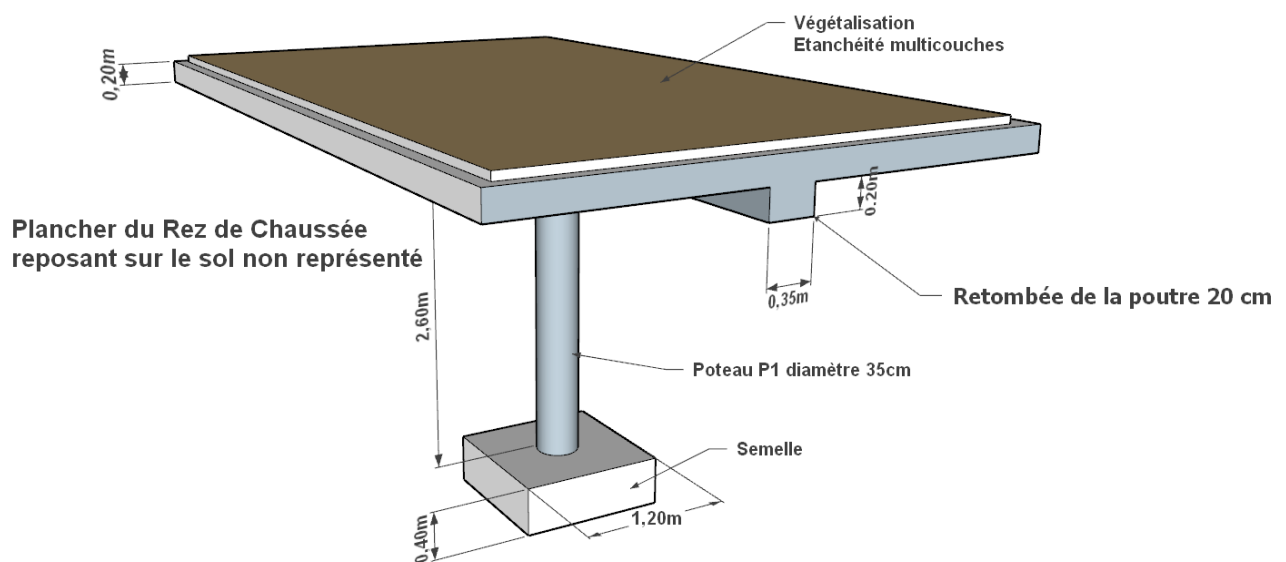
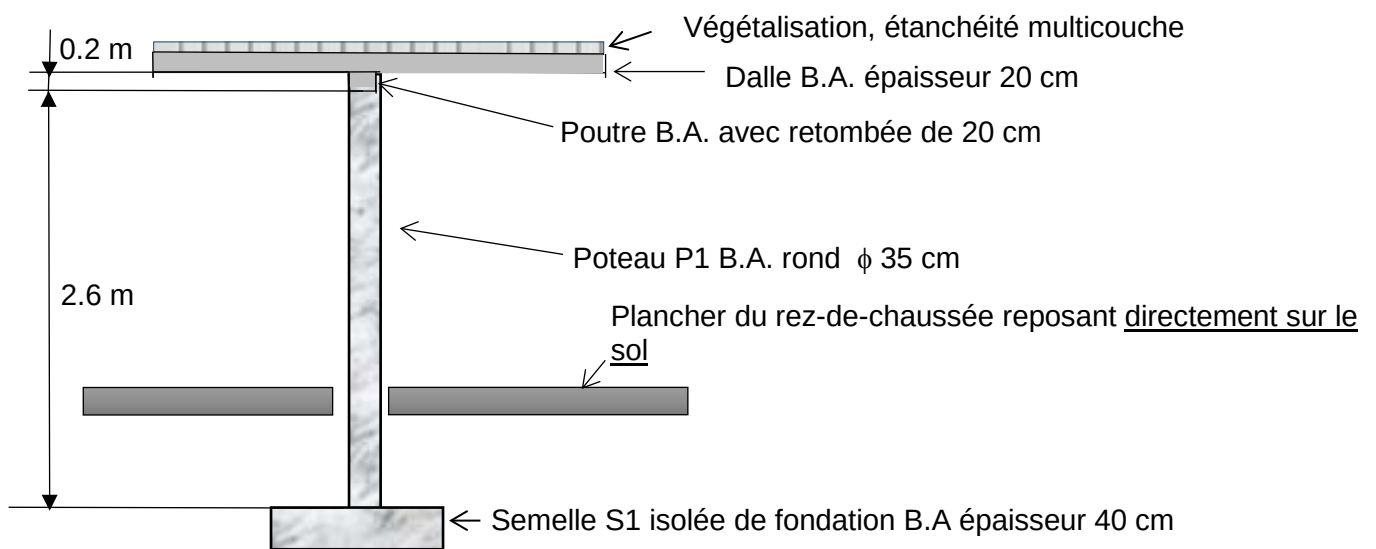


Conclure sur la valeur de T_r obtenue par simulation en la comparant aux exigences réglementaires.

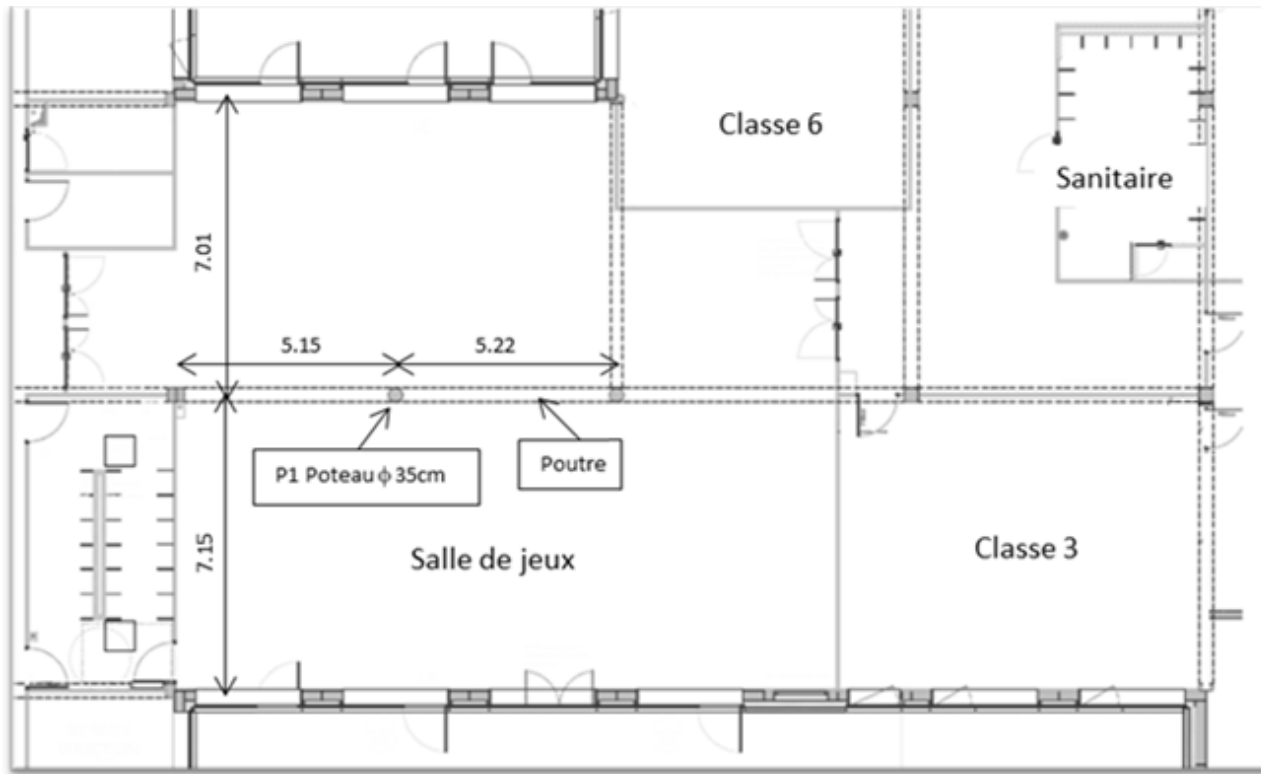
1 point

T_r respecte maintenant la réglementation car il est compris entre 0.8s et 1.2s.

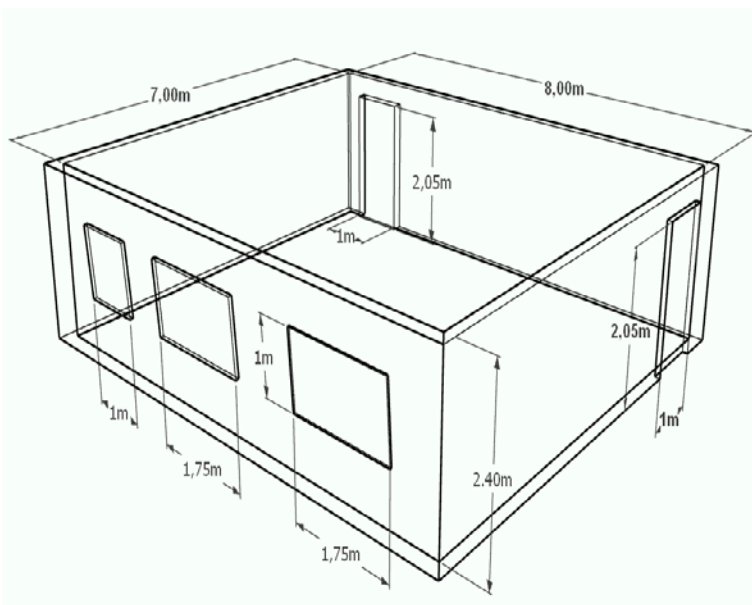
DTS1 : Description de la structure



DTS2 : Plan côté de la salle de jeux



DTS3 : Représentation de la classe 3



- Dimensions : 8,0 m x 7,0 m ;
- Hauteur sous plafond : 2,40 m ;
- 2 portes isoplanes : 2,05 m x 1,00 m ;
- 3 fenêtres vitrées (vitrage courant) :
 - 1,00 m x 1,00 m ;
 - 1,00 m x 1,75 m ;
 - 1,00 m x 1,75 m ;
- Plafond en plâtre peint ;
- Murs en plâtre peint ;
- Sol en carrelage ;
- Salle vide, sans mobilier ni personnes.

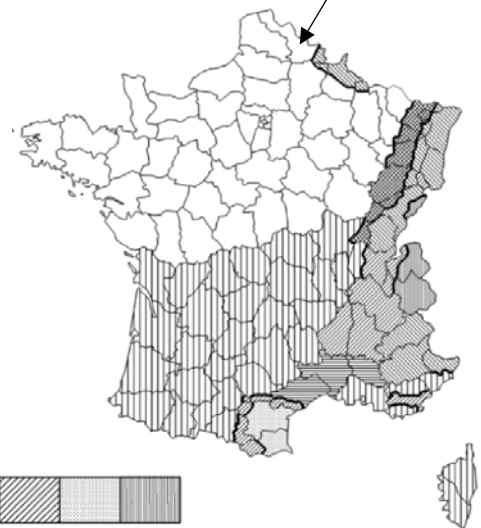
DTS4 : Charges de neige

Charges de neige sur les constructions :

$$S = S_k * \mu * C_e * C_t$$

- **S_k**, charge de neige caractéristique :
- **μ**, coefficient de forme de la toiture :

Mons-En-Barœul



Régions :	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (S _k) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m :	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (S _{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :	—	1,00	1,00	1,35	—	1,35	1,80	—
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 :	Δs_1						Δs_2	

(charges en KN/m²)

Zones de neige.

Altitude A	Δs_1	Δs_2
de 200 à 500 m	$A/1000 - 0,20$	$1,5 A/1000 - 0,30$
de 500 à 1000 m	$1,5 A/1000 - 0,45$	$3,5 A/1000 - 1,30$
de 1000 à 2000 m	$3,5 A/1000 - 2,45$	$7 A/1000 - 4,80$

α en degré (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ	0,8	$0,8 \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0

- **C_e**, le coefficient d'exposition (dans notre cas C_e = 1)
- **C_t**, le coefficient thermique (dans notre cas C_t = 1)

DTS5 : Règle de dimensionnement d'une semelle isolée

- Pour les dimensions b' et c' : $S = b' \times c'$
- Pour la hauteur h :

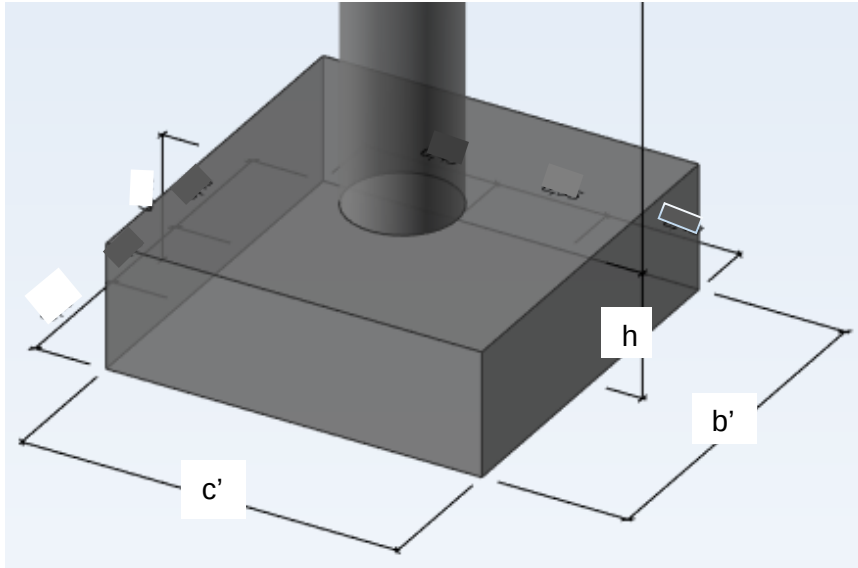
Lorsque la hauteur h est inconnue, on utilise la condition de rigidité qui fixe la hauteur utile minimum d

Pour une semelle rectangulaire : $d \geq \max \left[\frac{b'-b}{4} ; \frac{c'-c}{4} \right]$

Avec : $h = d + 6 \text{ cm}$

b' et c' : dimensions de la semelle isolée

b et c : dimensions du poteau isolé (ici on fixera $b = c = 0,35 \text{ m}$)



DTS6 : Données acoustiques

Les coefficients d'absorption α à la fréquence de 1000 Hz des matériaux couvrant les surfaces de ce local sont donnés dans le tableau suivant :

Matériaux	Coefficients d'absorption acoustique α_i 1000 Hz
Béton brut	0,02
Plâtre brut	0,04
Plâtre peint	0,03
Staff	0,05
Briques	0,04
Vitrage courant	0,12
Porte en bois traditionnelle	0,09
Porte plane en bois	0,09
Contreplaqué 5 mm espacé de 5 cm	0,11
Marbre, carrelage	0,03
Parquet sur lambourdes	0,07
Parquet bois collé	0,06
Linoléum sur feutre	0,10
Moquette bouclée 4 mm	0,11
Moquette sur thibaude	0,50
Panneau de fibres isolant	0,40
Panneau de laine minérale 4 cm	0,85
Fibragglo contre la paroi	0,54
Fibres de roche projetées	0,88
Mousse d'argile	0,99
Fibres de bois compressées	0,44

Correction acoustique :

Elle peut être déterminée par bande d'octave dans un premier temps, puis globalement avec la **formule de Sabine**.

$$T_r = 0,16 \times \frac{V}{A}$$

Avec :

- T_r : temps de réverbération [s] ;
- V : volume de la pièce étudiée [m³] ;
- 0,16 : constante de Sabine [s·m⁻¹] ;
- A : aire équivalente d'absorption [m²].

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i$$

Avec :

- S_i : surface [m²] ;
- α_i : caractérise la capacité d'absorption d'énergie du matériau.

Le coefficient α est appelé coefficient d'absorption du matériau et est donné par bande d'octave.

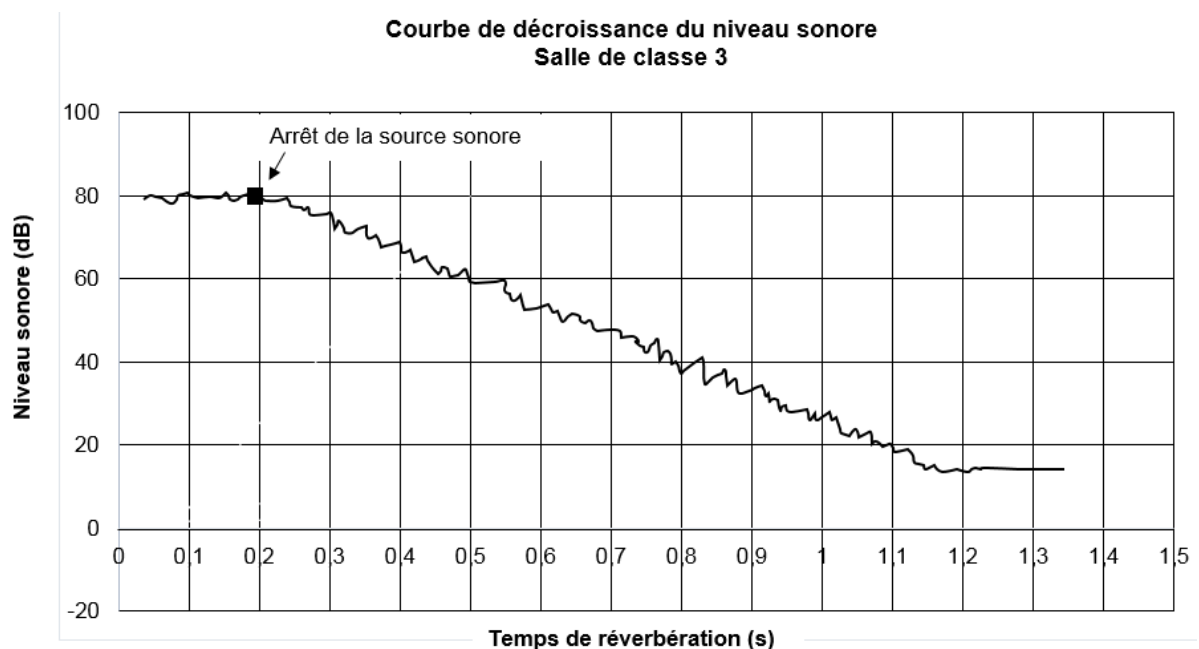
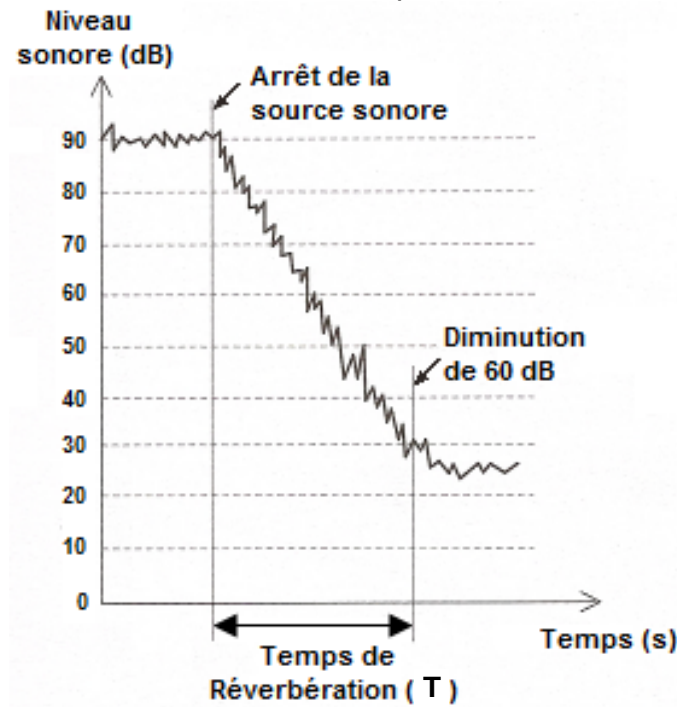
DTS7 : Mesure de temps de réverbération

La réverbération est une caractéristique essentielle d'un local. Elle renforce et prolonge le son à cause des ondes sonores réfléchies par les parois. Un local trop réverbérant provoque la superposition et le mélange des syllabes et un local trop sourd est fatigant car le niveau sonore est faible et sans relief.

Il existe un Temps de réverbération (T_r) optimum pour chaque salle en fonction de son utilisation.

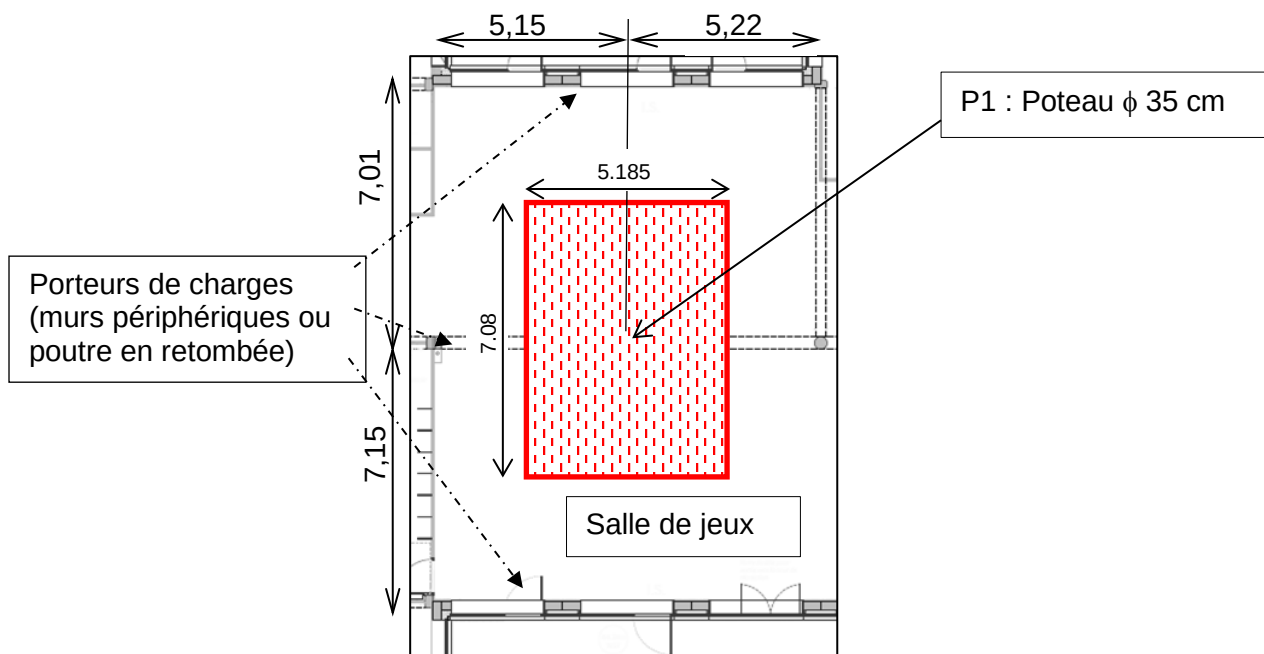
Le Temps de réverbération T_r est le temps nécessaire pour que le niveau de bruit diminue de 60 dB (décibel) après l'arrêt de la source sonore en fonctionnement.

Le graphique ci-contre illustre la mesure du Temps de réverbération T_r .



DOCUMENT RÉPONSE DRS1

Question A.2 – Partie du plan de la salle de jeux



Surface d'influence Poteau P1 (en m²) :

$$S_{\text{influence}} = (5,15+5,22)/2 \times (7,15+7,01)/2 = 36,71 \text{ m}^2.$$

DOCUMENT REPONSE DRS2

Question B.2 – Temps de réverbération

Désignation	Nature	Surfaces en m²	1000 Hz	
			α	$\alpha \times S$
Plafond	Plâtre peint	56,00	0,03	1,68
Sol	carrelage	56,00	0,03	1,68
Portes	Traditionnelle bois	4,10	0,09	0,37
Fenêtres	Vitrage courant	4,50	0,12	0,54
Murs	Plâtre peint	63,40	0,03	1,90
TOTAL :			A =	6,17

Temps de réverbération en secondes :

$$Tr = 0,16 \times (V/A), \text{ avec volume } V = 8,00 \times 7,00 \times 2,40 = 134,40 \text{ m}^3$$

$$Tr = 0,16 \times (134,4/6,17) = 3,48 \text{ s}$$

DOCUMENT RÉPONSE DRS3

Question A.5 – Descente de charges

Élément considéré	Charge Permanente G					
	Poids unitaire	Unité	Longueur	Largeur	Hauteur	Poids total
			[m]	[m]	[m]	[kN]
Couche de terre végétale	21	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	7,08	5,19	0,10	77,16
Epaisseur filtrante et drainante pour récupérer les eaux de pluie	0,1	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	7,08	5,19		3,67
Etanchéité multicouche	0,12	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	7,08	5,19		4,41
Dalle B.A.	25	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	7,08	5,19	0,20	183,73
Poutre B.A.	25	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	5,19	0,35	0,20	9,08
Poteau B.A.	25	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$				6,25
Semelle B.A.	25	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	1,20	1,20	0,40	14,40
Total						298,70

Élément considéré	Charge d'exploitation Q			
	Longueur	Largeur	Charge par m^2	Poids total
	[m]	[m]	$[\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}]$	[kN]
Plancher terrasse non accessible (sauf entretien)	7,08	5,19	1,00	36,74
Total				36,74

Élément considéré	Charge climatique S			
	Longueur	Largeur	Charge par m^2	Poids total
	[m]	[m]	$[\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}]$	[kN]
Neige	7,08	5,19	0,36	13,23
Total				13,23