BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, Innovation et Développement Durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

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 collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 34 pages numérotées de 1/34 à 34/34.

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.

23- 2D2IDACPO1 Page : 1/34

PARTIE COMMUNE (12 points)

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



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

| 0 | Présentation de l'étude et questionnement | pages 3 à 8 |
|---|---|---------------|
| 0 | Documents techniques | pages 9 à18 |
| 0 | Documents réponses | pages 19 à 20 |

23- 2D2IDACPO1 Page : 2/34

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 est de dépasser 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.

23- 2D2IDACPO1 Page : 3/34

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).

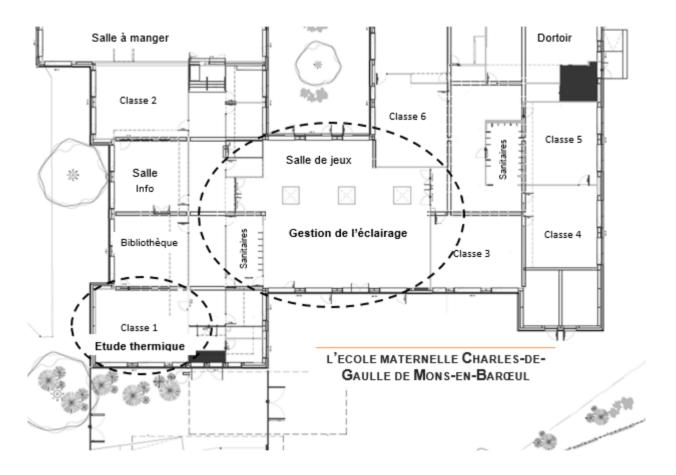


Figure 2 : vue en plan partielle

23- 2D2IDACPO1 Page : 4/34

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

Mise en situation

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

À 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.

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.

Question 1.3 DT3. DT4

À partir du document technique DT3, **résumer** les critères d'exigences qui doivent être respectés pour satisfaire la réglementation RT2012, puis à l'aide du DT4, **justifier** le scénario d'étude thermique qui devra être retenu.

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

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

Question 1.5 DR1, DT5

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

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

On utilise la valeur calculée précédemment pour paramétrer le modèle de simulation relatif à l'évolution de la température intérieure de la salle de classe 1. Il s'agit 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.

23- 2D2IDACPO1 Page : 5/34

Question 1.6

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

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

Question 1.7 DT4, DT6 DR2

À la lecture du DT6, **commenter** les résultats des simulations de la régulation de chauffage avant et après rénovation.

La puissance installée des radiateurs est inchangée.

À l'aide du DT6, **calculer** le rapport « R_t » des temps de fonctionnement du chauffage : $R_t = t$ avant rénovation / t après rénovation.

À l'aide du DT4, **calculer** le rapport « R_c » des consommations en énergie primaire du chauffage : R_c = E_{avant rénovation} / E_{après rénovation}.

Analyser les écarts entre R_t et R_c puis **identifier** les hypothèses simplificatrices retenues pour le modèle proposé.

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

En vous référant aux performances des matériaux du DT7 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.

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

Question 1.9

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.

23- 2D2IDACPO1 Page : 6/34

Partie 2 : l'investissement dans de nouveaux luminaires de technologie DEL est-il nécessaire?

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

Avec le remplacement des luminaires à tubes fluorescents existants, 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. Trois puits de lumière naturelle sont également prévus.

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

L'éclairement **E** en Lux peut être calculé avec l'équation : $\mathbf{E} = \frac{\Phi * \cos(\frac{\alpha}{2})}{\sigma^2}$

Φ: flux lumineux initial en lumen (lm)

α: angle d'ouverture du faisceau de lumière en degré (°)

d : distance entre le plafond d'installation et le plan d'activité en mètre (m)

Question 1.11 | 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.

> 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.

La surface d'éclairement d'un luminaire S en m² peut être calculée à partir de la relation :

$$E = \Phi/S$$

Φ : flux lumineux initial en lumen (lm)

E : éclairement en 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.

Question 1.13 DT1, DT10

Comparer cet éclairement en Lux à celui de l'exigence de confort visuel exprimée dans le DT1. Conclure quant au choix de ce modèle de luminaire.

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.

Calculer le facteur d'insuffisance.

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

À partir des résultats des simulations « Dialux » sur le DT10, choisir et justifier l'implantation optimale des luminaires pour compenser cette insuffisance et satisfaire le critère d'exigence de confort visuel.

23-2D2IDACP01 Page: 7/34 Question 1.14 Pour la suite de l'étude, le facteur d'insuffisance est fixé à 2.15. Déterminer le nombre minimal théorique de luminaires *Philips CoreLine* Downlight nécessaires sachant que la salle de jeux totalise une surface de 215 m².

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

Question 1.15 En vous référant au DT9, **indiquer** l'efficacité lumineuse des luminaires Philips CoreLine Downlight et déterminer le gain (en %) obtenu grâce au passage à la technologie DEL.

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.

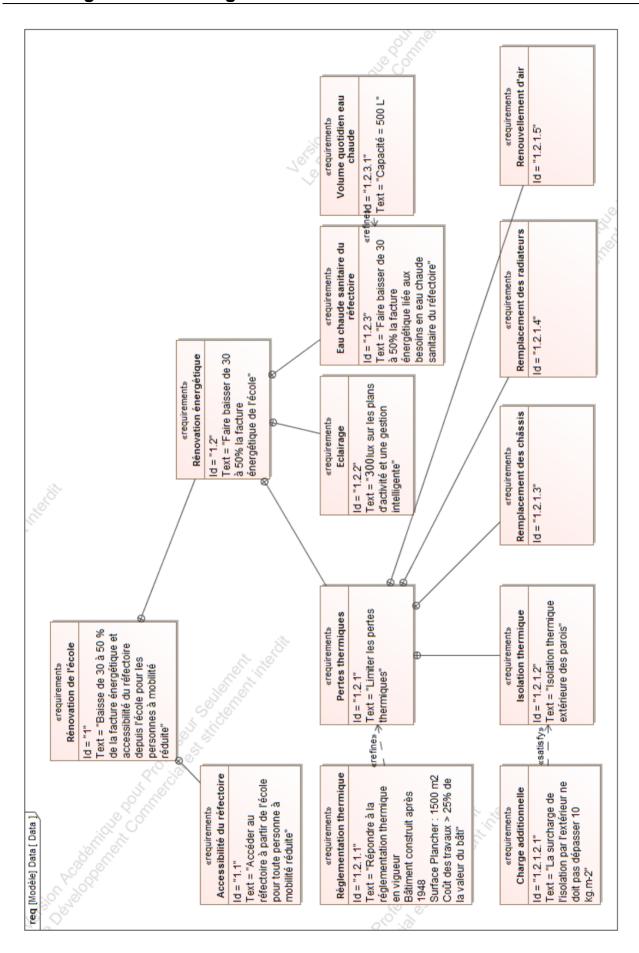
Question 1.16

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.

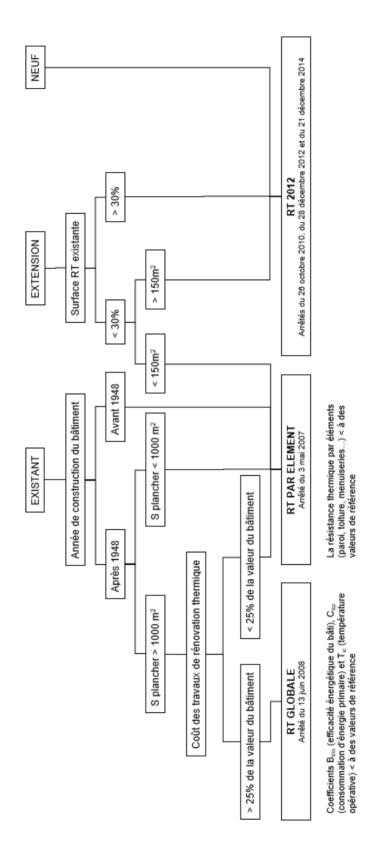
Calculer alors l'économie annuelle réalisée en Euros sachant que le kWh coûte 0,20 €.

Question 1.17 | A partir du DT1, **conclure** sur le respect des exigences quant aux choix de la technologie retenue pour l'éclairage et pour sa gestion.

23-2D2IDACP01 Page: 8/34



23- 2D2IDACPO1 Page : 9/34



23- 2D2IDACPO1 Page : 10/34

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 kWhep·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...).

23- 2D2IDACPO1 Page: 11/34

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 | UBåtinit (W/m².K) | UBåtproj (W/m².K) | UBátréf (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 (Kweph/m²) | Cepproj (Kweph/m²) | Cepréf (Kweph/m²) | Cep_p (Kwhep/m²) | Cepmax (Kwhep/m²) |
| Tic conforme | OUI | 253.69 | 171.04 | 144.26 | - | - |
| | | Gain Cepproj/Cepinit | Gain Cepproj/Cepréf | Gain Cep_p/Cepmax | Gain UBât/UBâtréf | Gain UBåt/UBåtmax |
| Bâtiment non con | forme | 32.58 % | -18.57 % | - | 7.48 % | 38.32 % |

Comparatif des consommations en énergie primaire (kWhep/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 |

<u>Scénario n°2</u>: 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 | UBåtinit (W/m².K) | UBátproj (W/m².K) | UBátréf (W/m².K) | UBâtbase (W/m².K) | UBátmax (W/m².K) |
| UBât <= Ubâtmax | OUI | 1.239 | 0.576 | 0.623 | 0.623 | 0.934 |
| Garde-fous conformes | OUI | Cepinit (Kweph/m²) | Cepproj (Kweph/m²) | Cepréf (Kweph/m²) | Cep_p (Kwhep/m²) | Cepmax (Kwhep/m²) |
| Tic conforme | OUI | 253.69 | 99.43 | 133.47 | - | - |
| | | Gain Cepproj/Cepinit | Gain Cepproj/Cepréf | Gain Cep_p/Cepmax | Gain UBât/UBâtréf | Gain UBåt/UBåtmax |
| Bâtiment confo | rme | 60.81 % | 25.50 % | - | 7.48 % | 38.32 % |

Comparatif des consommations en énergie primaire (kWhep/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 |

23-2D2IDACPO1 Page : 12/34

DT5 : extrait de la réglementation thermique RT 2012

La réglementation thermique RT 2012 spécifie pour les bâtiments neufs une consommation maximale de 50kWh.m⁻².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 :

| Élément | Valeur R par élément (pour une construction neuve et bénéficier d'un crédit d'impôt) | Valeur R par élément (pour une rénovation) |
|---------------------|---|--|
| Combles perdus | R ≥ 7.0 | R ≥ 4.5 |
| Combles aménagés | R ≥ 6.0 | R ≥ 4.0 |
| Murs | R ≥ 3.7 | R ≥2.3** |
| Planchers | R ≥ 3.0 | R ≥ 2.3*** |
| Toiture-terrasse | R ≥ 4.5 | R ≥ 2.5 |

^{**} cette valeur dépend du type de mur

23- 2D2IDACPO1 Page : 13/34

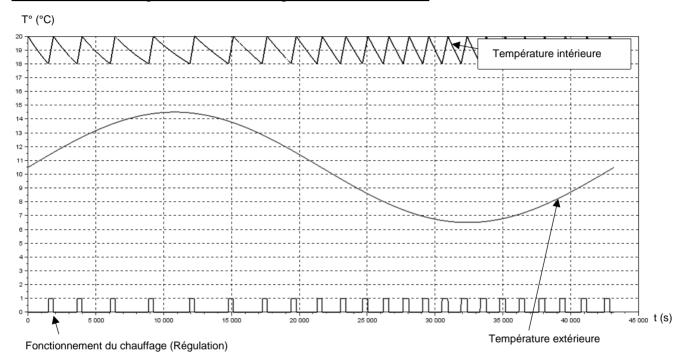
^{***} cette valeur dépend du type de plancher

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

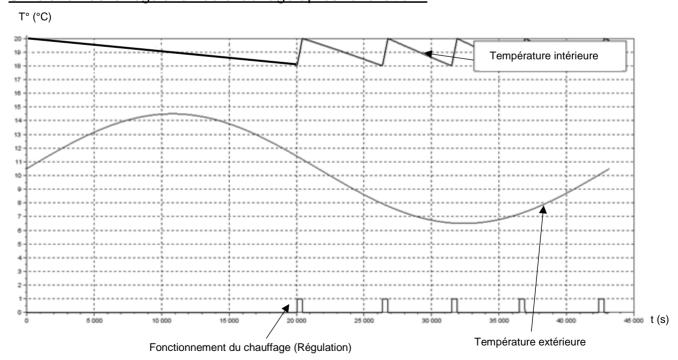
Les simulations ci-dessous sont obtenues pour une variation de la température extérieure comprise entre 6,5°C et 14,5°C : températures moyennes minimales et maximales de la région en hiver.

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 :



23- 2D2IDACPO1 Page : 14/34

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 :

19,5 kg·m⁻²

 λ de 0.043 W·m⁻¹·K⁻¹ Masse surfacique:

| Impact environnemental | Unité | Valeur sur UF |
|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Consommation ressources | MJ | 1021,7 |
| énergétiques primaires totales | | |
| Épuisement 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 CO2 | 47,7 |
| Acidification | kg éq SO₂ | 2,2.10 ⁻¹ |
| Pollution de l'air | m³ | 5250 |
| Pollution de l'eau | m ³ | 5,7 |
| Appauvrissement de la couche | kg éq CFC-11 | 4,8.10 ⁻⁶ |
| d'ozone | | |
| Formation d'ozone | kg éq C ₂ H ₄ | 2,6.10 ⁻² |
| photochimique | | |
| Eutrophisation | kg éq PO ₄ 3- | 2,4.10-2 |

Panneau sandwich de bardage en mousse rigide et deux parements aluminium



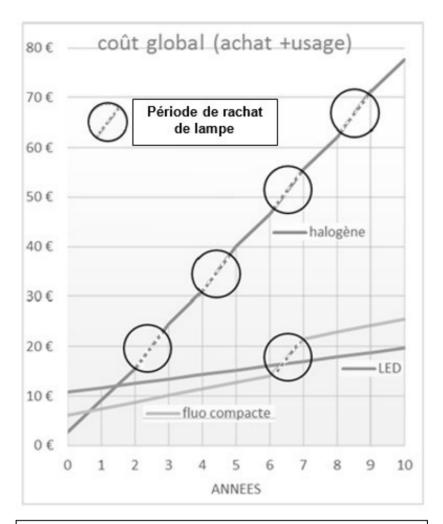
Conductivité thermique : λ de 0,022 W·m⁻¹·K⁻¹

Masse surfacique: 4,48 kg·m⁻²

| Impact environnemental | Unité | Valeur sur UF |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Consommation ressources | MJ | 149,17 |
| énergétiques primaires totales | | |
| 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 CO2 | 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 | kg éq CFC-11 | 4,33.10 ⁻⁶ |
| d'ozone | | |
| Formation d'ozone | kg éq C₂H₄ | 2,12.10 ⁻³ |
| photochimique | | |
| Eutrophisation | kg éq PO4 ³⁻ | 3,11.10 ⁻³ |

23-2D2IDACPO1 Page: 15/34

DT8 : calcul des coûts d'utilisation de lampe



Calcul des coûts d'utilisation de lampes LED (DEL) de 6 watt, équivalente aux anciennes lampes de 60 Watt – Source ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

23- 2D2IDACPO1 Page : 16/34

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

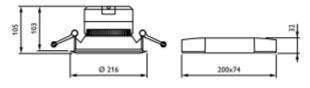
| Caractéristiques générales | |
|--|-----------------------------------|
| Angle d'ouverture du faisceau de lumière | 120 ° |
| Température de couleur | 840 blanc neutre |
| Source lumineuse de substitution | Non |
| Nombre d'unités d'appareillage | 1 unit |
| Driver/alimentation/transformateur | PSD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

| Connexion | Connecteur à poussoir et |
|---------------------------|----------------------------------|
| | soulagement de traction |
| Câble | Non |
| Classe de protection CEI | Classe de sécurité l |
| 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 |

| | « Évaluer les performances des |
|---|-------------------------------------|
| | luminaires LED - janvier 2018 », |
| | statistiquement, il n'existe aucune |
| | différence significative de |
| | maintien du flux lumineux entre |
| | 850 et, par exemple, 810. La |
| | valeur de la durée de vie utile |
| | moyenne (850) 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 | Oul |
| 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 | Out |

| 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) | ≥60 |
| Chromaticité initiale | (0.380,0.377) SDCM≦5 |
| Puissance initiale absorbée | 20.5W |
| 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 a 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 | Oul |

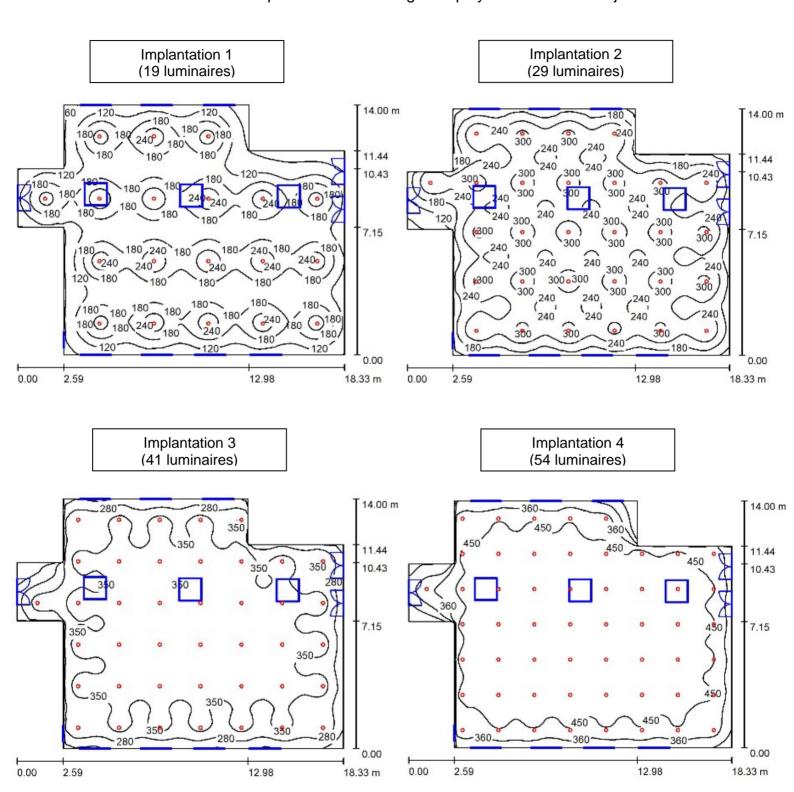




23- 2D2IDACPO1 Page : 17/34

DT10: simulations avec Dialux

Comparaison en courbes Isolux (valeurs en lux) de quatre implantations en nombres différents du luminaire *Philips CoreLine Downlight* employé dans la salle de jeux.



23- 2D2IDACPO1 Page : 18/34

DR1 : caractéristiques thermiques d'une salle de classe

Composition de la paroi verticale existante :

| Composants | Épaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹ | | | | | |
|---------------------|---------------|--|--|--|--|--|--|
| Béton plein armé | 0,20 | 2,3 | | | | | |
| Polystyrène expansé | 0,05 | 0,05 | | | | | |

Composition de la paroi verticale rénovée :

| Composants | Épaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹) | Résistance thermique composant (m²·K·W ⁻¹) |
|-----------------------------------|---------------|---|---|
| Ri | | | 0,13 |
| Béton plein armé | 0,20 | 2,3 | Q1.4 |
| Polystyrène expansé | 0,05 | 0,05 | Q1.4 |
| Panneau sandwich en mousse rigide | 0,14 | 0,022 | Q1.4 |
| Lame d'air faiblement ventilée* | 0,02 | | |
| Vêture brique* | 0,1 | | |
| Re | | | 0,04 |
| | | R _{therm} paroi (m²·K·W ⁻¹) | Q1.5 |

^{*} 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 Rtherm · [m²·K·W-1]

$$R_{therm} = R_i + \sum \frac{e_{mat\'eriau}}{\lambda_{mat\'eriau}} + R_e$$

Avec $R_i = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ et $R_e = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

23- 2D2IDACPO1 Page : 19/34

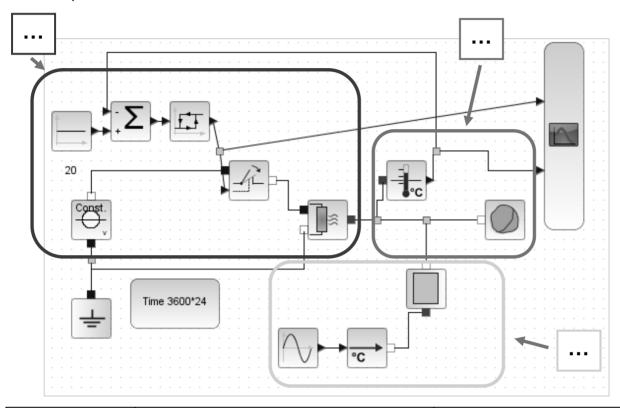
| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| (Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

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 18°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 |
| , , , , , | Épaisseur de la paroi | Q1.6 |
| | Variations de la température extérieure | Q1.6 |
| | Variations de la température intérieure | Q1.6 |

23- 2D2IDACPO1 Page : 20/34

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| (Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

ARCHITECTURE ET CONTRUCTION



| 0 | Présentation de l'étude et questionnement | pages | 22 | à 25 |
|---|---|-------|----|------|
| 0 | Documents techniques | pages | 26 | à 31 |
| 0 | Documents réponses | pages | 32 | à 34 |

23- 2D2IDACPO1 Page : 21/34

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.

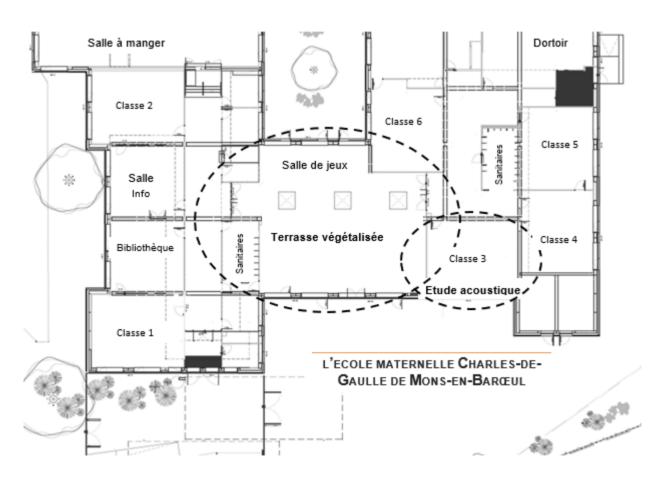


Figure 1 : vue en plan partielle

23- 2D2IDACPO1 Page : 22/34

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 ρbéton armé = 25 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

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.

Question A.2 DTS2 DRS1

<u>Rappel:</u> 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.

Calculer cette surface en m² en détaillant votre calcul sur le document réponse DRS1.

Question A.3

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.

La charge supportée, Pu, par la fondation est est donnée ci-dessous. On pondère les charges pour se donner une marge de sécurité :

$$Pu = 1,35G + 1,50 (Q ou S)$$

Pour réaliser la descente des charges sur la semelle S1 :

Question A.4

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

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

23- 2D2IDACPO1 Page : 23/34

Question A.5

Compléter le DRS3 par les informations manquantes.

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

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 Pu 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 $\sigma_{sol} = 0,4$ MPa et que l'on doit respecter la condition de résistance : $\sigma \le \sigma_{sol}$, **calculer** la surface minimale de la semelle de fondation en m².

On rappelle la formule de la contrainte σ = Pu / S, dans laquelle σ est exprimée en MPa, Pu en MN (Méga Newton soit 10⁶ N) et S en m².

Question A.7 DTS1, DTS5

À 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.

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

23- 2D2IDACPO1 Page : 24/34

PARTIE B : comment améliorer les ambiances acoustiques ?

Objectif: vérifier les exigences réglementaires.

Afin de travailler dans de bonnes conditions, la réglementation acoustique impose un temps de réverbération dans les locaux d'enseignement compris entre 0,8 s et 1,2 s. Pour cette étude, la fréquence du son sera considérée à 1 000 Hertz (Hz).

La salle de classe 3 faisant l'objet de cette étude est représentée sur le DTS3. Les caractéristiques dimensionnelles et constructives sont précisées.

Question B.1

À l'aide du DTS3, **calculer** les surfaces des murs (en déduisant les ouvertures) et la surface totale des parois.

Question B.2 DTS6 DRS2

À l'aide du DTS6, **compléter** le DRS2 et **calculer** la surface équivalente d'absorption A.

Déduire, en répondant sur le DRS2, le temps de réverbération de la salle de classe 3 en utilisant la formule de Sabine décrite dans le DTS6.

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

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 DTS7 présente les résultats de cette simulation.

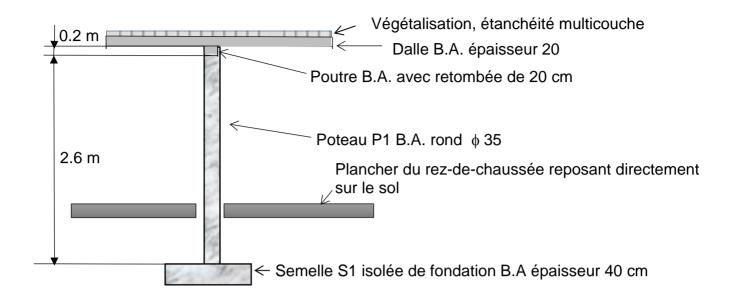
Question B.3 DTS7 DRS4

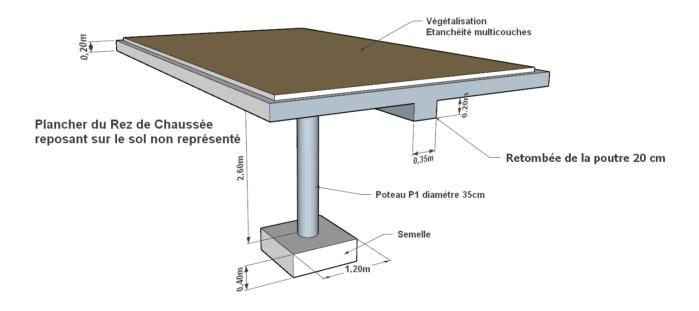
À l'aide du DTS7, **mesurer** sur le DRS4 le temps de réverbération Tr obtenu après correction.

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

23- 2D2IDACPO1 Page: 25/34

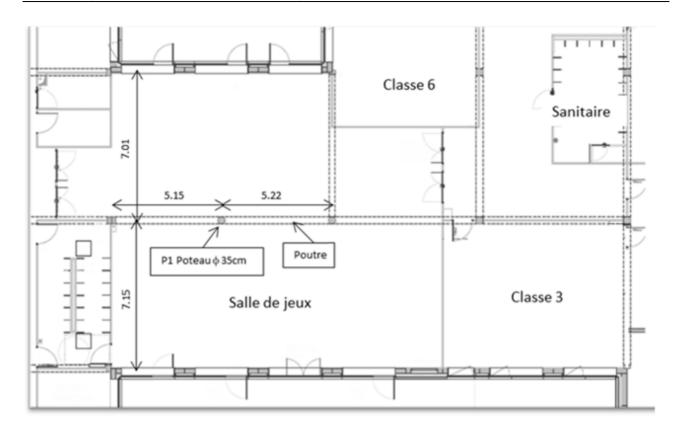
DTS1: description de la structure



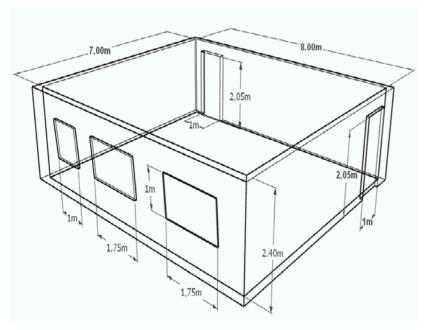


23- 2D2IDACPO1 Page : 26/34

DTS2 : plan coté 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.

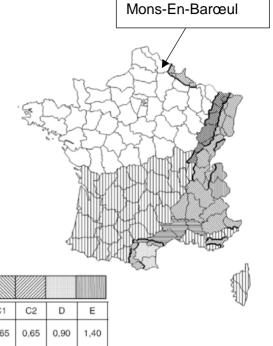
23- 2D2IDACPO1 Page : 27/34

DTS4 : charges de neige

Charges de neige sur les constructions :

$$S = Sk * \mu * Ce * Ct$$

Sk, charge de neige caractéristique :



| Régions : | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D | Е |
|---|------|------|------|-------------------------|------|------|------|-------------------------|
| Valeur caractéristique $(S_{\vec{k}})$ 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 : | | | | Δ s ₁ | | | | Δ s 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 |

• μ, coefficient de forme de la toiture :

| α en degré (angle du toit avec l'horizontale) | 0°≤ α ≤ 30° | 30° ≤ α ≤ 60° | α ≥ 60 ° |
|---|-------------|-----------------------------|-----------------|
| μ | 0,8 | $0.8\frac{(60-\alpha)}{30}$ | 0 |

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

23- 2D2IDACPO1 Page : 28/34

DTS5 : règle de dimensionnement d'une semelle isolée.

Pour les dimensions b' et c' : S = b' x c'

Pour la hauteur h :

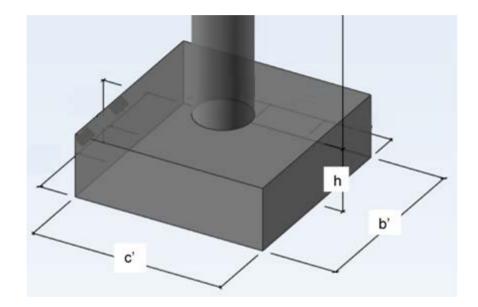
Lorsque la hauteur h est inconnue, on utilise la condition de rigidité qui fixe la hauteur utile minimum d

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

Avec: h = d + 6 cm

b' et c' : dimensions de la semelle isolée

b et c : dimensions du poteau isolé (ici on fixera b = c = 0.35 m)



23- 2D2IDACPO1 Page: 29/34

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 :

| | Coefficients d'absorption acoustique |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Matériaux | $lpha_{_{ m i}}$ |
| | 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:

• Tr: 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.

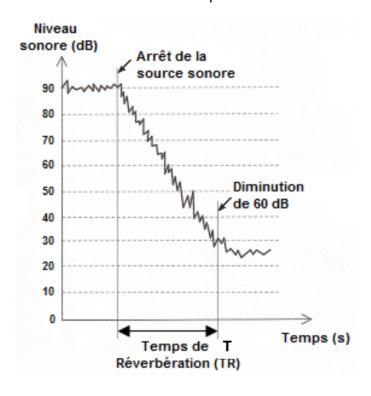
23- 2D2IDACPO1 Page : 30/34

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.

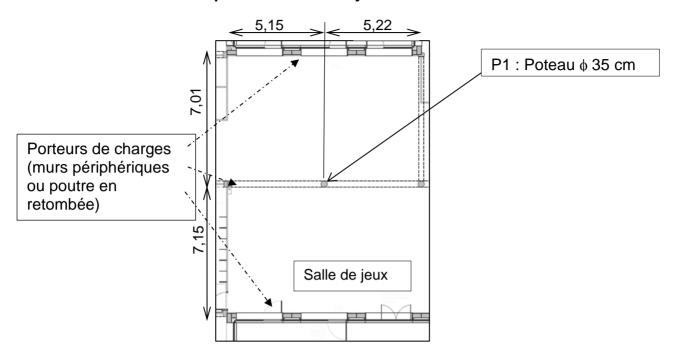
Le Temps de réverbération T_r est le temps nécessaire pour que le niveau de bruit diminue de 60 dB (décibel) après l'arrêt de la source sonore en fonctionnement. Le graphique ci-contre illustre la mesure du Temps de réverbération T_r.



23- 2D2IDACPO1 Page: 31/34

| PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT. | |
|--|--|
| NE RIEN ÉCRIRE DESSUS | |
| | |
| | |

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



| Surface d'influence Poteau P1 (en m²) : | | |
|---|--|--|
| | | |
| | | |

DRS2

Question B.2 – Temps de réverbération

| Décignation | Nature | Surfaces en m² | 100 | 0 Hz |
|-------------|---------------------|-----------------|------|------|
| Désignation | Nature | Surfaces en in- | α | αxS |
| Plafond | Plâtre peint | 56,00 | | |
| Sol | carrelage | | | |
| Portes | Traditionnelle bois | 4,10 | | |
| Fenêtres | Vitrage courant | 4,50 | | |
| Murs | Plâtre peint | | 0,03 | 1,90 |
| T | OTAL : | | A = | |

| Temps de réverbération en seco | ndes : | | |
|--------------------------------|--------|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

23- 2D2IDACPO1 Page : 32/34

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|---------|----|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| | (Les n | uméros | figure | nt sur | la con | vocatio | on, si b | esoin | deman | der a u | ın surv 1 | eillant | .) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

Question A.5 – Descente de charges

| | Charge Permanente G | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------|----------|-----------|---------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Élément considéré | Poids | Unité | Longueur | Largeur | Hauteur | Poids total | | | | | | | |
| | unitaire | | [m] | [m] | [m] | [kN] | | | | | | | |
| Couche de terre végétale | 21 | kN∙m ⁻³ | | | 0,10 | 77,16 | | | | | | | |
| Épaisseur filtrante et drainante pour récupérer les eaux de pluie | 0,1 | kN∙m⁻² | 7,08 | 5,19 | | | | | | | | | |
| Étanchéité multicouche | 0,12 | | 7,08 | 5,19 | \rightarrow | 4,41 | | | | | | | |
| Dalle B.A. | 25 | kN⋅m ⁻³ | 7,08 | 5,19 | 0,20 | 183,73 | | | | | | | |
| Poutre B.A. | | kN⋅m ⁻³ | 5,19 | 0,35 | 0,20 | 9,08 | | | | | | | |
| Poteau B.A. | 25 | kN⋅m ⁻³ | $>\!\!<$ | \langle | \langle | 6,25 | | | | | | | |
| Semelle B.A. | 25 | kN⋅m ⁻³ | 1,20 | 1,20 | 0,40 | 14,40 | | | | | | | |
| | | | | | Total | | | | | | | | |

| | Charge d'exploitation Q | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---------|------------------------------|----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Élément considéré | Longueur | Largeur | Charge par m ² | Poids total | | | | | | | |
| | [m] | [m] | [kN·m ⁻²] | [kN] | | | | | | | |
| Plancher terrasse non accessible (sauf entretien) | | | 1,00 | | | | | | | | |
| | | | Total | | | | | | | | |

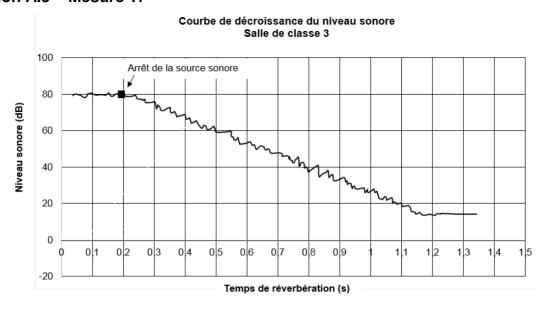
| | Charge climatique S | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------|------------------------------|----------------|--|--|--|--|--|--|
| Élément considéré | Longueur | Largeur | Charge par m ² | Poids total | | | | | | |
| | [m] | [m] | [kN·m ⁻²] | [kN] | | | | | | |
| Neige | 7,08 | 5,19 | | | | | | | | |
| | | • | Total | | | | | | | |

23- 2D2IDACPO1 Page : 33/34

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|---------|----|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| | (Les no | uméros | figure | nt sur | la con | vocatio | on, si b | esoin | deman | der a u | ın surv 1 | eillant | .) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

DOCUMENT RÉPONSE DRS4

Question A.3 - Mesure Tr



23- 2D2IDACPO1 Page : 34/34

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|---------|----|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| | (Les no | uméros | figure | nt sur | la con | vocatio | on, si b | esoin | deman | der a u | ın surv 1 | eillant | .) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

ÉNERGIE ENVIRONNEMENT

Des calories pour la restauration



| 0 | Présentation de l'étude et questionnement | pages | 22 à | 24 |
|---|---|-------|------|----|
| 0 | Documents techniques | pages | 26 à | 32 |
| 0 | Documents réponses | pages | 33 à | 35 |

23-2D2IDEEPO1 Page : 21/33

Mise en situation

Pour répondre aux exigences du cahier des charges de la rénovation de l'école Charles de Gaulle, il est nécessaire d'étudier la possibilité d'installer un ballon d'eau chaude sanitaire solaire pour la cuisine de restauration scolaire.

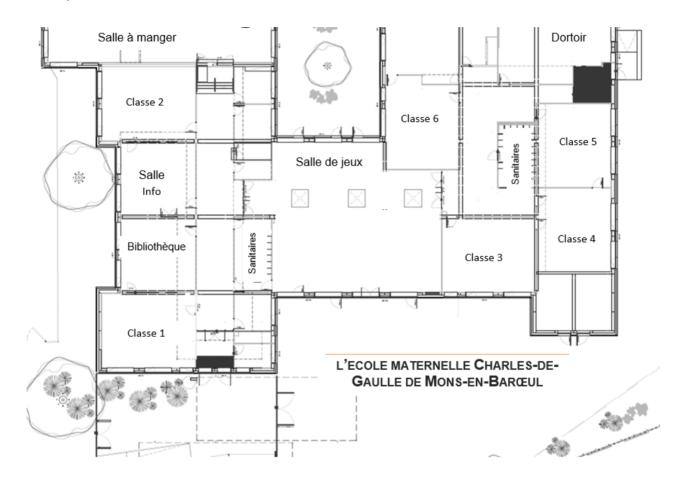


Figure 1: plan de situation

23-2D2IDEEPO1 Page : 22/33

Partie A : comment produire de l'eau chaude à partir de l'énergie solaire ?

Objectif : dimensionner une installation de panneaux solaires pour la production d'eau chaude à partir d'une simulation numérique.

L'eau chaude sanitaire qui sera produite grâce au système solaire servira exclusivement au réfectoire. Les repas pour les 120 élèves fréquentant la cantine sont fournis par une centrale de préparation. Le personnel de l'école se charge de réchauffer les plats servis. Un seul service a lieu chaque journée d'ouverture.

Question A.1

À partir du DTS1, **déterminer** les besoins en eau chaude par repas servi puis **calculer** les besoins journaliers pour le restaurant scolaire.

À partir du DTS2, **choisir** le réservoir de stockage d'eau chaude approprié et le nombre de capteurs adéquats selon la technologie.

Pour la suite de l'étude, on prendra une consommation estimée à 360 litres d'eau chaude sanitaire par jour. La consigne de température est fixée à 60°C.

On donne : $Q = \rho \cdot V \cdot C \cdot \Delta T$

 $C = 4185 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$: Chaleur massique de l'eau,

V : Volume d'eau consommée en m³,

ΔT : Écart de température en ° C,

Q : Energie thermique en Joules (J).

Rappel: masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Question A.2

L'eau du réseau est à une température de 10°C. **Calculer** l'énergie thermique à fournir Q (en kJ) pour chauffer à 60°C, la quantité d'eau nécessaire pour la consommation journalière.

Exprimer cette valeur en kWh (1 kWh = 3 600 kJ).

Déduire l'énergie annuelle à fournir sachant que le restaurant scolaire fonctionne 5 jours par semaine, 35 semaines par an.

La suite de l'étude vise à choisir un panneau solaire thermique.

Question A.3

Choisir le panneau solaire qui vous semble le plus performant à partir des courbes de rendement des trois produits présentés sur le DTS4. **Justifier** votre réponse.

23-2D2IDEEPO1 Page : 23/33

Question A.4
DTS3
DRS1

D'après le DTS3, **calculer** le rendement du panneau VITOSOL200 pour un différentiel de température (ΔT) de 10°K.

Reporter le résultat dans le tableau réponse DRS1.

Les éléments déterminés précédemment vont nous permettre de paramétrer le logiciel de simulation CALSOL, afin de valider le dimensionnement de l'installation.

Le DTS5 explicite les différents paramètres nécessaires au logiciel CALSOL pour le calcul des gains énergétiques.

Question A.5 DTS3, DTS5 DRS2

À partir des DTS3 et DTS5, **compléter** les valeurs de B et K (k₂ étant négligeable) pour le panneau choisi sur le DRS2.

Sur le DRS2, **entourer** en bleu les paramètres externes et en vert les paramètres internes du modèle de simulation des panneaux solaires thermiques.

Question A.6

À partir du DTS6, **analyser** les résultats de la simulation.

Préciser les limites de cette simulation.

23-2D2IDEEPO1 Page : 24/33

Partie B : comment piloter une installation bi-énergie ?

Objectif : justifier le principe du pilotage de l'installation bi-énergie de l'école Charles de Gaulle.

Dans la zone climatique de l'école, le rayonnement solaire est insuffisant pour assurer le chauffage complet de l'eau chaude sanitaire. C'est pourquoi une installation solaire de ce type nécessite l'association d'un autre générateur de chaleur. On parle d'installation biénergie. Un synoptique de l'installation est présenté sur le DTS7.

Une telle installation nécessite une régulation de la température de l'eau du ballon avec une gestion des apports d'énergie.

Un réglage en usine permet de limiter la température de l'eau du ballon à 60°C. Ce réglable est possible de 4 à 75°C. Si la température mesurée dépasse la température réglée, le circulateur du circuit solaire est arrêté.

DTS7

Question B.1 | À partir du synoptique de l'installation présenté sur le DTS7, **indiquer** la fonction des éléments repérés A,B,C.

Question B.2 DRS4

Compléter le diagramme de blocs internes (DRS4) du chauffe-eau biénergie en indiquant les énergies mises en œuvre (électrique, mécanique, lumineuse...).

Entourer en bleu la chaîne de puissance.

Question B.3 DTS7 DRS3

Compléter sur le document réponse DRS3, le schéma-bloc dans l'hypothèse du réglage usine et d'une température de l'eau chaude sanitaire égale à 55°C.

Question B.4 DRS4

À partir du DRS4, au regard de la nature des données informationnelles à l'entrée du régulateur, indiquer quand il faudra distribuer l'énergie électrique à la résistance.

23-2D2IDEEPO1 Page: 25/33

DTS1: besoins en eau chaude sanitaire en collectivité.

Extrait d'Eau Chaude Solaire Manuel pour la conception, le dimensionnement et la réalisation des installations collectives – ADEME.

| Type d'établissement | Observation | Consommation d'eau à 60°C |
|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Gymnases | Vérifier la nature des | 30 l / utilisateur |
| | sports pratiqués | |
| | (Football ou rugby : + | |
| | 50 %) | |
| Restaurant | Repas ordinaire | 8 l / repas |
| | Repas luxe | 12 à 20 l/ repas |
| | Petit déjeuner | 2 l / repas |
| Cantine | Cuisine de réchauffage | 3 l / repas |
| | Repas normal | 5 l / repas |
| Buanderie | Hôtel 4/5 * | 7 l / kg de linge |
| | Cycle court | 6 l / kg de linge |
| | Cycle automatique | 5 l / kg de linge |

(Source : Calculs pratiques de plomberie sanitaire. Editions Parisiennes)

DTS2 : dimensionnement ballon d'eau chaude sanitaire et choix des capteurs.

Extrait de la notice d'étude VITOSOL de Viessmann.

« Pour obtenir un taux de couverture de 60 %, le volume de stockage total disponible (ballon d'ECS bi-énergie ou ballon de préchauffage) doit être environ 1,5 à 2 fois plus grand que les besoins quotidiens en eau chaude en prenant en compte la température ECS souhaitée ».

| BESOINS EN EAU CHAUDE PAR JOUR | VOLUME DE STOCKAGE | CAPTEURS PLATS VITOSOL 100 | CAPTEURS A TUBES VITOSOL 200 | CAPTEURS A TUBES VITOSOL 300 |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|--|
| De 250 à 300 L | 300 L | 2 x SV1 2 x SH1 | 1 x 3 m ² | 1 x 3 m² |
| De 300 à 350 L | 400 L | 2 x SV1 2 x SH1 | 2 x 2 m² | 2 x 2 m² |
| De 350 à 400 L | 500 L | 3 x SV1 3 x SH1 | 1 x 2 m ² et 1 x 3 m ² | 1 x 2 m ² et 1 x 3 m ² |

23-2D2IDEEPO1 Page : 26/33

DTS3: rendement d'un capteur.

L'efficacité d'un capteur dépend de ses caractéristiques thermiques (diminution des pertes) et optiques (augmentation des apports solaires utiles).

Le rendement optique η_0 représente le rendement maximum du capteur lorsque la température du fluide est à température ambiante (pas de pertes thermiques). Ce rendement dépend de trois facteurs :

- le facteur d'absorption de l'absorbeur ;
- le facteur de transmission du vitrage ;
- le facteur de rendement du capteur.

Pour un capteur à tube sous vide, à absorbeur sur cuivre, on peut espérer un rendement de l'ordre de 75 à 85 %.

Les coefficients de déperdition thermique dépendent de la qualité d'isolation des capteurs :

- coefficient linéaire de transfert thermique : k₁ [W·m⁻²·K⁻¹];
- coefficient quadratique de transfert thermique k₂ [W·m⁻²·K⁻²].

Le rendement du capteur est alors donné par la formule suivante :

$$\eta = \eta_0 - k_1 \times \frac{\Delta T}{E_0} - k_2 \times \frac{\Delta T^2}{E_0}$$

Avec:

• E₀: 1 000 W·m⁻²;

• $\Delta T = T^{\circ} capt - T^{\circ} amb$.

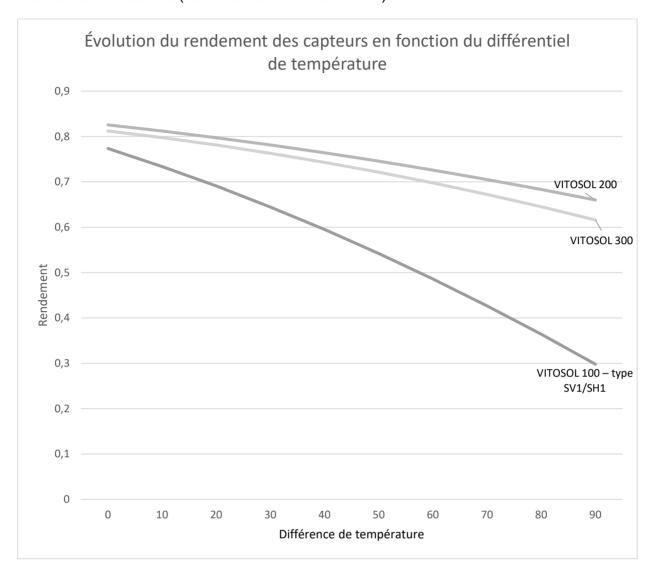
Rendements des capteurs pour les 3 technologies de panneau Vitosol (Extrait documentation du constructeur - valeurs calculées selon la norme EN 12975).

| Type de capteur | Rendement optique (par rapport à la | Coefficients de déperditions calorifiques | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|--|--|--|--|--|
| | surface de l'absorbeur) | k₁ en W·m⁻²·K⁻¹ | k₂ en W·m⁻²·K⁻² | | | | | |
| | η₀ en % | | | | | | | |
| VITOSOL 100 – type SV1/SH1 | 81 | 3,48 | 0,0164 | | | | | |
| VITOSOL 200 | 83,8 | 1,18 | 0,0066 | | | | | |
| VITOSOL 300 | 82,5 | 1,19 | 0,009 | | | | | |

23-2D2IDEEPO1 Page : 27/33

DTS4 : courbes de rendement des panneaux VITOSOL .

Rendements mesurés (documentation constructeur).



23-2D2IDEEPO1 Page : 28/33

DTS5: outil CALSOL

CALSOL est un logiciel à vocation pédagogique qui a été développé par l'Institut National de l'Energie Solaire Education pour permettre :

- d'effectuer des évaluations simplifiées d'installations utilisant l'énergie solaire ;
- de fournir une estimation des avantages énergétiques, économiques et environnementaux de celles-ci ;
- de comparer l'influence des variations des paramètres principaux (ensoleillement, surface des capteurs, montage financier...).

Les paramètres ci-dessous doivent être renseignés dans le logiciel pour dimensionner les gains énergétiques et en émissions de CO₂ :

| Choix de la ville : | Lille | • | Prend | lre en | compte un | masque : | non 🕶 |
|------------------------------|---------------------|--------------------|------------|----------|-------------|------------|---------------|
| <u>Inclinaison du plan :</u> | 25° 🕶 | Orientation du p | olan : Suc | ' | Albédo d | lu sol : | 0.5 🕶 |
| Besoin journalier en ea | au chaude (35 l/j p | oar personne) : 36 | 30 lit | res à 1 | a températu | ire de : [| 60°C ∨ |
| Surface en capteurs the | ermiques de l'insta | allation : | | [| 5.28 | m² | |
| Coefficients des capter | urs thermiques : | B = | | K = | | 1 | W∙m⁻²∙°K⁻¹ |

Choix de la ville : emplacement de l'installation.

<u>Prendre en compte un masque :</u> le masque correspond à la zone occultant le soleil. Le masque est créé par le relief, les bâtiments, la végétation ou les éléments proches comme des murs ou des cheminées.

Inclinaison du plan : angle par rapport à l'horizontal.

Orientation du plan : orientation par rapport à la rose des vents. Pour des panneaux orientés au sud, les panneaux font face au soleil lorsque celui-ci est à son zénith.

Albédo du sol : c'est le pouvoir réfléchissant du sol (compris entre 0 et 1).

Besoin journalier en eau chaude : en litres et température de stockage.

<u>Surface en capteurs thermiques de l'installation :</u> c'est la surface ouverte du panneau, en contact avec le rayonnement solaire.

Coefficients des capteurs thermiques :

- B, rendement optique;
- K, pertes thermiques en W·m⁻²·°K⁻¹.

23-2D2IDEEPO1 Page : 29/33

DTS6: résultats de la simulation CALSOL

Résultats énergétiques cumulés sur un an :

Calculs thermiques, moyenne par jour ○ ou cumulés sur la durée ⑨

COMPARAISONS

| - | jan | fév | mars | avr | mai | juin | juil | août | sep | oct | nov | déc | année |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| IGP (kWh/m²) | 29 | 47 | 91 | 128 | 157 | 167 | 160 | 141 | 110 | 72 | 35 | 23 | 1160 |
| T air (°C) | 2.5 | 3.1 | 6.2 | 9.1 | 12.4 | 15.4 | 17.2 | 17.4 | 15 | 10.7 | 6.3 | 3.5 | 9.9 |
| T eau (°C) | 6.2 | 6.5 | 8.1 | 9.5 | 11 | 13 | 14 | 14 | 13 | 10 | 8.1 | 6.7 | 10 |
| Besoins (kWh) | 697 | 626 | 673 | 633 | 635 | 589 | 596 | 596 | 589 | 648 | 651 | 691 | 7624 |
| Apports (kWh) | 77 | 127 | 245 | 346 | 425 | 452 | 437 | 389 | 304 | 198 | 96 | 61 | 3158 |
| Couverture (%) | 11.1 | 20.3 | 36.5 | 54.6 | 66.9 | 76.8 | 73.3 | 65.3 | 51.7 | 30.5 | 14.7 | 8.9 | 41.4 |

Gains en émissions de CO2 sur un an :

Calculs du gain environnemental

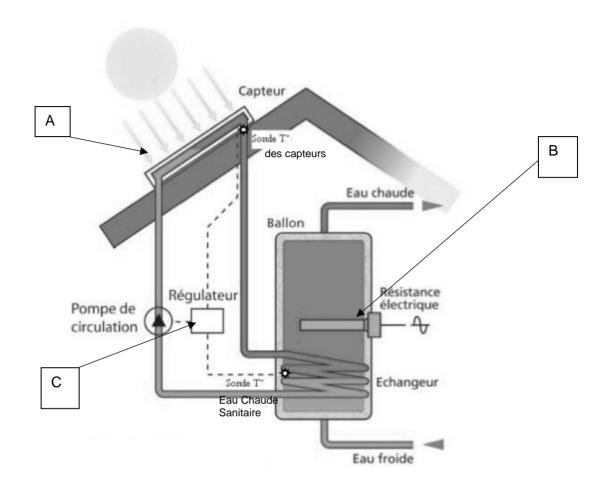
| Emission de CO2 évité (moyenne électricité Europe : 0,476 kg/kWh) | 1503 | kg par an |
|---|------|-----------|
| Emission de CO2 évité (moyenne électricité France : 0,089 kg/kWh) | 281 | kg par an |
| Emission de CO2 évité (gaz naturel : 0,203 kg / kWh) | 641 | kg par an |
| Emission de CO2 évité (fioul domestique : 0,315 kg / kWh) | 995 | kg par an |

Gains économiques sur un an :

Calculs économiques (par la méthode TEC de B.Chabot/ADEME)

| Energie solaire thermique produite par unité de surface de capteurs par an : | 598 | kWh/m².an |
|--|-------|--------------|
| Coût évité sur l'année en énergie d'appoint : | 316 | € |
| Temps de Retour Brut (TRB) : | 8.4 | an(s) |
| Prix de revient (CGA) du kWh solaire thermique : | 0.065 | €/kWh |
| Temps de Retour actualisé (TRA) : | 10.8 | an(s) |
| Taux de Rentabilité interne (TRI) : | 9.1 | % |
| Gain ou Valeur actuelle nette (VAN) en fin d'exercice : | 1665 | € |
| Taux d'enrichissement du capital investi (TEC) : | 0.631 | (sans unité) |
| Taux de subventions à l'investissement initial pour une rentabilité nulle : | 18.5 | % |

23-2D2IDEEPO1 Page : 30/33



23-2D2IDEEPO1 Page : 31/33

PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.

NE RIEN ÉCRIRE DESSUS.

DOCUMENT RÉPONSES DRS1

| Différentiel de températures | 0 | 10 | 20 |
|------------------------------|-------|----|---------|
| VITOSOL200 | 0.838 | | 0.81176 |

DOCUMENT RÉPONSES DRS2

Question A.

Extrait du paramétrage CALSOL:

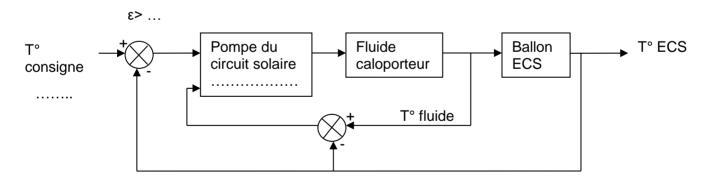
| Choix de la ville : | Lille | • | Prendre | en compte un | masque : | non 🕶 |
|------------------------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------------|----------|---------------|
| <u>Inclinaison du plan :</u> | 25° 🕶 | Orientation du p | lan : Sud | ✓ <u>Albédo</u> | du sol : | 0.5 🗸 |
| Besoin journalier en ea | au chaude (35 l/j p | oar personne) : 36 | 0 litres | s à la températ | ure de : | 60°C ✓ |
| Surface en capteurs the | ermiques de l'insta | allation : | | 5.28 | m² | |
| Coefficients des capter | urs thermiques : | B = | K | = [| ı | W/m².°C |

DOCUMENT RÉPONSES DRS3

Question B.3

Compléter le champ « Pompe du circuit solaire » par : arrêtée ou activée.

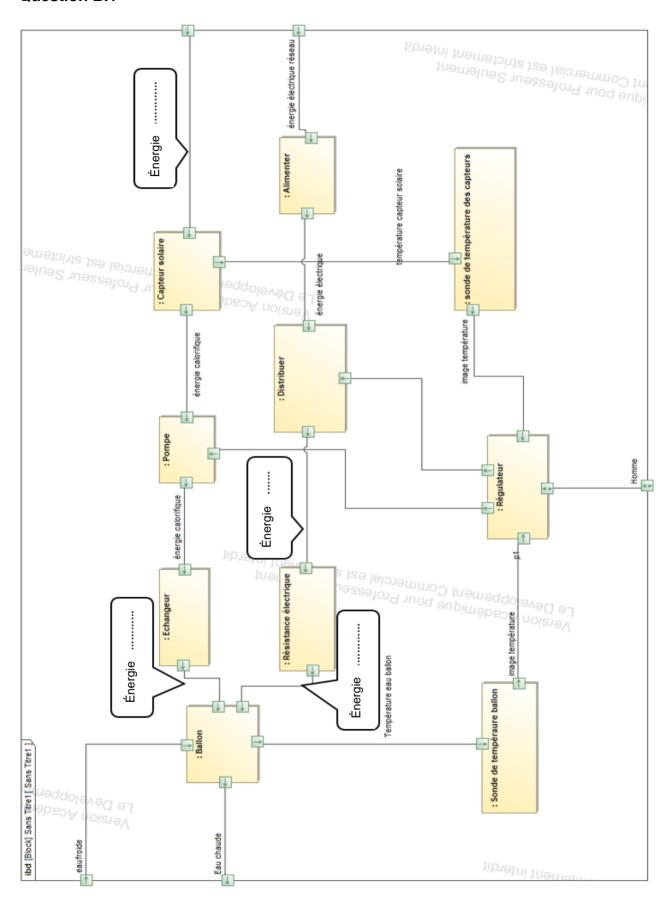
Compléter les deux autres champs par une valeur de température ou d'un écart de température.



23- 2D2IDEEPO1 Page : 32/33

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|------------|---------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|-------|----|------|-------|------|-----|------------|--|--|-----|
| PRENOM: (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | () | uméros | <i>f</i> : | | | | | | | 4 | | | | N° c | d'ins | crip | tio | 1 : | | | |
| <i>(</i> ≥ 3) | (Les n | umeros | ingure | ent sur | ia con | vocatii | on, si c | esoin | deman | der a t | ın surv İ | emant | -) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Né(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

Question B.1



23-2D2IDEEPO1 Page : 33/33

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|------------|---------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|-------|----|------|-------|------|-----|------------|--|--|-----|
| PRENOM: (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | () | uméros | <i>f</i> : | | | | | | | 4 | | | | N° c | d'ins | crip | tio | 1 : | | | |
| <i>(</i> ≥ 3) | (Les n | umeros | ingure | ent sur | ia con | vocatii | on, si c | esoin | deman | der a t | ın surv İ | emant | -) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Né(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO CONCEPTION

| 0 | Présentation de l'étude et questionnement | pages | 22 | à 27 |
|---|---|-------|----|------|
| 0 | Documents techniques | pages | 28 | à 31 |

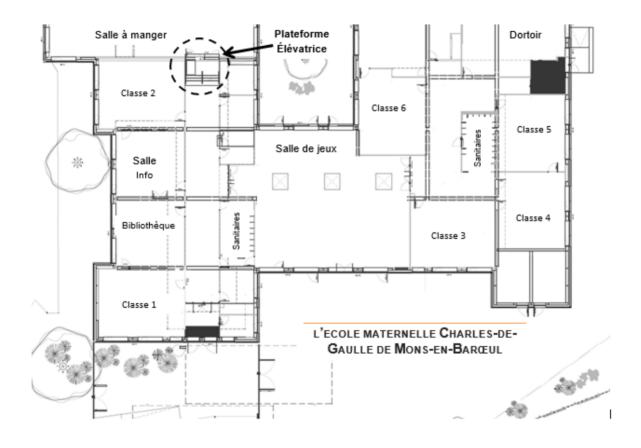
23- 2D2IDITECPO1 Page : 21/31

Mise en situation

Environ 6 500 enfants scolarisés en France sont atteints d'une déficience motrice.

Certains utilisent un fauteuil roulant en permanence ou de manière intermittente. D'autres utilisent différentes aides au déplacement telles qu'un déambulateur ou des cannes tripodes.

Le support d'étude est une plateforme élévatrice innovante permettant le passage d'un élève en fauteuil roulant de la classe n°2 vers la salle à manger de l'école.



23- 2D2IDITECPO1 Page : 22/31

Partie A : comment mettre en conformité un bâtiment pour accueillir les personnes à mobilité réduite.

Objectif : mener une étude préliminaire pour l'installation d'une plateforme élévatrice ?

Un rapport concernant l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite propose la réalisation de travaux à l'école maternelle Charles de Gaulle pour la mise en conformité de ce bâtiment de type ERP (Établissement Recevant du Public).

Question A.1

À partir du document technique DTS1, **définir et justifier** les aménagements nécessaires permettant l'accès au réfectoire situé à l'étage pour un élève dépendant de son fauteuil roulant.

Afin de permettre l'accès aux élèves à mobilité réduite dans les meilleures conditions, il est décidé d'implanter un élévateur innovant regroupant deux équipements en un seul, appelé « FLEXSTEP ».

La description du système « FLEXSTEP » est disponible dans le document technique DTS3.

Multifonctions et innovant, le FlexStep ne requiert pas de fosse. Il remplace un escalier classique et devient escalier ou élévateur (plateforme) selon la demande.

Ses marches se transforment en plateforme pour accueillir un fauteuil roulant, il monte ou descend puis retourne à son état d'escalier au bout d'une minute en l'absence de nouvelle manœuvre.

Le FlexStep Compact fonctionne avec quatre moteurs linéaires. Un contrôle avancé garantit une synchronisation parfaite et un mouvement uniforme.

Une pression sur un bouton change l'escalier en plateforme pour un accès facile et sûr d'un niveau à l'autre.

Il existe plusieurs modèles de plateforme FLEXSTEP.

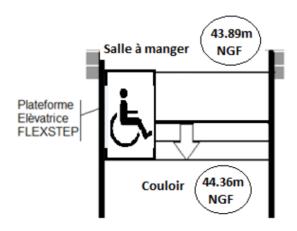


Figure 1 : implantation de la plateforme élévatrice

23- 2D2IDITECPO1 Page: 23/31

Question A.2

À l'aide des cotes de nivellement définies sur la figure ci-dessus, déterminer le la hauteur d'élévation à franchir pour pouvoir accéder à la salle à manger.

À l'aide du DTS4, justifier le choix du modèle trois marches.

Question A.3 DTS2

À l'aide du DTS2, indiquer les paramètres à prendre en compte pour vérifier la norme NF EN 81-70.

Question A.4 DTS3 DTS5

À partir du document technique DTS3, définir le type de mouvement obtenu lors de la montée du fauteuil roulant.

Analyser le chronogramme de la vitesse de la plateforme sur le DTS5 et en déduire la nature des mouvements des phases 1, 2 et 3

Question A.5 DTS5

À l'aide du chronogramme de la vitesse de la plateforme donné sur DTS5:

Déterminer la vitesse maximale V_{max} en cm·s⁻¹ de la plateforme.

Sachant que la plateforme subit une accélération a = 3,5 cm·s⁻², calculer le déplacement X₁ en cm durant la phase 1. (Rappel pour les cas des phases 1 et 3 : $X = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$)

Calculer le déplacement X₂ en cm durant la phase 2.

Déterminer la course totale X_T de la plateforme sachant que la course de la phase 3 est $X_3 = 3.94$ cm.

DTS2

Question A.6 | Vérifier si les critères de vitesse et de précision d'arrêt imposées par la norme NF EN 81-70 du DTS2 sont respectés.

23- 2D2IDITECPO1 Page: 24/31

Partie B : est-il possible d'améliorer les performances déjà attendues?

Objectif : la vitesse d'ascension de la plateforme étant très inférieure à celle fixée par la norme NF EN 81-70, il s'agit de **réaliser** une étude préliminaire pour améliorer cette performance.

L'étude porte sur la transmission de puissance par vérin électrique permettant l'entraînement de la plateforme.

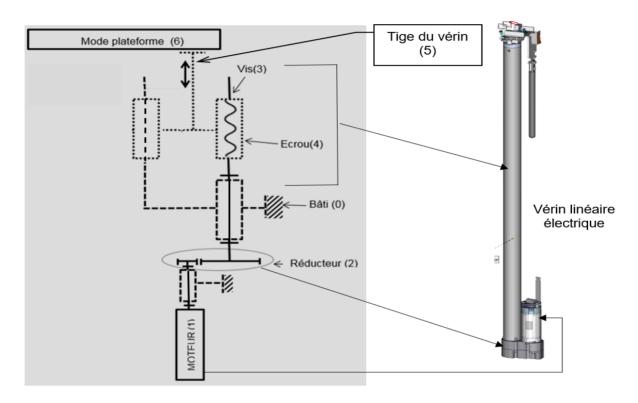


Schéma cinématique du vérin linéaire

Question B.1 DTS2 DTS4

À l'aide des DTS2 et DTS4, **comparer** la vitesse d'ascension de la plateforme du constructeur par rapport à la norme NF EN 81-70.

Exprimer le résultat en pourcentage

Question B.2 D'après le schéma cinématique du vérin linéaire électrique, **indiquer** le nom du (ou des) composant(s) sur le(s)quel(s) agir pour augmenter la vitesse d'ascension de la plateforme (6)?

Question B.3 **Préciser** le rôle du réducteur (2) ?

23- 2D2IDITECPO1 Page : 25/31

Question B.4 À partir du rapport de réduction donné dans les caractéristiques du vérin électrique, **calculer** la fréquence de rotation de la vis notée N₃.

| Caractéristiques du véri | in électrique |
|-------------------------------------|---|
| Puissance | P _{mot} = 200 W |
| Fréquence de rotation du moteur (1) | $N_{\text{mot}} = 3000 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$ |
| Réducteur à engrenages (2) | $R_2 = 0.35$ |
| Système vis (3) / écrou (4) | Pas = 3 mm/tr |

Question B.5 $\stackrel{.}{\mathsf{A}}$ partir de la fréquence N_3 précédemment calculée, **déterminer** la vitesse V_6 de déplacement de la plateforme.

Rappel:

Expression de la course : c (mm)

1 tour de la vis permet un déplacement de l'écrou de 3 mm/tr.

Expression de la vitesse de déplacement : V(mm·min-1)

■ Si la vis tourne à une vitesse N (tr·mn⁻¹), la vitesse d'avance de l'écrou est :

V= N x Pas

- Question B.6 **Valider** la cinématique de l'actionneur choisi par le constructeur.
- Question B.7 **Calculer** le rapport de réduction que devrait choisir le constructeur pour que la plateforme se déplace à la vitesse limite autorisée par la norme.
- Question B.8 En **déduire** alors le gain sur le temps d'ascension en ne tenant compte que de la phase 2 du déplacement sur la course X₂.
- Question B.9 À partir des caractéristiques du vérin électrique, **déterminer** la vitesse angulaire du moteur noté ω_{mot} en rad·s⁻¹. Puis **calculer** son couple noté C_{mot} (négliger les pertes dans le moteur donc considérer le rendement du moteur =1).

Question B.10 À partir du rapport de réduction calculé en question B.7, **calculer** le couple transmis par la vis noté C_{vis} (prendre un rendement de 95 % pour le réducteur).

Une étude montre que l'entraînement de la plateforme n'est possible que si le couple transmis par la vis est supérieur à 1 Nm.

Question B.11 **Conclure** sur la faisabilité technique de la modification de la vitesse de déplacement de la plateforme.

23- 2D2IDITECPO1 Page : 27/31

DTS1 : extrait de la chaîne de déplacement de l'établissement.

TAUX D'ACCESSIBILITE INDICATIF DE L'ETABLISSEMENT : 67 %

| Seuil | Repérer l'entrée | Accéder | Etre accueilli - s'informer | Circuler au RDC | Utiliser les fonctionnalités du RDC | Accéder aux étages | Circuler aux étages | Utiliser les fonctionnalités des étages |
|---------|---------------------|---------|-----------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---------------------------|---|
| Moteur | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Visuel | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| Auditif | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Mental | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 |

Légende :

- > 1 = non accessible
- > 2 = accessible avec forte gêne ou avec aide humaine et non conforme
- > 3 = accessible de façon autonome et non conforme
- ➤ 4 = accessible en toute autonomie et conforme

| | | S | euils d'a | cessibili | té |
|--|--|---|-----------|-----------|----|
| Fiches | Solutions | ج | | (| |
| Fiche n°34 - Espace, Détente, Bien être / RDC / Accès salle jeu maternelle | Poser un bloc-porte d'au moins 0,80 m | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Fiche n°35 - Ascenseur / Couloir / Salle à manger | Installer un ascenseur conforme aux dispositions de l'article 7.2 de l'Arrêté du 08/12/14 ou à la norme NF EN 81-70 / Corps d'état: Ascenseurs - EPMR*- Escalier mécanique | 1 | 1 | 4 | 3 |

^{*} EPMR : Élévateur pour Personne à Mobilité Réduite

DTS2: extrait de la norme NF EN 81-70.

Les ascenseurs doivent être conformes à la norme NF EN 81-70 relative à l'accessibilité aux ascenseurs pour toutes les personnes, y compris les personnes avec handicap.

| Rubrique | Normes |
|-------------------|---|
| Précision d'arrêt | La norme exige que la précision d'arrêt soit de +/- 10 mm |
| Vitesse | La vitesse est limitée à 15 cm·s ⁻¹ |

23- 2D2IDITECPO1 Page : 28/31

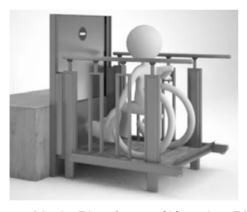
DTS3: description du système FLEXSTEP (modèle 4 marches).



1. Mode Escalier Impulsion sur le bouton d'APPEL.



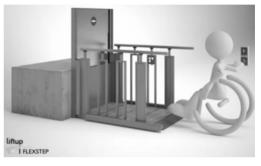
3. Descente Escalier passage en mode plateforme.



5. Mode Plateforme élévatrice PMR Fermeture chasse-roue motorisée Montée de la plateforme.



 Mode Escalier : « Antichute » Fermeture Barrière verticale
 Fermeture chasse-roue motorisée.



4. Mode Plateforme élévatrice PMR Position basse
Ouverture chasse-roue motorisée.



Mode Plateforme élévatrice PMR
 Position haute

 Ouverture barrière verticale Antichute.



7. Retour à son état d'escalier.

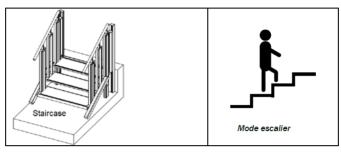
23- 2D2IDITECPO1 Page : 29/31

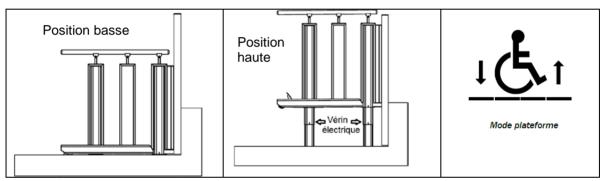
DTS4 : présentation de la plateforme élévatrice escalier FlexStep.

La plateforme élévatrice escalier FlexStep est un système multifonction innovant qui remplace un escalier classique et devient un élévateur selon les besoins. Le FlexStep se transforme à la demande et se remet en position escalier automatiquement.

Sa structure acier se combine avec de nombreuses options permettant une intégration harmonieuse dans son environnement. Son système d'entraînement par 4 vérins électriques assure à l'utilisateur une parfaite stabilité lors du déplacement et une utilisation silencieuse.

Pour la sécurité des utilisateurs, le FlexStep est équipé d'un détecteur de mouvement qui bloque l'appareil en cas d'obstacle, d'une protection antichute et d'une alarme.



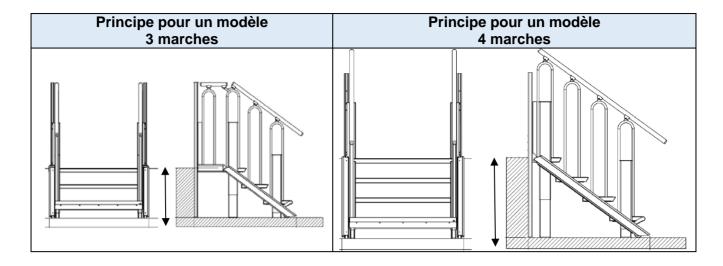


| | CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Modèle 3 m | narches | | | | | | | |
| Entraînement | 4 Vérins électriques | | | | | | | |
| Charge utile Maxi | 250 kg | | | | | | | |
| Masse de la plateforme | 50 kg | | | | | | | |
| Coefficient de sécurité | 2 | | | | | | | |
| Nombre d'arrêts | 2 | | | | | | | |
| Course maximale | 1.250 m | | | | | | | |
| Hauteur à franchir | 360 à 550 mm | | | | | | | |
| Type d'accès | 2 faces opposées | | | | | | | |
| Vitesse de sortie de tige | 5,25 cm⋅s ⁻¹ | | | | | | | |
| Tension alimentation | 230 V – mono | | | | | | | |
| Puissance du moteur | 200 W | | | | | | | |

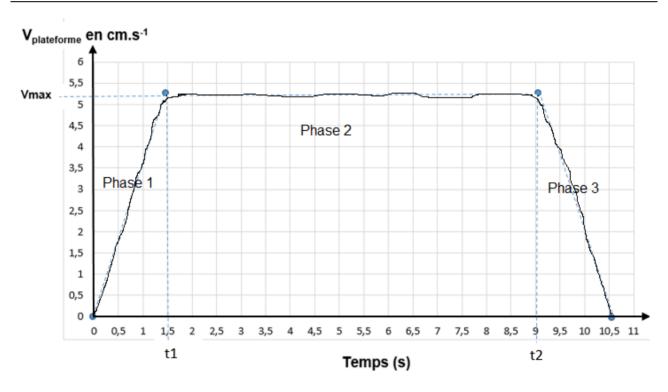
| Modèle | Course : |
|-----------|--------------------------------|
| | Hauteur Palier à Franchir (mm) |
| 3 marches | 360 - 550 |
| 4 marches | 555 - 730 |
| 5 marches | 730 - 920 |
| 6 marches | 920 - 1250 |

23- 2D2IDITECPO1 Page : 30/31

DTS4 : présentation de la plateforme élévatrice escalier FlexStep.



DTS5 : étude expérimentale, chronogramme de la vitesse linéaire de la plateforme.



23- 2D2IDITECPO1 Page : 31/31

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Gestion de l'éclairage de la salle de jeux avec un bus DALI



| 0 | Présentation de l'étude et questionnement | pages 22 à 26 |
|---|---|---------------|
| 0 | Documents techniques | pages 27 à 33 |
| 0 | Documents réponses | page 34 |

23- 2D2IDSINPO1 Page : 21/34

Le support d'étude est la salle de jeux de l'école maternelle Charles de Gaulle (cf. Fig. 1)

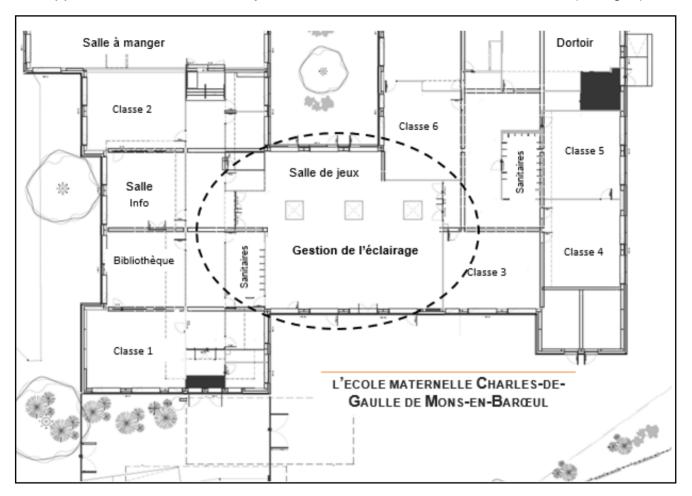


Fig. 1 – Vue en plan partiel de la salle de jeu

Travail demandé

PARTIE A : comment acquérir l'information de luminosité pour piloter le système d'éclairage ?

Objectif : définir les constituants permettant l'acquisition et la transmission des données.

DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) est une interface standard. DALI permet de gérer, commander et réguler numériquement une installation d'éclairage par l'intermédiaire d'un bus de communication « deux fils » communément appelé « ligne DALI ».

La salle de jeux de l'école maternelle est divisée en deux parties d'égale superficie correspondant à deux zones DALI. Cette étude portera sur la zone incluant les *skydomes* qui comporte six luminaires. Un gradateur est associé à chaque luminaire.

Question A.1

DRS1

À partir du document DTS1, compléter la chaîne d'information sur le DRS1 en précisant pour chaque bloc les constituants associés.

23- 2D2IDSINPO1 Page: 22/34

Compléter le tableau du DRS2, en indiquant à partir du diagramme de séquence du DTS2, les noms, désignations et types des 4 variables utilisées pour le traitement de l'information.

Le capteur permettant l'acquisition de l'information de luminosité est du type photodiode réceptrice BPW21 (Fig. 2). Ce composant a une plage de sensibilité allant de 420 à 675 nm qui est adaptée à la mesure du niveau de lumière visible.

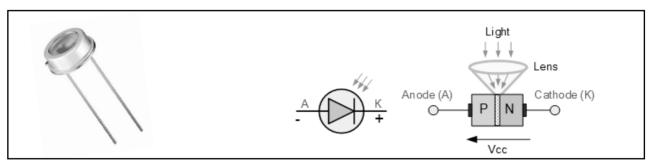


Fig. 2 – Photodiode réceptrice BPW21

Le courant généré lp en µA est proportionnel à la luminosité Ex en Lux suivant la loi linéaire :

$$I_p = \frac{Ex}{100}$$

Un montage à l'aide d'un amplificateur linéaire intégré permet de convertir l'intensité du courant en tension (Fig. 3).

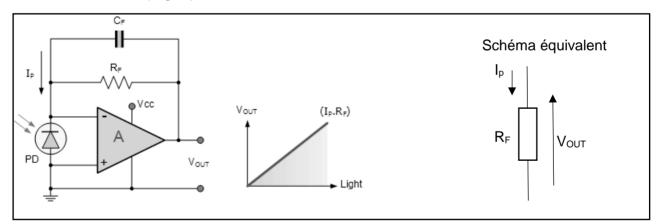


Fig. 3 – Montage amplificateur linéaire intégré

Question A.3 | Calculer I_p pour 0 Lux puis pour 1 000 Lux.

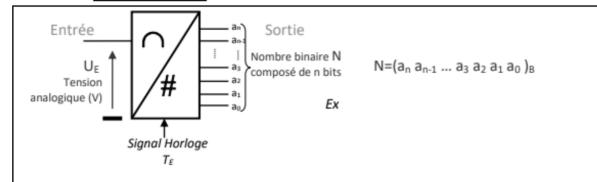
Déterminer la valeur de la résistance R_F (en Ω) pour qu'un éclairement de 0 à 1000 Lux induise une tension V_{out} de 0 à 5 volts en utilisant le schéma équivalent.

Le condensateur C_F permet avec R_F de constituer un filtre passe-bas à une fréquence de coupure $F_c = 15$ Hz. **Justifier** la présence de ce filtre.

23- 2D2IDSINPO1 Page : 23/34

Pour être traité par un microcontrôleur, le signal analogique issu du capteur de lumière doit être converti en un signal numérique. Le microcontrôleur intègre un convertisseur analogique/numérique (CAN) dont les caractéristiques sont les suivantes (Fig. 4):

Symbole du CAN



Résolution (n): 10 bits

Plage de tension maximale acceptée en entrée (P_e) : $P_e = V_{ref+} - V_{ref-} = 5$ volts

Quantum (q) :
$$q = \frac{Pe}{2^n}$$

Nombre en sortie (N) :
$$N = \frac{\text{Ue (tension d'entrée)}}{\text{q (Quantum)}}$$

Fig. 4 – Caractéristiques du convertisseur analogique/numérique (CAN)

Nous souhaitons estimer la valeur du mot de sortie du CAN lorsque la luminosité est de 20 Lux (soit Ue = 100 mV)

Question A.4

En vous aidant des caractéristiques du CAN, **déterminer** le nombre de valeurs possibles en sortie pour le nombre (N).

Calculer la valeur du Quantum (g).

Calculer le nombre en sortie (N_{100}) de ce CAN pour une tension U_e de 100 mV.

Convertir ce nombre N₁₀₀ en binaire uniquement pour sa partie entière.

À l'issue de cette acquisition, le contrôleur envoie le mot binaire de commande (0010110100)_{2 au} gradateur DALI. La valeur de ce mot binaire permet de régler le dosage de puissance (en %) d'un luminaire.

Question A.5

Convertir cette valeur en décimal.

À partir de la courbe du document technique DTS3, **déterminer** le pourcentage d'éclairement associé.

Question A.6

Conclure en justifiant le besoin de chaque constituant de la chaîne d'information (acquisition de l'information, conditionnement, conversion, traitement et transmission des données).

23- 2D2IDSINPO1 Page : 24/34

PARTIE B : comment piloter le système à distance ?

Objectif : analyser la solution retenue pour piloter le système d'éclairage à distance.

Dans cette partie, on souhaite faire évoluer le système en le rendant pilotable à distance. Pour ce faire, on installera une passerelle Ethernet vers le bus DALI. Cette passerelle sera réalisée par un nano-ordinateur de type Raspberry Pi 4, d'adresse physique 28:47:E6:D5:62:44, muni d'une carte AL DALI HAT, connecté au réseau par un câble Ethernet. Le réseau de l'école est de classe B. Le serveur fournit un service DHCP.

Question B.1 À partir du DTS4, **énumérer** les connexions réseaux possibles de la carte Raspberry Pi.

Question B.2 À partir du DTS5, **déterminer** le nombre de réseaux possibles puis **préciser** le nombre d'hôtes par réseau.

Le service informatique a choisi l'adresse réseau 172.16.0.0 avec un masque de sousréseaux : 255.255.0.0

Question B.3
DTS4
DTS6

Déterminer la plage des adresses IP disponibles pour les ordinateurs et les équipements pour ce réseau.

À partir des DTS4 et DTS6, **déterminer** l'adresse IP de la carte Raspberry Pi 4 de la passerelle DALI.

Quelle est la particularité de cette adresse ?

La page Web permettant la saisie des seuils d'éclairage, le rendu graphique ... est donnée sur le DTS7. Le *framework* JQuery Mobile a été utilisé pour le codage de la page. Un formulaire de saisie (balise <form>) est utilisé pour envoyer les données. Deux méthodes sont possibles pour envoyer ces données au serveur : la méthode POST ou la méthode GET.

Question B.4

Identifier la méthode utilisée pour envoyer les données au serveur dans le code html du DTS7.

23- 2D2IDSINPO1 Page: 25/34

Question B.5 DTS7 DTS8

À partir des DTS7 et DTS8, **expliquer** comment sont envoyées les données au serveur.

Indiquer le nom de la page qui sera appelée lors de l'appui sur le bouton « Valider ».

Le nom de domaine du site est : www.serverdali.fr

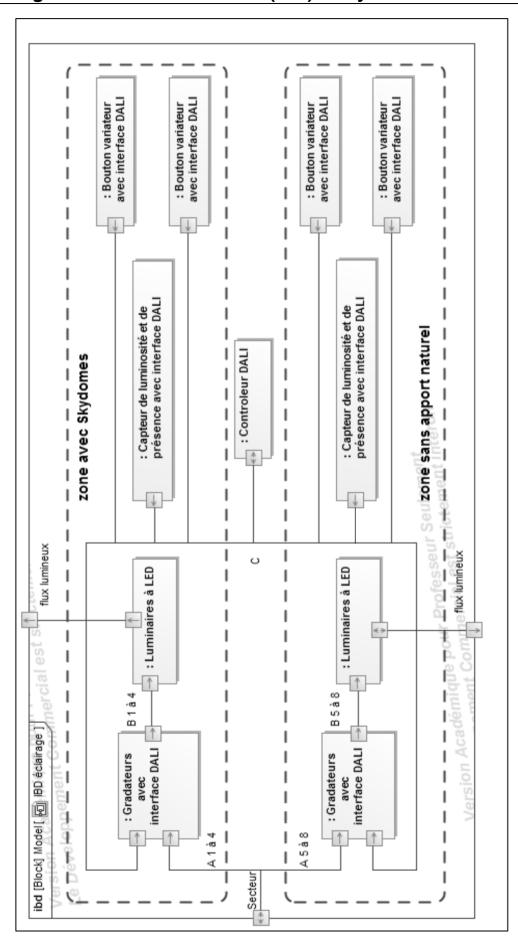
Écrire l'URL qui sera générée lors de l'appui sur le bouton « Valider ».

Écrire l'URL qui sera générée lors de l'appui sur le bouton « Annuler ».

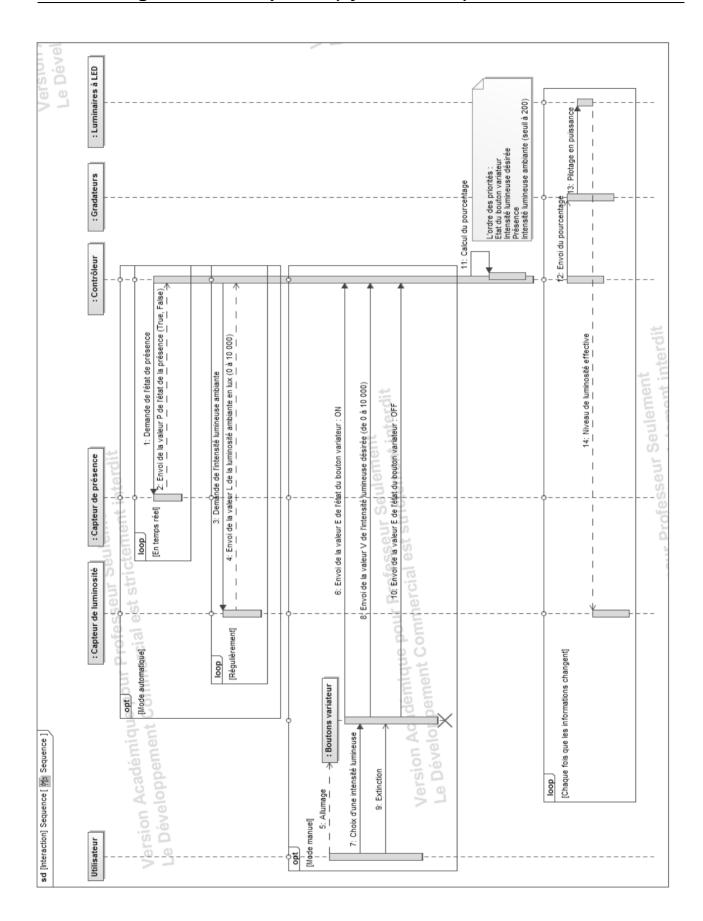
Question B.6

Conclure sur les solutions retenues pour rendre le système pilotable à distance.

23- 2D2IDSINPO1 Page : 26/34



23- 2D2IDSINPO1 Page : 27/34

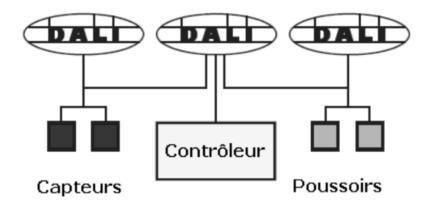


23- 2D2IDSINPO1 Page : 28/34

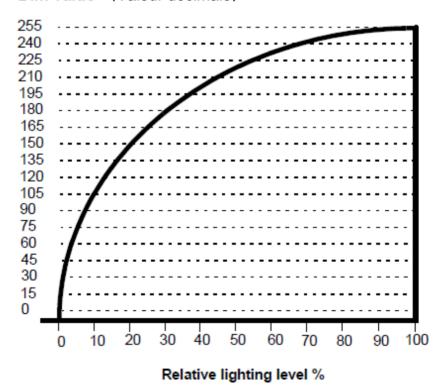
DTS3 - Descriptif du bus « Ligne DALI ».

Pour rappel, le DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) est un **protocole ouvert et standard** (IEC 62386) qui permet de gérer une installation d'éclairage par l'intermédiaire d'un bus de communication à deux fils. La technologie **numérique** utilisée par DALI permet :

- de contrôler individuellement 64 luminaires adressables, pouvant être regroupés pour constituer jusqu'à 16 groupes;
- de commander précisément l'intensité lumineuse (gradation de 0,1 % à 100 % du flux lumineux par courbe logarithmique) ;
- de mémoriser 16 ambiances d'éclairement (scénarios de commande et de gestion) :
- de connaître l'état de l'installation : remontées individuelles d'état des lampes.



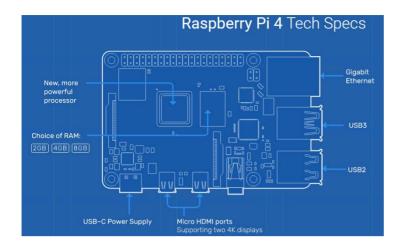




Caractéristiques de gradation du bus DALI

23- 2D2IDSINPO1 Page : 29/34

DTS4 - Raspberry Pi 4 et AL Dali Hat.





Raspberry Pi4 Specification

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- 1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
- Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
- 2 × micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)
- 2-lane MIPI DSI display port
- 2-lane MIPI CSI camera port
- 4-pole stereo audio and composite video port
- H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
- OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
- Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
- 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)
- 5V DC via GPIO header (minimum 3A*)
- Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
- Operating temperature: 0 50 degrees C ambient

23- 2D2IDSINPO1 Page : 30/34

^{*} A good quality 2.5A power supply can be used if downstream USB peripherals consume less than 500mA in total.

DTS5 – Les classes d'adresses.

Tableau d'espace adressable :

| Classe | Masque réseau | Adresses réseau | Nombre de réseaux | Nombre d'hôtes par réseau |
|--------|---------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|
| Α | 255.0.0.0 | 1.0.0.0 - 126.255.255.255 | 126 | 16777214 |
| В | 255.255.0.0 | 128.0.0.0 - 191.255.255.255 | 16384 | 65534 |
| C | 255.255.255.0 | 192.0.0.0 - 223.255.255.255 | 2097152 | 254 |
| D | 240.0.0.0 | 224.0.0.0 - 239.255.255.255 | adresses uniques | adresses uniques |
| Е | non défini | 240.0.0.0 - 255.255.255.255 | adresses uniques | adresses uniques |

DTS6 – Extrait des baux du service DHCP du serveur de l'école.

| IP Address | Mac Address | Status | Expire Time |
|---------------|-------------------|--------|----------------|
| 172.16.48.25 | FC-AA-14-31-D8-C3 | Auto | 2days,22:56:50 |
| 172.16.48.32 | 55-33-58-EF-B5-F4 | Auto | 1days,10:23,41 |
| 172.16.48.41 | 28-47-E6-D5-62-44 | Static | N/A |
| 172.16.48.120 | B8-27-EB-EE-2E-E4 | Static | N/A |
| 172.16.48.52 | EE-F5-D5-A3-25-41 | Auto | 3days,11:25:32 |
| | | | |

23- 2D2IDSINPO1 Page : 31/34

DTS7 – Code HTML de la page de réglage et son aperçu.

```
<!doctype html>
<html>
<head>
      <title>Passerelle DALI</title>
      <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html"; charset="utf-8"/>
      <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
      rel="stylesheet" href="jquery.mobile-1.0.1/jquery.mobile-1.0.1.css" />
      <script src="jquery-1.6.4/jquery-1.6.4.js"></script>
      <script src="jquery.mobile-1.0.1/jquery.mobile-1.0.1.js"></script>
</head>
<body>
<div data-role="page"> <!-- page -->
      <div data-role="header"> <!-- header -->
             <a href="index.php" data-theme="d" data-icon="home" data-
iconpos="notext">home</a>
             <h1>Configuration des seuils d'éclairage</h1>
      </div><!-- /header -->
      <div align="center" data-role="content"> <!-- content -->
             <h1>Seuils salle de jeux</h1>
             <form method="get" action="save_seuil.php" >
                    Zone 1:
                    <input type="text" name="Z1" size="20" maxlength="20">
                    <input type="text" name="Z2" size="20" maxlength="30">
                    <input type="submit" name="btn" value="Valider">
                    <input type="submit" name="btn" value="Annuler">
             </form>
      </div><!-- /content -->
      <div data-role="footer" data-theme="d"> <!-- footer-->
                      <h4>Ecole maternelle Charles de Gaulle </h4>
      <div><!-- /footer-->
</div><!-- /page -->
</body>
</html>
                                    Configuration des seuils d'éclairage
```



23- 2D2IDSINPO1 Page : 32/34

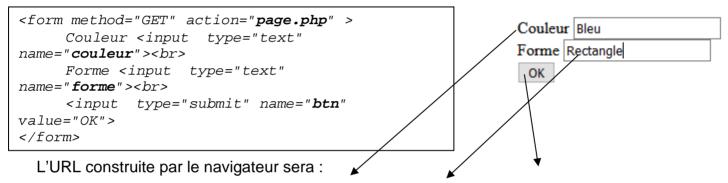
DTS8 – Balise html <form> et méthode GET.

La méthode GET ajoute les données à l'URL, dans un formulaire, elle est spécifiée ainsi :

```
<form method="GET" action="page.php" >
</form>
```

Avec cette méthode, les données du formulaire seront encodées dans une URL. Celle-ci est composée du nom de la page ou du script à charger avec les données de formulaire empaquetées dans une chaîne. Les données sont séparées de l'adresse de la page par le code ? et entre elles par le code &.

Ainsi, si on appuie sur le bouton OK, on accède à « page.php » et les valeurs « couleur bleu » et « forme rectangle » sont transmise dans l'URL :



http://www.monsite.fr/page.php?couleur=Bleu&forme=Rectangle&btn=OK

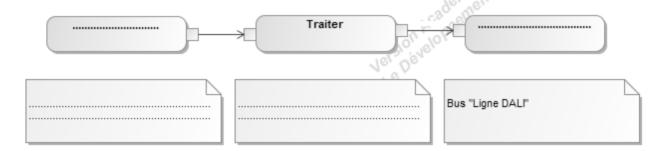
La spécification HTML 5 demande que l'on utilise GET quand la requête ne cause pas de changement dans les données, donc opère une simple lecture.

Les données de formulaire doivent être uniquement des codes ASCII. La taille d'une URL est limitée par le serveur, souvent un peu plus de 2000 caractères, en comprenant les codes d'échappement.

23- 2D2IDSINPO1 Page : 33/34

| PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT. | |
|--|--|
| NE RIEN ÉCRIRE DESSUS | |
| | |
| | |
| | |

Question - Chaîne d'information



DRS2

| Nom de la variable | Désignation | Type de variable (booléen, entier, réel, etc.) |
|--------------------|-------------|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

23- 2D2IDSINPO1 Page : 34/34

| Modèle CCYC : ©DNE NOM DE FAMILLE (naissance) : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|---------|--------------|---------|----|------|-------|------|------|----|--|--|-----|
| PRENOM : (en majuscules) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° candidat : | | | | | | | | | | | | | | N° (| d'ins | crip | otio | n: | | | |
| | (Les n | uméros | figure | nt sur | la con | vocatio | on, si b | esoin | deman | der a u | ın surv 1 | eillant | .) | | | | | | | | |
| Liberté · Égalité · Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NÉ(e) le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 |