

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—
SESSION 2026
—

**INGENIERIE, INNOVATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

OPTION INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

(Classes de terminale série STI2D)

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ

Durée : 5 heures

—
Aucun document n'est autorisé

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

Consignes aux candidats

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Ne joindre aucun brouillon
- Ne pas composer dans la marge
- Numéroté chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

Option Innovation technologique et éco-conception :

Concours / Examen : CGL Epreuve : admissibilité Matière : ITEC Session : 2026

Tournez la page S.V.P.

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 56 pages.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 3 h 00)
Partie spécifique (durée indicative 2 h 00)

- ❖ La partie commune comporte 5 parties.
- ❖ La partie spécifique comporte 3 parties.

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.
Vous devez traiter dans l'ordre la partie commune avant la partie spécifique.

Le Campus Métropolitain ESTP/ESEO



Partie commune

Présentation de l'étude et questionnaire	pages 3 à 12
Documents techniques DT1 à DT19	pages 13 à 30
Documents réponses DR1 à DR8	pages 31 à 38

Mise en situation

Le Campus Métropolitain ESTP/ESEO est le fruit d'une collaboration stratégique entre deux grandes écoles d'ingénieurs françaises : l'ESEO, spécialisée dans les technologies numériques (électronique, informatique, e-santé), et l'ESTP, spécialisée dans les domaines de la construction, de la ville durable et des infrastructures. Implanté depuis 2022 au cœur du campus universitaire de Dijon, ce nouvel établissement propose une formation d'ingénieur généraliste tournée vers les grands défis contemporains : ville intelligente, industrie 4.0, transition énergétique et numérique responsable.

Ce campus innovant s'inscrit pleinement dans la dynamique de développement territorial portée par Dijon Métropole. Il répond à un double objectif : former localement des ingénieurs de haut niveau et renforcer l'attractivité universitaire et économique de la région Bourgogne-Franche-Comté. Le bâtiment, d'une surface de 10 000 m² répartie sur quatre niveaux, se distingue par son architecture exemplaire et sa conception écoresponsable. Il comprend 44 salles d'enseignement, 8 laboratoires de recherche, des espaces collaboratifs, des zones de détente, ainsi que des équipements mutualisés. Conçu comme un démonstrateur de la ville bas carbone, il est connecté au projet OnDijon, première Smart City de France, permettant aux étudiants d'expérimenter en conditions réelles les technologies urbaines de demain.

Le projet s'inscrit dans une démarche environnementale ambitieuse, inspirée de la certification NF HQE niveau EXCELLENT. Il vise le label E+C- « Énergie Positive / Réduction Carbone » avec des performances énergétiques supérieures à la réglementation RT 2012, anticipant la RE 2020.

Enfin, le campus bénéficie d'un environnement urbain dynamique. Dijon, ville à taille humaine et riche d'un patrimoine culturel, gastronomique et architectural, offre un cadre de vie attractif pour les étudiants. Classée parmi les meilleures villes universitaires de France, elle accueille plus de 36 000 étudiants et propose une vie associative active, des logements abordables et un réseau de transports bien développé.

Travail demandé

Partie 1. Le choix d'implantation du campus ESTP/ ESEO est-il justifié ?

Objectif :	dans une logique de réponse aux besoins du territoire, cette partie vise à vérifier la pertinence de l'implantation du Campus Métropolitain ESTP/ESEO, en s'appuyant sur les trois piliers du développement durable afin de garantir une insertion cohérente et responsable dans son contexte local.
------------	--

Le site de l'école doit optimiser les accès et gérer les flux des différents modes de transport, en favorisant ceux qui sont les moins polluants, tout en respectant la biodiversité.

Question 1. À l'aide des documents **DT1**, **DT2**, **DT3** et **DT4**, **vérifier** la conformité du bâtiment vis-à-vis de l'exigence « mobilité et accessibilité » et de l'exigence « environnement paysager et biodiversité » et **compléter** le document **DR1**.

Dans le cadre des exigences étudiées, une étude comparative est envisagée afin d'évaluer les solutions de déplacements possibles pour un étudiant effectuant des trajets hebdomadaires entre Paris et Dijon. L'analyse porte spécifiquement sur le segment du trajet entre la gare de Dijon et Campus Métropolitain ESTP/ESEO.

Trois modes de transport sont retenus pour cette étude : le vélo électrique, la voiture électrique et le tramway. L'objectif est de déterminer le mode de transport le plus pertinent en s'appuyant sur les trois piliers du développement durable.

Question 2. En observant le document **DR2**, **expliquer** la différence entre les valeurs indiquées des émissions de gaz à effet de serre en phase d'utilisation et des émissions de GES sur le cycle de vie complet des 3 types de transport étudiés.

Question 3. **Compléter** le document **DR2** en calculant les valeurs manquantes.

Question 4. **Déterminer** le mode de transport le plus pertinent pour un étudiant.

Question 5. **Conclure** sur l'implantation du Campus Métropolitain ESTP/ESEO au regard des 3 piliers du développement durable.

Partie 2. Le bâtiment respecte-t-il l'exigence 1.3.3 concernant le niveau E3 du label E+C- ?

Objectif : la conception du bâtiment doit respecter le niveau E3 du label E+C-. Cette partie permet de valider le choix des solutions technologiques envisagées. (Documents **DT5** et **DT6**).

Question 6. **Lister** les différentes sources d'énergie du bâtiment à partir du document **DT6** et **définir** celles que l'on peut considérer renouvelables.

Pris en compte de l'impact du chauffage du bâtiment / Label niveau E3 :

Question 7. **Indiquer** les deux circuits de chauffage alimentés par le réseau de chaleur d'après le document **DT7** et **donner** leurs consommations en kW et leurs débits en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. En **déduire** le débit total.

Question 8. **Déterminer** la consommation annuelle en $\text{MW} \cdot \text{h}$ de l'énergie thermique récupérée sur le réseau de chaleur à partir du document **DT8**.

Question 9. **Déterminer** la consommation en énergie électrique liée au chauffage d'après le document **DT8** et **donner** son pourcentage par rapport à la consommation globale de chauffage.

Question 10. En **déduire** la consommation en $\text{kW} \cdot \text{h}_{\text{ep}} \cdot \text{an}^{-1}$ en ce qui concerne le chauffage en vous aidant du document **DT8**.

Pris en compte de l'impact de l'éclairage du bâtiment / Label niveau E3 :

Question 11. **Indiquer** les solutions retenues pour limiter le besoin énergétique afin d'assurer l'éclairage du bâtiment tout en limitant l'apport thermique solaire en vous aidant des documents **DT9** et **DT10**.

La modulation de l'éclairage est assurée par une régulation de l'éclairement en fonction de la lumière naturelle et de la présence de personnes dans les salles. On s'intéresse ici à une salle de classe où l'éclairement moyen doit être de 400 lux selon la norme européenne. On suppose que la puissance lumineuse vaut 100 % quand l'éclairage est uniquement artificiel et permet d'obtenir 400 lux. On suppose également que la consommation électrique est proportionnelle au flux lumineux.

Question 12. **Compléter** les deux chronogrammes du document **DR3** en fonction des données proposées et **calculer** le pourcentage d'économie énergétique réalisée pour une journée dans la salle étudiée par rapport à une utilisation par simple allumage des luminaires en cas de présence dans la salle.

Afin de moduler cette puissance lumineuse, il faut installer des capteurs de luminosité et les relier à un driver LED commandé en 0-10V.

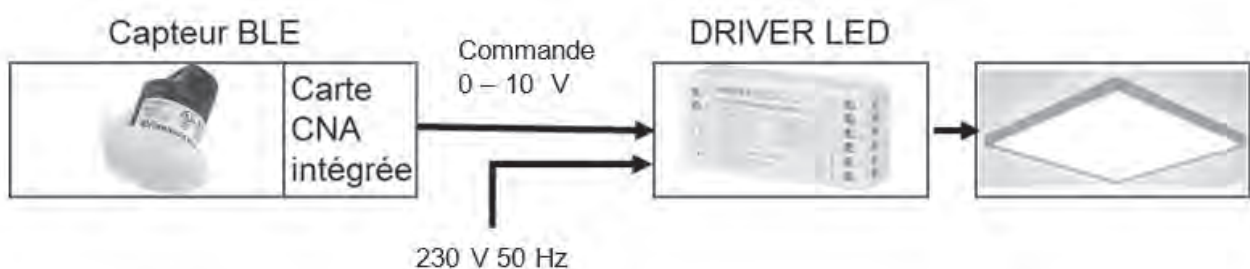


Figure 1 : commande des luminaires à LED

La carte de traitement intégrée possède des sorties équipées de convertisseurs numériques-analogiques 0 - 10 V sur 1 octet. La commande 0 - 10 V permet d'obtenir un flux lumineux de 0 % à 100 % du flux maximal.

Question 13. **Calculer** le quantum de tension du CNA et **déterminer** pour des éclairagements artificiels de 100 lux et 300 lux les valeurs numériques obtenues sous forme binaire en entrée du CNA.

Question 14. **Déterminer** la consommation en énergie électrique liée à l'éclairage d'après le document **DT8** et **indiquer** la consommation électrique globale.

Question 15. À l'aide du document **DT8**, **indiquer** la consommation en $\text{kW} \cdot \text{h}_{\text{ep}} \cdot \text{an}^{-1}$ pour l'énergie électrique totale.

Pris en compte de l'impact de la production solaire / Label niveau E3 :

Question 16. À l'aide du document **DT11**, **calculer** l'énergie fournie par l'installation solaire en une année (données de 2023).

La Réglementation Thermique en vigueur lors du dépôt de permis de construire du Campus Métropolitain ESTP/ESEO était la RT2012. Pour ce bâtiment, la consommation conventionnelle annuelle maximale en énergie primaire est évaluée à $71,5 \text{ kW} \cdot \text{hep} \cdot \text{m}^{-2}$. Dans le calcul de son niveau de performance énergétique, le label E+C- établit un bilan BEPOS ($\text{Bilan}_{\text{BEPOS}} = \text{énergie consommée} - \text{énergie produite}$), c'est la valeur de ce bilan qui permet d'établir le niveau de performance lié à la consommation d'énergie primaire dans le bâtiment.

Question 17. À l'aide des réponses données aux questions précédentes, **déterminer** la valeur du bilan BEPOS du bâtiment.

Question 18. À l'aide des réponses données aux questions précédentes, **calculer** la quantité d'énergie primaire renouvelable consommée et produite par le bâtiment sur une année de fonctionnement.

Question 19. À l'aide des documents **DT2**, **DT3**, **DT4** et **DT5**, **vérifier** et **justifier** les deux critères nécessaires à l'obtention du niveau E3 du label E+C-.

Partie 3. Quel est l'impact carbone de ce bâtiment ?

Objectif : vérifier que le projet respecte le niveau C1 du Label E+C-. Dans le cadre du label E+C-, le cycle de vie complet du projet est fixé à 50 ans ; cette partie a pour objectif de mettre en évidence les résultats de l'ACV relatifs au paramètre « changement climatique », qui exprime, en $\text{kgeqCO}_2 \cdot \text{m}^{-2}$, le bilan carbone lié aux émissions de gaz à effet de serre.

Question 20. **Présenter**, à l'aide du document **DT5**, les différents impacts pris en compte dans la démarche d'analyse de cycle de vie du bâtiment. **Relever** ensuite dans le document **DT2** les valeurs attendues pour respecter le critère visé par le projet.

Une première ACV a permis d'évaluer, par lot, les émissions de gaz à effet de serre. Les résultats de l'étude sont présentés dans le document **DR4 – Scénario 1**.

Question 21. **Désigner** le lot le plus impactant sur la durée de vie du projet. **Conclure** sur le respect du critère C1 PCE pour ce scénario.

Une nouvelle ACV a été faite en remplaçant le type de ciment utilisé pour certaines parties concernant les lots 2 et 3. La mise en œuvre d'un ciment de type CEM III/B en lieu et place du CEM II/A-V, a permis de diminuer significativement les émissions carbone liées au béton.

Question 22. À l'aide du document **DT12**, **déterminer** le gain en $\text{kgCO}_2\text{eq}\cdot\text{t}^{-1}$ entre les 2 types de ciment, puis **exprimer** le résultat en pourcentage.

Si on tient compte de l'ensemble des éléments constitutifs des lots 2 et 3, le seul changement de ciment permet respectivement un gain sur les émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 41 % et 33 %.

Question 23. **Calculer** les nouvelles valeurs des lots 2 et 3 en prenant en compte le gain dû à l'utilisation du ciment de type CEM III/B. **Compléter** le document **DR4** pour le **Scénario 2**. **Donner** le total des PCE du projet et **conclure** sur le respect du Critère C1 PCE pour le **Scénario 2**.

L'indicateur C évalue la réduction des émissions de gaz à effet de serre du bâtiment tout au long de son cycle de vie. La figure 2 représente l'ACV complète après modification du béton des lots 2 et 3



Figure 2 : Diagramme de répartition par poste de

l'impact changement climatique

Question 24. **Déterminer** si le niveau de performance carbone C1 EGES total est atteint. **Justifier** la réponse quant à la validation du critère C1.

Partie 4. Gestion des accès : comment interfacier un lecteur de badges RFID avec une application web pour la bonne gestion des accès et des présences ?

Objectif : Plusieurs personnes ont besoin d'accéder au bâtiment pour diverses raisons (études, enseignements, gestion technique ou administrative). Afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes, il est nécessaire de filtrer dès l'entrée les personnes qui s'y présentent. Le caractère particulier de l'école souligne la nécessité d'opter pour une sécurité élevée, un besoin de lecture rapide et une polyvalence d'applications. L'objectif de cette partie est donc d'étudier les principes de gestion des accès du bâtiment qui ont été retenus.

Concrètement, un utilisateur doit scanner sa carte RFID à l'entrée. Le lecteur RFID envoie l'ID de la carte à un serveur web via une requête HTTP. L'application web enregistre l'heure d'arrivée et affiche une confirmation. Le choix d'une solution sécurisée pour accéder à un bâtiment offrant des technologies novatrices est donc primordiale dans ce contexte.

Question 25. À l'aide du document **DT13**, **choisir et justifier** la carte adaptée pour sécuriser le bâtiment.

Un étudiant, un professeur ou un gérant utilisent un badge RFID pour accéder à une salle. La base de données (BDD) doit vérifier l'identité de l'utilisateur, puis autoriser ou refuser l'accès en fonction de son rôle.

Question 26. **Compléter** l'algorithme du document **DR5** afin de gérer les différents niveaux d'accès en utilisant les mots ci-après.

Mots à utiliser : professeur, lecture du badge RFID, étudiant, badge reconnu, récupération rôle sur BDD et gérant.

Question 27. **Indiquer** quelles salles sont accessibles pour chaque profil. **Expliquer** en quelques lignes ce qui se passe si le badge n'est pas reconnu.

On s'intéresse maintenant à l'interface web de l'application disponible pour l'enseignant. Dès l'entrée des élèves dans son cours, celui-ci pourra visualiser les élèves présents (photo, nom et prénom) afin de faire l'appel rapidement et débiter son cours. On estime un gain de 10 min par rapport à un appel standard. Voici une indication des deux versions de l'application web :

Liste des élèves



Prénom : Alice
NOM : DUPONT



Prénom : Mohamed
NOM : BENALI



Prénom : Clara
NOM : MARTIN



Prénom : Tom
NOM : CHATEAU-LEE

Liste des élèves dans la salle



Prénom : Alice
Nom : Dupont

Retard (min) :

☐ Absent(e)



Prénom : Mohamed
Nom : Benali

Retard (min) :

☐ Absent(e)



Prénom : Clara
Nom : Martin

Retard (min) :

☐ Absent(e)



Prénom : Tom
Nom : Chateau-Lee

Retard (min) :

☐ Absent(e)

Application web : version 1

Application web : version 2

Figure 3 : Versions de l'application web

Question 28. **Énumérer** les différences entre les styles de ces 2 versions de l'application web. **Indiquer** la méthode de développement à ajouter pour rendre le site dynamique dans la version 2.

Question 29. À l'aide du document **DT14**, compléter les éléments manquant dans le code HTML du document **DR6**.

Question 30. **Conclure** sur les solutions envisagées pour répondre à la problématique de cette partie.

Partie 5. Le choix des matériaux répond-il aux exigences de la RT2012 et aux contraintes des structures ?

Objectif : vérifier les caractéristiques de l'isolation thermique de la toiture de l'amphithéâtre au regard de la RT2012. Vérifier les charges et les contraintes sur certaines parties de la structure du mur mobile de l'amphithéâtre afin de valider les matériaux utilisés.

La couverture métallique mise en œuvre au-dessus de l'amphithéâtre est un bac métallique double peau qui a des performances thermique et acoustique données dans la fiche technique du produit dans le document **DT15**.

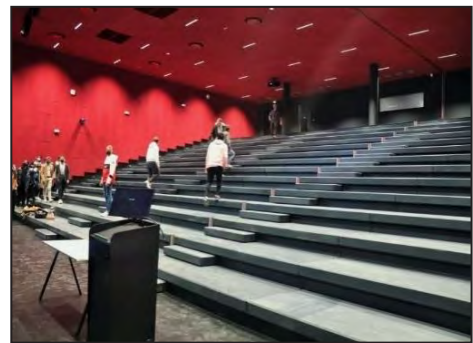


Figure 4 : Amphithéâtre 'ouvert' sans mur mobile

Question 31. **Expliquer**, au vu de la configuration de l'amphithéâtre, quels peuvent être les problèmes de confort thermique des occupants.

Question 32. **Compléter** le tableau du document **DR7**, afin de déterminer l'épaisseur totale e_{isolant} de l'isolant et la résistance thermique surfacique totale R_{totale} de la toiture de l'amphithéâtre.

La Réglementation Thermique 2012 donne des directives et des objectifs chiffrés concernant l'isolation des bâtiments notamment les résistances thermiques surfaciques et l'épaisseur de l'isolant des différentes parois déperditives :

	Résistance thermique surfacique : R en $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Épaisseur isolant : e_{isolant} en cm
Plancher Bas	$2,5 < R < 6$	$6 < e < 20$
Murs extérieurs	$3 < R < 9$	$8 < e < 30$
Plancher Haut	$5,5 < R < 12$	$10 < e < 50$

Question 33. **Conclure** sur le choix technique pour la toiture de l'amphithéâtre vis-à-vis de sa cohérence avec les directives de la RT 2012.

Dans le cadre de l'aménagement d'un amphithéâtre commun aux écoles ESTP et ESEO, l'intégration d'un mur mobile Algaflex® (document **DT16**) - permet de moduler l'espace selon les besoins pédagogiques. Le mur mobile est une cloison amovible (figure 5) constituée de panneaux suspendus qui coulissent. Ce dispositif permet d'offrir deux salles de cours autonomes ou un grand amphithéâtre unique, selon les besoins des enseignants ou les événements (conférences, examens, soutenances...).

Les cloisons amovibles utilisées pour séparer l'amphithéâtre commun de l'ESEO et de l'ESTP sont portées par un rail supérieur fixé à une poutre HEA450 qui est elle-même soutenue par une structure porteuse composée d'une variété de poutres en L (figure 6).



Figure 5 : Illustration des cloisons amovibles

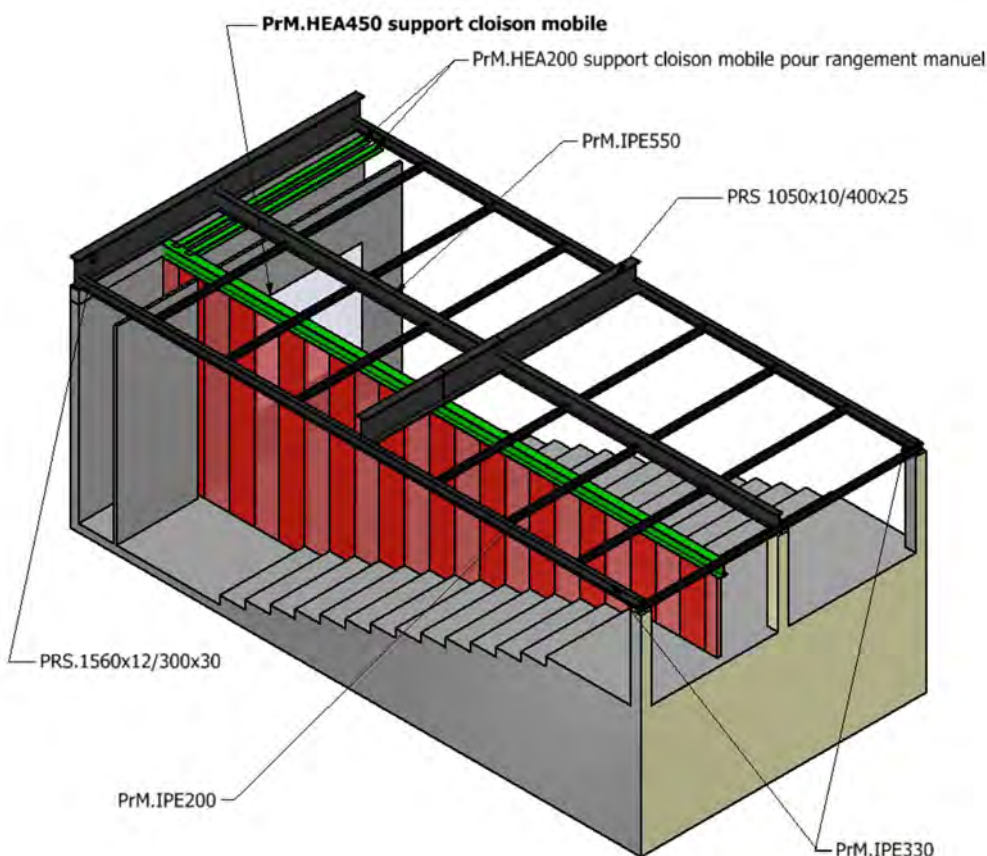


Figure 6 : Modélisation partielle de la structure porteuse de la cloison mobile

La suite de l'étude portera sur une partie des efforts dans la partie structure concernée par le soutènement du rail (support cloison mobile).

Calcul des poids des cloisons

On considère une accélération gravitationnelle de $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Question 34. À l'aide des documents **DT16** et **DT17**, **déterminer** le poids des cloisons mobiles de type B et P. **Calculer** ensuite le poids total exercé sur la poutre HEA450 par l'ensemble des cloisons mobiles.

Question 35. À l'aide du tableau du document **DT17**, **tracer** sur le document **DR8** le profil de la répartition des efforts sur la poutre HEA450 qui représente le plus la réalité pour les zones 2 et 3.

Contraintes dans le poteau central de soutien en béton armé

On s'intéresse maintenant aux contraintes supplémentaires générées par la structure porteuse des cloisons sur les poteaux de soutènement en béton armé C25/30XC1 de limite élastique $R_e = 2,41 \text{ MPa}$. On limite l'étude des contraintes sur le poteau de soutènement central (voir figure 7).

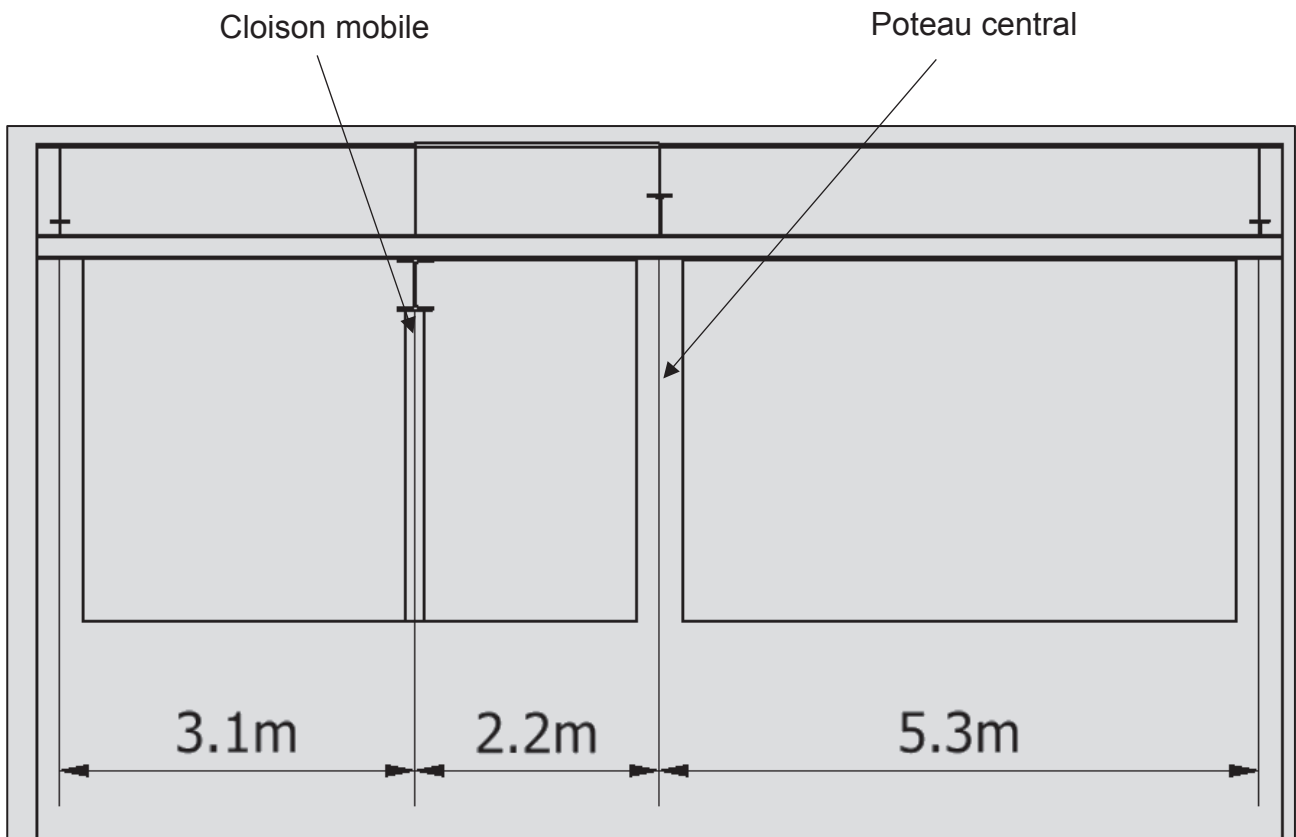


Figure 7 : Mise en plan locale des poteaux de soutènement

Question 36. **Justifier** l'intérêt d'étudier en priorité le poteau de soutènement central par rapport aux deux autres. **Donner** la sollicitation principale à laquelle est soumis le poteau central.

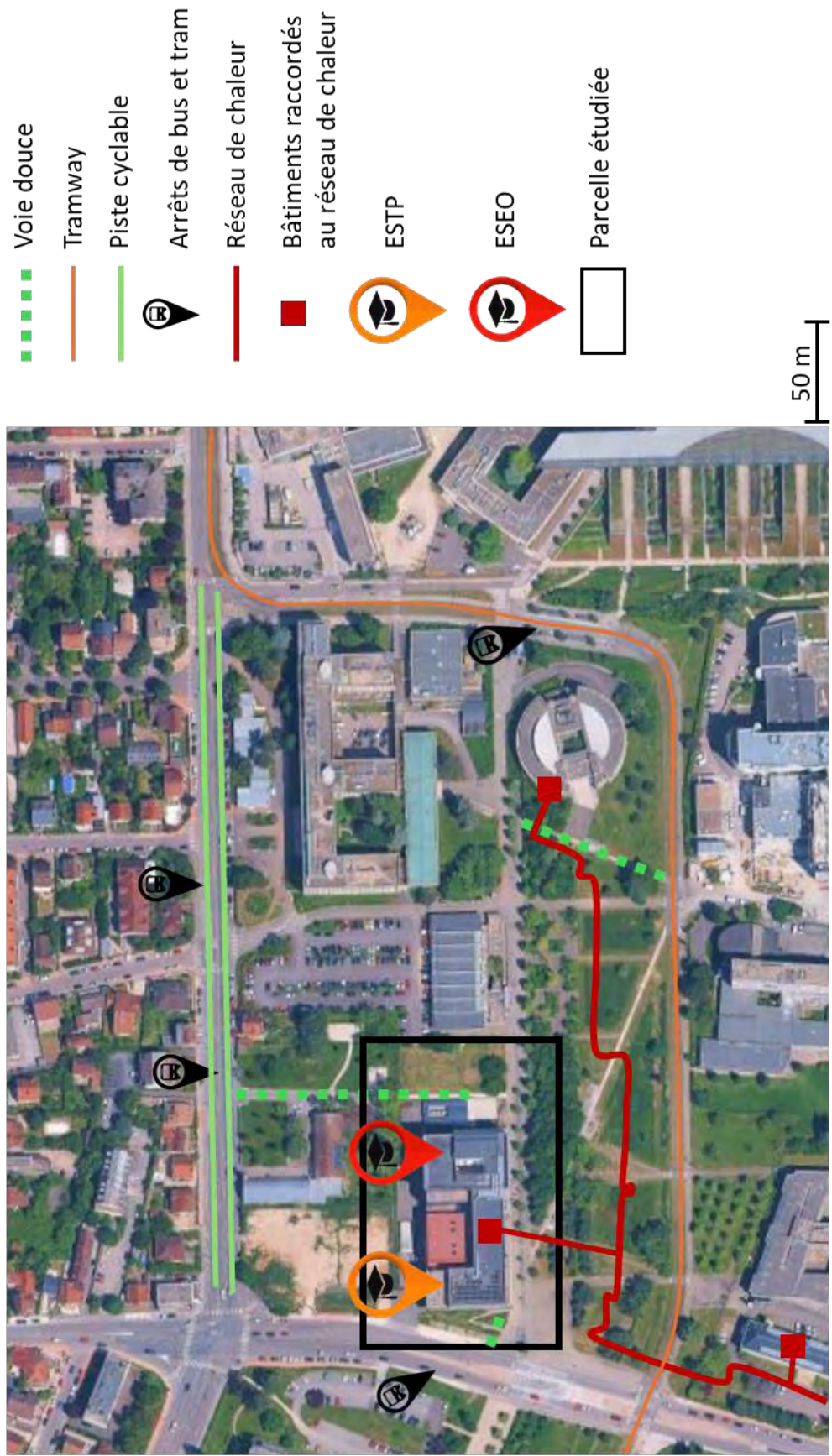
Question 37. Le résultat de la simulation de contraintes sur ce poteau étant donné sur le document **DT18**, **calculer** le coefficient de sécurité actuel. **Conclure** quant au respect de l'exigence 1.4.2 disponible dans le document **DT3**.

Question 38. **Conclure** quant au choix du matériau au regard des performances écologiques, de la sécurité et de la faisabilité à partir du document **DT19**.

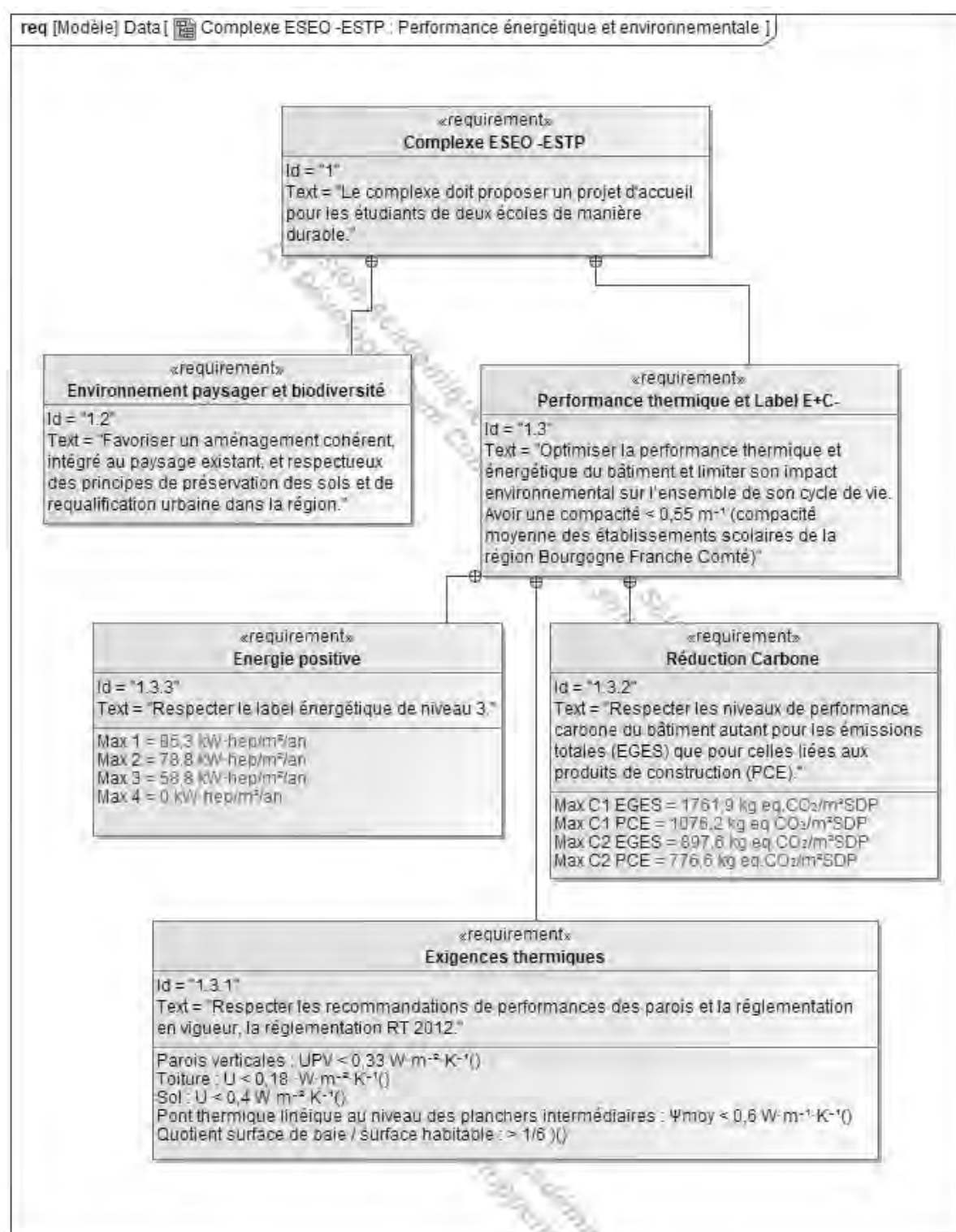
Conclusion générale

Question 39. À l'aide des conclusions des différentes parties étudiées, **conclure** sur les performances énergétiques et environnementales, l'usage et le confort, l'organisation spatiale du bâtiment des écoles d'ingénieurs ESEO-ESTP.

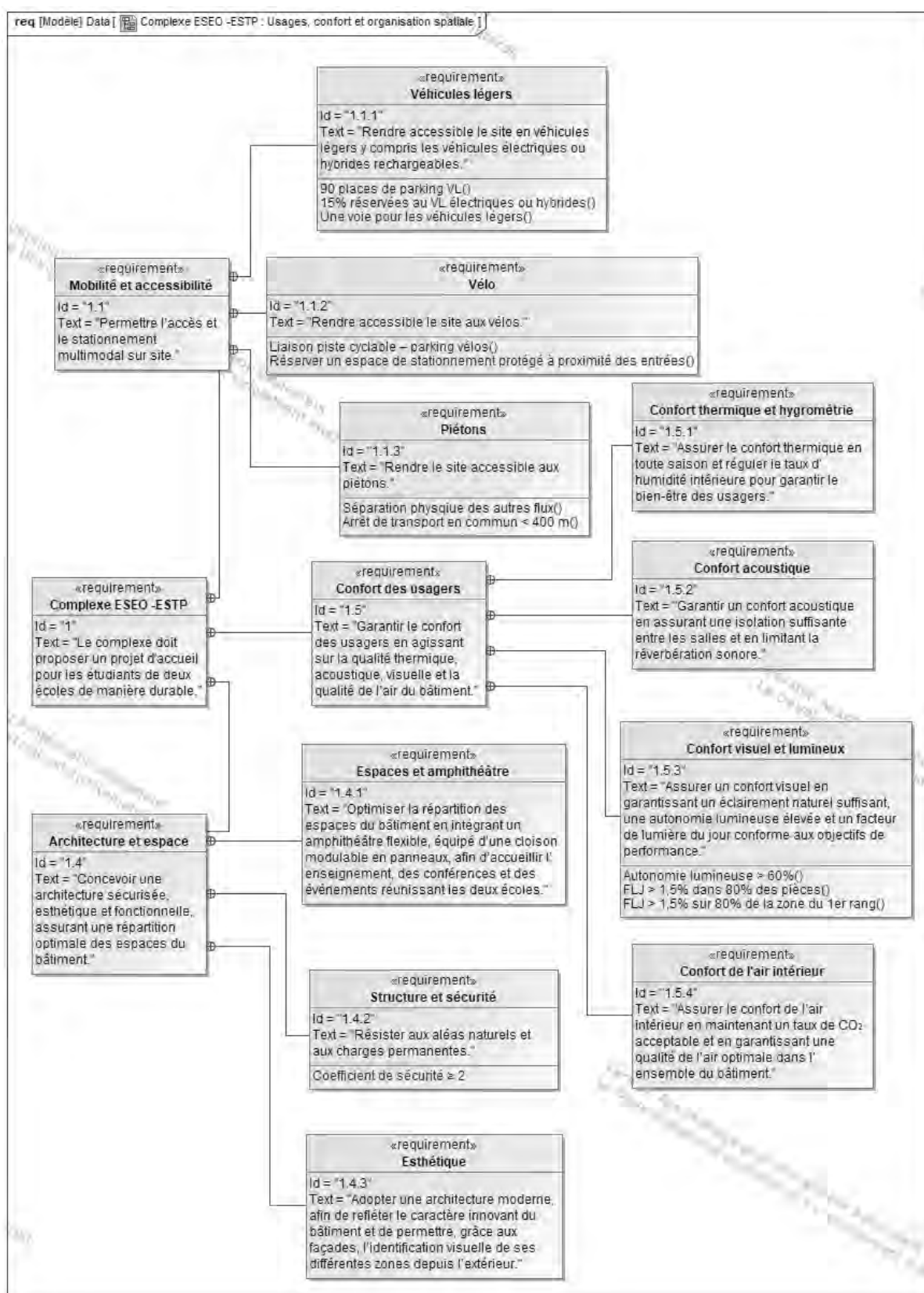
DT 1 - Plan de situation

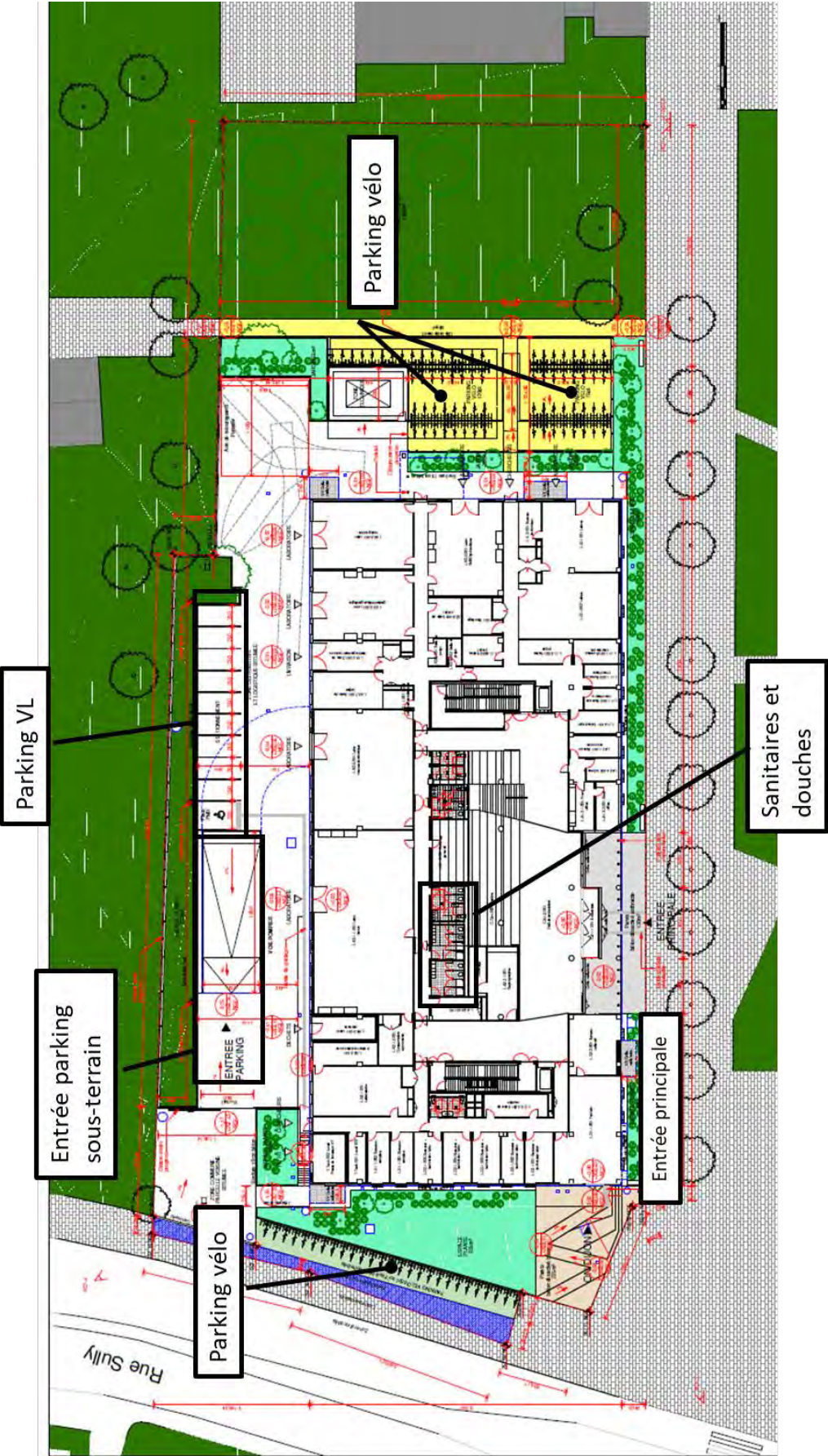


DT 2 - Diagrammes des exigences - performances énergétique et environnementale



DT 3 - Diagrammes des exigences - usages, confort et organisation spatiale

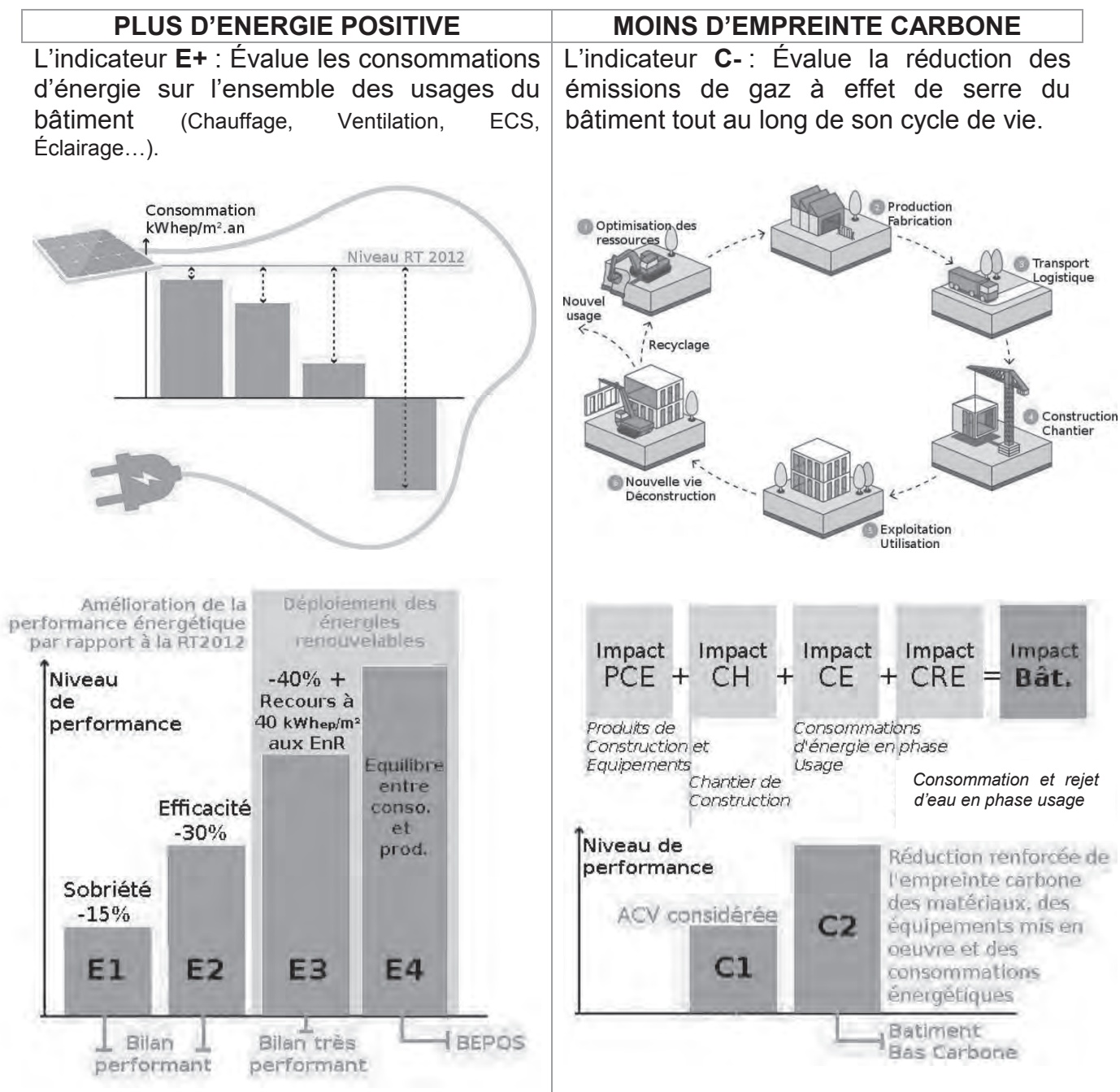




DT 5 - Le Label E+C-

La démarche « Énergie – Carbone » est une expérimentation lancée en 2016 afin de préparer la réglementation environnementale 2020.

Par rapport à la réglementation thermique 2012, l'expérimentation E+C- introduit l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre d'une opération de construction sur l'ensemble de son cycle de vie ; afin d'anticiper la RE 2020 qui permet de concevoir aujourd'hui des bâtiments à énergie positive en intégrant les impacts environnementaux du projet.



Pour chacun de ces indicateurs des niveaux de performances ont été définis :
4 pour l'Énergie : de E1 à E4 et 2 pour le Carbone : C1 et C2.

DT 6 - Label E3 - Choix de conception

Le bâtiment d'une superficie totale de 10 000 m², dont le projet a débuté en 2017, a été livré en 2021 et pour mieux respecter la future réglementation environnementale RE2020, le choix a été de respecter le label E3 C1.

L'objectif du niveau E3 du label est d'améliorer la performance énergétique par rapport à la RT 2012. Pour répondre à cette RT2012, la consommation d'énergie primaire maximale autorisée est de 71,5 kW·hep·m⁻². La production électrique photovoltaïque vient en déduction de la consommation électrique du bâtiment dans le calcul. Afin d'obtenir un bilan très performant (E3) il faut :

- réduire de 40 % la consommation en énergie primaire du bâtiment par rapport aux attentes de la RT 2012 ;
- avoir recours aux énergies renouvelables à minimum 40 kW·hep·m⁻²·an⁻¹.

Le périmètre d'engagement est défini autour des postes de consommation suivants.

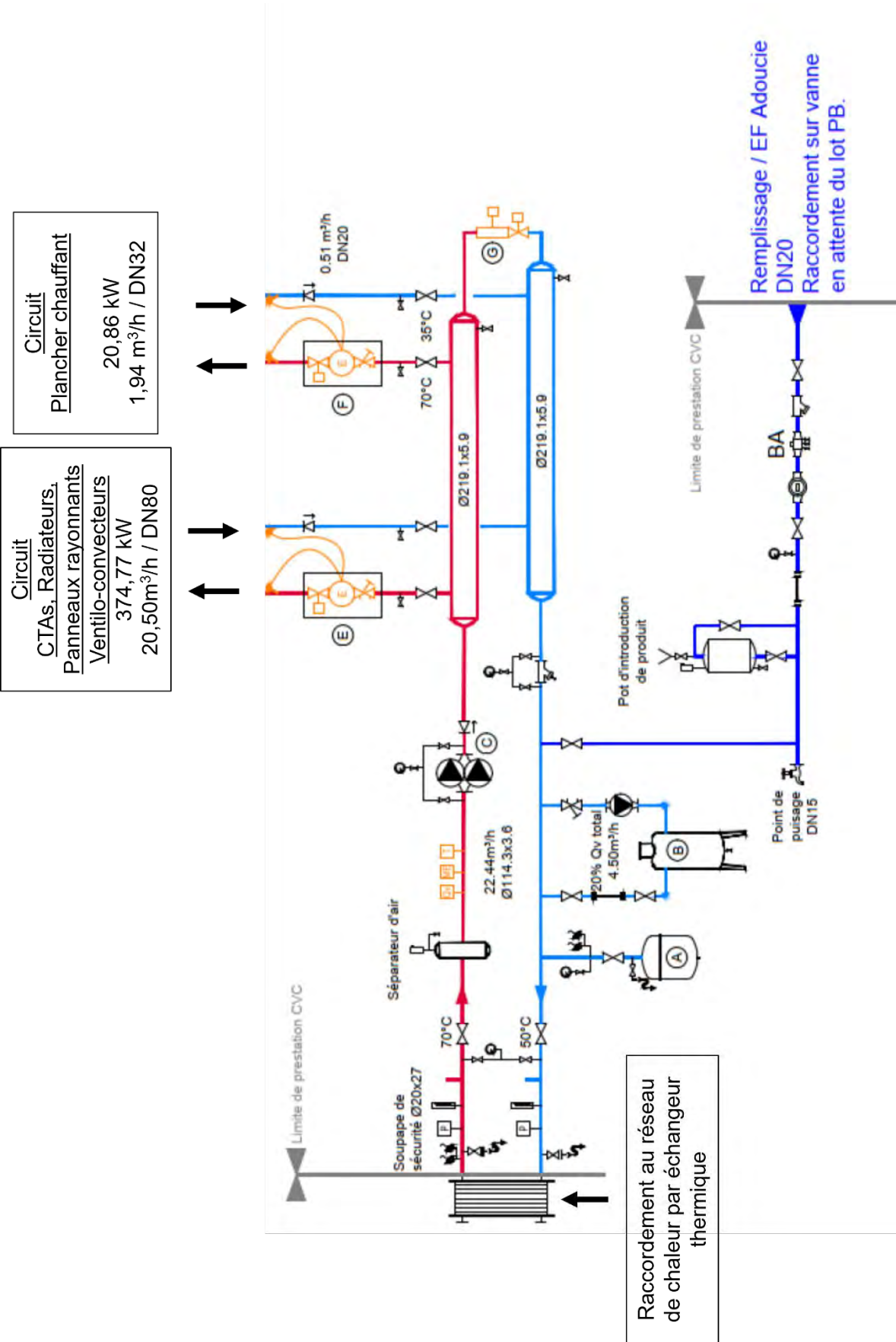
Périmètre d'engagement	Inclus	Non-inclus
Chauffage	☒	
Climatisation avec refroidissement actif	☒	
Auxiliaires CVC (chauffage ventilation climatisation)	☒	
ECS (eau chaude sanitaire)	☒	
Éclairage artificiel intérieur	☒	
Électricité spécifique au process	☒	
Prises de courant		☒
Services généraux (ascenseurs, éclairage extérieur, data center...)		☒

La performance passe obligatoirement par le choix d'équipements techniques efficaces et convenablement dimensionnés pour répondre au fonctionnement attendu.

La génération de chaleur pour ce bâtiment repose en grande partie sur le réseau de chaleur urbain disponible sur le site et provenant d'une centrale de valorisation énergétique des déchets, et la génération de froid ne vient qu'en complément d'un rafraîchissement adiabatique indirect prévu sur l'ensemble des locaux au travers d'un module spécifique sur les organes de traitement d'air.

La production électrique du bâtiment provient des panneaux photovoltaïques sur le toit.

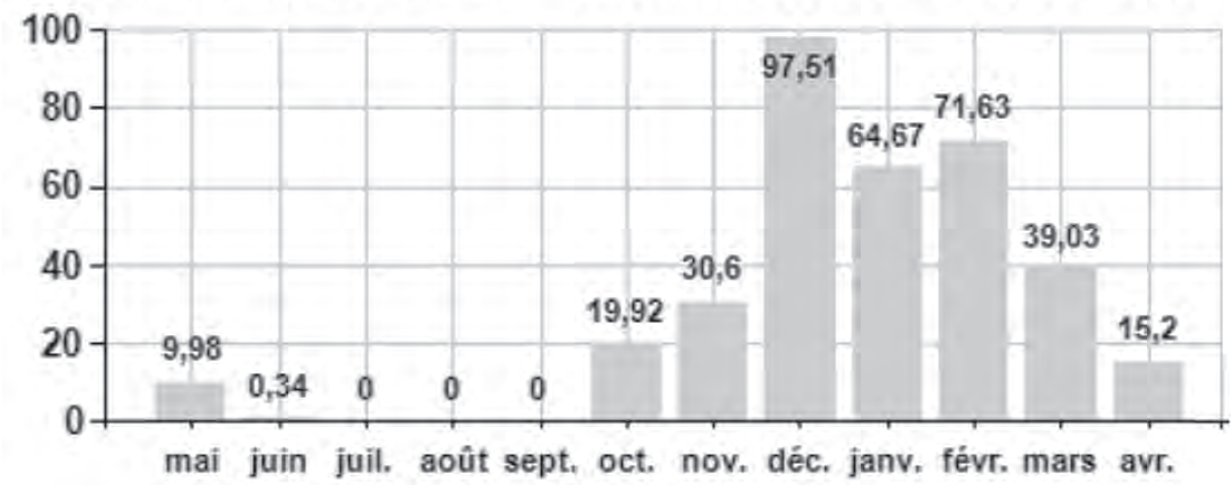
Description	Puissance installée (kWc)	Surface installée (m ²)	Rendement
Panneaux photovoltaïques polycristallins type SUNPOWER E20 320	28,6	145	20 %



DT 8 - Consommations relevées

Consommation sur le réseau de chaleur :

Historique de vos consommations : CHAUFFAGE / FACTURATION (unité MWh)



Consommations électriques annuelles en kWh (périmètre d'engagement du label)

Éclairage	29673
Climatisation	8231
Eau chaude sanitaire	8912
Chauffage électrique	23834
Ventilation	69176
Total	139826

Tableau de conversion entre énergie primaire et énergie finale

Le tableau est à jour au **1er février 2023**, il présente le coefficient à appliquer à l'énergie finale pour obtenir l'énergie primaire.

Type de calcul	Électricité	Bois	Autres énergies
RE2020	2,3	1	1
RT2012	2,58	1	1
RTE _x	2,58	0,6	1
RT2005	2,58	1	1
RT2000	2,58	1	1
E+C _o , énergie consommée	2,58	1	1

DT 9 - Éclairage du bâtiment

La gestion de l'éclairage des salles et des circulations sera réalisée par un pilotage groupé de 4 éclairages maximum.

- Concernant les salles, celles-ci seront pilotées via des drivers DALI intégrés aux luminaires.
- Concernant les circulations, celles-ci seront pilotées en tout ou rien.

Chaque local sera piloté par des micros-capteurs ENLIGHTED (maxi 1 pour 4 luminaires), le pilotage des luminaires se fera par des capteurs KIT-SU-5E-IOT associés à des unités de contrôle CU-4E-FM pilotant des drivers DALI standards.



Pilotage de l'éclairage localisé : Les différents niveaux d'éclairage, les préférences et les paramètres des scénarios de chaque groupe de luminaire sont transmis sans fil lors de la mise en service du système, puis enregistrés dans la mémoire locale du capteur, afin de garantir un fonctionnement en continu.

L'appareil d'ambiance QMX3P37 permettra une dérogation locale par l'utilisateur de l'éclairage de la pièce concernée

- le réglage et l'affichage de la température du local,
- la dérogation de forçage de la protection solaire du local (stores ou BSO),
- la dérogation de forçage de l'éclairage du local.



Tous les luminaires sont équipés de LED pour optimiser l'efficacité énergétique.

Type de local	Type d'allumage	Type de gestion	Niveau	Puissance
Amphithéâtres aveugles	Tableau de commande	Gestion impossible avec la lumière du jour	400 lux	6,05 W/m ²
Amphithéâtre non aveugle	Tableau de commande	Gestion automatique assurant éclairage constant	400 lux	6,05 W/m ²
Bureaux / Salles de réunion	Détection de présence/absence	Gestion automatique assurant éclairage constant	250 lux	5.10 W/m ²
Centre de documentation / Salles de cours	Détection de présence/absence	Gestion automatique assurant éclairage constant	250 / 300 lux	6,03 W/m ²
Circulations	Détection de présence/absence	Gestion impossible avec la lumière du jour	250 lux	4 W/m ²
Hall d'entrée	Interrupteur	Gestion automatique assurant éclairage constant	200	3,18 W/m ²

DT 10 - Protections solaires

Pour protéger le bâtiment des rayonnements solaires en été et éviter un recours excessif énergivore à une climatisation, différentes solutions sont mises en place.

On trouve notamment des BSO (brise-soleil orientable) qui sont baissés automatiquement à des heures préprogrammées, des stores intérieurs, et des vitrages spéciaux type SageGlass (de Saint-Gobain) capables d'adapter leur facteur solaire en fonction de l'intensité du rayonnement incident.

Le facteur solaire g ou S_g correspond à l'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie transmise par le soleil, $S_g < 1$.

Le facteur TL correspond donc à la transmission lumineuse d'un vitrage, $TL < 1$.

Exemple au 2^{ème} étage :



Les BSO sont utilisés en majorité l'après-midi et sont fortement impactés par le comportement des utilisateurs qui peuvent faire une dérogation sur le fonctionnement automatisé par programmation horaire. Une bonne utilisation permet de réduire de moitié le facteur solaire.

Le vitrage SageGlass permet d'offrir une protection adaptée et efficace tout au long de la journée en réduisant le facteur solaire considérablement. La transmission lumineuse du vitrage SageGlass varie en fonction de l'opacité du verre et donc de l'éclairement reçu.

Le facteur solaire varie en fonction de l'opacité du verre. En cas d'ensoleillement important, les apports solaires sont donc réduits, ce qui permet de limiter les surchauffes en période estivale.



DT 11 - Installation solaire et relevés d'irradiation

Positionnement des panneaux solaires sur le toit

Référence : panneaux solaires polycristallins Sunpower E20 320

28,6 kWc installés

Rendement : 20 %

Surface installée : 145 m²

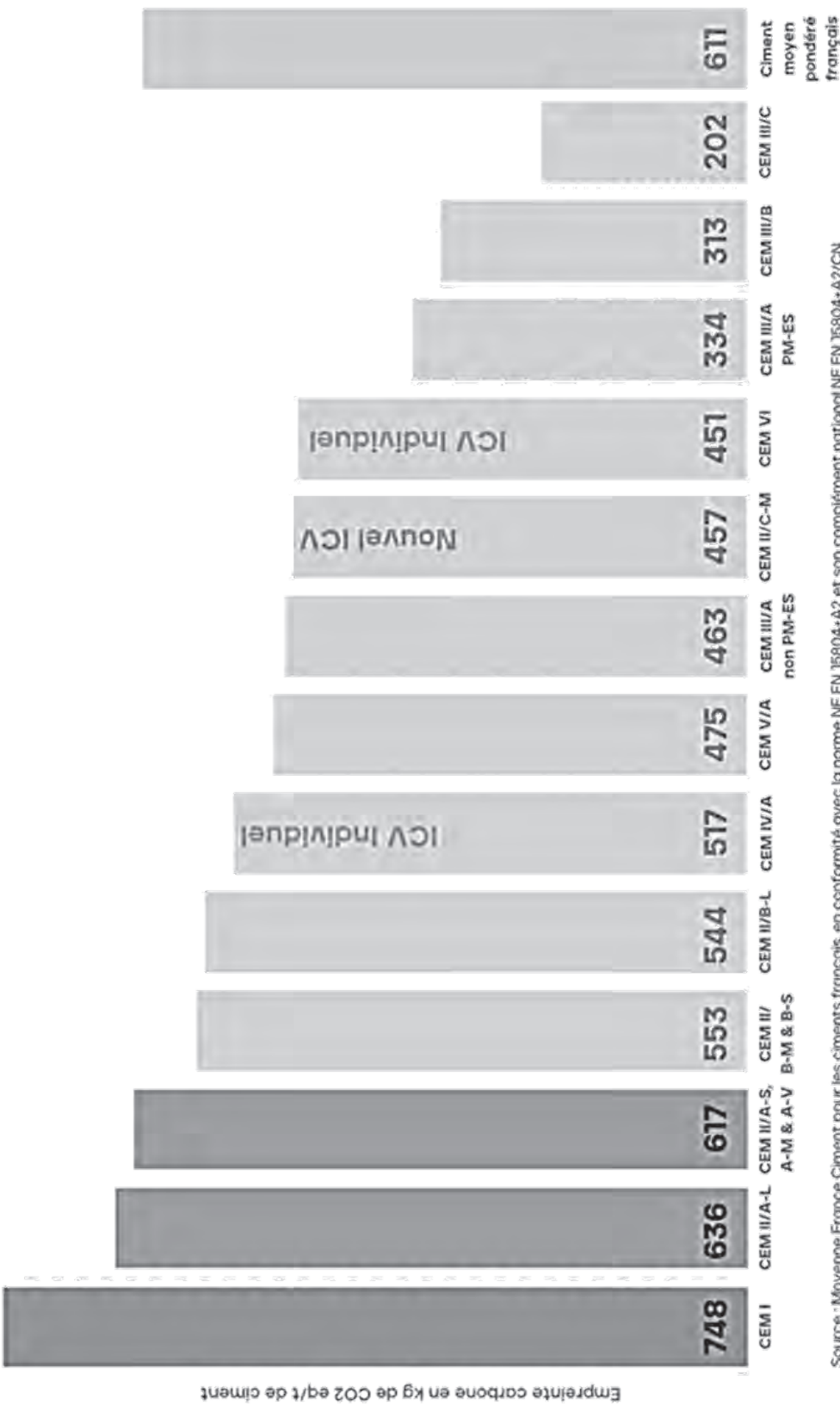


Relevé avec logiciel PVGIS de l'irradiation solaire mensuelle en kW·h/m²



Irradiation globale angle optimal

Mois	2023
Janvier	50.49
Février	99.82
Mars	126.86
Avril	140.35
Mai	186.81
Juin	204.49
Juillet	182.71
Août	157.65
Septembre	177.82
Octobre	116.69
Novembre	55.36
Décembre	33.03



Source : Moyenne France Ciment pour les ciments français, en conformité avec la norme NF EN 15804+A2 et son complément national NF EN 15804+A2/CN. Données valables pour les ciments des adhérents de France Ciment. Reproduction du graphique selon accord préalable de France Ciment, Mars 2024.

DT 13 - Tableau comparatif des solutions de cartes RFID possibles

Critère	MIFARE DESFire EV1	MIFARE Classic 1K	NTAG213
Fréquence	13,56 MHz	13,56 MHz	13,56 MHz
Norme ISO	ISO/IEC 14443-A	ISO/IEC 14443-A	ISO/IEC 14443-A
Mémoire utilisateur	2K, 4K ou 8K	1K (1024 octets)	~144 octets
Cryptographie	DES, 3DES, AES-128	Propriétaire (Crypto-1)	Aucun (authentification simple optionnelle)
Sécurité	Élevée (EAL4+ certifié)	Faible (facilement clonable)	Très faible (usage informatif)
Nombre d'applications	Jusqu'à 28	16 secteurs statiques	1 application simple
Communication NFC mobile	Partiellement (selon appareils)	Rarement pris en charge	Oui (Android/iOS via NDEF)
Temps de lecture/écriture	Rapide (optimisé pour transactions)	Moyen	Rapide
Protection mémoire	Accès conditionnel, gestion de clés	Clés A et B statiques par secteur	Mot de passe simple (32 bits)
Usages typiques	Contrôle d'accès, transport, paiement	Contrôle d'accès basique, écoles	Étiquettes NFC, marketing, URL
Prix approximatif	2 à 5 € / carte	0,30 à 0,60 € / carte	0,15 à 0,50 € / tag

Structure de base d'une page HTML

Savoir utiliser `<!DOCTYPE html>`, les balises `<html>`, `<head>`, `<body>`, et définir la langue avec `lang="fr"`.

Encodage des caractères

Inclure `<meta charset="UTF-8">` pour gérer correctement les accents et caractères spéciaux.

Titres et contenu

Utiliser les balises de titres comme `<h1>` pour structurer la page, ainsi que des balises de contenu (`<div>`, `<strong>`, `<br>`).

Insertion d'images

Utiliser `` avec un attribut `alt` pour l'accessibilité.

Classes CSS

Assigner des classes aux éléments (`class="eleve"`, `class="info"`) pour pouvoir les styliser.

CSS de base

Connaître les propriétés CSS essentielles :

- Mise en page avec `display: flex;` et `align-items`
- Couleurs, marges, `padding`s, bordures et ombres
- Mise en forme des images avec `width`, `height`, `border-radius` et `object-fit`

Hiérarchie et sémantique

Utiliser des balises appropriées pour organiser l'information (ex : `<strong>` pour mettre en gras un texte important).

Syntaxe correcte

S'assurer que toutes les balises ouvrantes ont leurs balises fermantes et que le code est bien formé.

Systèmes de toiture Globalroof®

Couvertures nervurées

Face intérieure plateau non perforé

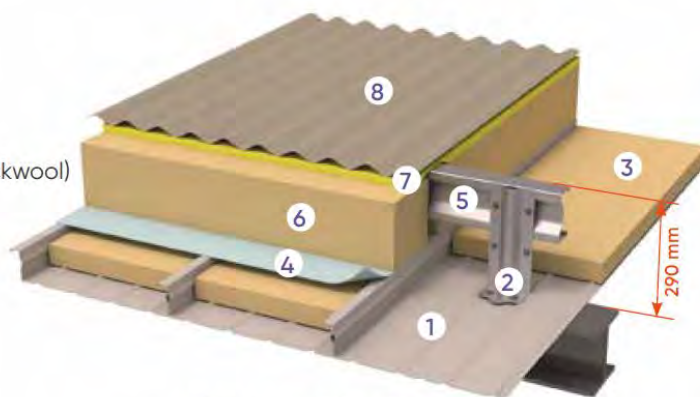
Mise en œuvre suivant notre enquête spécialisée en vigueur pour les plateaux Hacierco

Largeur d'appuis des plateaux Hacierco : 100 mm minimum. La barrière pare-vapeur doit être continue et jointoyée. Il est impératif de prévoir un isolant complémentaire afin de remplir la lame d'air.



Globalroof® IN 224TR

- 1- Plateau non porteur Hacierco 1.500.90
Epaisseur 0,75 mm*
- 2- Echantignole
- 3- Laine de roche Sorock en fond de plateaux (Rockwool)
Epaisseur 70 mm
- 4- Pare-vapeur
- 5- Panne Multibeam
- 6- Laine de roche Torock (Rockwool)
Epaisseur 200 mm
- 7- Laine de verre pincée sur panne
pour remplir la lame d'air
- 8- Profil Trapéza, Fréquence ou Authentique
Epaisseur 0,75 mm*



Trame parallèle - Plateau non porteur
[Peut être envisagé en trame perpendiculaire]

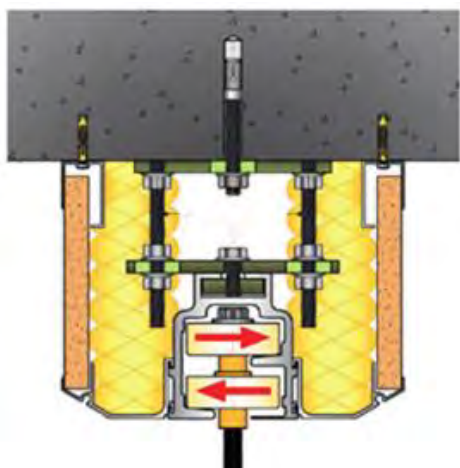
	<i>Panneau isolant en laine de roche SOROCK®</i>	<i>Panneau isolant en laine de roche TOROCK®</i>	<i>Rouleau de laine de verre</i>
Réaction au feu	Euroclasse A1	Euroclasse A1	Euroclasse A1
Conductivité thermique	0,034 W.m⁻¹.K⁻¹	0,035 W.m⁻¹.K⁻¹	0,030 W.m⁻¹.K⁻¹
Longueur	1350 mm	1350 mm	15000 mm
Largeur	450 mm	600 mm	1200 mm
Epaisseur	70 mm	200 mm	30 mm

Présentation générale

Depuis plus de 60 ans, ALGAFLEX® est le leader français des cloisons mobiles. Ses murs mobiles permettent de transformer rapidement un espace en plusieurs salles distinctes ou de l'ouvrir pour de grands événements. Ils sont conçus sur mesure pour répondre à des exigences acoustiques, esthétiques et fonctionnelles, sans rail au sol.

Fonctionnement

Un mur mobile se compose de panneaux individuels suspendus à un rail supérieur. Il n'y a aucun guidage au sol, ce qui permet une grande liberté d'usage et une intégration discrète dans les espaces modernes.



ALGAFLEX propose deux types de rails:

- Monodirectionnel: rail linéaire simple (non étudié ici).
- Multidirectionnel: rail en profilé aluminium semi-tubulaire, avec double galets pour permettre des changements de direction et des stockages multiples.



Concept multidirectionnel – Atouts techniques

- Panneaux indépendants suspendus par 2 chariots à doubles galets horizontaux.
- Système sans plaque tournante ni aiguillage.
- Possibilités de stockage variées (zones en retrait, angles, etc).
- Confort de manipulation et grande fiabilité.

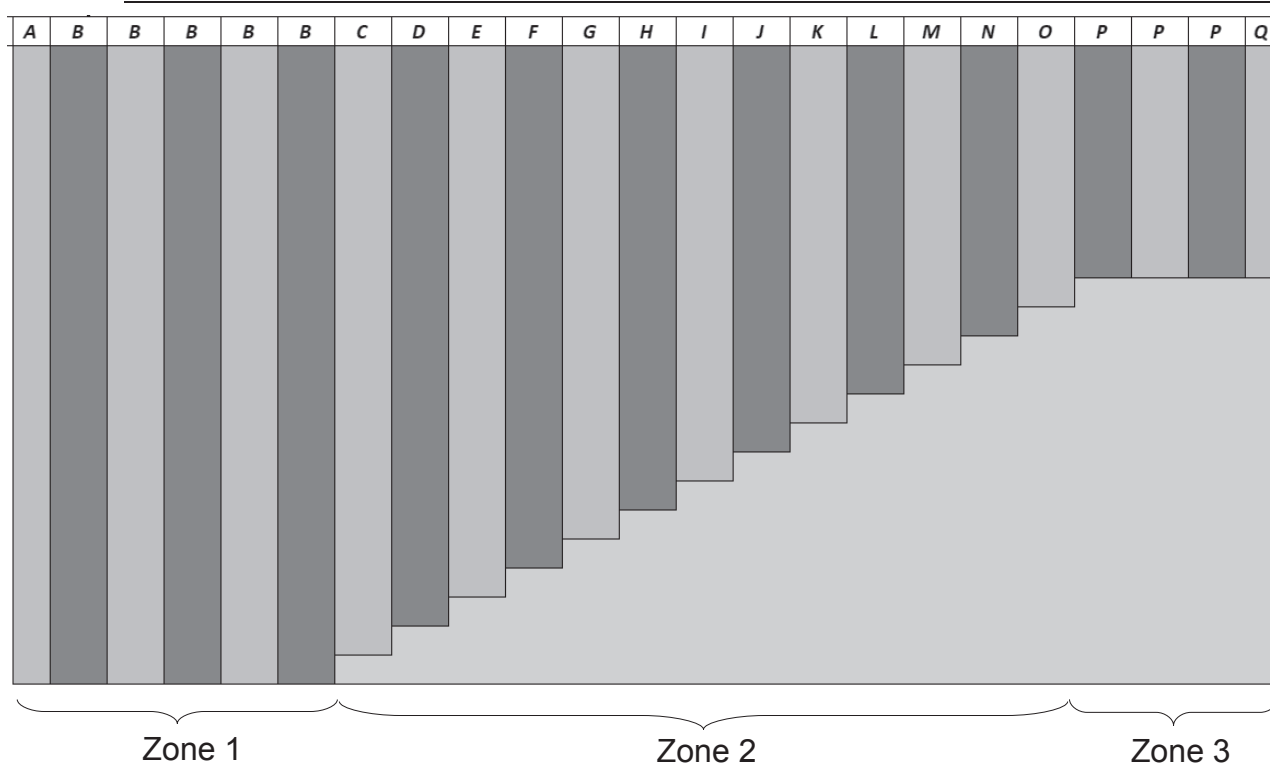
Avantages pour les établissements scolaires ou publics

- Modularité immédiate : une salle devient deux en quelques minutes.
- Performances acoustiques élevées : jusqu'à 59 dB d'affaiblissement.
- Esthétique soignée : nombreux choix de finitions (mélaminé, stratifié, verre...).
- Conformité feu et acoustique certifiée (normes AM14, essais Efectis...).

Caractéristiques des panneaux

Le choix s'est porté sur la gamme Silence dont les caractéristiques sont les suivantes :
Épaisseur 151 mm – Masse surfacique 72 kg.m⁻²

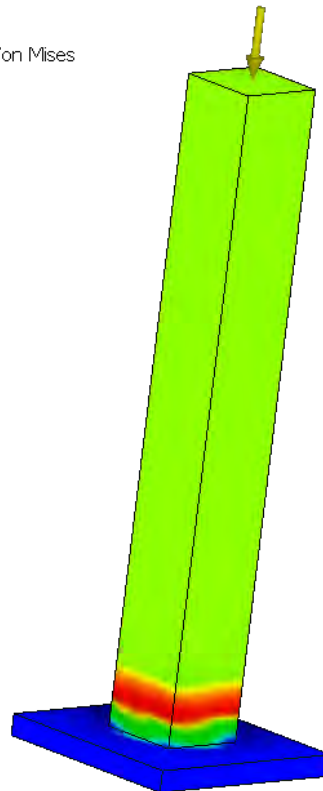
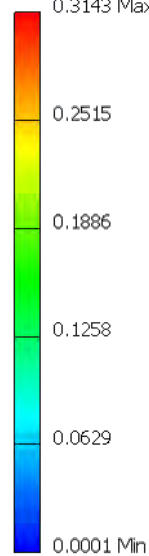
DT 17 - Mur Mobile – Informations dimensionnelles.



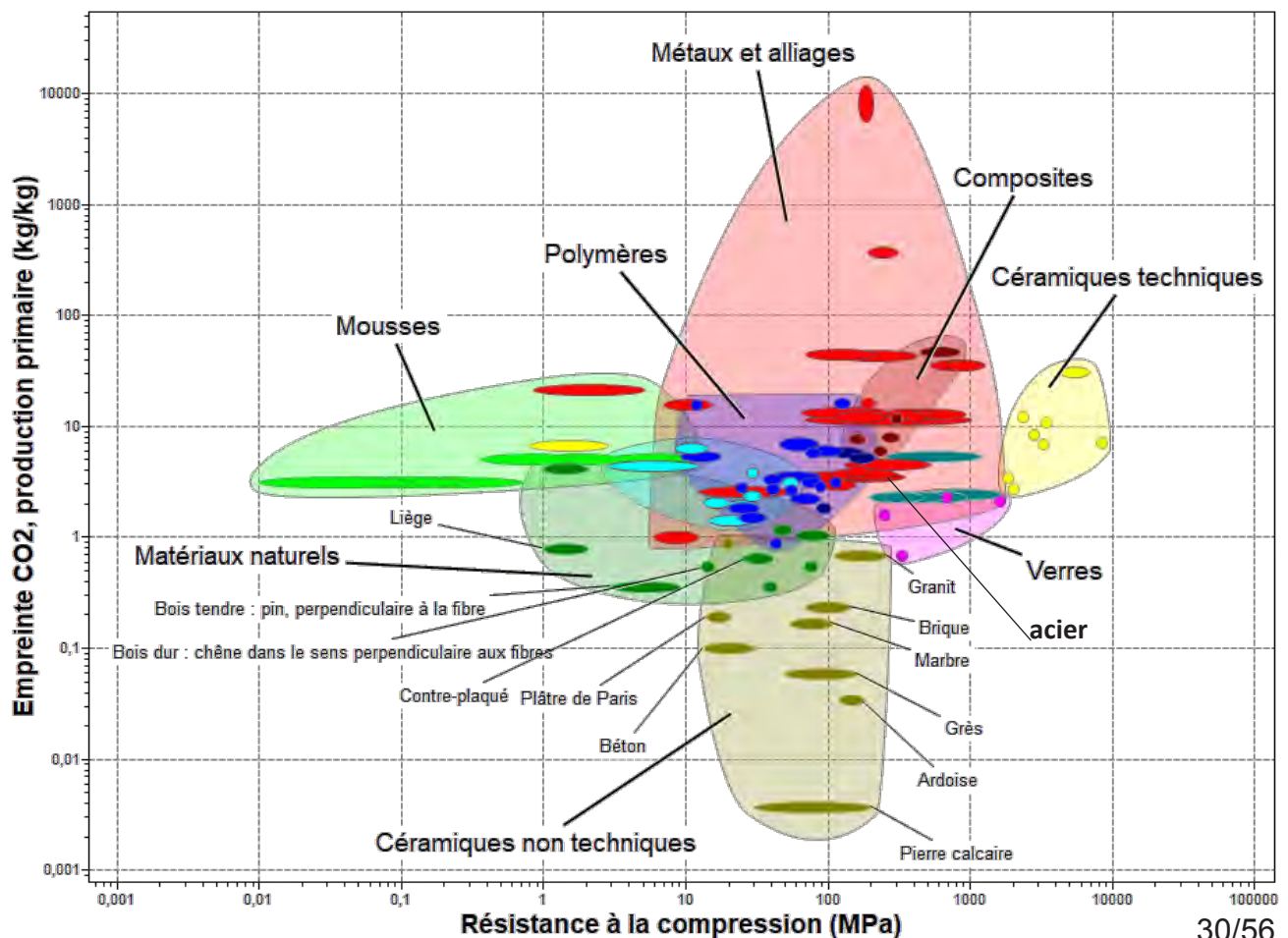
Type de cloison	Informations sur les cloisons du mur mobile				
	Quantité	Epaisseur e (en m)	Largeur l (en m)	Hauteur H (en m)	Poids P (en N)
A	1	0,151	0,6	7,18	3042,83
B	5	0,151	0,95	7,18	
C	1	0,151	0,95	6,86	4603,09
D	1	0,151	0,95	6,54	4388,37
E	1	0,151	0,95	6,22	4173,64
F	1	0,151	0,95	5,9	3958,92
G	1	0,151	0,95	5,58	3744,20
H	1	0,151	0,95	5,26	3529,48
I	1	0,151	0,95	4,94	3314,76
J	1	0,151	0,95	4,62	3100,04
K	1	0,151	0,95	4,3	2885,32
L	1	0,151	0,95	3,98	2670,60
M	1	0,151	0,95	3,66	2455,87
N	1	0,151	0,95	3,34	2241,15
O	1	0,151	0,95	3,02	2026,43
P	3	0,151	0,95	2,7	
Q	1	0,151	0,45	2,7	858,18

DT 18 - Contrainte dans poteau central

Type: Contrainte de Von Mises
Unité: MPa
04/06/2025, 16:44:40
0.3143 Max



DT 19 - Empreinte CO2 production primaire (kg/kg) en fonction de la résistance à la compression (MPa)



DR 1 - Validation et justification des exigences

Exigences		OUI / NON	Justification
Mobilité et accessibilité	Faciliter d'accès des parkings Véhicules Légers du bâtiment	...	...
	Rendre visible et sécuriser les accès pour les piétons et les PMR, par rapport aux arrêts de transports en commun éventuels.	Oui	Un accès piéton clairement matérialisé via l'entrée principale donnant sur la rue Sully
	Rendre clairement identifiables et accessibles les zones de livraisons et de déchets par rapport aux autres flux	Oui	Locaux techniques situés à l'Ouest de la parcelle avec accès logistique dédié et différencié des accès piétons et véhicules légers
	Rendre facile d'accès l'entrée principale proche de la piste cyclable et la zone de stationnement vélos.	...	...
	Respecter le nombre de places de parking véhicules légers imposé par les réglementations (90 places).	...	Nombre de places de stationnement conforme à la réglementation et au programme (108 places)
	Réserver au moins 15% des places de stationnement (VL) pour les véhicules électriques ou hybrides rechargeables.	Oui	Arrivées électriques en place mais bornes non-installées car non obligatoire à la date de conception
	Réserver un espace de stationnement sécurisé des vélos à proximité des entrées, à destination du personnel.	Oui	Présence de plusieurs zones de stationnement vélos.
	Réserver des espaces communs appropriés (vestiaires, douches) pour les personnels cyclistes.	...	...
	Implanter le projet à moins de 400 m d'un arrêt de transport en commun.	...	...
Environnement paysager et biodiversité	Aménager des espaces verts de la parcelle afin de développer ou de conserver les continuités écologiques	...	...

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENOWN
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

DR 2 - Étude comparative entre la voiture, le tramway et le vélo

Ces valeurs sont données pour un trajet entre la gare et l'école d'ingénieur soit 4 km. L'étudiant, venant de Paris, arrive à la gare de Dijon et doit prendre un moyen de transport.

Mode de transport	Location voiture électrique 	Tramway de Dijon 	Location Vélo à assistance électrique 
Temps de trajet (minutes)	20	16	18
Nombre de personnes transportées	2	200	1
Émission de GES totale en gCO ₂ par trajet pour le cycle de vie complet	31	2000	30
Émission de GES en gCO ₂ par trajet en phase d'utilisation	6	1200	2
Émission de GES en gCO ₂ par trajet et par personne en phase d'utilisation	...	...	...
Émission de GES en gCO ₂ par trajet et par personne pour le cycle de vie complet	...	...	...
Coût par mois	Abonnement 16 € + 0,42 € par km	Abonnement à 30 € pour tout le réseau	Abonnement 30 €

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENTON:
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

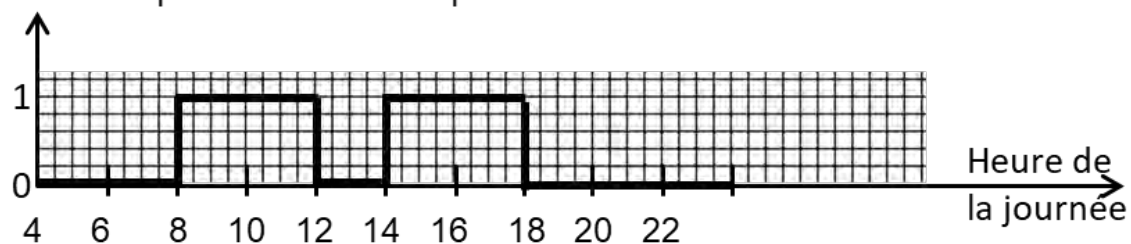


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

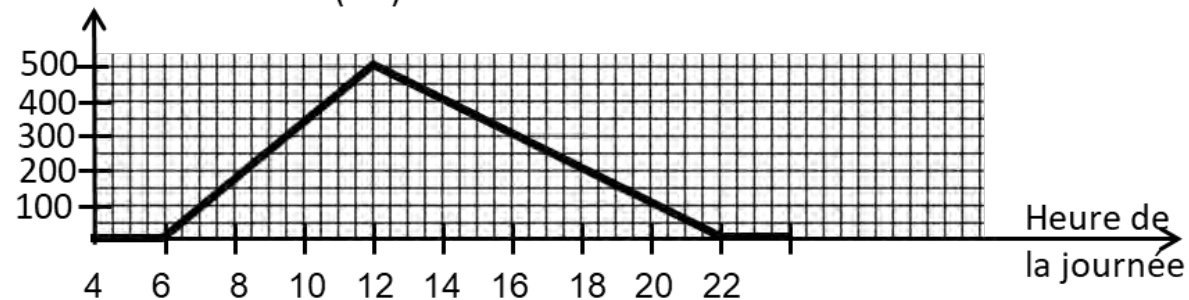
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

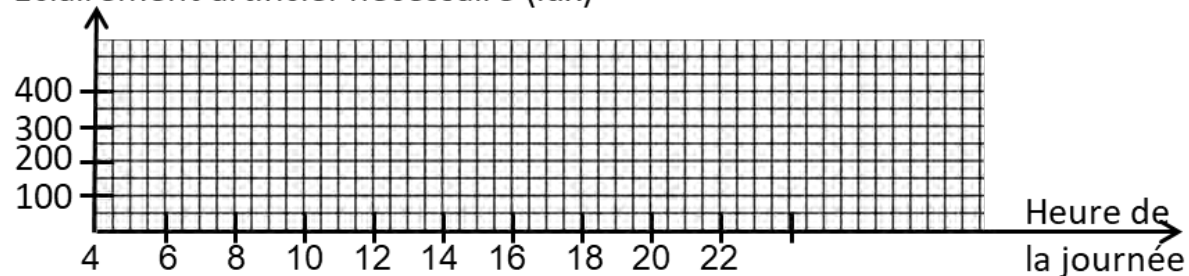
Présence de personnes dans la pièce



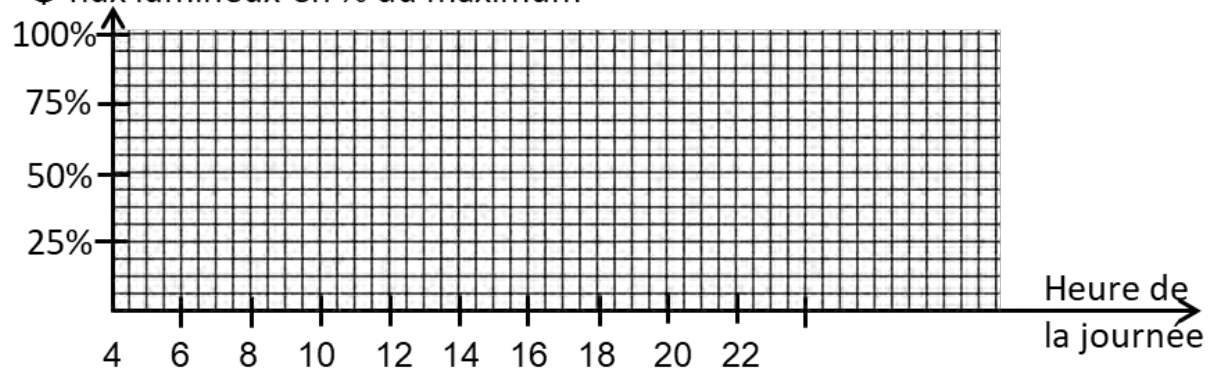
Eclairage naturel (lux)



Eclairage artificiel nécessaire (lux)



Φ flux lumineux en % du maximum



NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENOWN
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



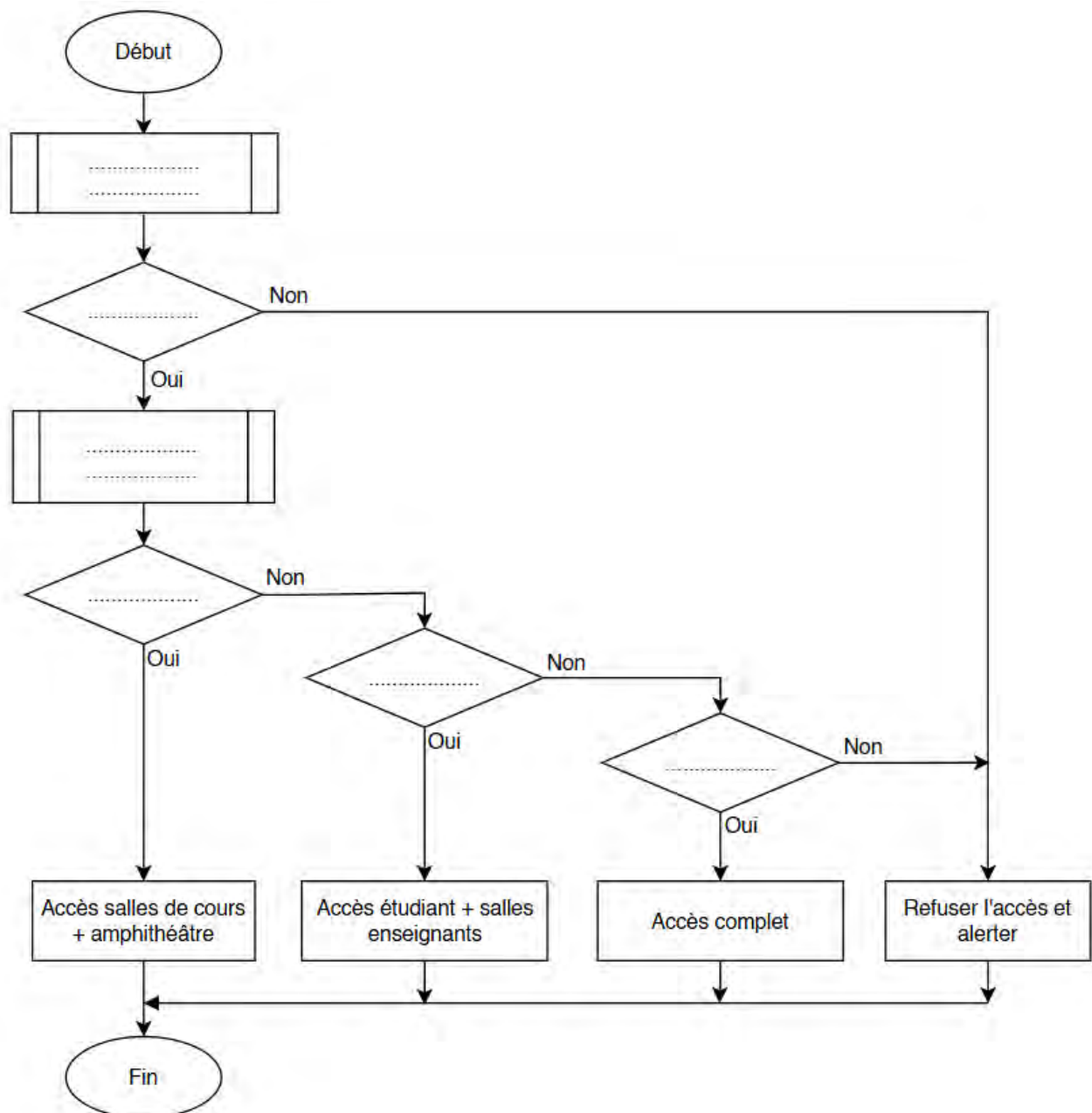
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

DR 4 - Répartition du potentiel de réchauffement climatique pour les produits de construction et équipement (PCE) par lot en kgCO₂éq·m⁻²

		Scénario 1	Scénario 2
Lot 1	Voirie et Réseaux Divers	51,7	51,7
Lot 2	Fondations et Infrastructure	20,68	...
Lot 3	Superstructure et Maçonnerie	165,44	...
Lot 4	Couverture, Etanchéité, Charpente, Zinguerie	31,02	31,02
Lot 5	Cloison, Doublage, Plafond suspendus, Menuiseries Intérieures	134,42	134,42
Lot 6	Façades et Menuiseries Extérieures	155,1	155,1
Lot 7	Revêtement, Chape, Peintures, Décoration	155,1	155,1
Lot 8	Chauffage Ventilation Climatisation + Eau Chaude Sanitaire	155,1	155,1
Lot 9	Installations sanitaires	10,34	10,34
Lot 10	Réseaux d'énergie	124,08	124,08
Lot 11	Réseaux de communication	7,755	7,755
Lot 12	Appareils élévateurs	10,34	10,34
Lot 13	Equipement de Production Locale d'électricité	7,755	7,755
Lot 14	Fluides Frigorigènes	5,17	5,17
Total PCE		1034	...



NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENTON:
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

```
<!..... html>
<!-- Déclare que le document est en HTML5 -->
<html lang="fr">
<!-- L'élément racine de la page, avec l'attribut lang indiquant que la langue principale est le
français -->

<head>
<meta charset="UTF-.....">
<!-- Définit l'encodage des caractères en UTF-8 pour supporter les caractères spéciaux
français -->

<title>Liste des élèves</title>
<!-- Titre de la page affiché dans l'onglet du navigateur -->

<style>
/* Styles CSS intégrés pour la mise en forme de la page */
body {
font-family: Arial, sans-serif;
/* ..... utilisée sur toute la page */
background-color: #f0f0f0;
/* Couleur de fond gris clair */
padding: 20px;
/* Espace autour du contenu de la page */
}
.eleve {
display: flex;
/* Utilisation du modèle flexbox pour aligner les éléments horizontalement */
align-items: center;
/* ..... verticalement les éléments enfants */
background-color: #fff;
/* Fond blanc pour chaque bloc élève */
padding: 10px;
/* Espace intérieur dans le bloc */
margin-bottom: 10px;
/* Espace entre les blocs élève */
border-radius: 8px;
/* ..... arrondis */
box-shadow: 0 2px 5px rgba(0,0,0,0.1);
/* Ombre portée subtile pour donner du relief */
}

(...) <!-- Ne pas compléter -->

</body>
</html>
```


	Épaisseur du matériau en m	Conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Résistance thermique surfacique en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Résistance superficielle extérieure r_{se}			...
Tôle d'acier nervurée	Valeur négligeable		
Laine de roche SOROCK	...	...	...
Pare Vapeur	0,0002	0,05	0,004
Laine de roche TOROCK	...	...	...
Laine de verre	...	...	...
Tôle d'acier nervurée	Valeur négligeable		
Résistance superficielle intérieure r_{si}			...
$e_{totale} =$	...	$R_{totale} =$	...
$e_{isolant} =$	...		

Résistances superficielles en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$:

	r_{si}	r_{se}	Σr_s
Paroi verticale	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04	0,14
Paroi horizontale (flux descendant)	0,17	0,04	0,21

Règles ThU CSTB

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENTON:
(en majuscules)

N° candidat :

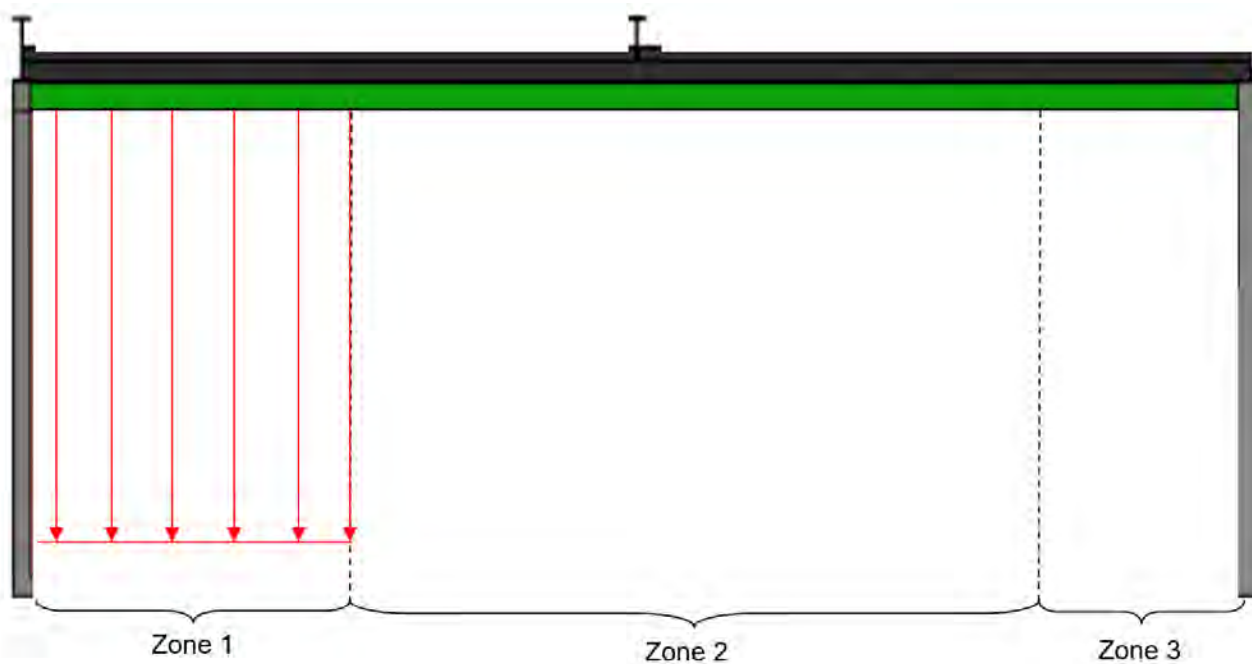
N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ECO-CONCEPTION

Amphithéâtre modulable



Présentation de l'étude et questionnaire

pages 40 à 52

Documents techniques DTS1 à DTS2

pages 53 à 54

Documents réponses DRS1 à DRS2

pages 55 à 56

Mise en situation

Le Campus Métropolitain ESTP/ESEO dispose d'un amphithéâtre commun aux écoles ESTP et ESEO. Afin de permettre une utilisation optimisée des espaces d'enseignements cet amphithéâtre est équipé d'une cloison mobile Algaflex® (Document **DT16** et **DT17**) qui permet de moduler l'espace en deux amphithéâtres plus petits et indépendants. Cette cloison amovible est constituée de panneaux suspendus qui coulissent sans rail au sol, elle est manœuvrée manuellement par un technicien et rangée derrière le tableau.

Le panneau mobile est guidé via quatre points d'appui (A, B, C et D), associés à des roulements (R1, R2, R3, R4), permettant une stabilité tout en assurant le mouvement de translation rectiligne (voir Figures 1 et 2).

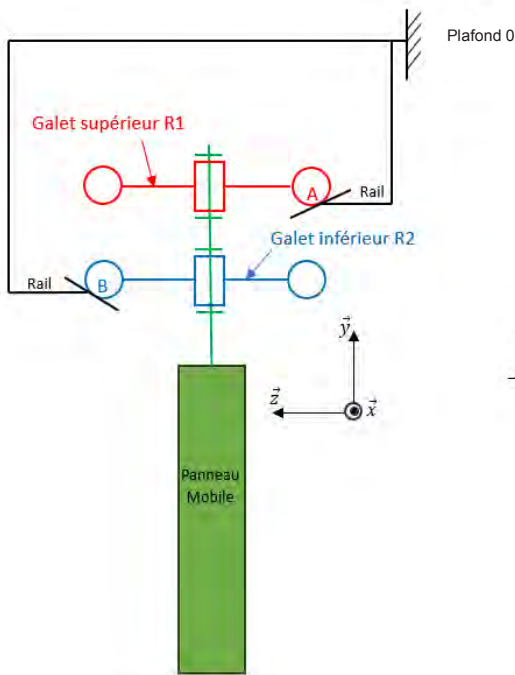


Figure 1 : Schéma cinématique panneau mobile

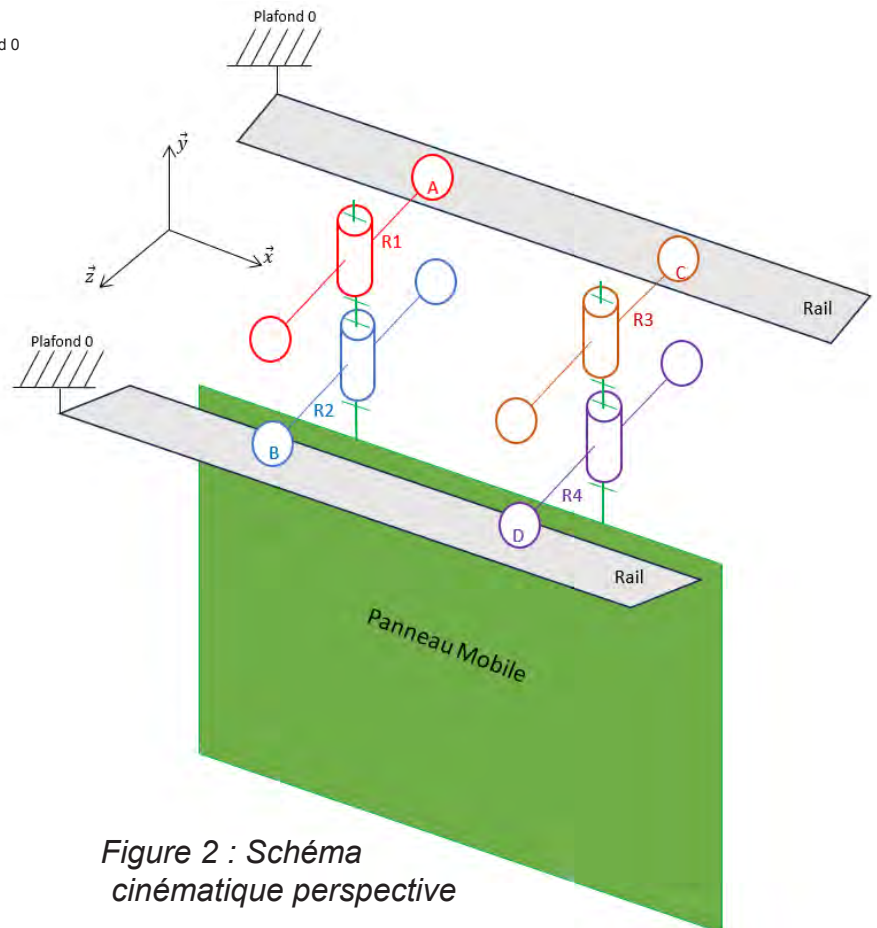


Figure 2 : Schéma cinématique perspective

Ce sujet aborde différents aspects relatifs à la phase de conception et à la phase de réalisation :

- Partie A : La poutre porteuse de la cloison mobile est-elle bien dimensionnée ?
- Partie B : Le matériau des surfaces de roulement des galets est-il adapté ?
- Partie C : Le dimensionnement des moteurs de déplacement des panneaux mobiles est-il correct ?

Partie A. La poutre porteuse de la cloison mobile est-elle bien dimensionnée ?

Objectif : l'objectif de cette partie est de valider la résistance de la poutre porteuse des panneaux mobiles.

Dans le bâtiment, deux écoles d'ingénieurs, l'ESTP et l'ESEO, partagent un même amphithéâtre. L'architecte a prévu la possibilité de diviser cet espace en deux salles plus petites, selon une configuration 2/3 – 1/3 (voir Figure 3), afin de permettre la tenue de cours simultanés.

Actuellement, des panneaux mobiles permettent cette séparation. Ils sont suspendus à un rail fixé à une poutre porteuse. Cependant, en raison de sa grande portée, cette poutre est fortement sollicitée.

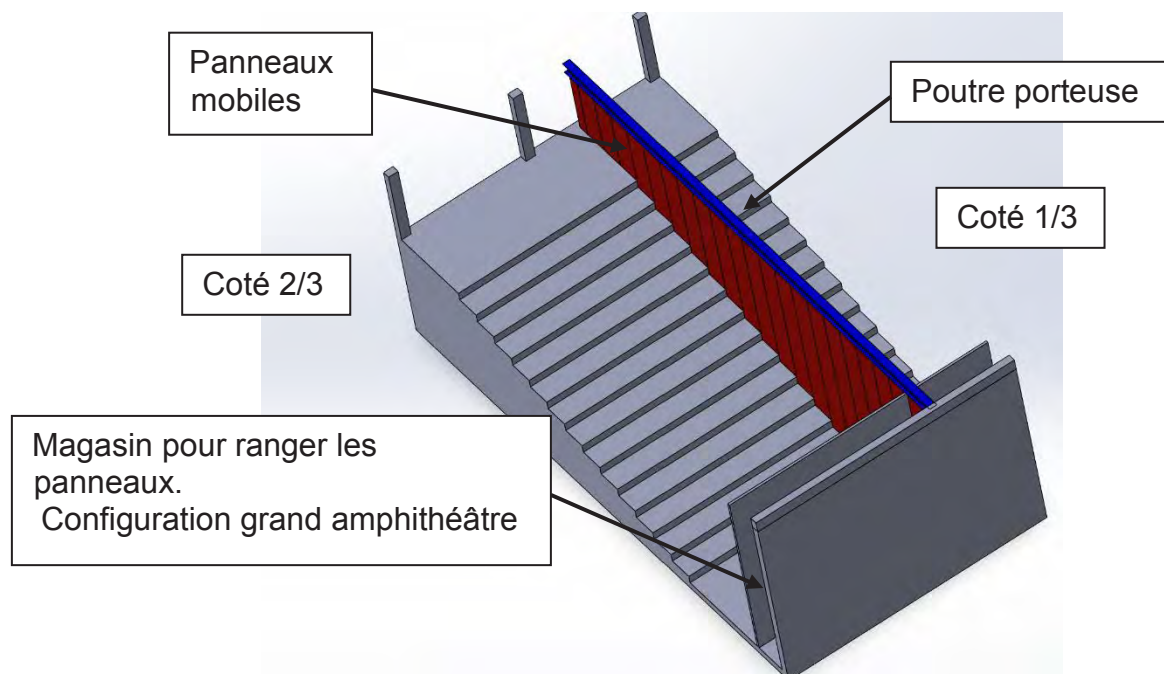


Figure 3 : mise en situation

Modélisation et hypothèses

- On négligera le poids de la poutre par rapport aux autres actions mécaniques.
- La poutre d'axe $\vec{X}$ est sur deux appuis. On considérera une articulation en A et un appui simple en B. (voir Figure 4)
- On se placera dans le cas le plus défavorable où tous les panneaux sont sortis.

Les panneaux sont répartis en 3 tronçons distincts. Une étude préalable a permis de déterminer les actions mécaniques résultantes.

On donne :

- $\|\vec{R}_A\| = 44270 \text{ N}$ (La réaction d'appui au point A).
- $\|\vec{P}_{\text{Tronçon1}}\| = 25000 \text{ N}$ (Le poids du Tronçon 1).
- $\|\vec{P}_{\text{Tronçon2}}\| = 40000 \text{ N}$ (Le poids du Tronçon 2).
- $\|\vec{P}_{\text{Tronçon3}}\| = 6000 \text{ N}$ (Le poids du Tronçon 3).
- $\|\vec{R}_B\| = 26730 \text{ N}$ (La réaction d'appui au point B).

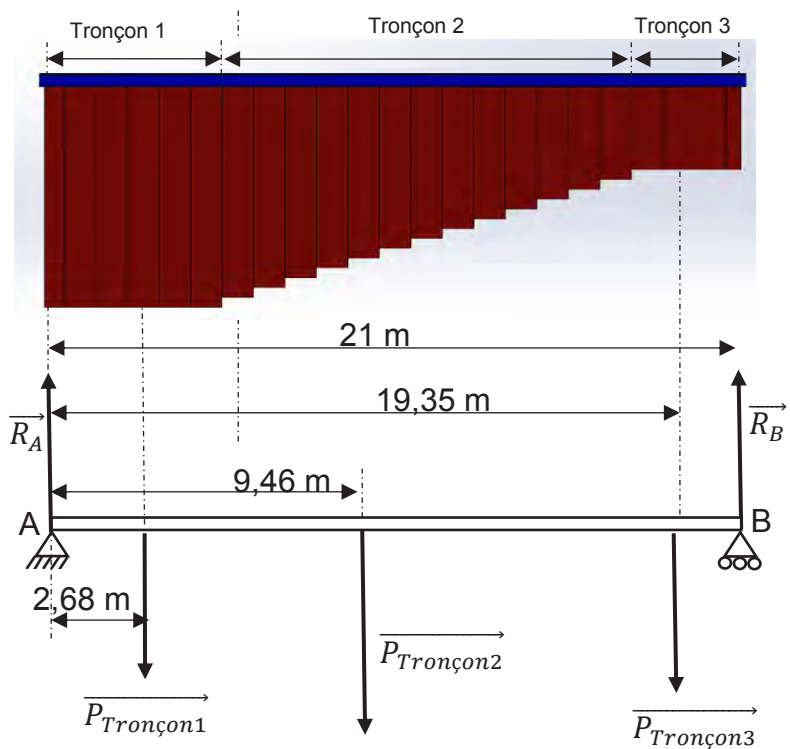


Figure 4 : Modélisation

Question 1. En s'appuyant sur les hypothèses et la modélisation, **identifier** les sollicitations mécaniques agissant sur la poutre porteuse.

On souhaite simplifier le problème en se ramenant à une seule résultante appliquée au point C, notée $\vec{P}_{\text{Total}}$ pour le poids des panneaux. (voir Figure 5)

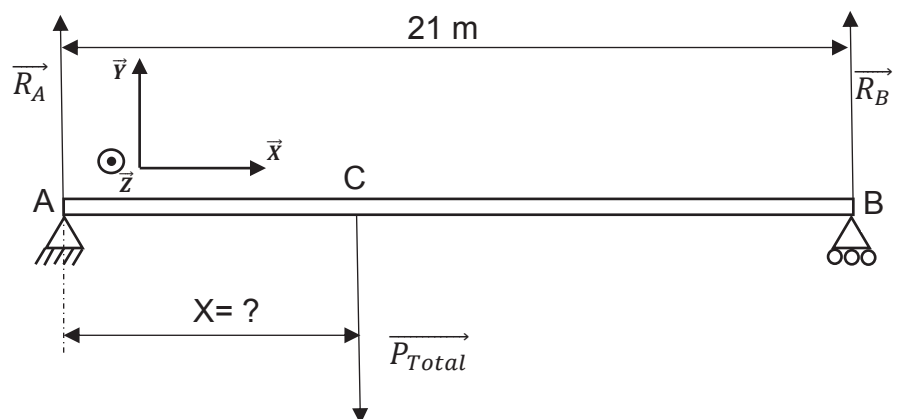


Figure 5 : Représentation simplifiée

Question 2. **Calculer** la norme de $\vec{P}_{\text{Total}}$ notée $\|\vec{P}_{\text{Total}}\|$ exprimée en N.

Question 3. En utilisant le théorème du moment statique (TMS) au point A en projection sur l'axe $\vec{z}$, **calculer** la distance $X = AC$ exprimée en m.

Pour la suite du problème, on prendra $X = 7,9$ m.

Le cahier des charges impose à la poutrelle de vérifier les deux critères suivants :

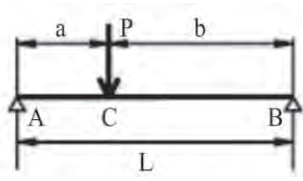
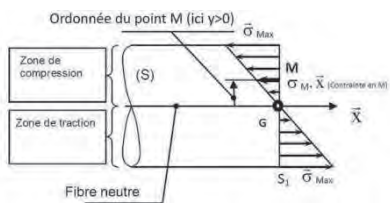
Critère	Grandeur à vérifier	Niveau
Contrainte	CS : Coefficient de sécurité	Cs=2
Déformation	f_{max} : Déformation horizontale maximale admissible	$f_{max} < L/200$

* L est la distance entre les appuis de la poutre.

La poutre envisagée par le bureau d'étude est du type HEA 450. (Voir le document **DTS1**).

Pour des grandes portées on utilise des aciers à Haute Limite Elastique (HLE). Le matériau choisi est un acier S 440. Cela signifie que sa limite élastique est : $Re = 440$ MPa.

On donne le formulaire pour une poutre sur deux appuis avec un effort qui n'est pas centré.

	Moment de flexion	Déformée
	$M_{f_{Max}} = \frac{Pab}{L}$ P en N a, b et L en mm $M_{f_{max}}$ en N·mm	$f_{max} = \frac{Pa}{27EIL} \sqrt{3(L^2 - a^2)^3}$ E : module de Young en MPa I : Moment quadratique de la section en mm^4 a, b, L et f_{max} en mm P en N
Contrainte normale de flexion plane		
	$\sigma = \frac{Mfz}{I_{Gz}} \cdot y$ σ_M : contrainte normale au point M due à la flexion (en MPa) Mfz : moment de flexion selon (G, $\vec{z}$) dans (S) (en N.mm) I_{Gz} : moment quadratique de la section droite (S) / à son axe neutre (en mm^4) y : ordonnée du point M dans (G, $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$) (en mm)	
Condition de résistance		
- Re : résistance élastique du matériau (en MPa) ; - Cs : coefficient de sécurité.		$\sigma_{max} \leq \frac{Re}{CS}$

Question 4. À l'aide du document **DTS1**, en référence aux caractéristiques de la poutre et à l'aide du formulaire, **calculer** la déformée maximale (flèche) notée f_{max} exprimée en mm.

Le document **DTS1** fournit un modèle numérique de la déformée de la poutre sous charge extrême.

- Question 5. À partir des résultats donnés par la simulation et ceux du calcul, **vérifier** la validation du critère de déformation.
- Question 6. À partir du formulaire et de la configuration, **calculer** le moment de flexion de la poutre au point C, noté $M_{f_{Max}}$ exprimé en (N·mm).
- Question 7. À partir de la formule de la contrainte, **calculer** la contrainte normale maximale σ_{max} exprimée en (MPa) ou (N·mm⁻²).
- Question 8. À partir du formulaire, **vérifier** la condition de résistance de la poutre (critère de contrainte).
- Question 9. À partir des questions précédentes, **conclure** sur le dimensionnement et le choix de cette poutre.

Partie B. Le matériau des surfaces de roulement des galets est-il adapté ?

Objectif : L'objectif de cette partie est de valider le choix des matériaux des galets utilisés vis-à-vis des pressions et échauffements subis.

Modélisation et hypothèses

- Le guidage « multidirectionnel » (document **DT16**) des panneaux est assuré par deux chariots comportant chacun deux galets superposés (voir figure 6).
- Le galet supérieur est le sujet de cette étude. Le contact entre le flanc conique du galet et une lèvre plane du rail est assimilé à un contact linéique MN (document **DRS1**). Le point A est le milieu du segment MN.
- On appelle $\overrightarrow{A_{rail \rightarrow galet}}$ l'effort de contact exercé au point A par le rail sur le galet. $\overrightarrow{A_{rail \rightarrow galet}} = F \cdot \vec{y}$ avec $F = 1200 \text{ N}$.
- Le rail est en aluminium 6063-T6, un alliage à base d'aluminium magnésium-silicium, très utilisé pour les profils extrudés.
- Le galet est en Delrin® 500CL, un plastique technique contenant un lubrifiant solide dispersé, ce qui lui confère une usure réduite, un coefficient de frottement amélioré et une excellente stabilité dimensionnelle

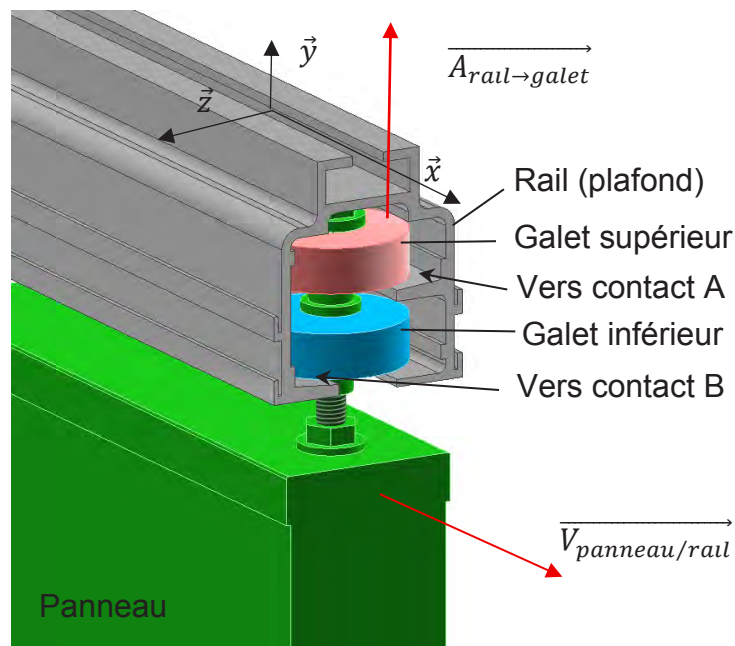


Figure 6 : modélisation d'un chariot de guidage de panneau

Calcul des pressions sur le galet

Hypothèses :

- La théorie de Hertz n'envisage pas le cas du contact linéique cône sur plan mais on peut assimiler le contact galet / rail à un contact linéique rectiligne entre un cylindre de rayon $R=350$ mm et un plan (rail) sur une longueur $L=18$ mm (voir figure 7).
- On néglige l'inclinaison de la surface de contact du rail sur le galet.

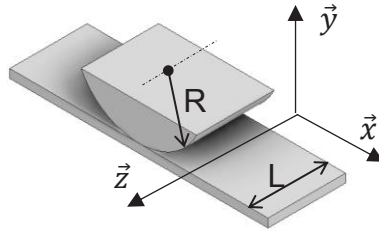


Figure 7 : Modélisation du contact galet / rail

Théorie de Hertz : Calcul des Pressions de Contact

La théorie de Hertz, largement utilisée en ingénierie, permet de calculer les pressions de contact entre deux solides élastiques et homogènes. Elle permet de prédire les contraintes et les déformations, aidant ainsi à prévenir les défaillances par fatigue et par usure.

Cas du contact Cylindre sur Plan

Pour un contact entre un cylindre de rayon R et un plan, la zone de contact est une bande rectangulaire de largeur $2b$.

La forme semi-elliptique de la distribution de pression de $-b$ à b est caractéristique du contact de Hertz. Et elle est identique le long du contact (de 0 à L).

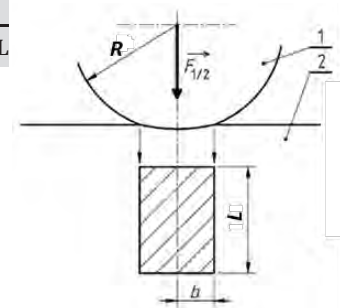
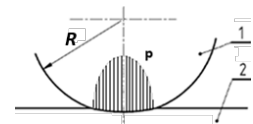
La pression de contact p (en Pa) maximale est : $p_{\max} = \sqrt{\frac{F \cdot E}{\pi \cdot R \cdot L}}$

- F est la force normale appliquée (en N).
- E est le module de Young équivalent (en Pa).
- R est le rayon du cylindre (en m).
- L est la longueur du contact (en m).

E équivalent est donné par : $\frac{1}{E} = \frac{1-\nu_1}{E_1} + \frac{1-\nu_2}{E_2}$

- ν_1 et ν_2 sont les coefficients de Poisson des deux matériaux.
- E_1 et E_2 sont les modules de Young des deux matériaux en contact (en Pa).

La largeur de la zone de contact $2b$ (en m) est donnée par : $b = \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot L \cdot E}}$



Caractéristiques mécaniques des matériaux	Delrin 500 CL à 23 °C	Aluminium 6063-T6 anodisé
Masse volumique ρ (g·cm ⁻³)	1,41	2,7
Limite élastique σ_e (MPa)	70	190
Module de Young E (MPa)	3 100	69 000
Coefficient de Poisson ν	0,35	0,33
Pression de contact admissible (MPa)	55	100
$p \cdot V$ limite (MPa·m·s ⁻¹ ou W·mm ⁻²) en fonctionnement continu	0,4	0,5

Question 10. **Montrer** que le module de Young équivalent est proche de 4560 MPa. Cette valeur est à utiliser pour la suite.
Déterminer avec la théorie de Hertz, $p_{\max}$ la pression de contact maximale entre le rail et le galet.

Question 11. **Déterminer** le coefficient de sécurité pris en compte par le bureau d'étude.
Conclure sur la capacité du galet à supporter la pression de contact calculée.

Pour la suite du problème, on prendra $p_{\max} = 17 \text{ MPa}$.

Calcul du produit ($p \times V$)

On donne $\overrightarrow{V_{O,\text{galet/rail}}}$ la vitesse de déplacement du point O, O étant le centre de la liaison pivot d'axe $O\vec{y}$ entre le galet et le panneau.

On a $\overrightarrow{V_{O,\text{galet/rail}}} = \overrightarrow{V_{\text{panneau/rail}}} = V_O \cdot \vec{x}$ avec $V_O = 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le mouvement galet / rail est un mouvement dans le plan $(O, \vec{x}, \vec{z})$

Dans ce plan O, M, A et N sont alignés. On a $OA = 22 \text{ mm}$, $MN = 18 \text{ mm}$, $MA = AN$.

Hypothèses simplificatrices : Le galet roulant sur son flanc, cela engendre d'importants frottements. On considère que le point A est le centre instantané de rotation (C.I.R.) du mouvement du galet / rail : $\overrightarrow{V_{A,\text{galet/rail}}} = \vec{0}$

Question 12. **Placer** $\overrightarrow{V_{O,\text{galet/rail}}}$ sur le dessin en coupe BB du document **DRS1** à l'échelle 1 cm pour $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Question 13. **Déterminer** $\omega_{\text{galet/rail}}$ la vitesse de rotation du galet / rail en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Question 14. **Déterminer** et **placer** $\overrightarrow{V_{M,\text{galet/rail}}}$ et $\overrightarrow{V_{N,\text{galet/rail}}}$ sur la vue de dessus en coupe BB du document **DRS1**, les déterminations pourront être graphiques **ou** analytiques. (Pour une résolution analytique, on donne $\omega_{\text{galet/rail}} = 4,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$).

Rappel sur l'échauffement de matériaux frottant sous charge : Sous la *pression de contact* p , avec la *vitesse de glissement* V , il existe une valeur maximale du produit ($p \times V$) au-delà de laquelle un plastique ne peut pas continuer de glisser normalement du fait du dégagement de chaleur. Ce maximum est appelé valeur limite du facteur ($p \times V$) ou pV limite. Le produit ($p \times V$) exprime une puissance dissipée par unité de surface, $p \cdot V$ en $\text{W}\cdot\text{mm}^{-2}$ avec p en $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$ et V en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Question 15. **Déterminer** le produit $p \cdot V$ maximal.

Question 16. À l'aide des indications du tableau à propos de $p \cdot V$ et connaissant les conditions d'utilisation des cloisons mobiles, **calculer** le pourcentage de dépassement par rapport au produit $p \cdot V$ limite admissible du galet indiqué dans le tableau des caractéristiques des matériaux, **expliquez** pourquoi ce dépassement n'est pas forcément rédhibitoire.

Question 17. Que peut-on en **conclure** sur le choix du matériau des surfaces de roulement des galets.

Partie C. Le dimensionnement des moteurs de déplacement des panneaux mobiles est-il adapté ?

Objectif : cette étude vise à dimensionner la motorisation des panneaux.

Dans un établissement d'enseignement supérieur comme l'ESTP ou l'ESEO, la motorisation permet de **réorganiser rapidement l'espace** entre deux cours, deux groupes d'élèves ou deux événements, sans dépendre du personnel technique.

Description de la solution technique – Motorisation d'un panneau mobile

Le schéma Figure 8 présente une solution de motorisation pour un élément de panneau mobile suspendu à un système de rail fixé au plafond. Cette motorisation vise à automatiser le déplacement horizontal et le verrouillage vertical du panneau.

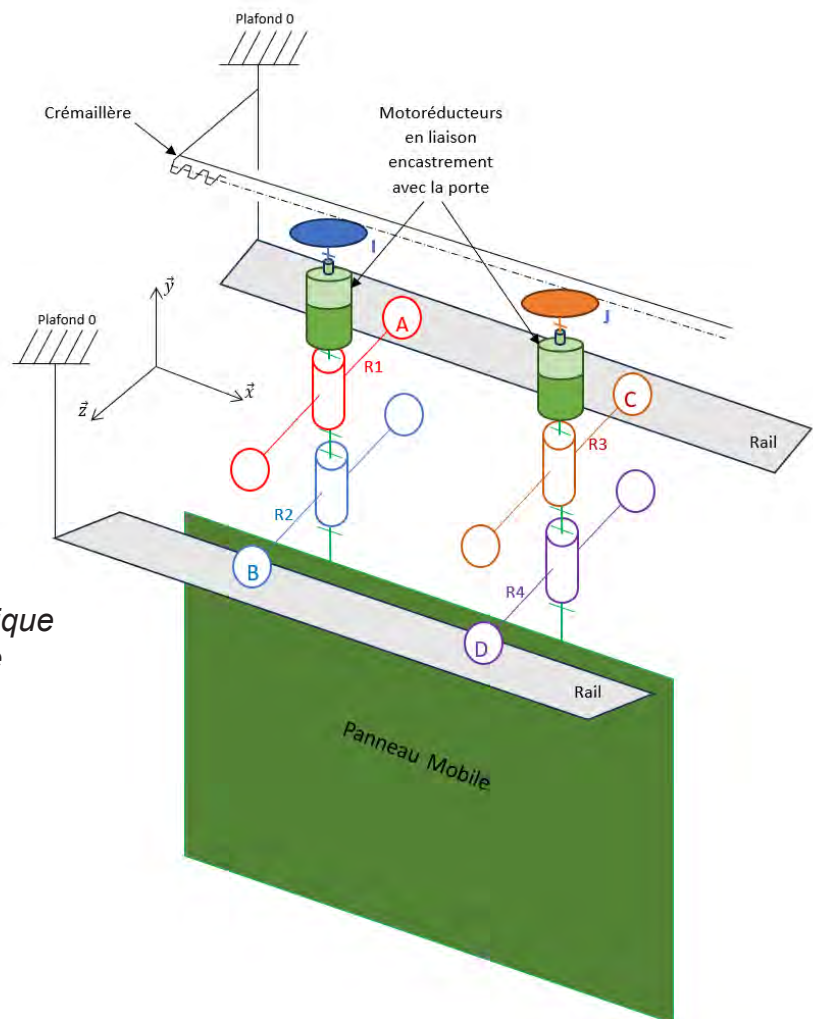


Figure 8 : Schéma cinématique de la solution motorisée

Composants principaux de la motorisation :

- Deux motoréducteurs montés dans l'axe relié au panneau assurent la transmission du mouvement.
- Chaque pignon associé à un motoréducteur est couplé à une crémaillère solidaire du rail supérieur, ce qui permet de transformer la rotation du moteur en translation contrôlée du panneau.

Fonctionnement global :

- Les motoréducteurs intégrés dans la structure du panneau permettent à l'utilisateur d'actionner l'ouverture ou la fermeture par commande.
- Le mouvement est guidé et synchronisé pour garantir une bonne stabilité de l'ensemble mobile.
- Le système présenté supprime l'effort manuel de translation des panneaux, apportant ergonomie, sécurité et rapidité d'utilisation. Une vue synoptique de la chaîne de puissance de la tâche « mouvoir le panneau » a été réalisée Figure 9.

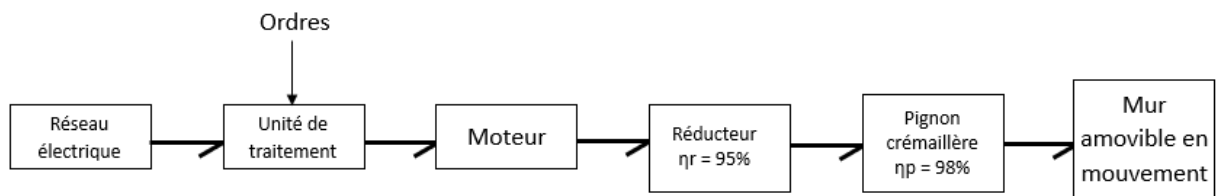


Figure 9 : Synoptique du panneau motorisé

- La transmission de l'énergie électrique n'est pas étudiée ici.
- Les constituants sont reliés entre eux par un *lien de puissance* (demi-flèche) transportant les deux grandeurs dont le produit caractérise le transfert de puissance entre les constituants.

Question 18. Sur le document **DRS2**, **préciser** les différentes formes d'énergie en sortie de chaque élément du diagramme, en choisissant parmi les six formes d'énergie suivantes : chimique, nucléaire, mécanique de translation ou de rotation, thermique, rayonnante et électrique.

Question 19. Sur le document **DRS2**, **préciser** les différentes fonctions que remplissent chaque bloc en complétant les pointillés.

Choix de la motorisation

Une étude montre que le panneau reste stable tant que l'accélération reste faible ($< 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). La loi des vitesses retenue pour translater un panneau est donnée figure 10 sur les dix premières secondes.

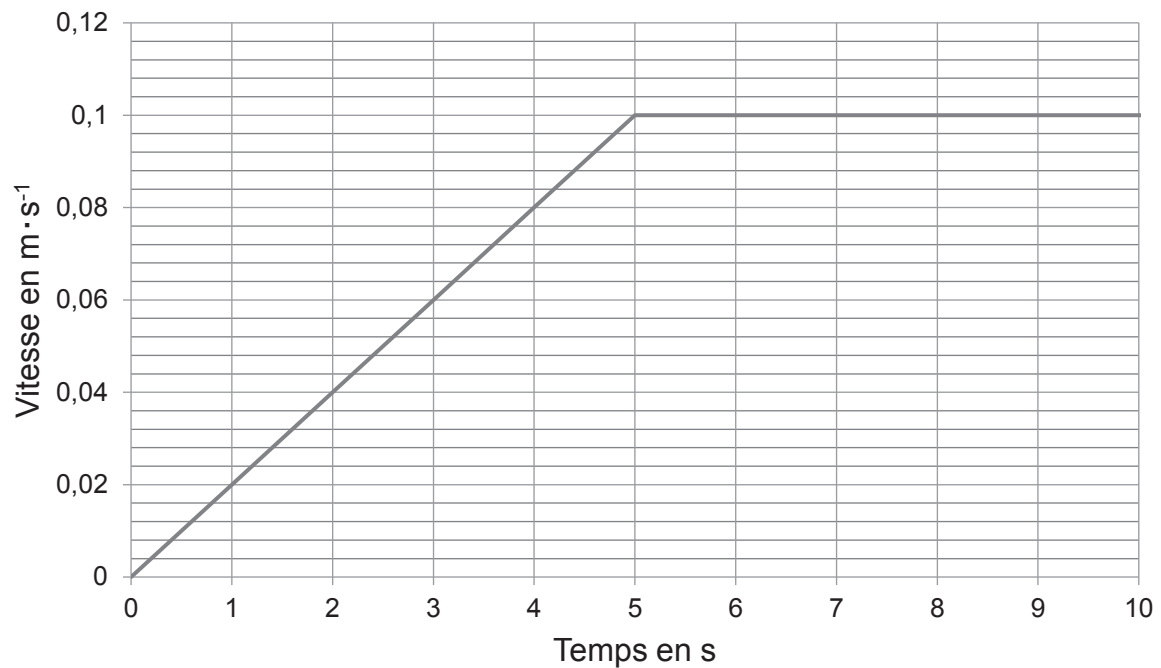
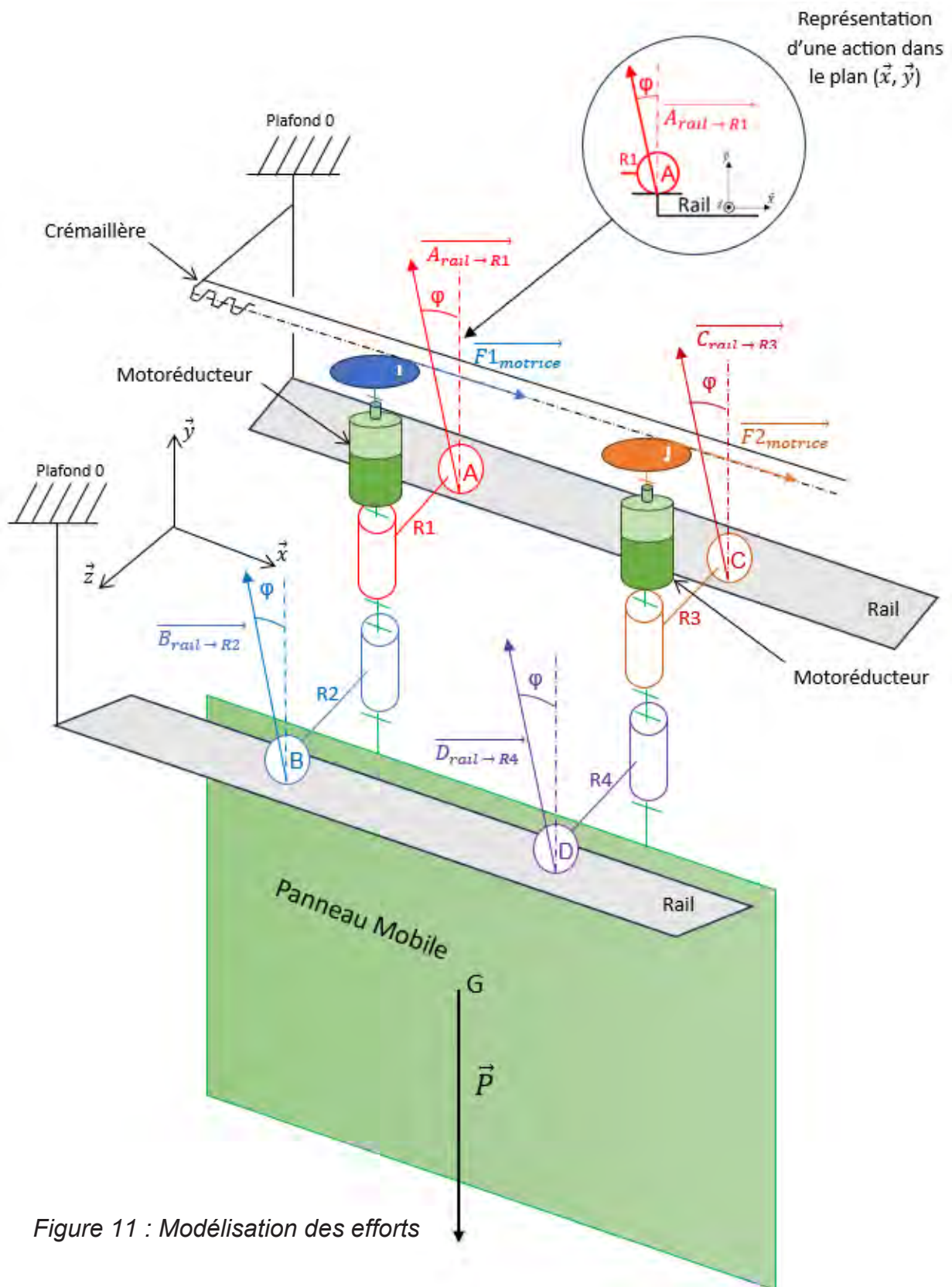


Figure 10 : consigne de vitesse du panneau

Question 20. **Déterminer** l'accélération, notée a , qu'il faudra impulser à un panneau pour pouvoir le mettre en mouvement et **conclure** sur sa stabilité.

Un modèle simplifié des efforts appliqués est représenté figure 11.



On isole l'ensemble {Panneau, 4 galets, 2 moteurs} – Les actions extérieures appliquées à l'ensemble isolé sont les suivantes :

- $\overrightarrow{A_{rail \rightarrow R1}}$: action du rail sur le galet R1.
- $\overrightarrow{B_{rail \rightarrow R2}}$: action du rail sur le galet R2.
- $\overrightarrow{C_{rail \rightarrow R3}}$: action du rail sur le galet R3.
- $\overrightarrow{D_{rail \rightarrow R4}}$: action du rail sur le galet R4.
- $\vec{P}$: poids d'un panneau (on se mettra dans le cas le plus défavorable c'est-à-dire pour un panneau dont la masse est égale à 490 kg).
- $\overrightarrow{F1_{motrice}}$: force du premier pignon en I.
- $\overrightarrow{F2_{motrice}}$: force du premier pignon en J. } Portées par l'axe $\vec{x}$

On prendra :

- $\vec{g}$: accélération de la pesanteur : $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Hypothèses : Chaque effort est situé dans le plan $(\vec{x}, \vec{y})$. Le cas du virage ne sera pas traité.

Le coefficient de frottement Delrin/Aluminium est de $f = \tan(\varphi) = 0,2$.

Le diamètre des pignons est de 60 mm.

Les efforts $\overrightarrow{F1_{motrice}}$ et $\overrightarrow{F2_{motrice}}$ seront supposés égaux.

De même, les roulements R étant petits, nous considérerons par symétrie que

$$\|\overrightarrow{A_{rail \rightarrow R1}}\| = \|\overrightarrow{B_{rail \rightarrow R2}}\| \text{ et } \|\overrightarrow{C_{rail \rightarrow R1}}\| = \|\overrightarrow{D_{rail \rightarrow R2}}\|$$

Question 21. En utilisant le théorème de la résultante dynamique dans le plan $(\vec{x}, \vec{y})$, **déterminer** les équations sur chaque axe de façon littérale.

Question 22. A partir des deux équations précédentes, **déterminer** les efforts $\|\overrightarrow{F1_{motrice}}\|$ et $\|\overrightarrow{F2_{motrice}}\|$ de façon littérale en fonction de m, g, f et de a.

Question 23. **Déterminer** les efforts $\|\overrightarrow{F1_{motrice}}\|$ et $\|\overrightarrow{F2_{motrice}}\|$ analytiquement en phase d'accélération.

Question 24. En **déduire** le couple que devra développer le motoréducteur en phase d'accélération.

Question 25. **Calculer** la vitesse maximale du pignon en sortie de motoréducteur.

La documentation du motoréducteur utilisé est donnée sur le document **DTS2**. On prendra une vitesse en sortie de motoréducteur égale à $32 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.

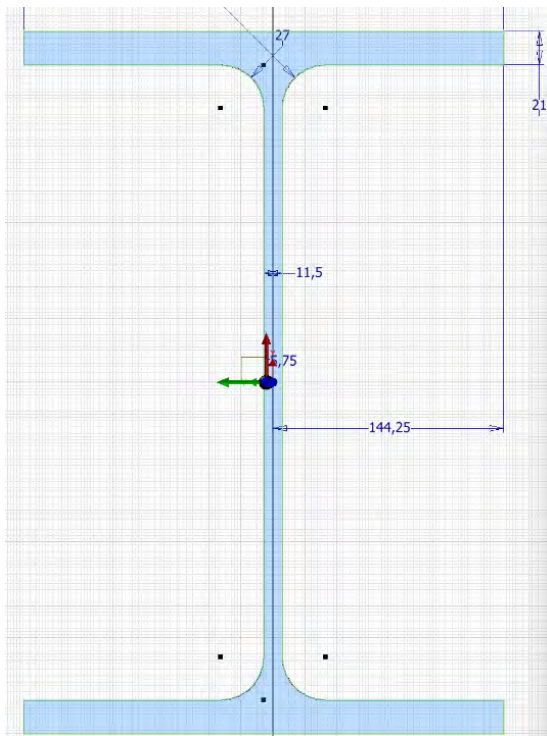
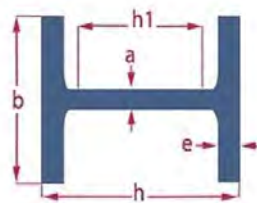
Question 26. **Déterminer** le rapport de réduction qu'il faudra utiliser de façon à ce que la vitesse de sortie du motoréducteur soit la plus adéquate avec l'étude précédente. **Conclure** sur le choix du motoréducteur en déterminant sa référence et ses caractéristiques.

Matériau Acier S 440

Caractéristiques :

Module de Young : $E = 210\,000\text{ MPa}$

Limite Élastique : $Re = 440\text{ MPa}$



profils HEA	dimensions en mm				
	h	b	a	e	h1
HEA 100	96	100	5	8	56
HEA 120	114	120	5	8	74
HEA 140	133	140	5,5	8,5	92
HEA 160	152	160	6	9	104
HEA 180	171	180	6	9,5	122
HEA 200	190	200	6,5	10	134
HEA 220	210	220	7	11	152
HEA 240	230	240	7,5	12	164
HEA 260	250	260	7,5	12,5	177
HEA 280	270	280	8	13	196
HEA 300	290	300	8,5	14	208
HEA 320	310	300	9	15,5	225
HEA 340	330	300	9,5	16,5	243
HEA 360	350	300	10	17,5	261
HEA 400	390	300	11	19	298
HEA 450	440	300	11,5	21	344
HEA 500	490	300	12	23	390

Inertie par rapport à l'origine de l'esquisse (mm):

Tenseur d'inertie

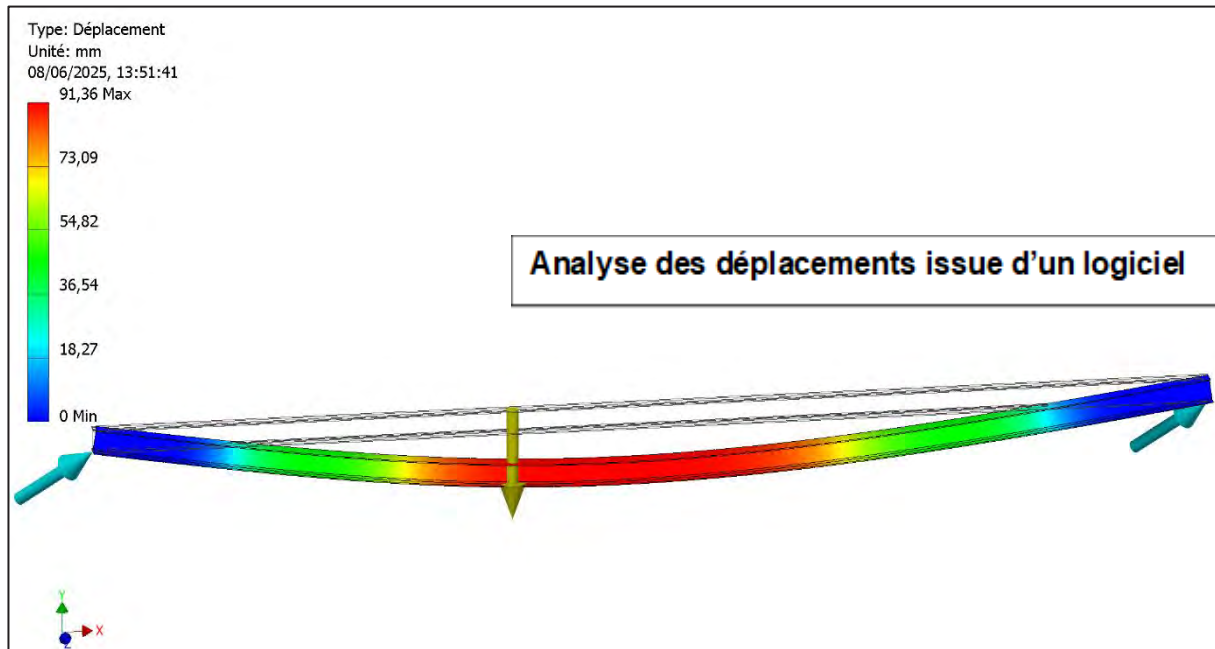
$I_{xx} = 95069921,11$

$I_{xy} = 0$

$I_{yx} = 0$

$I_{yy} = 637216333,502$

Moment quadratique
de la section en mm^4



DC Planetary Gear Motor DSMP521

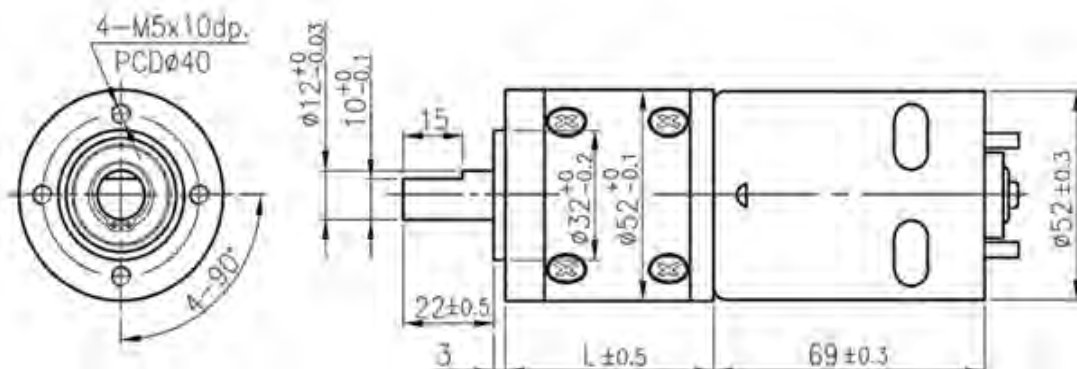
The planetary gear motor DSMP521 is a high-quality motor-gear combination with the following characteristics:

- Brushed DC motor (12 Vdc or 24 Vdc)
- Motor pinion made of milled metal
- Sun gears made of milled and heat-treated metal
- 1st gear stage made of plastic gear wheels (POM) for noise reduction
- 2nd to 4th gear stage made of sintered metal gear wheels
- Ball bearing and interference suppression filter
- Repeatability $\leq 3,0^\circ$
- Radial load 10 mm from flange ≤ 200 N
- Axial load ≤ 100 N
- Radial clearance $\leq 0,04$ mm
- Axial clearance $\leq 0,3$ mm
- Operating temperature: -10°C to $+60^\circ\text{C}$

The planetary gear motor can be equipped with a 2-channel Hall sensor for positioning purposes.



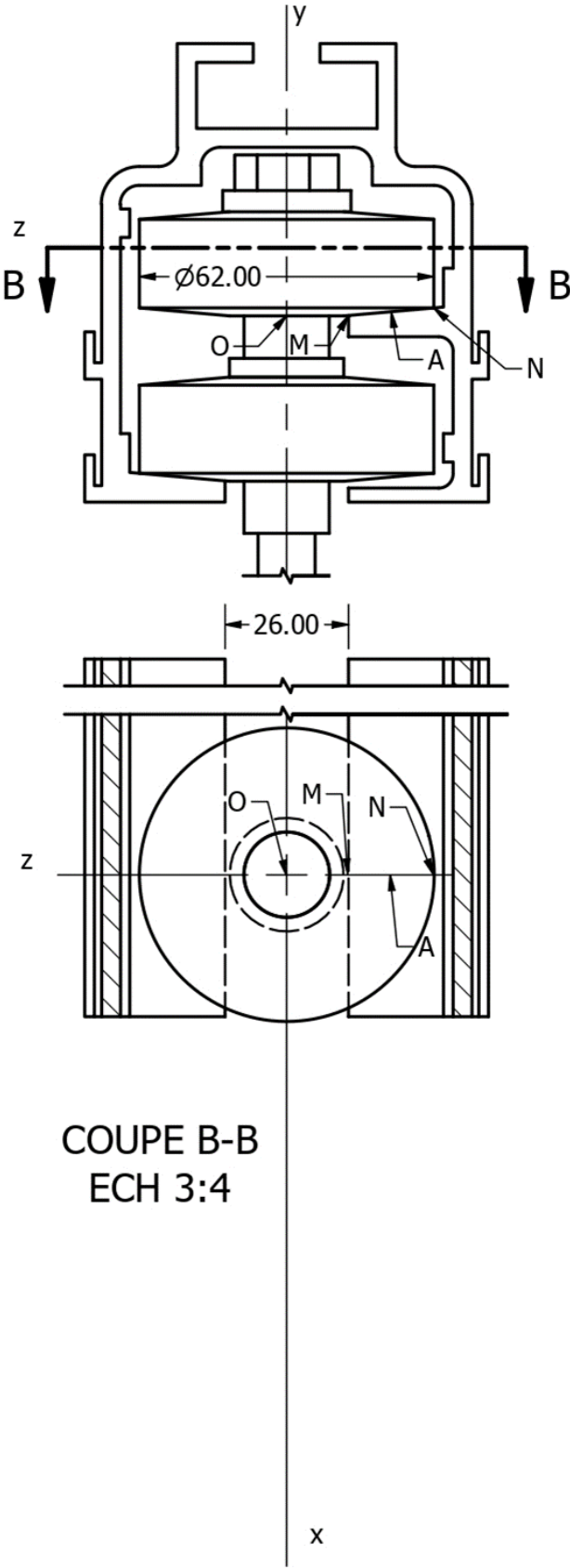
Dimensioning



Planetary gear motor – technical specifications 24 Vdc

Gear stages	1		2			3						4						
Gear length L in mm	53.0		68,5			84						99,5						
Weight in kg	0,955		1,14			1,33						1,5						
Gear reduction i	3	4	12	15	19	43	53	66	81	100	113	150	230	285	353	488	546	676
Rated torque in Nm	0,4	0,55	1,3	1,7	2,2	4,8	5,8	7,2	8,8	10,5	12	15	24	29	35	45	52	62
Rated speed in U/min	1700	1275	425	340	268	119	97	78	63	51	45	34	22	18	14,5	10,5	9,4	7,6
Order Code	P1V-M020C0203	P1V-M020C0204	P1V-M020C0212	P1V-M020C0215	P1V-M020C0219	P1V-M020C0243	P1V-M020C0253	P1V-M020C0266	P1V-M020C0281	P1V-M020C02100	P1V-M020C02113	P1V-M020C02150	P1V-M020C02230	P1V-M020C02285	P1V-M020C02353	P1V-M020C02488	P1V-M020C02546	P1V-M020C02676

Caution: The reductions are rounded down or rounded up. Please ask for the exact values, if you are interested!



COUPE B-B
ECH 3:4

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENTON:
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



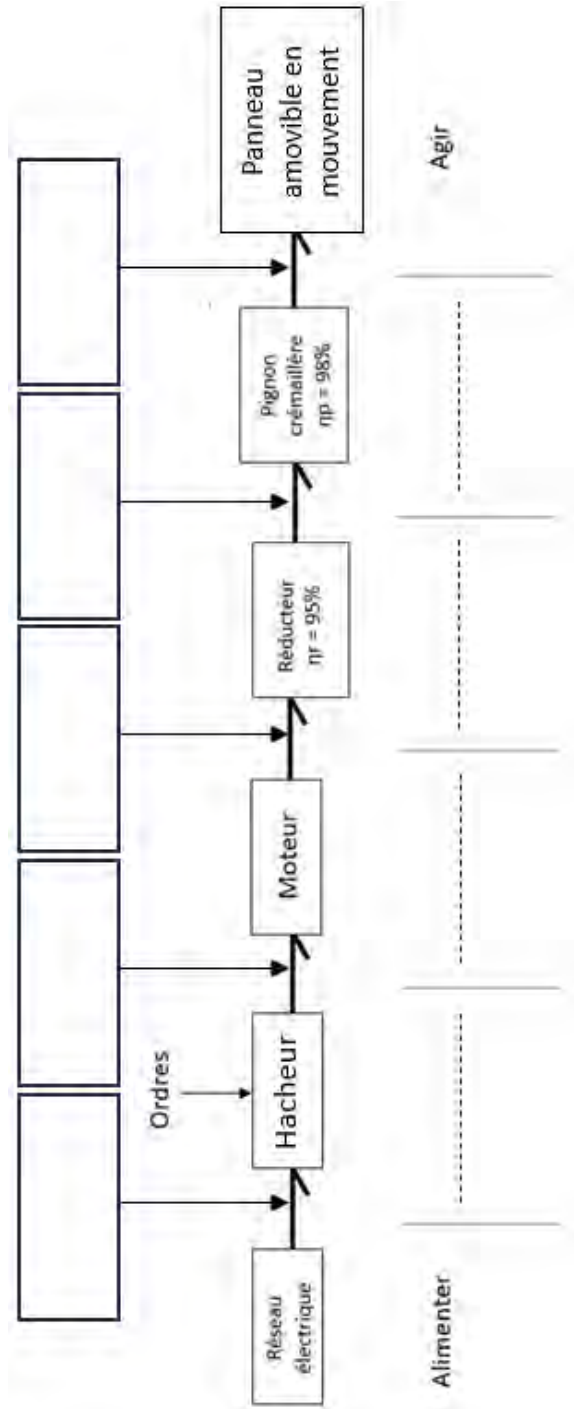
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Document réponse spécifique DRS2 :

Formes d'énergie à compléter dans chacun des blocs ci-dessous



NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :