

SESSION 2023

**AGREGATION
CONCOURS EXTERNE**

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
ET INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 6 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

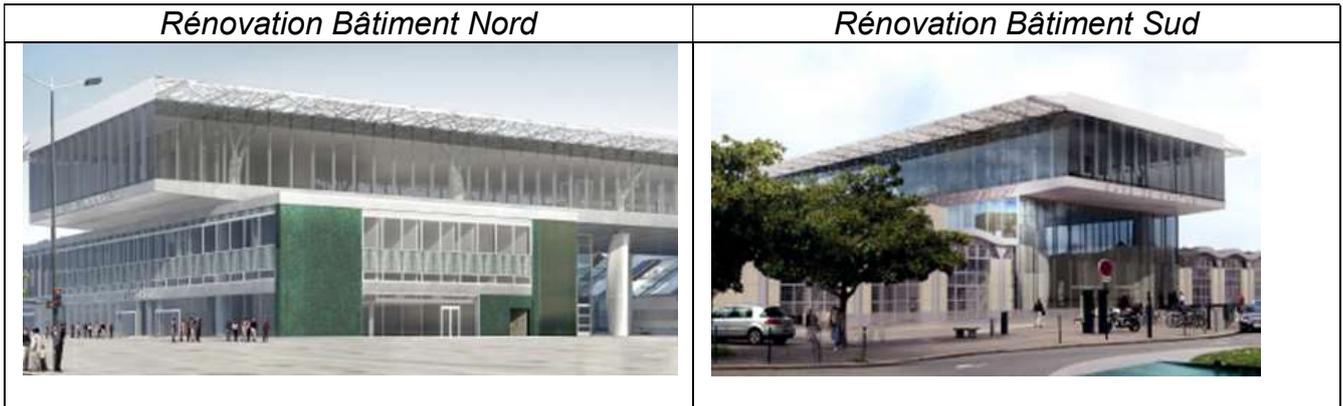
Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAE	1416A	103	1268

GARE SNCF

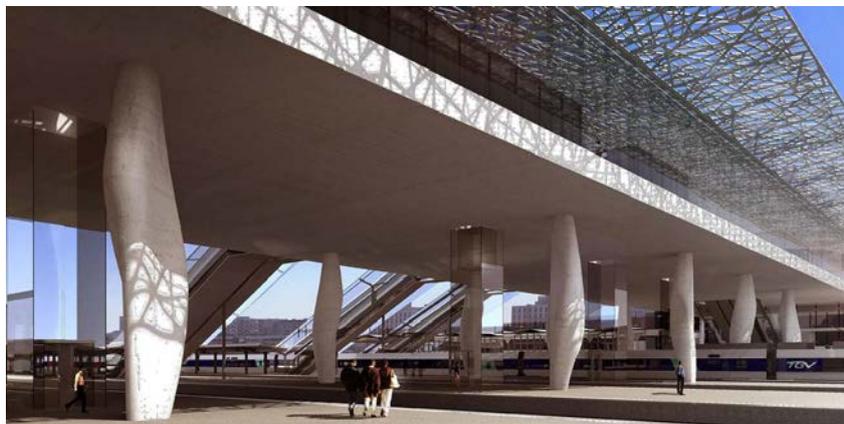
Le projet de la gare « Cœur de Nantes » de Nantes vise à faire de la gare un élément d'attractivité et de développement du quartier.

Le projet comprend :

- La rénovation partielle des deux bâtiments Nord et Sud existants,



- La création d'une gare belvédère (appelée Mezzanine) de 4 000 m²,



- Le déploiement de 14 commerces,
- La construction d'un nouveau parking clients.

C'est un groupement de conception/réalisation qui réalise les études et les travaux.

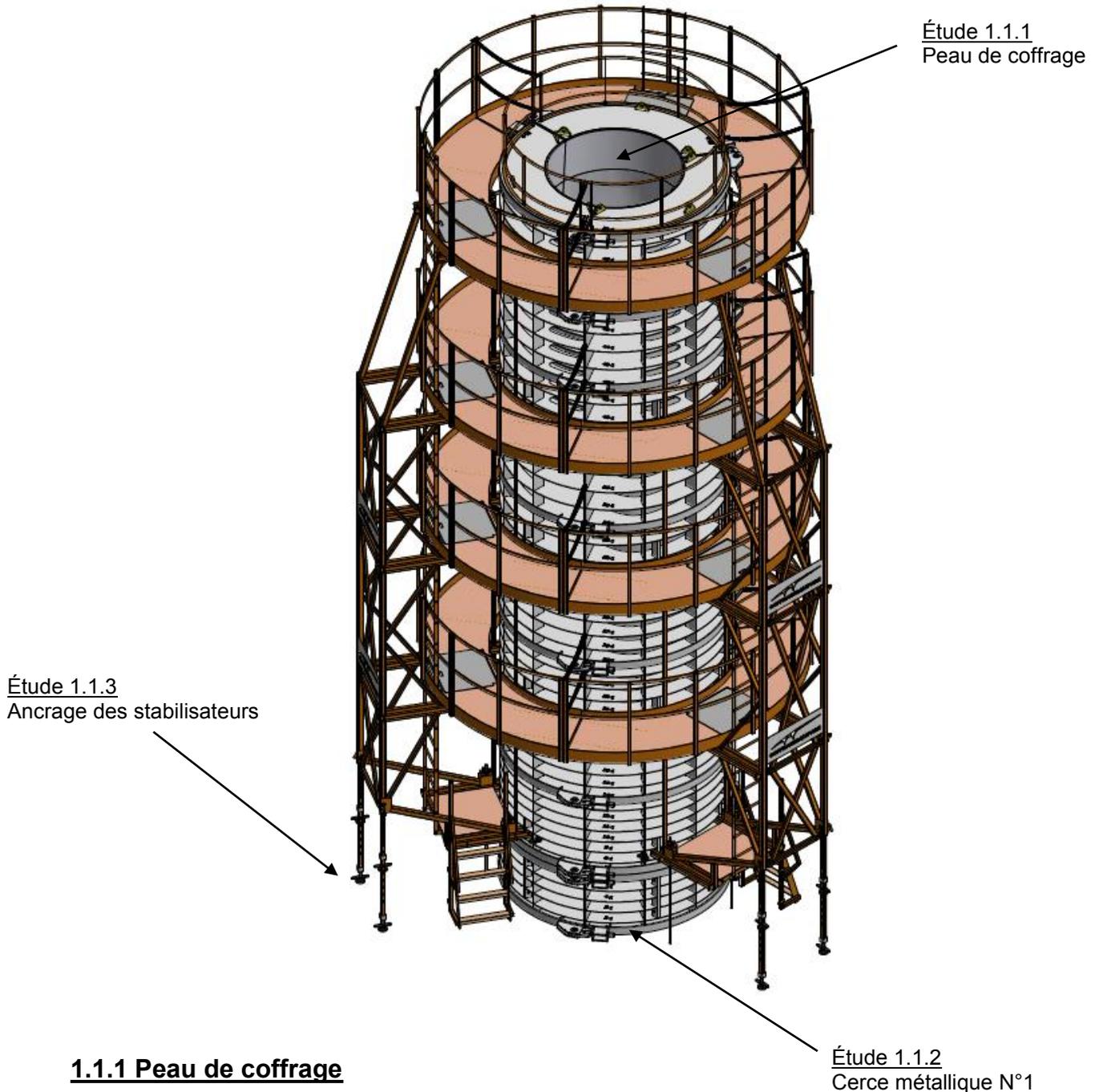
Études	Thèmes	Temps Estimé
1	Construction de la mezzanine	2h00
2	Équipements techniques et Énergie	3h00
3	Organisation de Chantier	1h00

ÉTUDE 1. CONSTRUCTION DE LA MEZZANINE

La mezzanine est l'ouvrage majeur du projet. Culminant à 18 m de hauteur, elle mesure 160 m de long et 25 m de large. Elle enjambe les voies ferrées et relie le parvis nord au parvis sud de la gare. Reposant sur 18 piliers évoquant des arbres, la mezzanine est conçue comme un espace d'attente mais aussi un espace accueillant des commerces et restaurants.

1.1 Construction des piles de la mezzanine

Les éléments architecturaux marquant de la mezzanine sont les piles en forme d'arbre. Ces piles ont été coulées en place à l'aide d'un coffrage spécial. Le coffrage des piles est constitué de trois panneaux (120°) accouplés permettant de réaliser les piles de hauteur 10 m en un seul bétonnage. Le coffrage est conçu sans tiges traversant le béton, ainsi la poussée du béton est reprise par des cerces métalliques. Les panneaux sont équipés de stabilisateurs munis de vérins de réglage à vis en pied pour permettre les réglages altimétriques et angulaires du coffrage. Ces stabilisateurs permettent également de reprendre les efforts du vent en phase de montage provisoire. Le coffrage est équipé d'une passerelle de bétonnage et de trois niveaux de passerelles de travail.



1.1.1 Peau de coffrage

Les piles sont réalisées avec un béton autoplaçant. La pression du béton autoplaçant sur le coffrage est proche de la pression hydrostatique. Le poids volumique du béton frais est de $25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ et est considéré comme une action variable pour le dimensionnement de la peau de coffrage. La peau de coffrage est réalisée en contreplaqué.

Question 1.1 : Définir ce qu'est un béton autoplaçant. Comparer les caractéristiques d'un béton autoplaçant à celles d'un béton traditionnel. Indiquer une mise en œuvre possible du béton autoplaçant dans le coffrage ainsi que les vérifications à prévoir pendant le coulage.

Question 1.2 : Représenter graphiquement la variation de la pression du béton frais sur le coffrage en fonction de la hauteur et calculer la pression maximale.

La peau de coffrage est fixée sur 51 raidisseurs horizontaux espacés de 0,20 m.

Question 1.3 : Proposer un schéma mécanique pour dimensionner la peau de coffrage. Ce schéma doit contenir une modélisation de la poutre, une représentation de la section en flexion et des actions mécaniques.

Question 1.4 : À partir de la méthode de dimensionnement fournie sur le document technique DT1 et en considérant un moment fléchissant maximal à l'État limite ultime (ELU) de 1,56 kN·m et un effort tranchant maximal à l'ELU de 45 kN, déterminer l'épaisseur minimale du contreplaqué à utiliser pour réaliser la peau de coffrage.

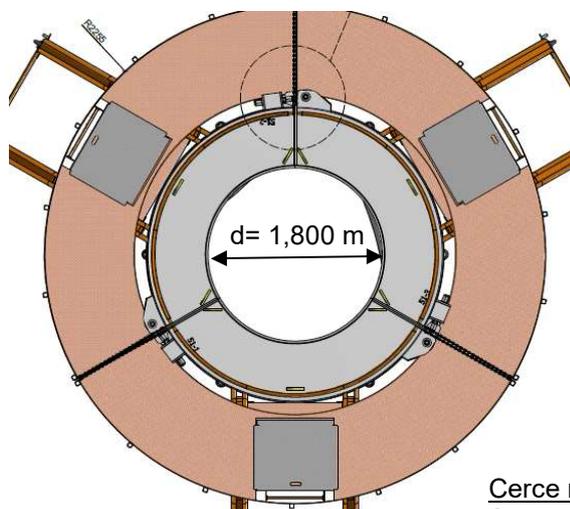
Question 1.5 : À partir de la méthode de vérification fournie sur le document technique DT1, montrer qu'un contreplaqué de 30 mm vérifie la condition de flèche.

1.1.2 Cerce métallique N°1

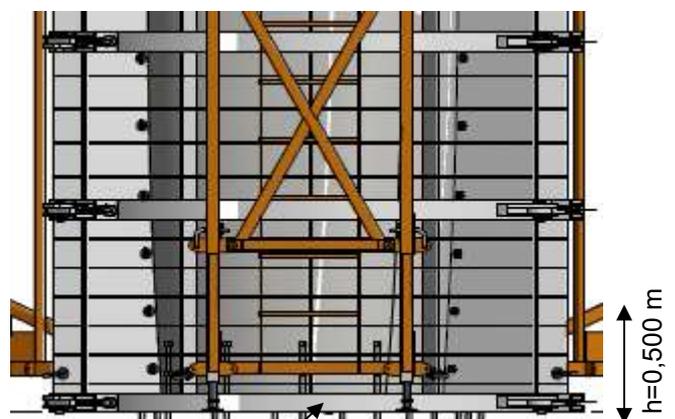
Le coffrage est conçu sans tiges traversant le béton, la poussée du béton est ainsi reprise par des cerces métalliques. On considère que la cerce métallique N°1 située en partie basse du coffrage permet de résister à la pression du béton frais qui sera considérée constante et égale à $250 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ sur une hauteur $h=0,50 \text{ m}$. Le béton frais est considéré comme une action variable pour le dimensionnement à l'ELU des cerces.

Par simplification, les piles à bétonner sont considérées cylindriques d'un diamètre $d=1,800 \text{ m}$. La section de la cerce N°1 a pour dimensions $100 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$. La nuance de l'acier des cerces est S275. Il n'y a pas perçage dans les cerces.

Vue de dessus



Élévation Coffrage



Cerce métallique N°1
Section $100 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$

Question 1.6 : Préciser quelle est la principale sollicitation interne de la cerce métallique. Justifier votre réponse.

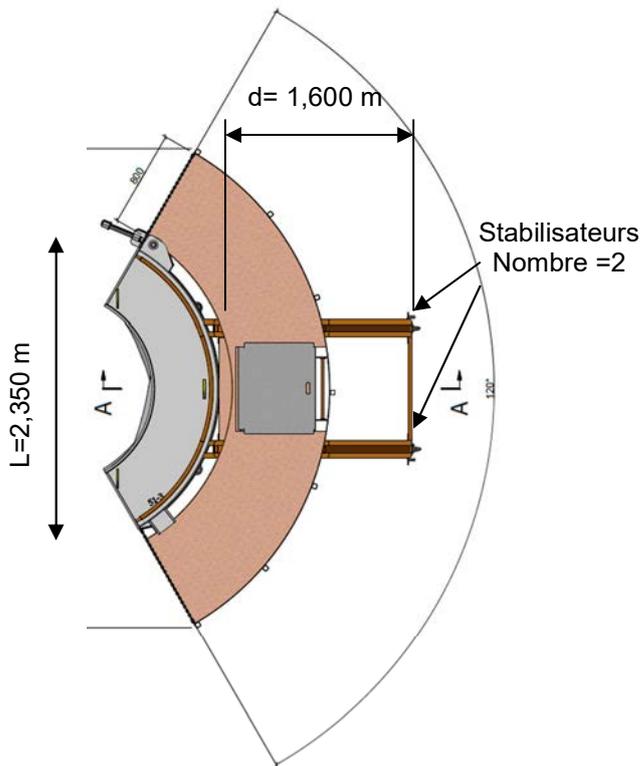
Question 1.7 : Montrer que l'effort de traction N_{Ed} à l'ELU de la cerce métallique N°1 peut être évalué à 168,75 kN.

Question 1.8 : À partir de la méthode de dimensionnement fournie sur le document technique DT2, vérifier les critères de résistance en traction.

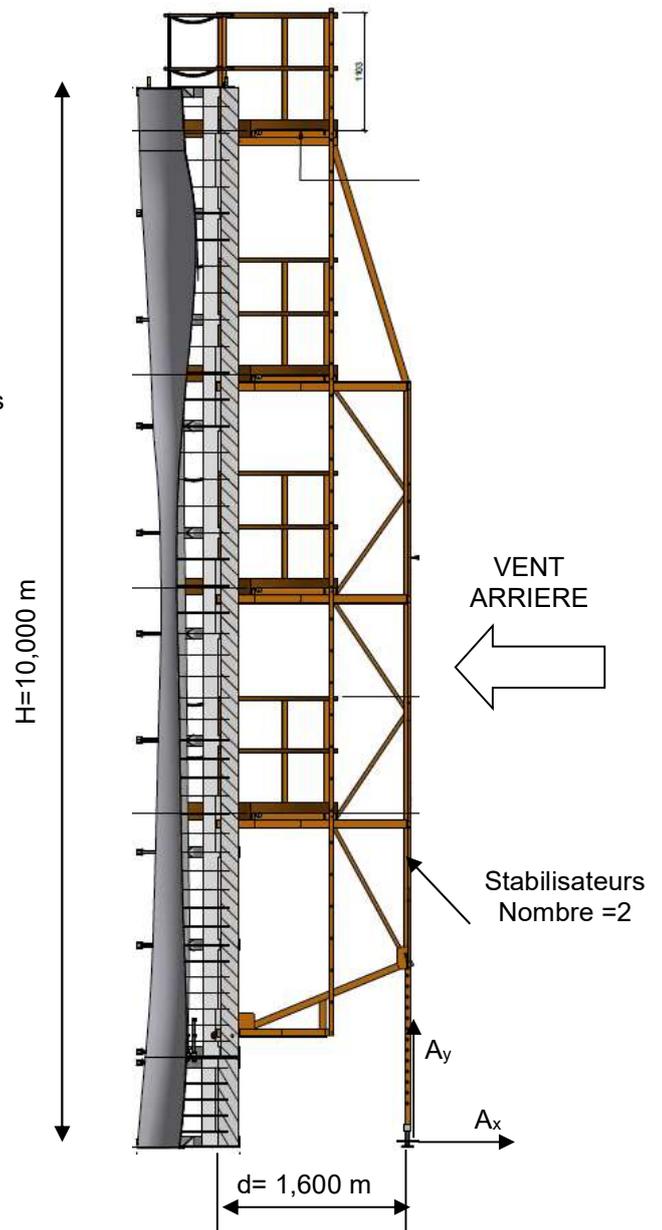
1.1.3 Stabilité du coffrage au vent en cours de montage

La stabilisation du coffrage au vent est étudiée en cours de montage d'un tiers de panneau seul. Nous allons étudier le cas avec un vent arrière. On considère que le coffrage offre une surface au vent rectangulaire d'une hauteur $H=10,00$ m et d'une largeur $L=2,35$ m. La pression du vent sur le coffrage sera constante et prise égale à $1 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$.

Vue de dessus d'un tiers de coffrage



Coupe AA

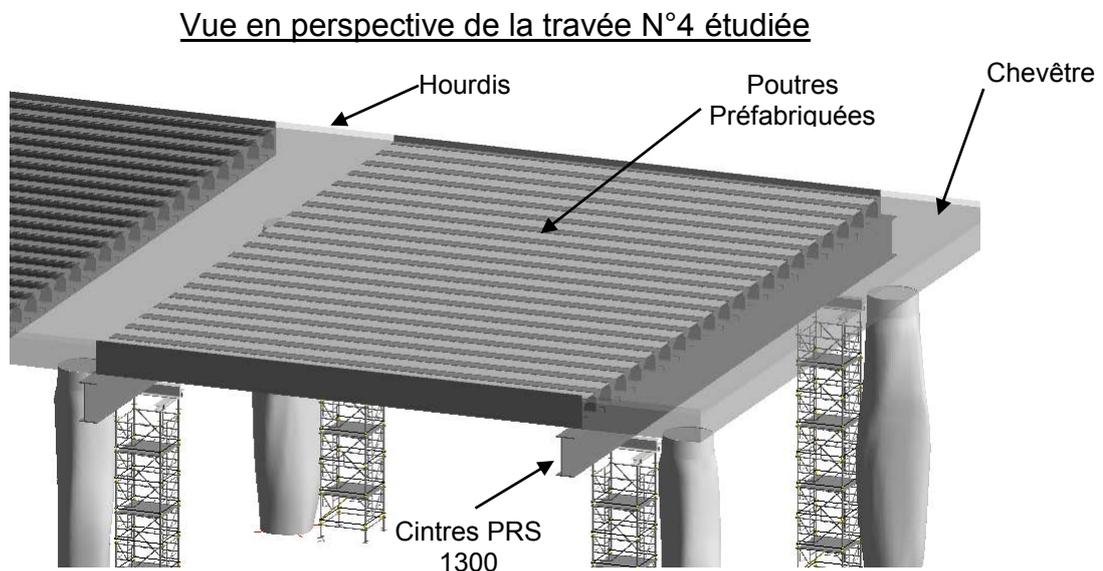


Question 1.9 : En négligeant le poids du coffrage, **déterminer** les actions de liaisons A_x et A_y pour un étai stabilisateur.

Question 1.10 : À partir de la documentation présente sur le document technique DT3, **déterminer** une cheville mécanique permettant d'assurer l'ancrage des étais stabilisateurs dans une dalle en béton C20/25 non ferrillée, non fissurée et d'épaisseur 0,30 m.

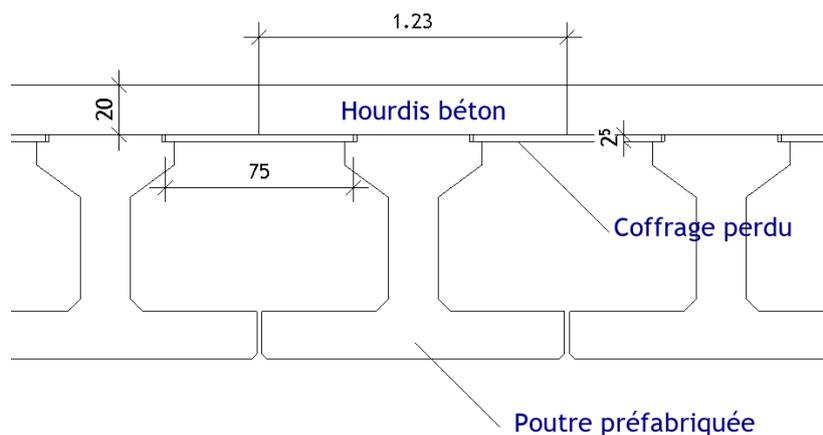
1.2 Construction de la dalle de la mezzanine

La dalle de la mezzanine est réalisée à l'aide de poutres préfabriquées en béton armé. Ces poutres préfabriquées sont posées provisoirement sur des cintres PRS 1300 avant la réalisation des chevêtres et du hourdis en béton.

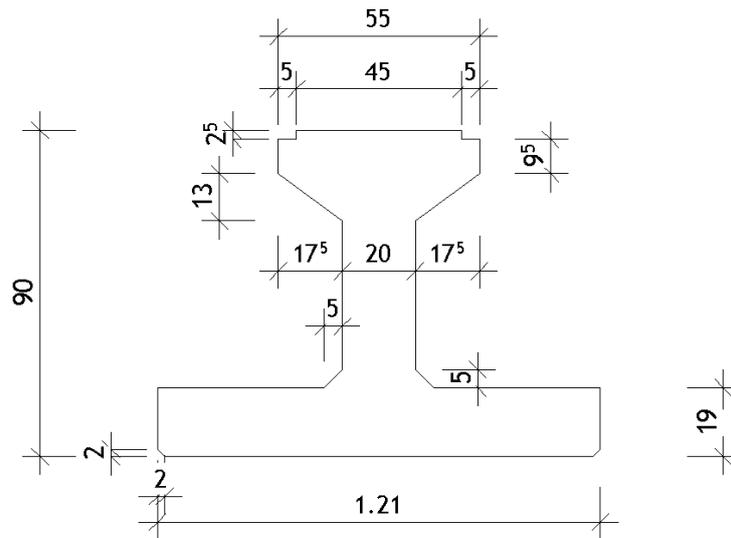


1.2.1 Résistance des poutres préfabriquées lors du bétonnage du hourdis

Lors du coulage du hourdis en béton de 0,20 m, on souhaite qu'en phase provisoire les poutres préfabriquées soient assez résistantes pour supporter en plus de leur poids propre, les coffrages perdus d'un poids volumique de $22 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$, la charge de béton frais d'un poids volumique de $25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ et les surcharges de chantier d'une valeur de $1,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$.



Coupe Transversale d'une poutre préfabriquée (Cotation en cm et mètres)



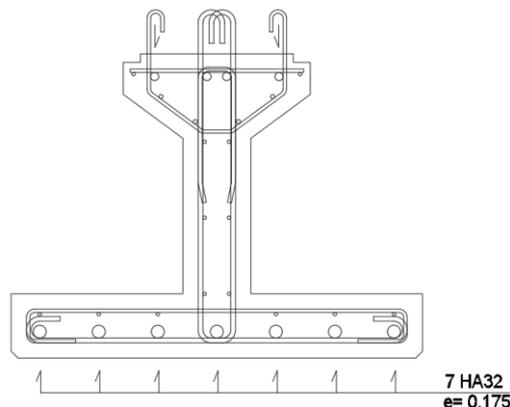
Les poutres préfabriquées en béton armé ont un poids volumique de $25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$.

Question 1.11 : Déterminer les intensités des différentes actions mécaniques à prendre en compte pour la vérification de la résistance des poutres préfabriquées en phase provisoire. Indiquer les pondérations à appliquer aux différentes actions mécaniques pour un calcul à l'ELU. Déterminer l'intensité de l'action mécanique linéique pour un calcul à l'ELU.

Pour la vérification des poutres en phase provisoire, on considère uniquement une partie rectangulaire de la poutre préfabriquée d'une hauteur 0,90 m et d'une largeur 0,20 m. La classe de résistance du béton des poutres préfabriquées est C45/55. L'enrobage est de 45 mm.

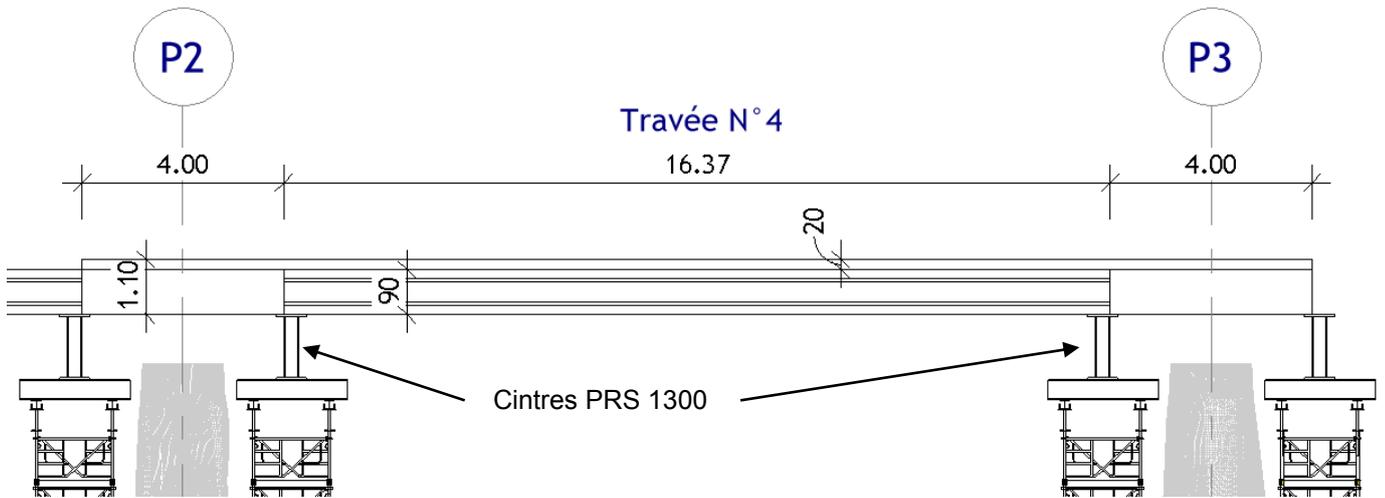
Question 1.12 : À partir de la méthode de dimensionnement fournie sur le document technique DT4 et en considérant à l'ELU un moment fléchissant maximum de 920 kN·m, vérifier si les armatures longitudinales projetées sont suffisantes pour la phase provisoire.

Coupe de la poutre préfabriquée avec armatures projetées

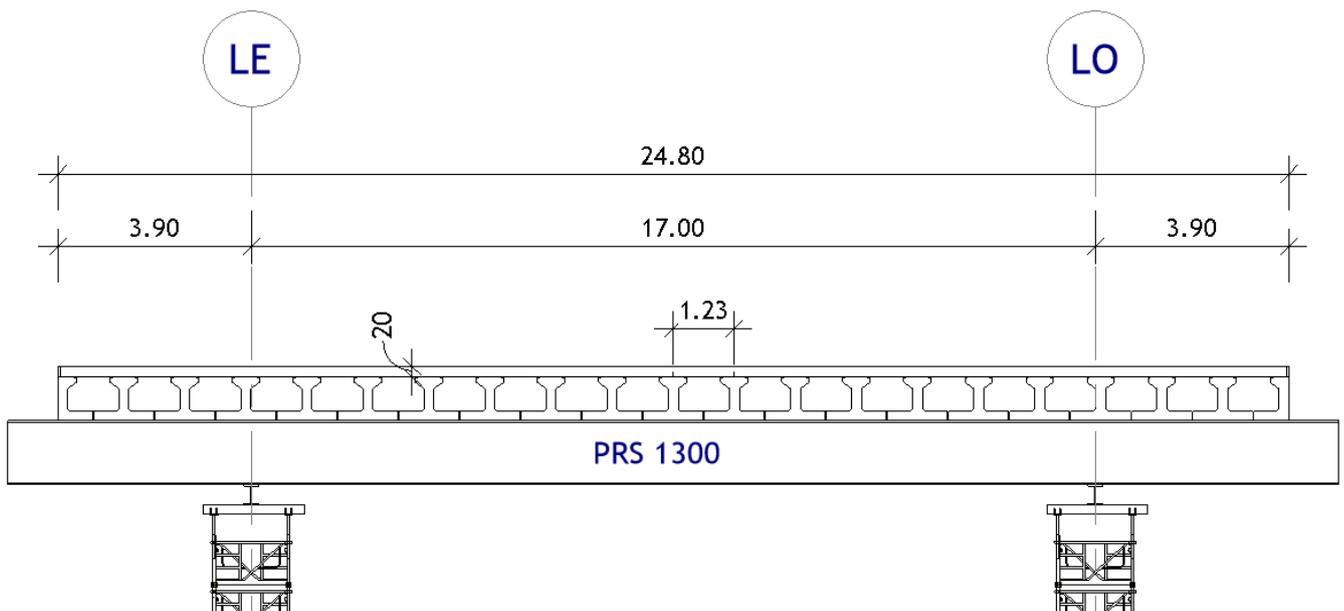


1.2.2 Étude des cintres PRS 1300 de l'étaie provisoire

Coupe Longitudinale



Coupe Transversale



Question 1.13 : Déterminer les intensités des différentes actions mécaniques à prendre en compte pour la vérification de la résistance des cintres PRS 1300. Indiquer les pondérations à appliquer aux différentes actions mécaniques pour un calcul à l'ELU. Déterminer l'intensité de l'action mécanique linéique pour un calcul à l'ELU.

Question 1.14 : À partir de la méthode de dimensionnement fournie dans le document technique DT2 et en considérant, à l'ELU, un moment fléchissant maximum de 7 985 kN·m et un effort tranchant de maximum de 2 380 kN, **vérifier** la résistance des cintres PRS 1300. **Préciser** l'autre vérification qui doit être réalisée.

On souhaite qu'à la fin du bétonnage des chevêtres et du hourdis, que toutes les poutres préfabriquées soient au même niveau malgré la déformation des cintres. Pour cela, on compense la déformation des cintres PRS 1300 en mettant des cales de compensation entre les poutres préfabriquées et les cintres. À l'État limite en service (ELS), on considère une action linéique uniforme d'intensité 195 kN/m.

Question 1.15 : À l'aide du document technique DT2, **calculer** l'épaisseur de la cale de compensation à mettre en place au milieu de la travée de 17 m.

ÉTUDE 2. CONFORTS ET EQUIPEMENTS TECHNIQUES

Du point de vue thermique, le projet (dont le permis de construire a été déposé en 2020) se décompose en deux grandes parties.

La première partie concerne la rénovation des bâtiments Nord et Sud pour lesquels, le montant global des travaux concernant l'aspect thermique de chacun des bâtiments existants, représentait moins de 25 % de la « valeur » (au sens RT arrêté du 3 mai 2007) de ces bâtiments respectifs.

La seconde partie concerne la construction d'une mezzanine comprenant :

- des locaux non chauffés ni refroidis tels que les halls, et les attentes ouvertes ;
- des locaux chauffés (et pour certains refroidis) tels que des commerces et le restaurant.

Les « coques » (enveloppes) du restaurant et des commerces seront livrées à des « prestataires », non chauffées et non climatisées, mais avec des attentes « Eau Glacée » et « Eau Chaude ».

2.1 Réglementation et Déperditions

2.1.1 Réglementation

Question 2.1 : **Préciser** la réglementation applicable pour les trois types de locaux présents dans le projet. **Indiquer** le nom de la nouvelle réglementation qui se met en place actuellement. **Préciser** les dates à partir desquelles cette nouvelle réglementation s'applique.

Concernant le restaurant, la « coque » doit être livrée suivant les conditions suivantes :

- sur la partie « bâti », la conception doit permettre un $B_{bio} < B_{bio\ max}$ (hypothèses définies dans le cadre de l'étude, et dont les prestations seront partiellement réalisées ; mise à jour de l'étude thermique B_{bio} réelle suivant le plan d'aménagement définitif à la charge du preneur de la coque) ;
- sur la partie « équipement », la sélection des équipements par le futur aménageur du local permettant un $Cep < 90\ %\ Cep\ max$; l'étude d'exécution de cette coque est à la charge du preneur en fonction des équipements qu'il mettra réellement en œuvre, par exemple :
 - o éclairage LED,
 - o eau chaude sanitaire par ballons ECS échangeur sur réseau de chaleur général,
 - o équipements terminaux de chauffage et climatisation statiques (sans auxiliaires) ou dynamiques (avec ventilateurs).

Question 2.2 : Indiquer la signification des différents coefficients cités et les paramètres qui interviennent dans leur calcul.

2.1.2 Déperditions par les parois du restaurant

On étudie, dans un premier temps, le plancher du restaurant qui donne sur un Local non chauffé (LNC) dont la description est donnée ci-dessous :

Code : PlanLNC

Désignation : plancher bas sur LNC

Descriptif : Dito PL04 Isolant en sous face de 200 mm de Dr Lambda 0,04

Type : Plancher intérieur (A4)

Type de Plancher : Local non chauffé

b : 0,80

Désignation	Épaisseur cm	Lambda $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$	Résistance $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$	Proportion %
Béton 20	20,0	2,300		100
Lame d'air faiblement ventilée	80,0		0,080	100
Béton 20	20,0	2,300		100
Isolant 200 mm	20,0	0,040		100
BA 13	1,3	0,250		100

VALEURS DES RÉSIDENCES SUPERFICIELLES ($m^2 \cdot K/W$)							
Croquis	Sens du flux	Paroi en contact avec					
		■ l'extérieur ■ un passage ouvert ■ un local couvert			■ un local non chauffé ■ un comble ■ un vide sanitaire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
	Horizontal	0,13	0,04	0,17	0,13	0,13	0,26
	Ascendant	0,10	0,04	0,14	0,10	0,10	0,20
	Descendant	0,17	0,04	0,21	0,17	0,17	0,34

Question 2.3 : Réaliser le calcul du coefficient U de la paroi. Préciser à quoi correspond le coefficient b de 0,80 indiqué dans le descriptif de la paroi. Préciser comment ce coefficient est calculé.

Question 2.4 : Afin d'établir le bilan des déperditions par les parois, compléter le tableau du document réponse DR1 et calculer les déperditions par m^2 de surface déperditive et par $^\circ C$. Conclure sur les points sur lesquels il est intéressant d'agir pour réduire ces déperditions.

2.2 Etude du confort thermique dans les locaux de la mezzanine non chauffés ni refroidis.

Lors de l'APD, le groupement « Gares et connexions » a souhaité faire traiter de façon plus approfondie le sujet du confort thermique, notamment estival, de l'opération. Il a donc fait réaliser une Simulation Thermique Dynamique (STD) afin d'évaluer le comportement thermique du projet.

Les résultats de la STD (dont les hypothèses sont données dans le document technique DT5) ont mis en évidence un certain nombre de points :

- en hiver, un risque de condensation à étudier à proximité des parois les plus froides ;
- en été, une température intérieure qui dépasse largement les 30°C pendant un grand nombre d'heures.

De nouvelles simulations qui prennent en compte les modifications suivantes par rapport au projet en phase APD ont donc été réalisées :

- intégration de brasseurs d'air ;
- intégration d'une brumisation ;
- diminution du facteur solaire sur la façade de la mezzanine ;
- ajout d'ouvertures permanentes (ventelles) en tympans Est et Ouest de la halle (surface utile d'ouverture de l'ordre de 40 m²) ;
- ajout de jalousies vitrées permettant une ouverture de part et d'autre de la zone sud de la mezzanine.

Question 2.5 : Préciser la signification du sigle APD. Indiquer à quoi correspond cette phase du projet.

Question 2.6 : Préciser l'intérêt d'une STD par rapport aux calculs réglementaires. Expliquer les différences entre une STD et les calculs réglementaires. Indiquer si les modifications proposées sont destinées à améliorer le confort d'hiver et/ou le confort d'été.

2.2.1 Confort d'hiver

La STD a mis en évidence des températures intérieures très basses à proximité des parois froides et le bureau d'études craint des risques de condensation à la surface de ces parois. Pour des questions de confort visuel, on cherche à éviter ce phénomène.

Question 2.7 : Indiquer le nom de la(des) paroi(s) sur laquelle(lesquelles) la condensation peut se produire. Préciser la condition présentant un risque de condensation sur cette(ces) paroi(s).

On décide d'étudier le risque de condensation pour une des journées les plus froides. Dans le cadre de l'étude on considère que les conditions extérieures sont de $-5,7^{\circ}\text{C}$ et 95 % d'humidité relative et les conditions intérieures de $-0,7^{\circ}\text{C}$ et 90 % d'humidité relative.

Question 2.8 : À l'aide du diagramme de l'air humide fourni sur le document réponse DR2, **déterminer** s'il y a risque de condensation dans ces conditions. Si oui, **préciser** l'importance de la condensation. **Conclure** sur le problème de condensation sur l'ensemble de la saison hivernale. **Proposer** une(des) solution(s) permettant de supprimer ce phénomène.

2.2.2 Confort d'été

Afin de limiter les températures intérieures et d'améliorer le confort des occupants, plusieurs solutions sont envisagées. L'étude porte sur ces différentes solutions.

Les résultats de la Simulation Thermique Dynamique ont été utilisés pour évaluer le confort des occupants suivant l'indice « Predictive Mean Vote in Standard Effective Température » noté PMV*SET. À partir des résultats de la simulation réalisée, le PMV*SET est calculé pour les trois jours les plus chauds (voir document technique DT6).

Dans un premier temps, il est envisagé de modifier les caractéristiques des vitrages.

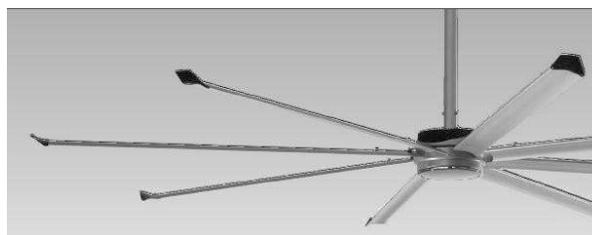
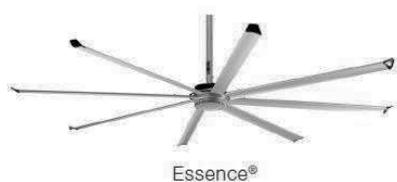
Question 2.9 : À partir du tableau des parois vitrées donné dans la STD (voir document technique DT5) **indiquer** la signification des différents coefficients indiqués. **Préciser** sur quelles valeurs on peut agir pour améliorer le confort d'été.

Une autre solution envisagée est de changer uniquement les caractéristiques du Mur rideau Hall SUD en choisissant un vitrage de Sw de 0,35 au lieu de 0,6 (les autres caractéristiques restant identiques).

Question 2.10 : **Justifier** le choix de ne modifier que cette paroi vitrée. **Indiquer** les conséquences à prévoir suite à ces modifications.

La troisième solution envisagée est d'installer des brasseurs d'air. Cette solution consiste à mettre en œuvre les brasseurs sur des zones identifiées, de façon à apporter une augmentation locale de la vitesse d'air.

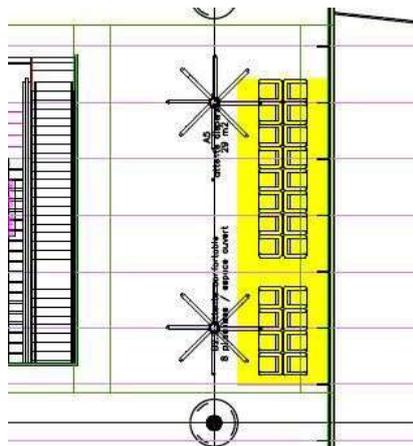
Sur la mezzanine, l'étude considère des brasseurs comme illustrés ci-dessous :



Ces brasseurs seront implantés de façon à obtenir une vitesse d'air locale de 0,75 m·s⁻¹ au niveau des occupants. Ils sont ainsi implantés à une hauteur de 3,70 m par rapport au sol. Les zones concernées par l'implantation sont :

- la zone sud de la mezzanine,
- les attentes.

Exemple d'implantation de brasseurs sur une zone d'attente dispersée



Question 2.11 : Expliquer comment, physiologiquement, les brasseurs vont améliorer le confort des occupants dans les zones dans lesquelles ils seront installés. Indiquer si cette modification peut être directement intégrée à la STD. Justifier la réponse.

La dernière solution envisagée est étudiée lors d'une simulation, elle consiste à injecter de l'eau sous haute pression dans l'air. Les résultats ont été mis en perspective avec ceux de la gare de Montpellier, équipée d'un système de brumisation et pour laquelle des simulations avaient également été menées.

Le tableau ci-dessous met en parallèle les résultats des heures les plus chaudes pour les deux opérations et de l'efficacité relative de la brumisation pour chacune.

		Nb d'heures > 28°C	Nb d'heures > 30°C	Nb d'heures > 33°C	T°max
Mezzanine Nantes	Sans brumisation	222	92	15	36,2 °C
	Avec brumisation	185	35	4	34,09°C
	Pourcentage de réduction	- 17%	- 62%	- 73 %	
Gare Montpellier	Sans brumisation	654	363	95	38,5 °C
	Avec brumisation	191	36	3	34,1 °C
	Pourcentage de réduction	- 71%	- 90%	- 97%	-

Question 2.12 : **Expliquer** comment fonctionne le rafraîchissement de l'air par brumisation (le fonctionnement pourra être illustré en traçant de façon schématique le diagramme approprié). **Comparer** la pertinence de ce système entre une utilisation à Nantes et son utilisation à Montpellier. **Justifier** la réponse.

Question 2.13 : **Conclure** sur les modifications à réaliser pour améliorer le confort dans les locaux de la mezzanine non climatisés.

2.3 Etude de la production d'eau glacée

Étant donné les extensions de bâtiments réalisées, les besoins en eau glacée ont fortement augmentés. Cela implique l'installation d'un deuxième groupe de production en complément du premier. Le schéma de principe de la nouvelle production d'eau glacée qui alimente les installations de climatisation est donné dans le document technique DT7. Un extrait du CCTP CVC est donné dans le document technique DT8.

Question 2.14 : Sur le document réponse DR3, **compléter** la nomenclature du schéma de principe de la production de froid (fourni sur le document technique DT7) en indiquant le nom et le rôle des différents appareils. **Indiquer** le(s) rôle(s) du ballon tampon présent sur ce schéma.

Concernant le fluide frigorigène circulant dans l'installation, deux choix sont possibles : le R410A et le R32. Un comparatif des deux fluides est fourni dans le document technique DT9.

Question 2.15 : **Indiquer** la nature de ces fluides. **Préciser** les problèmes posés par ce type de fluide. **Justifier** le choix du bureau d'études de choisir le R32.

Question 2.16 : À l'aide des caractéristiques de l'eau glycolée fournies dans le document technique DT10, **déterminer** la puissance frigorifique du groupe d'eau glacée nécessaire. **Sélectionner** le modèle adapté dans l'extrait du catalogue Daikin fourni dans le document technique DT11. **Préciser** ce que représente le coefficient EER et **indiquer** sa valeur pour le modèle sélectionné.

On décide de vérifier la valeur de l'EER donnée par le fabricant en utilisant les hypothèses et données suivantes :

- on considère un pincement à l'évaporateur 6 °C et de 2 °C au condenseur ;
- le ΔT sur l'air au condenseur sera égal à 5 °C ;
- surchauffe totale de l'évaporateur : 5 K ;
- sous refroidissement : 7 K ;
- compression quasi-isentropique ;
- on néglige les pertes de charge dans l'appareil.

Pour rappel, le pincement est l'écart minimum de température (entre les deux fluides) qui existe dans un échangeur.

Question 2.17 : À l'aide des données et hypothèses, **déterminer** les valeurs des températures d'évaporation et de condensation. **Tracer** le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique fourni sur le document réponse DR4 et **compléter** le tableau de valeur. **Calculer** la valeur de l'EER et **conclure**.

2.4 Etude de la climatisation du restaurant.

L'acheteur de la « coque » du restaurant fait appel à un bureau d'études pour la climatisation de ses locaux. Un extrait du CCTP est donné dans le document technique DT12.

Question 2.18 : À l'aide du document technique DT12, **réaliser** le schéma de principe de la centrale de traitement d'air (CTA) et de sa régulation permettant le renouvellement d'air de la salle de restaurant. **Préciser** le rôle et l'intérêt d'une sonde de CO₂ placée sur la gaine de reprise de l'air.

On suppose que, à l'intérieur du récupérateur de chaleur, l'évolution des airs se fait sur la droite qui relie les caractéristiques de l'air neuf et de l'air intérieur (air extrait).

Question 2.19 : **Expliquer** le principe de fonctionnement d'un récupérateur de chaleur à roue. Sur le document réponse DR5, **tracer** sur le diagramme de l'air les évolutions des airs neuf et extrait dans le récupérateur de chaleur en été et en hiver dans les conditions nominales. **Calculer** les puissances échangées. **Conclure**.

Question 2.20 : Sur le document réponse DR6, tracer l'évolution de l'air humide dans la batterie froide. **Déterminer** la puissance de la batterie froide.

ÉTUDE 3. ORGANISATION DE CHANTIER

3.1 Étude de Prix pour la réalisation des piles

Les sous-détails de prix sont à élaborer pour la réalisation d'une pile de 10 m de haut et qui sera considérée cylindrique avec un diamètre de 1,800 m.

Données pour l'élaboration du sous-détail de prix du coffrage d'une pile			
Rendement avec 6 personnes pour le coffrage			8 m ² ·h ⁻¹
Huile de décoffrage	0,1 L·m ⁻²	Pertes : 10 %	10€ le litre
Achat Coffrage Pile	Nombre d'utilisation : 16	Prix d'achat	96 000 €
Main d'œuvre	6 personnes	Coût horaire d'une personne	30 €·h ⁻¹
Coefficient de vente	1,30		

Question 3.1 : Sur le document réponse DR7, **rédigé** le sous-détail de prix pour déterminer le prix de vente unitaire du coffrage d'une pile.

Données pour l'élaboration du sous-détail de prix du bétonnage d'une pile			
Rendement avec 6 personnes pour le bétonnage			10 m ³ ·h ⁻¹
Béton C45/55 Autoplaçant		Pertes : 2 %	195 €·m ⁻³
Pompe à béton		La demi-journée	400 €
Main d'œuvre	6 personnes	Coût horaire d'une personne	30 €·h ⁻¹
Coefficient de vente	1,30		

Question 3.2 : Sur le document réponse DR8, **rédigé** le sous-détail de prix pour déterminer le prix de vente unitaire du béton d'une pile.

3.2 Pose des poutres préfabriquées de la travée 4



La pose des poutres est réalisée avec une grue mobile dont les caractéristiques sont définies dans le document technique DT13. La masse des poutres de la travée 4 est évaluée à 18 tonnes qu'il faut majorer de 10 % par sécurité. Des plaques de répartition des charges de 4 m x 3 m doivent être mises en place sous chacun des quatre stabilisateurs de la grue mobile.

Question 3.3 : Sur le document réponse DR9, **dessiner** le plan de grutage en représentant la grue mobile en position pour réaliser la pose de toutes les poutres de la travée 4 et des plaques de répartition des charges. **Déterminer** la portée de la poutre la plus éloignée.

Question 3.4 : À partir de la documentation technique de la grue mobile fournie dans le document technique DT13, **choisir** la configuration de la grue (masse du contrepoids, longueur de la rallonge) et **justifier** la capacité de cette grue à réaliser la pose des poutres de la travée 4.

3.3 Planification de réalisation du gros œuvre de la mezzanine Nord

Question 3.5 : Sur le document réponse DR10, **réaliser** la planification détaillée de la réalisation du gros-œuvre de la mezzanine nord, c'est à dire de la pile P0 à la pile P3. **Expliquer** et **justifier** le raisonnement sur la copie.

DOCUMENTS TECHNIQUES

- DT1 : Extraits Eurocode 5 Calcul des structures en Bois
- DT2 : Extraits Eurocode 3 Calcul des structures en acier
- DT3 : Chevilles Mécaniques
- DT4 : Extraits Eurocode 2 Calcul des structures en béton
- DT5 : STD : Hypothèses de simulation (Extraits)
- DT6 : Indicateur PMV SET
- DT7 : Schéma de la production frigorifique
- DT8 : Extrait du CCTP de la production d'eau glacée
- DT9 : Comparatif des fluides frigorigènes R410A et R32
- DT10 : Caractéristiques de l'eau glycolée
- DT11 : Documentation technique groupes d'eau glacée Daikin
- DT12 : Extrait CCTP CVC Restaurant
- DT13 : Grue Mobile

DOCUMENTS REPONSES

- DR1** : Question 2.4
- DR2** : Question 2.8
- DR3** : Question 2.14
- DR4** : Question 2.17
- DR5** : Question 2.19
- DR6** : Question 2.20
- DR7** : Question 3.1
- DR8** : Question 3.2
- DR9** : Question 3.3
- DR10** : Question 3.5

1. Combinaison fondamentale aux états ultimes (ELU)

Pour le dimensionnement des éléments structuraux non soumis à des actions géotechniques :

$$1,35G + 1,50Q$$

Les valeurs caractéristiques des actions permanentes sont multipliées par 1,35.

Les valeurs caractéristiques actions variables sont multipliées par 1,5.

2. Tableau des caractéristiques mécaniques et physiques du contreplaqué

Caractéristiques	Symbole	CP	
Flexion	$f_{m,d}$	12	MPa
Cisaillement	$f_{v,d}$	3	MPa
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0,moy}$	6	GPa
Masse volumique moyenne	ρ_{moy}	600	kg·m ⁻³

Épaisseurs disponibles : 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 35 et 40 mm.

3. Vérification simplifiée des contraintes normales selon l'Eurocode limitée à la flexion simple

Critère de résistance d'une section / contraintes normales : $\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$ où :

- $f_{m,d}$ est la résistance de calcul à la flexion du bois ;
- $\sigma_{m,d}$ est la contrainte maximale de calcul en flexion (sur les fibres extrêmes) engendrée par le moment de flexion à l'ELU.

4. Vérification simplifiée des contraintes de cisaillement selon l'Eurocode

Critère de résistance d'une section au cisaillement : $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$ où :

- $f_{v,d}$ est la résistance de calcul au cisaillement du bois ;
- τ_d est la contrainte max. de cisaillement engendrée par l'effort tranchant V à l'ELU

5. Vérification simplifiée de la flèche de la peau de coffrage

On vérifie que la flèche $v = \frac{7,56}{E \times I} \leq \frac{L}{200}$

Combinaison fondamentale aux états ultimes (ELU)

Pour le dimensionnement des éléments structuraux non soumis à des actions géotechniques :
 $1,35G + 1,50Q$

Les valeurs caractéristiques des actions permanentes sont multipliées par 1,35.

Les valeurs caractéristiques actions variables sont multipliées par 1,5.

Classement des sections transversales

La classification des sections transversales permet de préjuger de leur résistance ultime en flexion et/ou en compression, compte tenu du risque de voilement local. Elle permet :

- de guider le choix du type d'analyse globale de la structure (élastique ou plastique),
- de fixer les critères à vérifier pour les sections et les éléments.

<p>L'Eurocode 3 définit une classification des sections en fonction des critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - élancement des parois, - nature de la sollicitation, - résistance de calcul, - capacité de rotation plastique, - risque de voilement local, etc. 		<p>Les différentes sections ont été réparties en 4 classes allant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la classe 1 (la plus performante) <li style="text-align: center;">à - la classe 4 (la plus fragile).
---	--	---

Tableau : Classification des sections

Classe	Modèle de comportement	Résistance de calcul	Capacité de rotation plastique	
1		<p>Plastique sur section complète</p>	Importante	
2		<p>Plastique sur section complète</p>	Limitée	
3		<p>Élastique sur section complète</p>	Aucune	
4		<p>Élastique sur section efficace</p>	Aucune	

Aciers de construction métallique

Caractéristiques mécaniques et physiques de l'acier

- Module d'élasticité longitudinal $E = 210\,000 \text{ MPa}$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$
- Module de cisaillement : $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81000 \text{ MPa}$
- Limite d'élasticité f_y ,
- Contrainte de rupture à la traction f_u
- Coefficient de dilatation $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$,
- Masse volumique : $\rho = 7\,850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Évolution de la limite d'élasticité en fonction de l'épaisseur des éléments :

Caractéristiques mécaniques des aciers en fonction de leur épaisseur				
	Épaisseur t	Nuances d'aciers		
		S 235	S 275	S 355
Limite élastique f_y (MPa)	$t \leq 16 \text{ mm}$	235	275	355
	$16 < t \leq 40 \text{ mm}$	225	265	345
	$40 < t \leq 63 \text{ mm}$	215	255	335
Résistance à la traction f_u (MPa)	$t \leq 3 \text{ mm}$	360/510	430/580	510/680
	$3 < t \leq 100 \text{ mm}$	340/470	410/560	490/630
Allongement minimal moyen ε	$t \leq 3 \text{ mm}$	18%	15%	15%
	$3 < t \leq 150 \text{ mm}$	23%	19%	19%

Valeurs des coefficients partiels de sécurité γ_M

Valeurs des coefficients partiels de sécurité γ_M sur les résistances pour le calcul aux ELU			
Résistance concernée	Symbole utilisé	Domaine d'application	Valeurs EC3-DAN
Résistance des sections	γ_{M0}	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance des sections : <ul style="list-style-type: none"> – de classe 1, 2 ou 3 – bénéficiant de la marque NF Acier – dans les autres cas – de classe 4 	1,00 1,00 1,00
	γ_{M2}	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance de section nette au droit des trous de boulons 	1,25

Résistance des sections transversales

Caractéristiques géométriques des sections transversales

Aire brute (A)

Elle est calculée en utilisant les dimensions nominales sans déduire les trous pratiqués pour les fixations, mais il faut tenir compte des ouvertures plus importantes.

Aire nette (A_{net})

Elle est égale à l'aire brute diminuée des aires des trous et autres ouvertures.

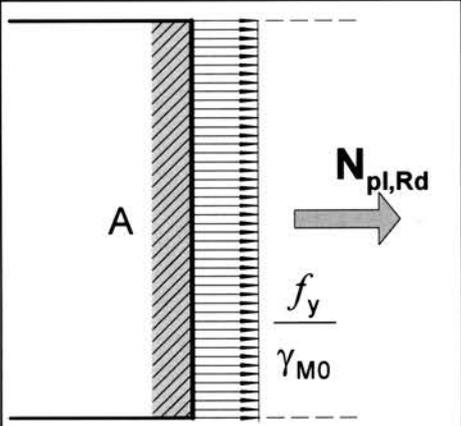
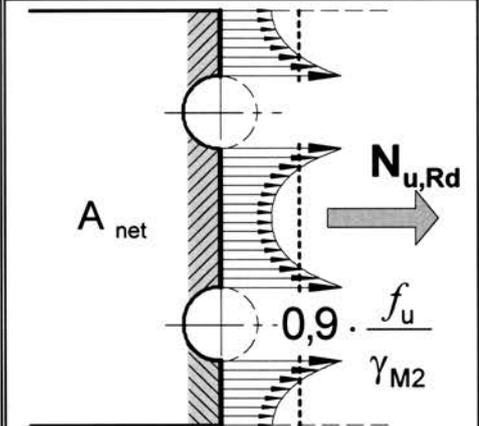
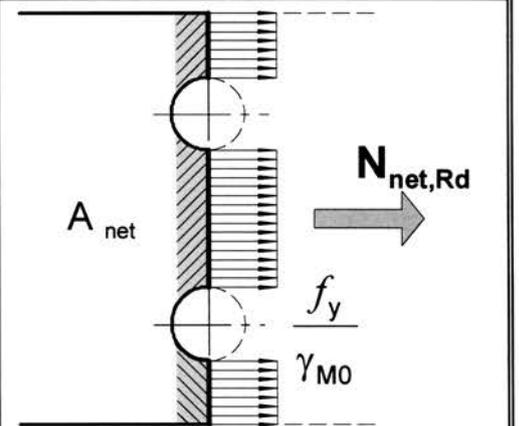
Effort axial de traction (N)

On doit vérifier : $N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}, N_{net,Rd})$ où

N_{Ed} = Effort de traction (agissant) sollicitant la section à l'ELU

$N_{t,Rd}$ = Résistance de calcul à la traction de la section, prise comme la plus petite des valeurs suivantes :

Lorsqu'un comportement ductile est requis, c'est à dire lorsque la section brute doit se plastifier avant la rupture de la section nette, il convient de vérifier la condition supplémentaire : $N_{u,Rd} \geq N_{pl,Rd}$

SECTION BRUTE (En partie courante)	SECTION NETTE (Perçages déduits au droit des assemblages)	
On considère que l'état de plastification est atteint sur toute la section transversale	Assemblage par boulons ordinaires : <i>Il y a amplification des contraintes de traction au droit des perçages.</i>	Assemblage par boulons précontraints (HR) : <i>L'étreinte latérale permet une répartition quasi uniforme des contraintes de traction</i>
		
Résistance plastique de calcul de la section brute.	Résistance ultime de calcul de la section nette au droit des trous de fixations.	Résistance plastique de la section nette, à considérer dans le cas d'assemblages par boulons HR précontraints pour lesquels aucun glissement n'est autorisé.
$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$	$N_{net,Rd} = A_{net} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant (M et V) vérification simplifiée

Pour le moment de flexion :

On doit vérifier : $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Où M_{Ed} = Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU

$M_{c,Rd}$ = Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU

Pour une section de classe 1 ou 2	Pour une section de classe 3 ou pour les ouvrages provisoires (cintres)
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (Moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (Moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Module de résistance élastique

$W_{el,z,min} = \frac{I_{Gz}}{v_{max}}$ Où I_{Gz} : moment quadratique de la section droite Ω ;

v_{max} distance du CdG de la section droite à la fibre extrême la plus éloignée ;

Pour l'effort tranchant

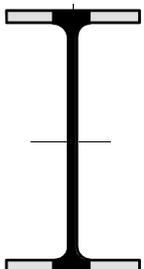
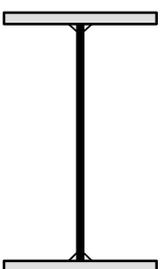
On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

Calcul plastique $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

où V_{Ed} : effort tranchant (agissant) de calcul à l'E.L.U. ;

$V_{pl,Rd}$: effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;

A_v : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

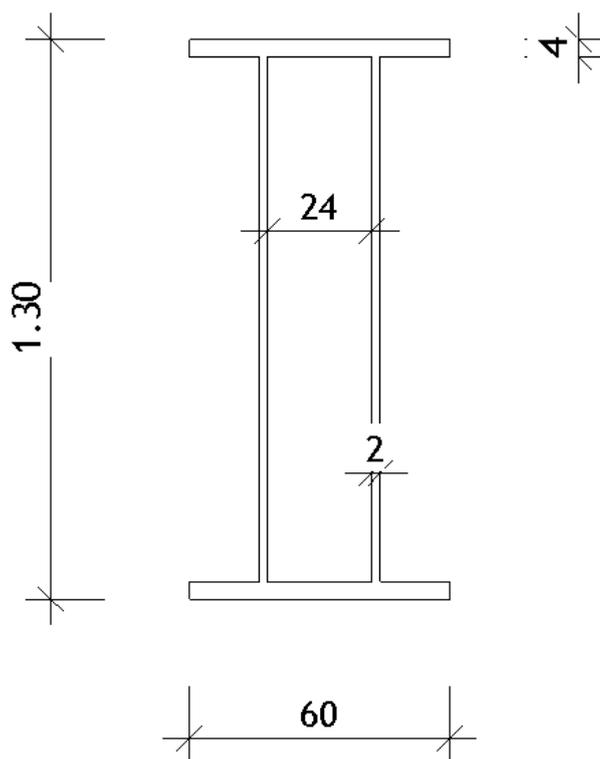
	<p><u>Laminés marchands :</u> Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données sur les tableaux de caractéristiques des profilés</p>		<p><u>Profilés reconstitués soudés :</u> Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule</p>
--	---	---	---

Caractéristiques des cintres PRS 1300

Nuance de l'acier **S235**

Section des cintres PRS 1300

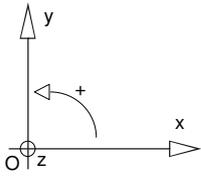
Cotation en cm et m



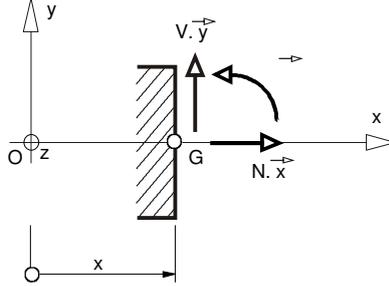
$$I_{Gz} = 2\,511\,042 \text{ cm}^4$$

ROTATION ET FLECHE POUR DES POUTRES ISOSTATIQUES

Repère



Éléments de réduction



Liaisons

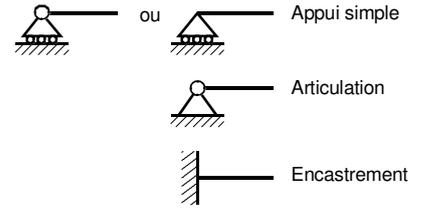


Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$	<p style="text-align: center;">pour $a \leq \frac{L}{2}$</p> $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

CHEVILLE MÉCANIQUE HSL-3-G (-R)

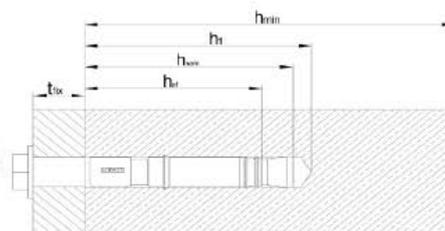
Cheville à haute performance pour charges lourdes



VALEURS PRÉ CALCULÉES | CHARGES STATIQUES

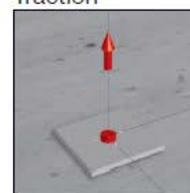
Pleine masse - Béton non fissuré - Version zinguée (HSL-3-G) et inox (HSL-3-GR) M8, M10 et M12 (en kN)

Une cheville isolée, pleine masse, béton C20/25 non ferrailé, non fissuré (sans influence de bord et d'entraxe)

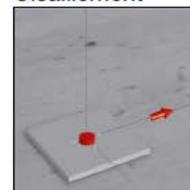


HSL-3-G HSL-3-GR	h_{er} (mm)	h_{min} (mm)		Traction (kN)		Cisaillement (kN)	
		/3-G	/3-GR	Résistance de calcul ultime N_{rd}		Résistance de calcul ultime V_{rd}	
				HSL-3-G	HSL-3-GR	HSL-3-G	HSL-3-GR
M8	60	120	120	13,03	11,11	20,88	31,29
	80	170	170	19,53	11,11	20,88	32,24
	100	190	195	19,53	11,11	20,88	32,24
M10	70	140	140	19,71	19,71	33,44	39,43
	90	195	195	28,74	27,06	33,44	47,12
	110	215	215	30,93	27,06	33,44	47,12
M12	80	160	160	24,08	24,08	47,44	48,17
	105	225	225	36,22	36,22	47,44	62,96
	130	250	250	44,93	39,33	47,44	62,96

Traction



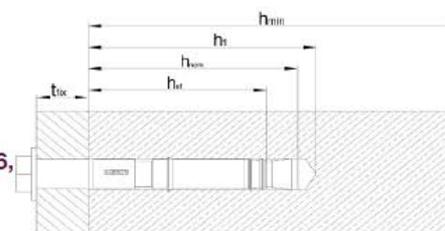
Cisaillement



VALEURS PRÉ CALCULÉES | CHARGES STATIQUES

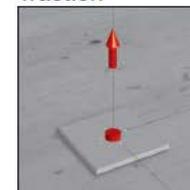
Pleine masse - Béton non fissuré - Version zinguée (HSL-3-G) et inox (HSL-3-GR) M16, M20 et M24 (en kN)

Une cheville isolée, pleine masse, béton C20/25 non ferrailé, non fissuré (sans influence de bord et d'entraxe)

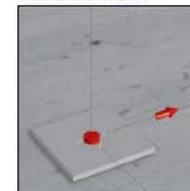


HSL-3-G HSL-3-GR	h_{er} (mm)	h_{min} (mm)	Traction (kN)		Cisaillement (kN)	
			Résistance de calcul ultime N_{rd}		Résistance de calcul ultime V_{rd}	
			HSL-3-G	HSL-3-GR	HSL-3-G	HSL-3-GR
M16	100	200	33,66	33,66	67,33	67,33
	125	275	43,33	43,33	94,10	94,10
	150	300	43,33	43,33	96,48	103,60
M20	125	250	47,05	47,05	94,10	94,10
	155	380	63,33	63,33	124,24	121,52
	185	410	63,33	63,33	124,24	121,52
M24*	150	300	61,84	-	123,69	-
	180	405	66,66	-	162,60	-
	210	435	66,66	-	163,60	-

Traction



Cisaillement



* Uniquement pour HSL-3-G

DT 4 : EXTRAITS EUROCODE 2 : CALCUL DES STRUCTURES EN BETON

Les bétons :

La résistance en compression du béton est désignée par des classes de résistance liées à la résistance caractéristique mesurée sur cylindre f_{ck} ou sur cube $f_{ck,cube}$.

Classes de résistance du béton															Expressions analytiques et commentaires
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	Résistance caractéristique sur éprouvette cylindrique
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	Résistance caractéristique sur éprouvette cubique
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	Résistance moyenne à la traction $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)}$ pour $\leq C50/60$
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	Module de Young du béton $E_{cm} = 22[f_{cm}/10]^{0,3}$ f_{cm} en (MPa)
ϵ_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Déformation maxi du béton

Les Aciers en barres

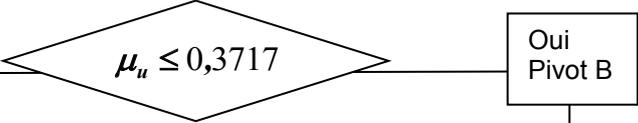
Diamètre mm	Poids kg/m	Périmètre cm	Section pour N barres en cm ²									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

Calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire :

Données
 Section poutre : largeur b_w ; Hauteur h
Béton $C_{..}/.. f_{ck}$
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_C$ $\gamma_C = 1,5$
Acier S500 classe B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$
 Actions de Calcul : $p_u = 1,35g + 1,5q \text{ kN/m}$
 Moment de flexion ELU $M_{Ed} = M_u$

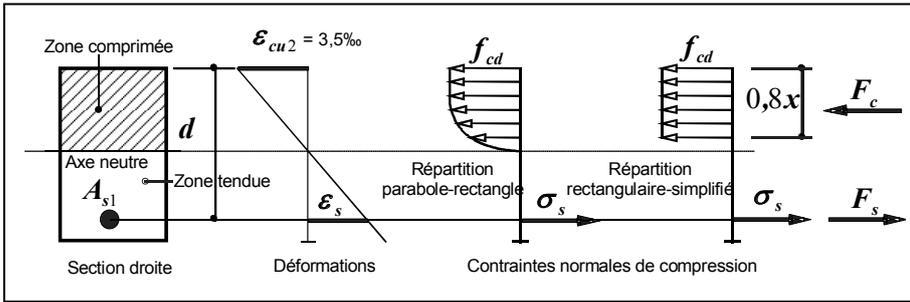
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10mm\}$
 Enrobage nominal : $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
 $\Rightarrow d \leq 0,9h$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$



Les armatures comprimées sont nécessaires, ou on redimensionne la section

Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires $A_{s2}=0$



$$\alpha_u = 1,25 \cdot (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

 on pose $\alpha_u = \frac{x}{d}$

Bras de levier

$$z_u = d \cdot (1 - 0,4 \cdot \alpha_u)$$

Déformation des aciers tendus

$$\epsilon_s = 3,5 \cdot 10^{-3} \frac{(1 - \alpha_u)}{\alpha_u}$$

$$\alpha_u = \frac{x}{d}$$

$$A_{s1} = \frac{M_u}{z_u \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s1} > A_{s,min} = \max\left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d ; 0,0013 b_w d\right]$$

$$A_{s1} < 0,04 A_c$$

Le pourcentage d'armatures

$$\rho_{s1} = \frac{A_{s1}}{b_w d}$$

Il faut déterminer la hauteur utile réelle $d_{réelle}$, celle-ci doit être supérieure à la valeur forfaitaire considérée.



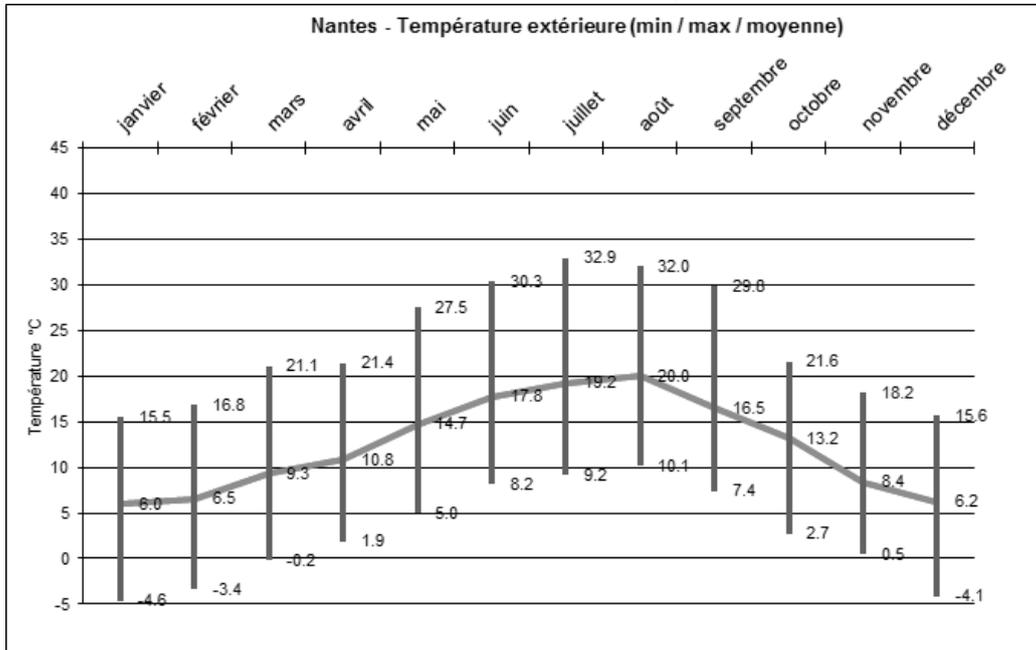
DT 5 : STD : HYPOTHESES DE SIMULATION (EXTRAITS)

1. DONNEES METEOROLOGIQUES

Données météorologiques utilisées pour la simulation STD :

Source : Fichier météo Nantes Température max : 32,9 °C Température min : -5,7 °C

Le graphique suivant donne les températures extérieures moyennes et extrêmes par mois :

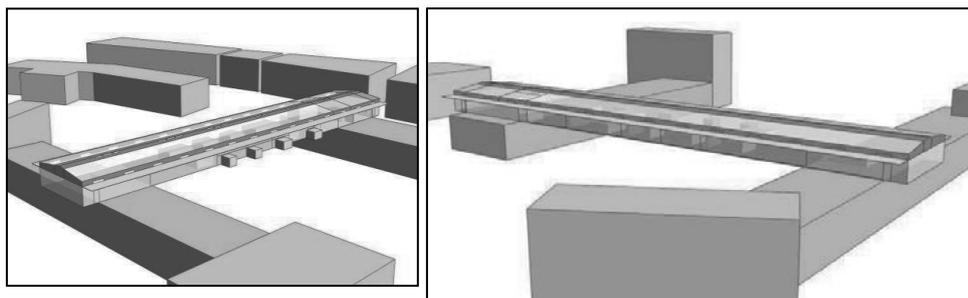


Les conditions intérieures représentatives pour les simulations STD ont lieu aux jours et heures présentées dans le tableau ci-dessous, prenant en compte le moment le plus froid et celui le plus chaud.

	Condition hiver	Condition été
Jour	15/1	21/7
Heure	10h30	18h30
Température extérieure	- 4,7 °C	32,7°C
Température intérieure	-0,7 °C	33,5°C

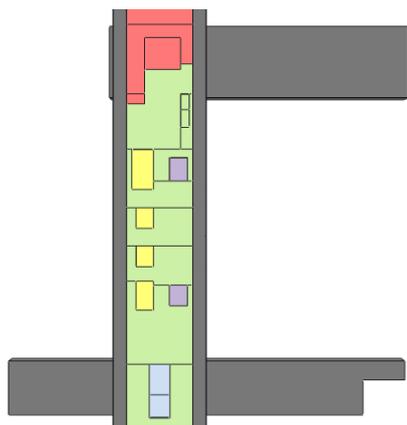
2. GEOMETRIE

La géométrie est réalisée à partir des plans, coupes et élévations de la gare de la phase PRO.



Vue aérienne du projet avec les masques environnants

Le zoning thermique correspondant aux différents usages du bâtiment est détaillé dans le tableau ci-dessous ainsi que les surfaces utiles considérées :



Type de locaux	Surfaces utiles considérées
Hall	2761 m ²
Restauration Restaurant Cuisines	653 m ²
	489 m ²
	164 m ²
Café bar VAE	158 m ²
Attente confortable	115 m ²
Commerces	299 m ²
Etage technique hall	3 326 m ²
Etage technique restaurant	663 m ²
TOTAL	7 975 m²

3. DONNEES TECHNIQUES

ENVELOPPE

PAROIS OPAQUES

Les compositions modélisées sont données dans le tableau ci-dessous :

PAROIS	Structure		Isolation				R isolant (m ² .K/W)	Coefficient Up (W/m ² .K)
	Type	Epaisseur (mm)	Produit	Epaisseur (mm)	Type	Mode de fixation		
Mur extérieur	Béton (λ = 2,30 W/m.K)	200	-	-	-	-	-	3,89
Plancher hourdis isolé (restaurant)	Béton (λ = 1,35 W/m.K)	900	Laine de roche (λ = 0,040 W/m.K)	100	EX T	NR	2,5	0,4
	Béton (λ = 2,30 W/m.K)	200						
Plancher hourdis	Béton (λ = 1,35 W/m.K)	900	-	-	-	-	-	1,07
	Béton (λ = 2,30 W/m.K)	200						
Toiture intérieure (coques)	BA13	12,5	Laine minérale (λ = 0,035 W/m.K)	50+90	INT	NR	4	0,25
	Bac acier (λ = 50 W/m.K)	3						
Toiture extérieure (bande opacifiante)	Membrane étanchéité	2	Laine minérale (λ = 0,035 W/m.K)	60	INT	NR	1,71	0,58
	Bac acier (λ = 50 W/m.K)	2						

PAROIS VITREES

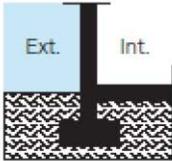
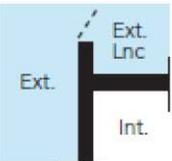
Les menuiseries mises en œuvre sont décrites dans le tableau ci-dessous

Désignation de la paroi	Composition	Projet
Membrane ETFE (Restaurant)	ETFE teinté 4 couches	$U_w = 2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $U_g = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,15$ RCL = 80%
Membrane ETFE (hall)	ETFE teinté 2 couches	$U_w = 3,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,20$
Porte vitrée restaurant	Double vitrage sélectif	$U_w = 2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,25$
Porte accès quai	Simple vitrage	$U_w = 5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,60$
Mur rideau Hall	Simple vitrage	$U_w = 5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,60$
Mur rideau Hall SUD	Simple vitrage	$U_w = 5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,60$
Mur rideau Restaurant	Double vitrage sélectif	$U_w = 1,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ $S_w = 0,28$

Remarque : présence d'une casquette tout le long du bâtiment (épaisseur 5 cm).

PONTS THERMIQUES

Les ponts thermiques pris en compte sont décrits dans le tableau ci-dessous.

PONTS THERMIQUES		Type de rupteur, Type de traitement, ψ (W/m.K)
Pont thermique intégré toiture		$\psi = 0,18$ W/m.K
Liaison du dallage sur terre-plein avec un mur donnant sur l'extérieur		$\psi = 0,34$ W/m.K
Liaison du plancher haut lourd ou léger donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé, avec un mur extérieur		$\psi = 0,71$ W/m.K

TEMPERATURES DE CONSIGNE

Le tableau ci-dessous précise les conditions de traitement climatique des locaux.

Chauffage			
Types de locaux	Période	Température de consigne	Fonctionnement
Hall	-	-	-
Restaurant	1 octobre/1 mai	19 °C (réduit 16 °C)	7h - 24h
Cuisines	1 octobre/1 mai	19 °C (réduit 16 °C)	7h - 24h
Café bar VAE	-	-	-
Attente confortable	-	-	-
Commerces	1 octobre/1 mai	19 °C (réduit 16 °C)	6h - 22h

Refroidissement			
Types de locaux	Période	Température de consigne	Fonctionnement
Hall	-	-	-
Restaurant	1 mai/1 octobre	26 °C (réduit 30 °C)	7h - 24h
Cuisines	1 mai/1 octobre	26 °C (réduit 30 °C)	7h - 24h
Café bar VAE	-	-	-
Attente confortable	-	-	-
Commerces	1 mai/1 octobre	26 °C (réduit 30 °C)	6h - 22h

DT 6 : INDICATEUR PMV SET

L'indicateur PMV SET semble le plus intéressant à prendre en compte pour ce cas spécifique de bâtiment dont la température n'est pas contrôlée par des systèmes de chauffage ou climatisation mais par une gestion automatisée de la ventilation naturelle.

Cet indicateur demande la connaissance de 6 variables :

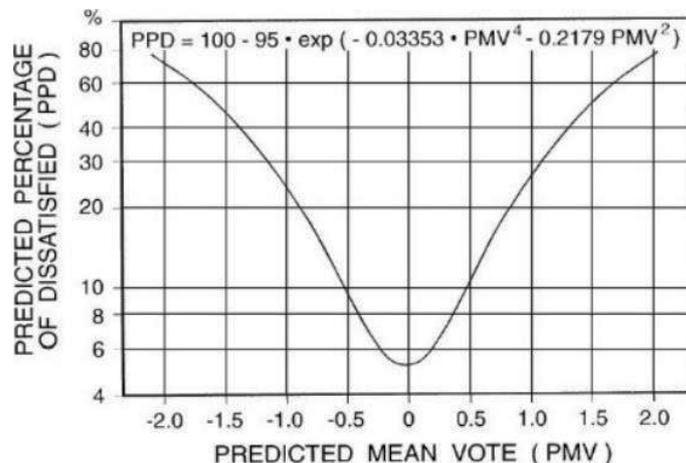
- température d'air,
- température rayonnante,
- humidité relative,
- vitesse d'air,
- vêtue,
- activités.

Les indicateurs de température d'air, température rayonnante et humidité relative ont été calculés par l'intermédiaire du logiciel TRNSYS. La vitesse d'air est calculée avec le logiciel utilisé pour les simulations aérauliques. La vêtue prise en compte dans le calcul est prédéfinie pour un usage estival à 0,5 clo et le métabolisme des occupants est de 1,2 Met (debout, relaxé). Afin de calculer l'indice PMV*SET, l'outil de l'université de Berkeley CBE Thermal Comfort Tool a été utilisé.

Le PMV*SET est une échelle traduisant la sensation de confort hygrothermique :

Note	Sensation hygrothermique	Etat physiologique
+3,00	Très chaud	Sudation profuse
+2,00	Chaud	Sudation
+1,00	Légèrement chaud	Sudation légère, vasodilatation
0,00	Confortable	Sensation neutre
-1,00	Légèrement froid	Vasoconstriction
-2,00	Froid	Refroidissement ralenti du corps
-3,00	Très froid	Frissons

Grâce à la relation qui lie le PMV au pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) on estime que pour un PMV de 1 il y aura 72,5 % des utilisateurs qui estimeront leur sensation de confort comme satisfaisante :



Résultats PMV SET – 3 JOURS LES PLUS CHAUDS

Pour chacun de ces jours, trois variantes sont étudiées : ventilation naturelle seule, brasseurs d'air et brumisation.

Le premier jour la sensation de confort est plutôt froid le matin et en fin de journée et neutre entre midi et 20h, il n'y a pas de surchauffe donc pas de déclenchement ni nécessité des systèmes de brassage d'air ou de brumisation. La sensation légèrement froide constatée pourrait être corrigée avec une vêture plus adaptée, qui serait vraisemblable étant données les heures où cela se ressent (matin et après 21h).

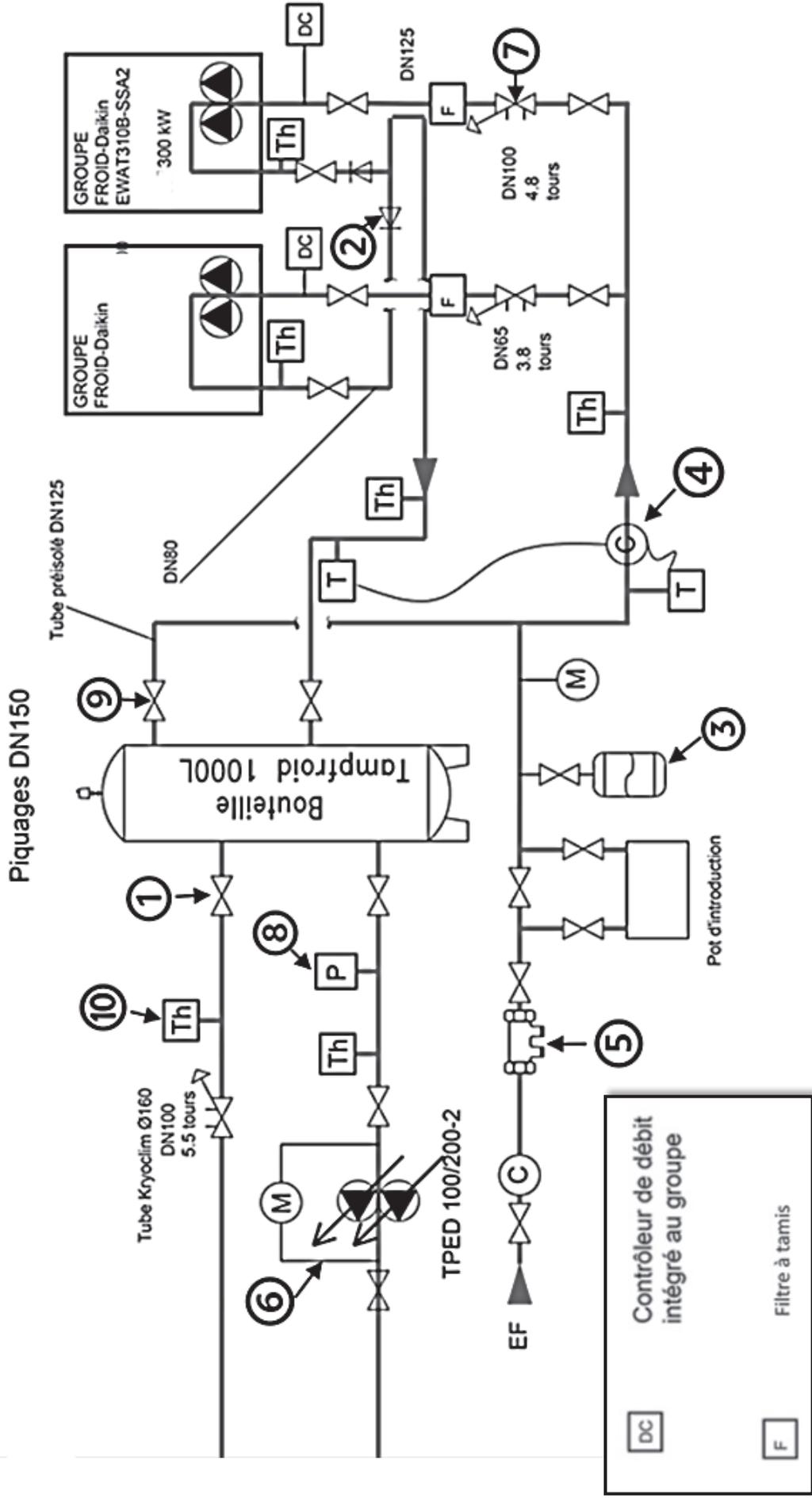
Pour les deux jours suivants la sensation de confort en base (ventilation naturelle seule) atteint des niveaux supérieurs à +1 (de +1 à +2,5 le jour le plus défavorisé de l'année) et le déclenchement des systèmes actifs permet de baisser le PMV.

Le cas avec brasseurs d'air permet de maintenir le PMV compris entre +1 et -1 et donc un excellent niveau de confort, proche de la neutralité malgré la température ambiante élevée. Ainsi le jour le plus défavorisé, le PMV*SET atteint au plus chaud de la journée est de 0,86, soit en plein dans la plage de confort de l'indicateur.

Le cas avec brumisation de l'air présente un bilan plus mitigé dans l'analyse du PMV*SET. En effet, même si ce système permet d'abaisser la température ambiante d'environ 4°C suivant les résultats présentés plus haut dans le document, l'augmentation de l'humidité relative en contrepartie est perçue négativement par les occupants et entraîne une augmentation de l'indice PMV*SET. Finalement cet indicateur de confort montre que le gain en température apporté par la brumisation serait contrebalancé par l'augmentation du taux d'humidité. Le PMV*SET descend légèrement mais reste autour de 2,3 le jour le plus défavorisé de l'année, en raison du taux d'humidité élevé, ce qui correspond à une sensation de chaud selon l'échelle de l'indicateur.

L'analyse de l'indicateur montre que sur les 3 journées les plus chaudes de l'année, et les plus fréquentées (week-ends de grands départs en vacances), la seule ventilation naturelle conduit à un inconfort de 80 % des personnes. La solution de brumisation permet de faire descendre très légèrement ce pourcentage autour de 75 % (du fait de l'humidité relative qui reste importante). À l'inverse, la mise en œuvre des brasseurs d'air permet de redescendre à un PMV*SET maximum de 0,84, établissant que 80 à 85 % des usagers sont satisfaits du niveau de confort.

DT 7 : SCHEMA PRODUCTION FRIGORIFIQUE



DT 8 : EXTRAIT DU CCTP CVC

Les régimes suivants doivent être pris en compte pour le dimensionnement des matériels à mettre en place dans le cadre du présent marché :

- réseau chauffage = 80 °C/60 °C
- réseau eau glacée = 12 °C/7 °C

Les réseaux d'alimentation en eau chaude et en eau glacée seront à température constante et débit variable.

1°) Production de chaleur

La production de chaleur sera réalisée par le réseau urbain via la sous-station existante. Les nouveaux réseaux seront raccordés à l'existant.

2°) Production de froid

Les besoins en eau glacée ayant fortement augmentés, on installera un deuxième groupe de production en complément du premier.

Cette production sera assurée par un groupe froid de marque Daikin ou techniquement équivalent. Le groupe sera installé à proximité du premier.

Le refroidisseur utilisera le fluide frigorigène R32, et sera équipé de compresseurs scroll.

Modèle : EWAT B-XR

Données évaporateur :

- Température Entrée évaporateur : **12,00 °C**
- Température Sortie évaporateur : **7,00 °C**
- Débit évaporateur 18 500 L·h⁻¹
- On prendra en compte une surpuissance de 10 %
- Eau glycolée à 30 %

Données condenseur :

- Plage température Condenseur : Basse température ambiante (- 18 °C / + 46 °C)
- Température ambiante : 35,00 °C
- Altitude 0,0 m

Classification de toxicité

- Les fluides frigorigènes de classe A, fluides dont la toxicité a été observée au-dessus de 400 ppm.
- Les fluides de classe B sont ceux dont la toxicité est observée en dessous de 400 ppm.

Classification d'inflammabilité

Ici les fluides sont catégorisés en fonction de leur inflammabilité, des tests en laboratoires permettent de connaître leurs limites inférieures d'inflammabilité (LIE ou LFL en anglais) et la chaleur émise par la combustion.

- Fluides de classe 1 : substances ininflammables n'engendrant pas de flamme, dans les conditions d'un test à pression atmosphérique à 60 °C.
- Fluides de classe 2 : faiblement inflammables, substances possédant une limite inférieure d'inflammabilité supérieure ou égale à 3,7 % en volume et une chaleur de combustion de l'ordre de 19 000 kJ·kg⁻¹. Notons qu'à la pression atmosphérique à 60 °C, ces fluides présentent une propagation de flamme.
- Fluides de classe 3 : fluides fortement inflammables avec une forte propagation de la flamme lors des tests à 60 °C sous pression atmosphérique de l'ordre, de 45 cm·s⁻¹. Leur limite d'inflammabilité est inférieure ou égale à 3,5 % et leur chaleur de combustion est supérieure à 19 000 kJ par kilo.

Avec l'apparition de fluides ne pouvant être classifiés selon les trois classes d'inflammabilité de la réglementation existante, une sous-classe de la classe 2 a été mise en place. C'est la classe 2L, elle possède les mêmes caractéristiques que la classe 2 en ce qui concerne la chaleur de combustion et la limite inférieure d'inflammabilité (LIE) par contre ce qui change c'est sa vitesse de propagation de flamme qui est inférieure à 0,1 m·s⁻¹. Donc pour un fluide classé A2L on peut donc dire que cette substance est faiblement toxique et difficilement inflammable.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES FLUIDES THERMIQUES
PHYSICAL DATA OF THERMAL FLUIDS

MEG 30%

solution aqueuse de monoéthylène glycol à 30%
 30% monoethylene glycol aqueous solution

température de fusion : -14.5°C
 freezing temperature

température θ temperature	masse volum. ρ density	chaleur spécifique C_p specific heat		viscosité dynamique μ dynamic viscosity		conductivité thermique λ thermal conductivity		pression de vapeur P_s vapor pressure	
°C	kg/m ³	J/kg K	kcal/kg °C	Pa s	kg/m h	W/m K	kcal/h.m. °C	Pa (abs)	bar(rel.) barg
-10	1057	3611	0,863	0,003465	25,908	0,464	0,399	254	
-5	1056	3620	0,865	0,002931	20,729	0,467	0,402	374	
0	1054	3629	0,867	0,002501	16,852	0,470	0,405	543	
5	1052	3639	0,869	0,002151	13,902	0,473	0,407	775	
10	1050	3650	0,872	0,001864	11,625	0,476	0,409	1092	
15	1048	3661	0,875	0,001626	9,843	0,478	0,411	1517	
20	1046	3672	0,877	0,001428	8,431	0,480	0,413	2081	
25	1044	3684	0,880	0,001262	7,299	0,482	0,415	2821	-0,99
30	1042	3696	0,883	0,001122	6,381	0,484	0,416	3780	-0,98
35	1040	3708	0,886	0,001003	5,630	0,486	0,418	5011	-0,96
40	1037	3721	0,889	0,000902	5,010	0,487	0,419	6574	-0,95
45	1035	3733	0,892	0,000814	4,493	0,489	0,420	8541	-0,93
50	1032	3746	0,895	0,000739	4,059	0,490	0,421	10995	-0,90
55	1030	3759	0,898	0,000674	3,692	0,491	0,422	14031	-0,87
60	1027	3772	0,901	0,000617	3,380	0,492	0,423	17755	-0,84
65	1025	3785	0,904	0,000567	3,112	0,493	0,424	22290	-0,79
70	1022	3798	0,907	0,000523	2,881	0,494	0,425	27772	-0,74
75	1020	3811	0,911	0,000485	2,681	0,495	0,426	34353	-0,67
80	1017	3824	0,914	0,000451	2,507	0,496	0,426	42203	-0,59
85	1015	3837	0,917	0,000420	2,355	0,496	0,427	51508	-0,50
90	1012	3850	0,920	0,000393	2,221	0,497	0,427	62472	-0,39
95	1009	3863	0,923	0,000369	2,103	0,497	0,428	75318	-0,26
100	1007	3876	0,926	0,000347	1,999	0,498	0,428	90290	-0,11
105	1004	3888	0,929	0,000328	1,906	0,498	0,429	107649	0,06
110	1002	3901	0,932	0,000310	1,824	0,499	0,429	127677	0,26
115	999	3914	0,935	0,000294	1,750	0,499	0,429	150678	0,49
120	997	3926	0,938	0,000279	1,684	0,499	0,430	176975	0,76
125	994	3939	0,941	0,000266	1,625	0,500	0,430	206913	1,06
130	992	3951	0,944	0,000254	1,572	0,500	0,430	240858	1,40
135	989	3963	0,947	0,000243	1,524	0,500	0,430	279198	1,78
140	987	3975	0,950	0,000233	1,481	0,500	0,430	322341	2,21
145	984	3987	0,953	0,000224	1,442	0,500	0,430	370717	2,69
150	982	3999	0,955	0,000215	1,407	0,501	0,431	424776	3,23
155	979	4011	0,958	0,000208	1,375	0,501	0,431	484993	3,84
160	977	4023	0,961	0,000200	1,347	0,501	0,431	551859	4,51
165	975	4034	0,964	0,000194	1,321	0,501	0,431	625889	5,25
170	972	4046	0,967	0,000188	1,297	0,501	0,431	707618	6,06
175	970	4057	0,969	0,000182	1,276	0,501	0,431	797601	6,96

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

EWAT~B-XR

MODÈLE		EWAT085B- XRA1	EWAT115B- XRA1	EWAT145B- XRA1	EWAT180B- XRA2	EWAT185B- XRA1	EWAT200B- XRA2
PERFORMANCES DE REFOIDISSEMENT							
Puissance - Refroidissement	kW	82	108	135	168	166	187
Commande de puissance - Type		Étape	Étape	Étape	Étape	Étape	Étape
Commande de puissance - Puissance minimale	%	23	21	31	25	31	21
Puissance absorbée de l'unité - Refroidissement	kW	30,9	39	47,1	59,1	70,5	69,8
EER		2,64	2,78	2,88	2,84	2,35	2,68
ESEER (+option FANMOD ⁽⁵⁾)		4,02	4,18	4,08	4,24	4,04	4,21
IPLV (+option FANMOD ⁽⁵⁾)		4,74	5,10	4,76	5,00	4,78	5,00
SEER (+option FANMOD ⁽⁵⁾) ⁽¹⁾		3,84	4,24	4,08	4,17	4,08	4,24
η_s	%	150,6	166,6	160,2	163,8	160,2	166,6
DIMENSIONS							
Hauteur	mm	1801	1801	1822	2540	1822	2540
Largeur	mm	1204	1204	1204	2236	1204	2236
Longueur	mm	2660	3180	3780	2326	3780	2326
POIDS							
Poids de l'unité	kg	747	840	959	1736	1076	1776
Poids en fonctionnement	kg	752	846	968	1747	1088	1777
ÉCHANGEUR DE CHALEUR D'EAU							
Type ⁽²⁾		PHE	PHE	PHE	PHE	PHE	PHE
Volume d'eau	l	5	6	9	11	12	11
Débit d'eau	l/s	3,9	5,2	6,5	8,0	7,9	9,0
Chute de la pression d'eau ⁽⁴⁾	kPa	27,8	34,2	28,1	36,4	38,1	44,3
Matériau isolant		Cellules fermées					
ÉCHANGEUR DE CHALEUR D'AIR							
Type ⁽²⁾		Mch	Mch	Mch	Mch	Mch	Mch
VENTILATEUR							
Type ⁽²⁾		HED	HED	HED	HED	HED	HED
Entraînement ⁽²⁾		Coupe de phase	Coupe de phase	Coupe de phase	Ventilateurs VFD	Coupe de phase	Ventilateurs VFD
Diamètre	mm	450	450	450	800	450	800
Débit d'air nominal	l/s	6673	8896	11122	15054	11122	15054
Quantité	N°	6	8	10	4	10	4
Vitesse	tr/min	1108	1108	1108	700	1108	700
Puissance moteur	kW	2,1	2,8	3,5	3,6	3,5	3,6
COMPRESSEUR							
Type		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Charge d'huile	l	6,5	7,7	8,9	13,0	10,7	14,1
Quantité	N°	2	2	2	4	2	4
NIVEAU SONORE⁽³⁾							
Niveau sonore - Refroidissement	dB(A)	78	82	84	84	86	85
Niveau de pression sonore à 1 m de distance - Refroidissement	dB(A)	60	64	66	65	68	66
CIRCUIT RÉFRIGÉRANT							
Type de réfrigérant		R32	R32	R32	R32	R32	R32
Charge de réfrigérant	kg	10,5	12,5	15	30	16	36
Nbre de circuits	N°	1	1	1	2	1	2
RACCORDEMENT DES TUYAUTERIES							
Entrée/sortie d'eau de l'évaporateur	mm	76,1	76,1	76,1	88,9	76,1	88,9

SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES

EWAT~B-XR

MODÈLE		EWAT085B- XRA1	EWAT115B- XRA1	EWAT145B- XRA1	EWAT180B- XRA2	EWAT185B- XRA1	EWAT200B- XRA2
ALIMENTATION ÉLECTRIQUE							
Phases	N°	3	3	3	3	3	3
Fréquence	Hz	50	50	50	50	50	50
Tension	V	400	400	400	400	400	400
Tolérance de tension - Minimum	%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Tolérance de tension - Maximum	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
UNITÉ							
Courant d'appel maximal	A	215	315	328	290	464	388
Courant de service nominal - Refroidissement	A	60	71	83	113	118	128
Courant de service maximal	A	75	87	100	149	134	160
Courant maximal pour la détermination du calibre des fils	A	82	96	110	164	148	176
VENTILATEURS							
Courant de service nominal - Refroidissement	A	6	8	10	8	10	8
COMPRESSEURS							
Phases	N°	3	3	3	3	3	3
Tension	V	400	400	400	400	400	400
Tolérance de tension - Minimum	%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Tolérance de tension - Maximum	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Courant de service maximal	A	66	91	88	131	152	157
Méthode de démarrage		DOL (direct en ligne)					

DT 12 : EXTRAIT CCTP CVC RESTAURANT

Le chauffage, le refroidissement et le renouvellement d'air de la salle de restaurant seront assurés par une centrale de traitement d'air (CTA) double flux à échangeur à roue hygroscopique.

La batterie chaude, la batterie froide et la puissance des ventilateurs (débits d'air) de la CTA seront dimensionnés pour assurer une température intérieure de 19 °C en hiver pour -5 °C de température extérieure et 26 °C en été pour 30 °C de température extérieure, tout en considérant l'occupation maximale de la salle.

La centrale sera munie d'un **échangeur à roue hygroscopique** à haut rendement de récupération ainsi que d'une **sonde CO₂** sur la reprise d'air.

Les batteries (chaudes et froides) seront dimensionnées en considérant que la roue hygroscopique ne fonctionne pas.

La CTA sera de type CCTA de marque Trane ou équivalent et aura les caractéristiques suivantes :

Section 1 : Reprise

Filtre synthétique :

Ventilateur de reprise :

- Type de ventilateur : Pales arrières
- Débit d'air max : **10 000 m³·h⁻¹**
- Débit d'air min : **3 500 m³·h⁻¹**

Section 2 : Récupération d'énergie

Type : Roue

Efficacité sensible sur l'air neuf de 70 %

Données mode hiver

- Débit air neuf : **10 000 m³·h⁻¹**
- Caractéristiques entrée air neuf : -5,0 °C/95,0 %
- Débit d'air extrait : **10 000 m³·h⁻¹**
- Caractéristiques entrée (sortie) air extrait : 19,0 °C /50,0 %

Données mode été

- Débit air neuf : **10 000 m³·h⁻¹**
- Caractéristiques entrée (sortie) air neuf : 30,0 °C /35,0 %
- Débit d'air extrait : **10 000 m³·h⁻¹**
- Caractéristiques entrée (sortie) air extrait : 26,0 °C /40,0 %
-

– **Registre d'air extrait** en Aluminium,
Motorisable (sans cadran ni tringlerie)
Lames standard

– **Registre d'air neuf** en Aluminium
Motorisable (sans cadran ni tringlerie)
Lames standard

Filtre synthétique : Matériau en Fibre synthétique

Section 3 : Soufflage

Batterie Froide :

Tubes : Cu/0,40 Fluide : Eau glycolée

Caractéristiques entrée air : 30,0 °C-35 %

Caractéristiques sortie air : 16,0 °C- ? % Régime d'eau : 7/ 12 °C

Batterie Chaude :

Tubes : Cu/0,40 Fluide : Eau

Te/Ts : 80 /60 °C Débit : 4853 kg·h⁻¹

Ventilateur de soufflage :

Type de ventilateur : Pales arrières

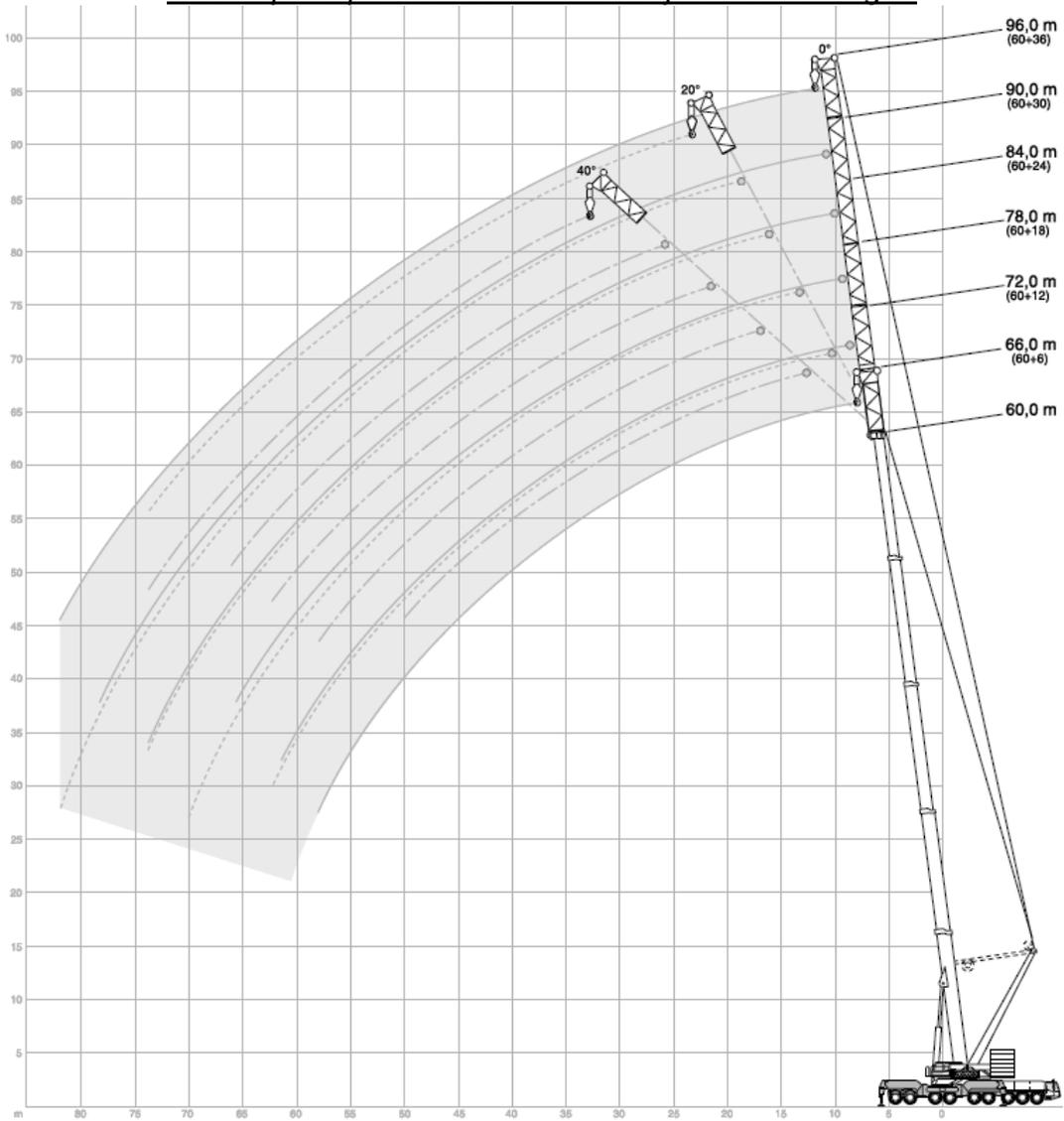
Débit d'air max : **10 000 m³·h⁻¹**

Débit d'air min : **3 500 m³·h⁻¹**

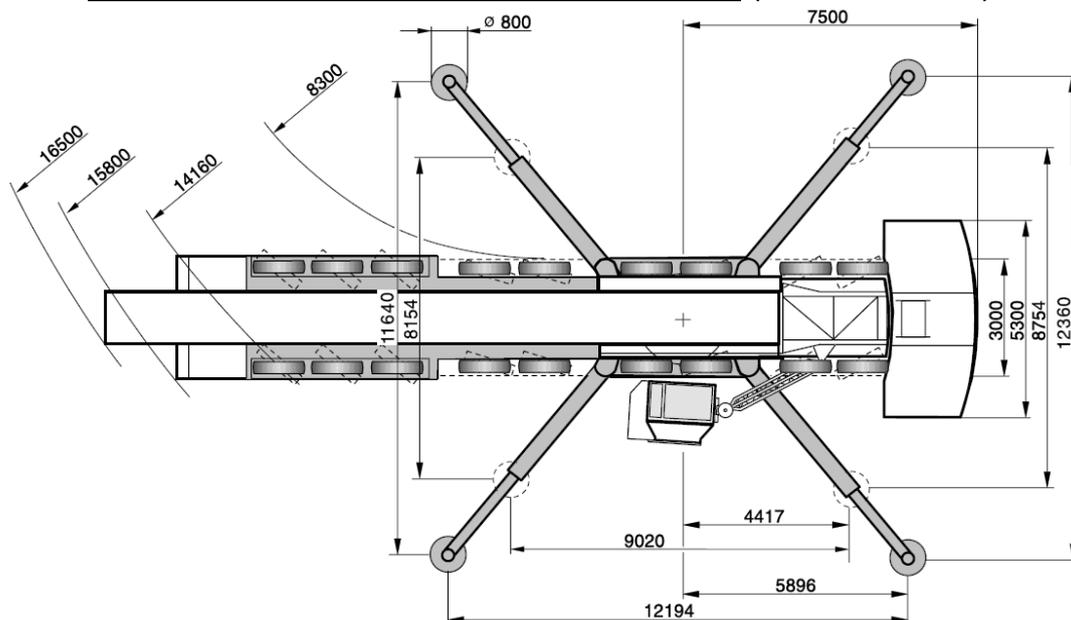
Principe de régulation de la CTA « Salle de restaurant » :

- Maintien de la température reprise à une valeur constante par action en séquence P/PI avec signal 0-10V sur la vanne de la batterie chaude et/ou sur la vanne de la batterie froide.
- Une sonde de température placée au soufflage agit en limite haute et basse.
- Maintien du débit d'air soufflé et extrait constant, par action sur les variateurs de vitesse des ventilateurs de soufflage et de reprise (commande 0-10V) en fonction de la pression prise dans les gaines.
- Contrôle de vitesse de ventilation selon sonde CO₂ : la sonde fournit la correction pour la vitesse de ventilation en fonction de l'augmentation de CO₂, signal 0-10V. La sonde de CO₂ est placée sur la reprise.
- Sécurité antigel : arrêt de la CTA, fermeture du registre d'air neuf et ouverture de la vanne 3 voies.
- Contrôle encrassement filtres par pressostat différentiel.
- Contrôle débit d'air par pressostat différentiel.
- Détection de fumée : en cas de déclenchement de la sécurité, arrêt de la CTA et fermeture du registre d'isolement.
- Le pilotage de la CTA pourra se faire par l'horloge (à programmes journaliers, hebdomadaires, mensuels ou annuels).

Flèche principale de 60 mètres et ajouts de rallonges



Dimensions de la grue avec ses stabilisateurs (cotation en mm)



CAPACITÉS DE LEVAGE en tonnes

Contrepoids de 160 tonnes

Contrepoids de 100 tonnes

160 t		360°		DIN/ISO	
60,0 m		Main boom · Hauptausleger · Flèche principale		+ SSL 0°	
Braccio base · Pluma principal					
Radius · Ausladung	Extension · Verlängerung · Rallonge ·				
Portée	Prolunga · Extensión				
Sbraccio	6 m	12 m		18 m	
Radio	0°	0°	20°	0°	20°
m	t	t	t	t	t
10	53,5	-	-	-	-
12	53,0	43,1	-	35,0	-
14	51,2	41,6	-	33,9	-
16	49,6	40,1	38,5	32,7	-
18	48,0	38,6	37,2	31,6	-
20	46,4	37,2	36,0	30,5	26,7
22	45,0	35,8	34,8	29,4	25,7
24	43,6	34,5	33,6	28,3	24,7
26	42,2	33,2	32,5	27,2	23,9
28	40,9	32,0	31,5	26,2	23,1
30	39,6	30,9	30,5	25,2	22,5
32	38,3	29,9	29,5	24,4	21,9
34	37,0	28,9	28,6	23,5	21,3
36	35,8	28,0	27,7	22,8	20,9
38	34,6	27,1	26,9	22,0	20,4
40	33,5	26,4	26,2	21,4	20,0
42	32,4	25,6	25,4	20,8	19,6
44	31,3	25,0	24,8	20,3	19,2
46	30,3	24,3	24,1	19,8	18,8
48	29,3	23,8	23,5	19,4	18,5
50	28,4	23,2	23,0	19,0	18,2
54	26,7	22,3	22,0	18,3	17,5
58	-	21,4	21,1	17,7	17,0
62	-	20,3	20,3	17,1	16,4
66	-	-	-	16,5	15,9

100 t		360°		DIN/ISO			
60,0 m		Main boom · Hauptausleger · Flèche principale		+ SSL 0°			
Braccio base · Pluma principal							
Radius · Ausladung	Extension · Verlängerung · Rallonge ·						
Portée	Prolunga · Extensión						
Sbraccio	6 m	12 m		18 m			
Radio	0°	0°	20°	40°	0°	20°	40°
m	t	t	t	t	t	t	t
10	53,5	-	-	-	-	-	-
12	53,0	43,1	-	-	35,0	-	-
14	51,2	41,6	-	-	33,9	-	-
16	49,6	40,1	38,5	-	32,7	-	-
18	48,0	38,6	37,2	-	31,6	-	-
20	46,4	37,2	36,0	30,8	30,5	26,7	-
22	45,0	35,8	34,8	30,4	29,4	25,7	-
24	43,6	34,5	33,6	30,0	28,3	24,7	20,5
26	42,2	33,2	32,5	29,5	27,2	23,9	20,0
28	40,9	32,0	31,5	29,0	26,2	23,1	19,6
30	39,6	30,9	30,5	28,5	25,2	22,5	19,2
32	38,3	29,9	29,5	27,9	24,4	21,9	18,9
34	37,0	28,9	28,6	27,4	23,5	21,3	18,6
36	35,8	28,0	27,7	26,8	22,8	20,9	18,3
38	34,6	27,1	26,9	26,2	22,0	20,4	18,1
40	33,5	26,4	26,2	25,6	21,4	20,0	17,9
42	32,4	25,6	25,4	25,0	20,8	19,6	17,7
44	31,3	25,0	24,8	24,4	20,3	19,2	17,5
46	30,3	24,3	24,1	23,7	19,8	18,8	17,3
48	29,3	23,8	23,5	23,1	19,1	18,5	17,2
50	28,4	23,2	23,0	22,5	17,5	18,2	17,0
54	26,7	22,3	22,0	21,9	14,7	15,8	16,5
58	-	21,4	21,1	21,3	12,3	13,2	-
62	-	20,3	20,3	20,7	10,3	11,0	-
66	-	-	-	20,1	8,6	9,1	-

La capacité de levage de la grue est fonction :

- Du contrepoids utilisés (100 ou 160 tonnes),
- Des rallonges utilisées (6 m, 12 m, ou 18 m)
- De la portée de la charge en mètres (distance entre le centre de rotation de la grue et le centre de gravité de la charge).

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR1 : Tableau des déperditions Restaurant

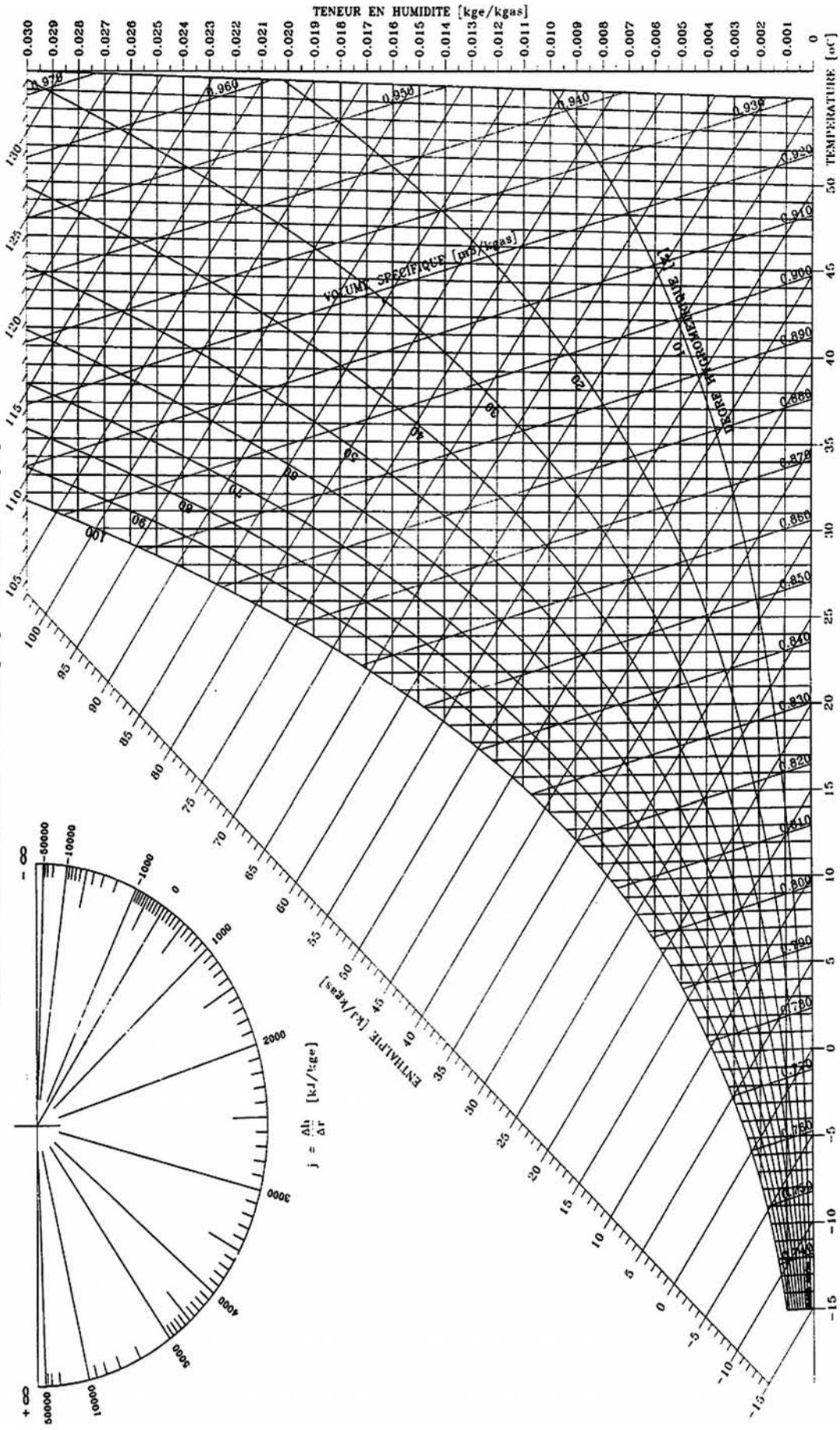
Désignation	Code	Nb	U (W/m ² .°C) ou Ψ (W/m.°C)	b	Surf.en m ² ou Long.en m	Or.	Déperd. W/°C
Mur extérieur	MR13ext		1,196	1	8,46	Ext.	10,12
Mur extérieur	MR13imp+		0,152	1	45,82	Ext.	6,96
Mur intérieur	MRint		0,211	0,8	18,68	Int.	3,15
Mur intérieur	MRsas		0,243	0,6		Int.	0,00
Plafond	ToBacier		0,097	1	498,00	Hori.	48,31
Plancher	PlanLNC			0,8	162,00		
Plancher	PlanLC			0,05	338,00		
Vitrage 1	MR13bis	17	1,400	1	169,58	Ext.	229,03
Vitrage 1	MR13Ter	3	1,400	1	29,93	Ext.	41,90
Vitrage 1	MR13	12	1,400	0,8	120,45		134,90
Vitrage 2	MR13PFi n	2	2,000	0,8	16,50		27,17
Vitrage 1	CPTViCu i	1	1,400	0,8	14,38		17,53
Vitrage 1	CPTMRe nt	1	1,400	0,6	15,35		13,41
Porte 2	CPTEntre	1	4,800	0,6	22,00		63,79
Vitrage 2	Lant	2	2,000	1	2,00	Hori.	4,36
Ponts thermiques							
Mur ext./Plancher	02		0,700	1	44,80		31,36
Mur ext./Plancher	07		1,400	0,77	64,20		69,21
Mur ext. /Terrasse	03		0,050	1	109,00		5,45
Angle de 2 murs	011		0,140	0,77	16,50		1,78
Angle de 2 murs	041		0,020	0,77	16,50		0,25
Angle de 2 murs	04		0,020	1	16,50		0,33
						HT =	

Déperditions Parois extérieures	W.°C ⁻¹
Déperditions Parois intérieures	W.°C ⁻¹
Déperditions Planchers	W.°C ⁻¹
Déperditions Vitrages	W.°C ⁻¹
Déperditions Ponts thermiques	W.°C ⁻¹
Surface totale des parois déperditives	1 461,12 m ²
Surface des parois ext. hors plancher	961,12 m ²
Surface du bâtiment	600 m ²
Déperditions moyennes par m² de surface déperditive :	W.m⁻².°C⁻¹

DOCUMENT REPOSE DR2 : Diagramme de l'air humide

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]

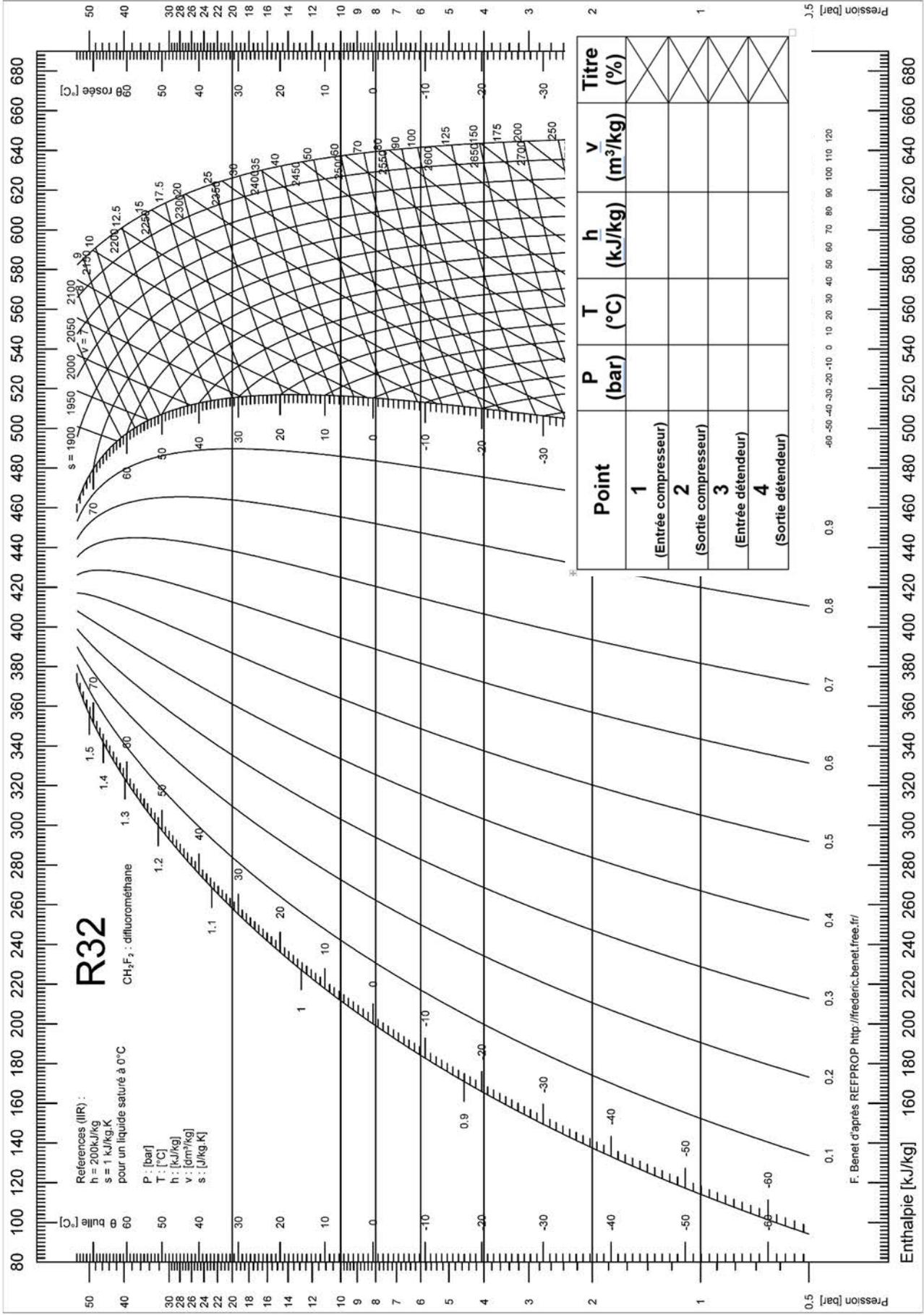


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR3 : Nomenclature schéma de principe production frigorifique

Repère	Nom	Fonction
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		
⑦		
⑧		
⑨		
⑩		

DOCUMENT REPONSE DR4 : Diagramme enthalpique du R32

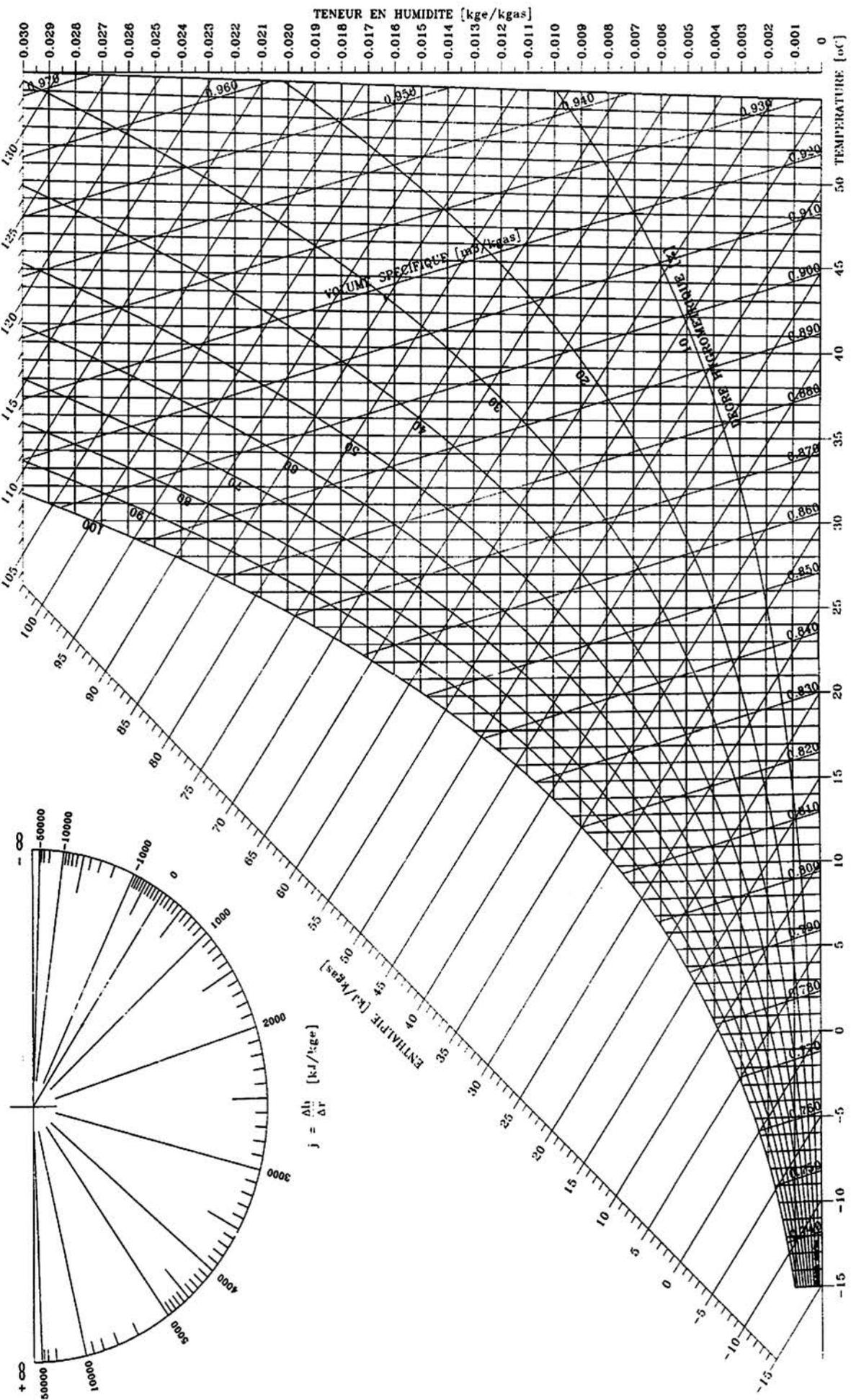


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR5 : Diagramme de l'air humide

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

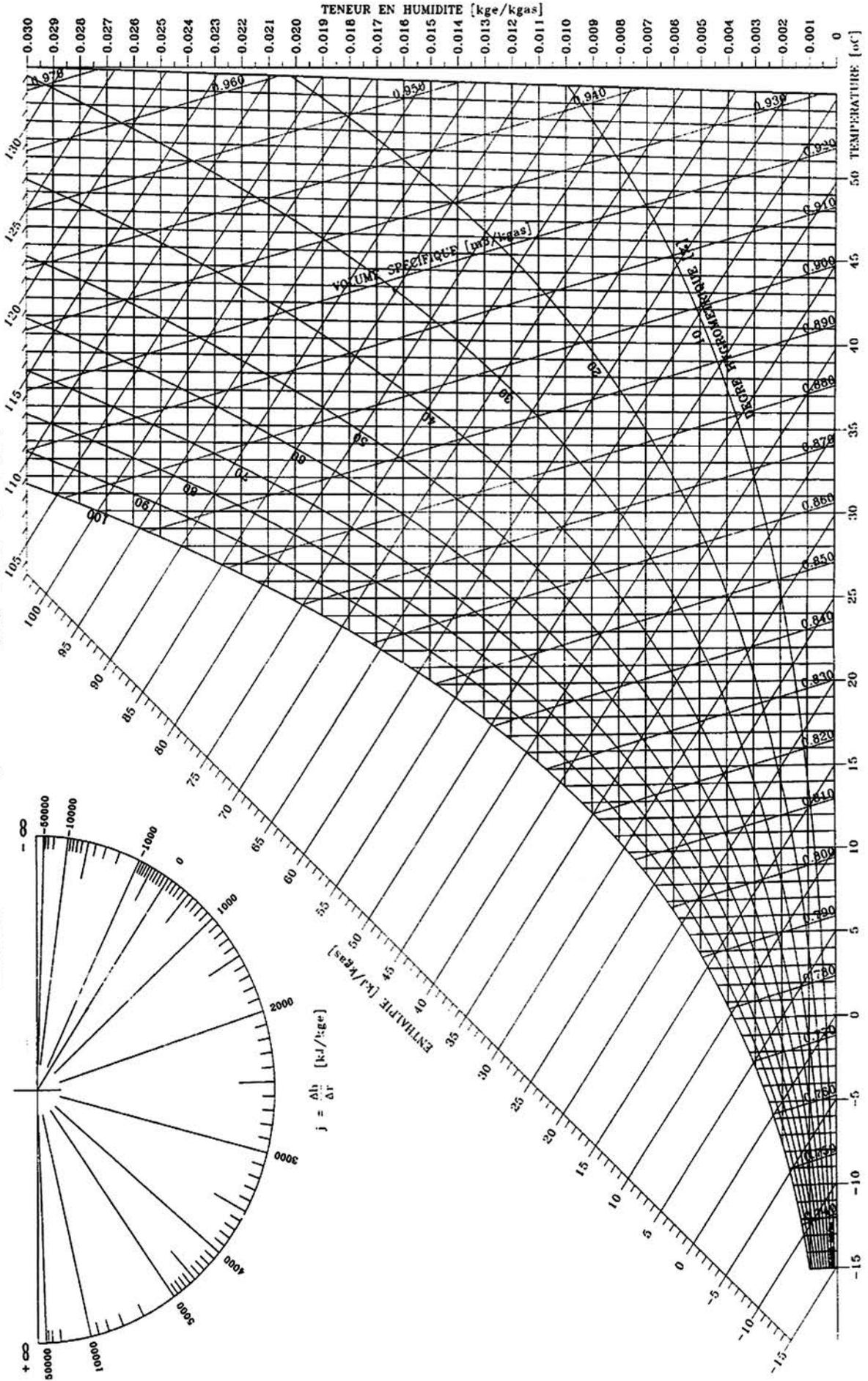
PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



DOCUMENT REPONSE DR6 : Diagramme de l'air humide

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR7 : Sous détail de prix du coffrage d'une pile

Détails calculs

SOUS DETAIL DE PRIX UNITAIRE					
Chantier:	GARE SNCF				
Prix N°	1	Désignation		COFFRAGE PILE	
Quantité		m ²			
Rendement		m ² /h	Durée		h
Déboursé sec Matériaux					
Désignations	Quantité	Unité	Pertes	Prix Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
Déboursé sec Matériels					
Désignations Matériel	Quantité	Durée	Unité	Coût Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
Déboursé Main d'œuvre					
Désignations Matériel	Quantité	Durée	Unité	Coût Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
TOTAL Déboursés Secs					
Prix Unitaire en DS		le m ²			
Coefficient de Vente K					
Prix de vente Unitaire H.T.		le m ²			

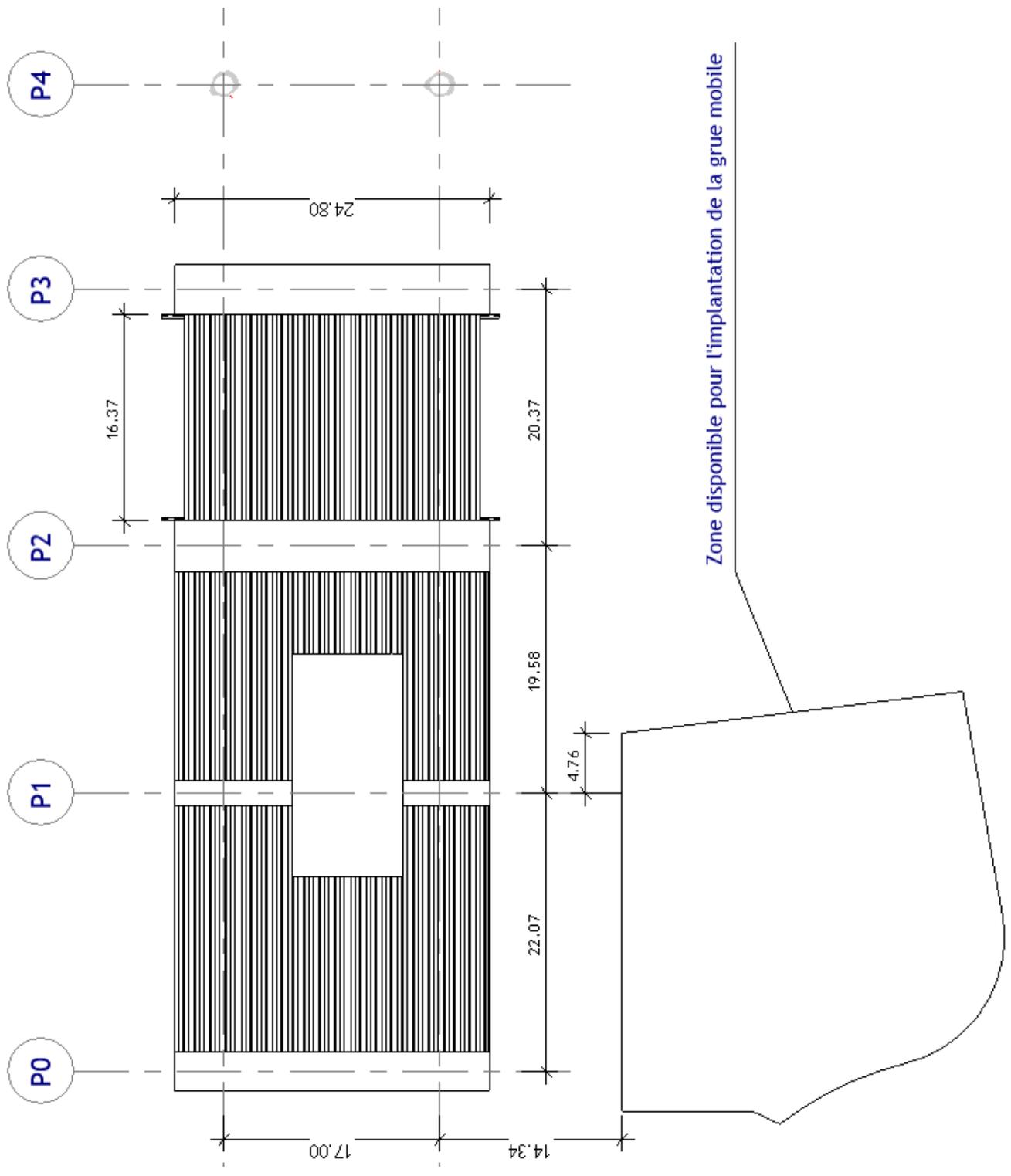
DOCUMENT REPONSE DR8 : Sous détail de prix du bétonnage d'une pile

Détails calculs

SOUS DETAIL DE PRIX UNITAIRE					
Chantier:	GARE SNCF				
Prix N°	2	Désignation		BETONNAGE PILE	
Quantité		m ³			
Rendement		m ³ /h	Durée		h
Déboursé sec Matériaux					
Désignations	Quantité	Unité	Pertes	Prix Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
Déboursé sec Matériels					
Désignations Matériel	Quantité	Durée	Unité	Coût Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
Déboursé Main d'œuvre					
Désignations Matériel	Quantité	Durée	Unité	Coût Unitaire	TOTAL
				TOTAL	
TOTAL Déboursés Secs					
Prix Unitaire en DS		le m ³			
Coefficient de Vente K					
Prix de vente Unitaire H.T.		le m ³			

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

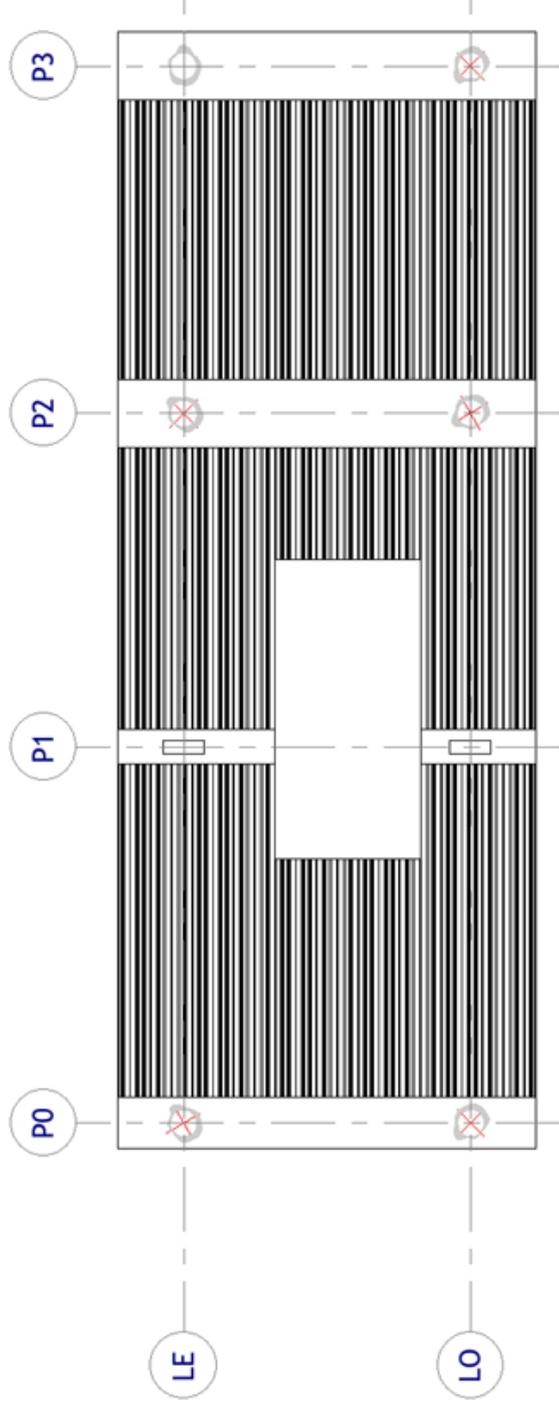
DOCUMENT REPONSE DR9 : Plan de Grutage pour la pose des poutres de la travée T4 entre les piles P2 et P3



Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT REPONSE DR10 : Planification du gros œuvre de la mezzanine Nord ; de la pile P0 à la pile P3

PLANNING
Mezzanine Nord
P0 à P3



Désignation des ouvrages	Mois 1			Mois 2			Mois 3			Mois 4										
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
GARE SNCF																				
APPUIS																				
Piles P0																				
Piles P1																				
Piles P2																				
Piles P3																				
TABLIER																				
Étaie et Pose poutres P0 à P1																				
Étaie et Pose poutres P1 à P2																				
Étaie et Pose poutres P2 à P3																				
Chevêtre P0																				
Chevêtre P1																				
Chevêtre P2																				
Hourdis P0 à P2																				