

SESSION 2022

**AGREGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

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

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE
ORGANISATION**

Durée : 4 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.

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.

Tournez la page S.V.P.

A

COMPOSITION DE L'ÉPREUVE

- TEXTE DU SUJET :

Ce sujet de 46 pages comporte quatre parties dont deux domaines d'étude.

1. Partie : Description du projet - Contexte socio-économique

Description de la situation proposée à l'étude et des problématiques abordées.

Pages 4 à 11

2. Partie : Questionnement

Études et questions à traiter par le candidat :

Étude 1 : Équipements techniques et énergétiques de la halle de sports

Étude 2 : Analyse de la structure métallique et de l'organisation de chantier de la halle de sports

Pages 12 à 21

3. Partie : DOCUMENTS TECHNIQUES (DT)

Documents techniques

- DT01 : Évaluations des efforts appliqués dans les élingues 1/2
- DT02 : Évaluations des efforts appliqués dans les élingues 2/2
- DT03 : Éléments de manutention, Palonnier / Adaptateur Chariot / Élingue
- DT04 : Élingues et Anneaux de levage
- DT05 : Ancres de levage
- DT06 : Caractéristiques « Chariots Élévateurs Télescopiques à Pneus »
- DT07 : Profils creux de construction finis à froid
- DT08 : Extrait de l'Eurocode 3
- DT09 : MULTIBEAM caractéristiques techniques
- DT10 : Capteur solaire dôme
- DT11 : Extrait règlement sanitaire départemental
- DT12 : Extrait note de calcul thermique été
- DT13 : Extrait note de calcul thermique hiver (3 pages)
- DT14 : Extrait document technique module traitement d'air (2 pages)
- DT15 : Extrait document technique puits thermiques (2 pages)
- DT16 : Extrait de données climatiques Cal-sol INES (2 pages)
- DT17 : Extrait série de prix BATI PRIX
- DT18 : Dimension réalisation terrassement puits thermique

Pages 22 à 43

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 2 sur 46

4. Partie : DOCUMENTS RÉPONSES

DR1 : Vue en Plan du Gymnase
DR2 : Coupe Courante Gymnase
DR3 : Bilan thermique halle de sports

Tous les documents-réponses sont à rendre dans la copie, même non complétés.

Pages 44 à 46

Les feuilles de copie remises au (à la) candidat(e) viendront compléter ces documents et permettront au (à la) candidat(e) de répondre au questionnement.

Après avoir complété les en-têtes, le (ou la) candidat(e) remettra en fin d'épreuve ses copies paginées et les documents-réponses aux questions.

La présentation des réponses doit être soignée et toutes les réponses doivent être justifiées. L'évaluation tient compte de la pertinence des justifications.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 3 sur 46

Tournez la page S.V.P.

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 interne de l'Agrégation de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1416A	102	7048

► **Concours interne du CAER / Agrégation de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1416A	102	7048

1. DESCRIPTION DU PROJET - CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE

Durée conseillée pour la lecture du sujet : 15 min

1.1. Présentation du bâtiment

1.1.1. Présentation du bâtiment

- Le bâtiment étudié porte sur la réhabilitation d'un gymnase de la ville d'Alès dans le Gard, l'objectif étant d'accueillir des manifestations publiques télévisées avec spectateurs en améliorant les conditions de confort.
- L'objectif du maître d'ouvrage est de tendre vers un bâtiment neutre énergétiquement, particulièrement lors de son utilisation.
- L'aménagement intérieur pour l'accueil du public sera transformé par la construction de tribunes fixes en Béton Armé en remplacement des tribunes escamotables (voir figure 2).
- Le bâtiment doit permettre l'accueil de 2 000 personnes pour des manifestations sportives ou culturelles. (1 900 personnes assises sur des gradins, une cinquantaine de personnes composées du staff et des équipes, et une cinquantaine de personnes à mobilité réduite).
- Cet établissement recevant du public accueillera quatre types d'activités :
- Entraînement diurne des clubs sportifs : volley-ball, basket-ball, hand-ball, tir à l'arc...
- Rencontres sportives publiques (championnats ...) en diurne et nocturne.
- Manifestations culturelles (spectacles nocturnes ...).
- Accueil diurne des écoles locales (activités sportives scolaires)



Figure 1: Façade Nord-est



Figure 2: Vue intérieure



Figure 3: Plan de masse

1.1.2. Situation géographique

Le bâtiment se trouve dans le Sud de la France en climat méditerranéen à une altitude moyenne de 60m NGF.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 4 sur 46

1.1.3. Données climatiques intérieures/extérieures

Les données climatiques sont données par le centre météorologique de Nîmes-Courbessac.

Conditions climatiques	Hiver				Été		Observations
	Température ambiante	Température réduite	Humidité relative	Température de non-chauffage	Température ambiante	Humidité relative	
Gradins	20°C pendant les durées d'occupation	12°C le reste du temps	45% +/- 5%	16°C	25°C pendant les durées d'occupation	45% +/- 5%	Services assurés pendant ouverture au public
Aire de jeux	16°C de 6h00 à 24h00	12°C le reste du temps	Non contrôlée	16°C	TIC de référence	Non contrôlée	Occupation 24h00/24h00
Vestiaires bureaux	21°C 1h00 avant le début des manifestations	12°C après la fin de la manifestation	45% +/- 5%	16°C	25°C 1h00 avant le début de la manifestation	45% +/- 5%	Utilisation moyenne régulière 15h00 par semaine
	Température moyenne Diurne	Température extérieure de base	Humidité moyenne	Température moyenne Diurne	Température moyenne Nocturne	Humidité moyenne	
Conditions extérieures moyennes	12°C	-5°C	35% +/- 5%	30°C	16°C	60% +/- 5%	

1.2. Description constructive

1.2.1. Bâtiment existant extrait du C.C.T.P.

Structure – Enveloppe du bâtiment

La structure porteuse verticale du bâtiment est constituée de portiques métalliques en profils reconstitués fondés sur des puits de béton.

Sur 3 m de hauteur, les parois verticales opaques sont en agglomérés de ciment de 20 cm d'épaisseur, reçoivent des enduits en extérieur, et sont doublées par un isolant en laine minérale de 10 cm et d'un parement intérieur en Fibralth. Au-dessus, les parois verticales opaques sont en bardage métallique double peau isolée par 15 cm de laine minérale.

Les parois transparentes sont en bardage translucide double épaisseur afin de permettre l'éclairage naturel de la halle de sport. L'ensemble des bardages est supporté par une structure de lisses métalliques fixées sur les portiques.

La toiture est supportée par des pannes métalliques embouties reposant sur les portiques et se compose d'un bardage horizontal isolé par 10 cm de polyuréthane avec un complexe d'étanchéité.

Les vestiaires sont de construction traditionnelle, en agglomérés de ciment doublés par un polyplaque (10+1). La toiture est une toiture-terrasse en plancher béton isolé de 10 cm de polyuréthane. Les menuiseries sont en aluminium, équipées de double vitrage 6/10/6.

Équipement énergétique de la halle de sport

La Halle de sport est aménagée avec des tribunes escamotables et démontables qui seront remplacées par des tribunes permanentes en éléments maçonnés et en éléments de béton préfabriqué pour des raisons de sécurité. La capacité d'accueil en sera augmentée.

Le chauffage en hiver et intersaisons est assuré par des aérothermes à eau chaude en partie haute de la halle de sport (à 8m de hauteur) raccordés sur une chaufferie gaz. Ce système a pour effet de créer un inconfort important lors de l'utilisation des locaux à cause de la stratification de l'air chaud en partie haute (gradient de température de plus de 15°C).

Le rafraîchissement d'été n'est pas assuré, et la ventilation hygiénique de la halle de sport se fait par deux tourelles en toiture de 7500 m³/h chacune, soit 1 volume / heure.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 5 sur 46

Ce système de ventilation crée également de l'inconfort en hiver lorsque la température extérieure est proche de la température extérieure de base (-5°C), et en été lorsque la température extérieure est proche de la température du climat de référence (35°C).

1.2.2. **Projet d'aménagement objet de l'étude.**

Remarque préliminaire : les études demandées se limiteront à la halle de sports. Les locaux annexes (vestiaires, bureaux et rangements) ne seront pas pris en compte dans cette épreuve.

Cahier des charges et description du système thermique.

Le bâtiment sera chauffé l'hiver et rafraîchi en été pendant son utilisation. Plusieurs solutions techniques sont envisagées pour améliorer le confort du bâtiment.

a) Puits thermiques

L'air de ventilation de la halle de sport transitera par des puits thermiques implantés sous l'aire de jeux (un par bloc de gradins soit huit au total). L'air soufflé dans la halle de sport sera thermiquement neutre. Ces systèmes permettront l'équilibre des déperditions dynamiques (ventilation des locaux).

Les modules de traitement d'air (M.T.A.) permettront d'ajuster la température de soufflage, été comme hiver.

Plusieurs groupes thermodynamiques réversibles en cascades permettront d'assurer la production d'énergie en relèvement du système de plancher solaire direct (P.S.D.) en chauffage et rafraîchissement.

L'air neuf transitera au travers de grilles placées dans les gradins pour être soufflé dans la halle de sports.

Les puits thermiques seront régénérés thermiquement par l'émission basse du plancher solaire direct (P.S.D) pendant la période de chauffage.

Chaque bloc de gradins abritera un M.T.A. raccordé à un puits thermique, soit huit M.T.A. couplés sur huit puits thermiques avec prise d'air en pied de façade.

Le système d'extraction de la halle de sports est assuré par des ventilateurs d'extraction de type tourelle en toiture.



Figure 4 : Puits thermiques – Prise d'air extérieur



Figure 5 : Module de traitement d'air M.T.A.

b) Plancher solaire direct (P.S.D.)

Les capteurs solaires en toiture récupéreront l'énergie thermique du soleil pendant la saison de chauffe.

Le plancher solaire direct assurera pour partie l'équilibre des déperditions statiques de la halle de sports. Il assurera également le rafraîchissement d'été

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 6 sur 46

(free-cooling) en évacuant en période nocturne l'énergie stockée dans le bâtiment en période diurne.

Le plancher solaire permettra d'assurer le chauffage pendant les périodes d'occupation de la halle de sports ainsi que le réduit pendant les périodes d'inoccupation ; il assurera l'équilibre des déperditions statiques par l'émission haute.

Le complément de chauffage et de rafraîchissement du bâtiment sera assuré par les groupes thermodynamiques réversibles en relève, en cas de manque d'ensoleillement en saison de chauffe et en appoint d'eau glacée pour le rafraîchissement assuré en free cooling.

La diffusion de cette énergie se fera à l'aide des MTA sous les gradins.

L'air neuf sera préchauffé en traversant les puits thermiques sous l'air de jeux, qui seront alimentés en énergie par l'émission basse du P.S.D.

Les puits thermiques, les capteurs solaires en toiture par l'intermédiaire du plancher solaire direct, assureront le concept dit « free cooling » en été pour rafraîchir la halle de sports.



Figure 6 : Capteurs solaires dômes en toiture

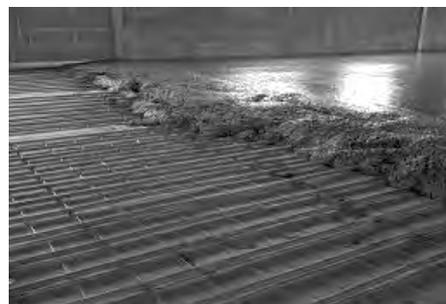


Figure 7 : Plancher solaire

Cahier des charges création de tribunes en béton préfabriqué support des sièges PVC.

La conception des gradins à mettre en place pour cette rénovation est soumise à diverses contraintes :

- Les gradins en béton seront préfabriqués et seront posés sur des poutres crémaillères supportées par des poteaux en B.A. (figure 9).
- Le dessous des blocs de tribunes ainsi créés seront fermés par des murs maçonnés créant ainsi un volume sous les gradins permettant de recevoir les équipements de climatisation été/hiver en créant un plénum de soufflage (figure 8).
- Il sera ainsi réalisé huit tribunes de dimension : 4.50 m de hauteur x 5,00 m de profondeur x 20.00 m de longueur. Les blocs de gradins seront composés de 18 éléments préfabriqués.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 7 sur 46

- Leur conception doit permettre la préfabrication en béton armé et une manutention aisée. Chaque élément aura une largeur de 83 cm par 58 cm de hauteur et de 6.60 m de longueur. Ils seront posés sur un ensemble de 4 poutres crémaillères transversales limitant la portée, posées sur des poteaux béton (figure 10).
- Les éléments préfabriqués formant ces tribunes seront fixés mécaniquement par rails et équerres aux crémaillères.
- Ces travaux entraîneront la démolition du dallage existant pour réalisation des fondations des murs pignons et des portiques crémaillères de ces blocs de gradins. L'évacuation des matériaux de démolition et l'acheminement des matériaux de construction ou préfabriqués se feront par la façade sud-ouest après démontage du bardage pour permettre l'accès du chantier aux engins de terrassement et de manutention (Grues sur pneus, pelles mécaniques, engins de chantiers et de terrassement...).

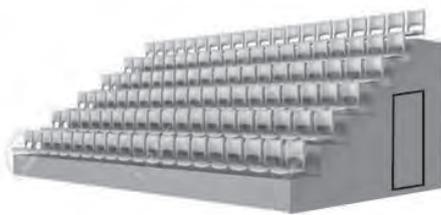


Figure 8 : Bloc tribune



Figure 9 : poutre crémaillère

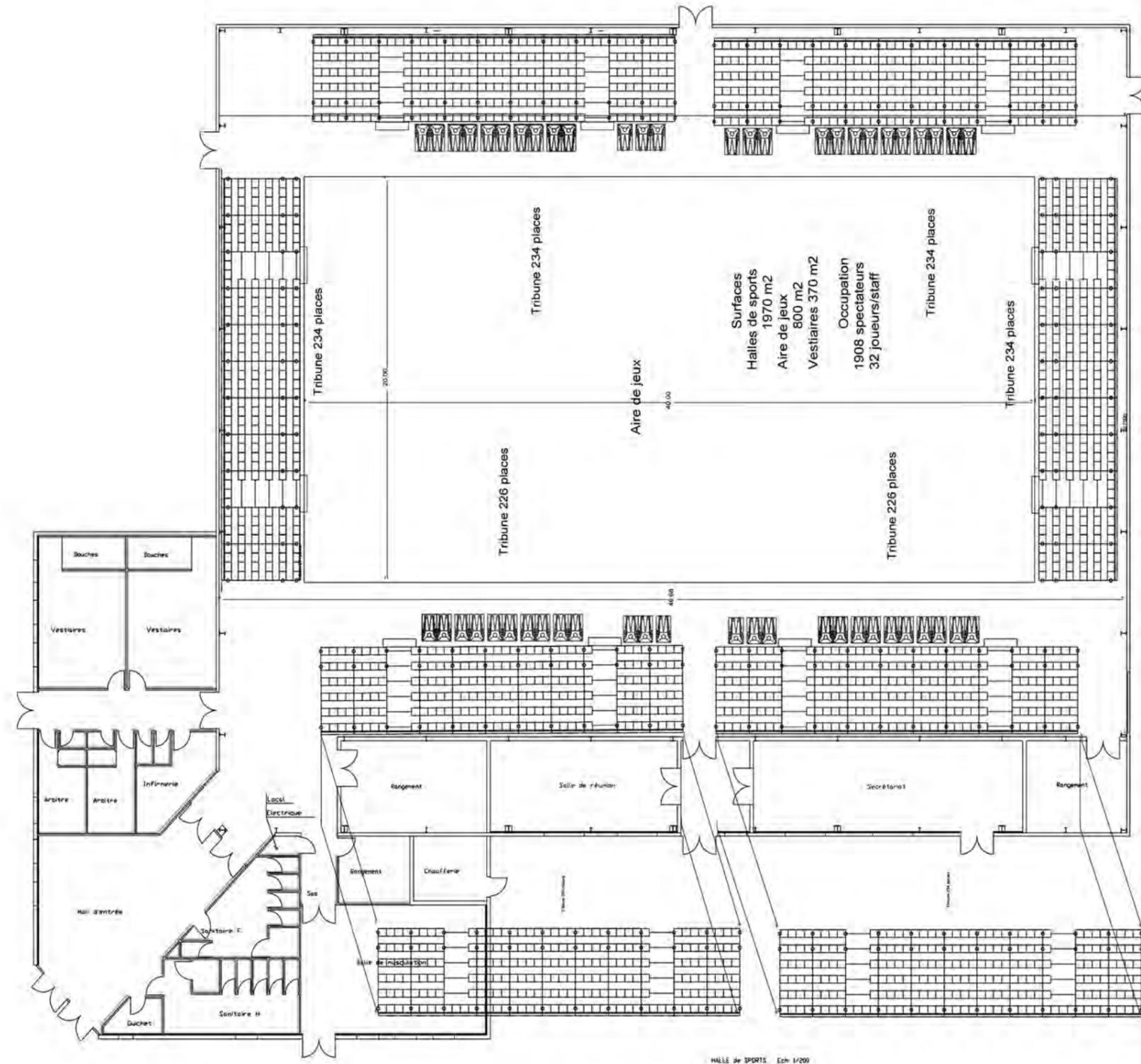


Figure 10 : Tribunes

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 9 sur 46

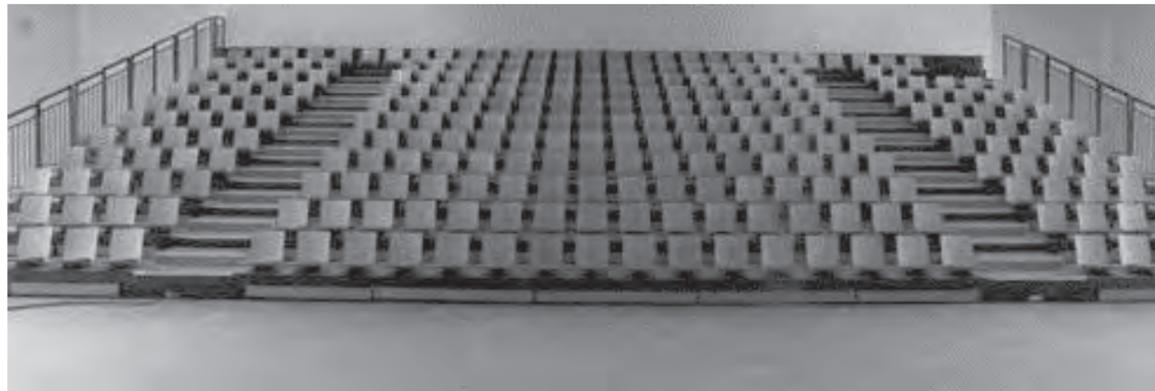
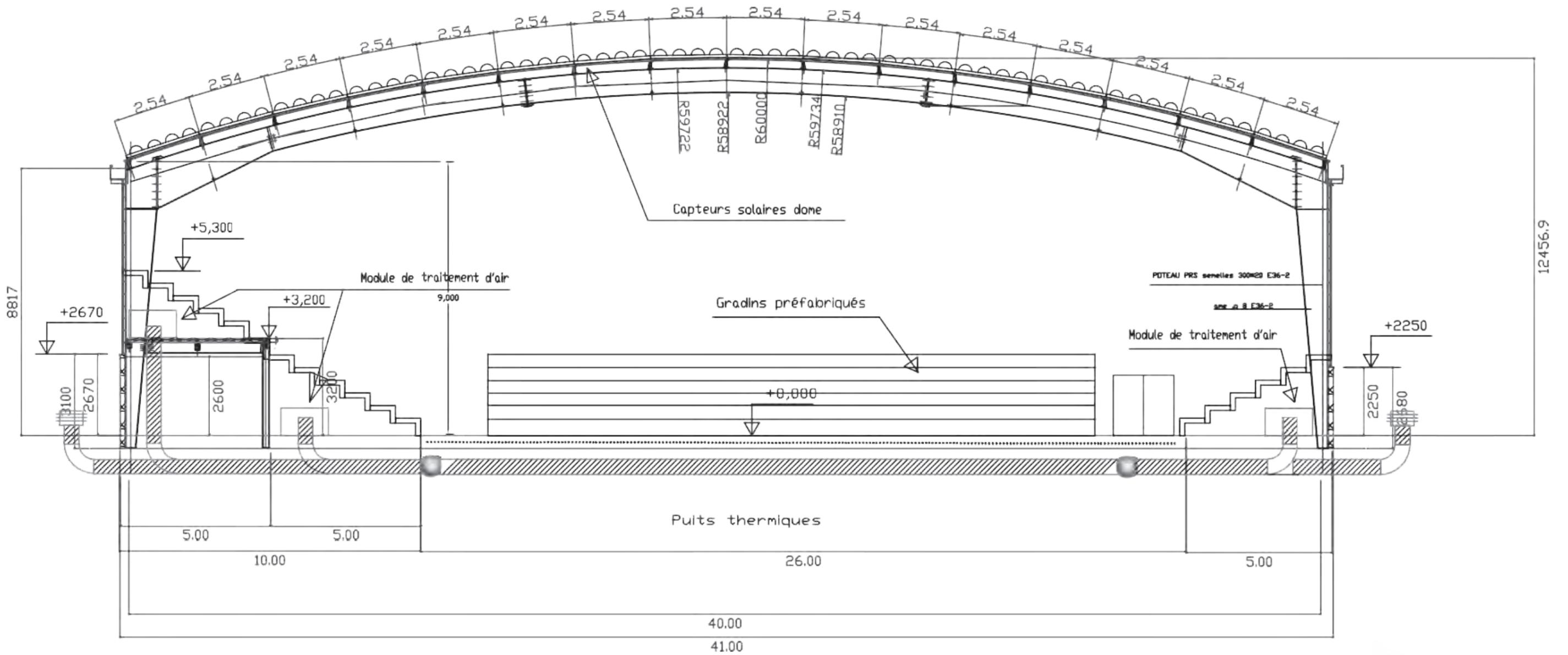
1.3. Plans architecte

1.3.1. Vue en plan salle de sport



HALLE de SPORTS Ech 1/200

1.3.2. *Coupe courante en travers*



Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 11 sur 46

2. Partie : QUESTIONNEMENT

*Évaluation : Les éléments de réponses seront exhaustifs, argumentés et justifiés.
Les schémas proposés seront explicites et précis.
La qualité graphique sera soignée.
Les réponses seront adaptées et pertinentes.
Le niveau de détail et de précision des réponses sera évalué.
L'utilisation des éléments normatifs et du vocabulaire technique sera valorisée.
Les documents réponses établis auront une approche professionnelle.*

2.1 ÉTUDE 1 : Équipements techniques et énergétiques de la halle de sport

Durée conseillée : 120 min

2.1.1 Étude énergétique du puits thermique

Question 1 : Bilan thermique de la halle de sport en hiver.

À l'aide des documents DT13 et DT15, et du cahier des charges ci-dessus, déterminer le bilan thermique de la halle de sport afin d'assurer l'équilibre thermique du bâtiment en hiver. Compléter le document DR3 en renseignant les valeurs des transferts d'énergie (puissances échangées) entre les différentes parties de l'installation (capteurs solaires, plancher solaire direct, puits thermique, ambiance intérieure, air extérieur). Justifier les réponses. On notera une température moyenne du sol de 11°C (DT15).

Photos indicatives du principe du puits thermique sous les tribunes.



Question 2 : Étude des débits de ventilation

À partir des extraits du règlement sanitaire départemental (DT 11) et de l'extrait de la note de calcul thermique (DT13), vérifier que le débit de ventilation de la halle de sports pris en compte est correct et justifier les déperditions par renouvellement d'air en hiver et en été.

Question 3 : Étude du puits thermique

- À l'aide du DT15, justifier le choix du bureau d'études de réaliser et de positionner les puits thermiques sous l'aire de jeux.
- Justifier le principe de raccordement des canalisations enterrées d'un point de vue énergétique et aéraulique.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 12 sur 46

Tournez la page S.V.P.

- c) Analyser l'abaque de sélection du puits thermique (DT15) et commenter vos observations. Peut-on interpoler cet abaque pour des débits supérieurs ? Justifier votre réponse.

Question 4 : *Dimensionnement du puits thermique*

- a) À l'aide du DT15, déterminer la puissance des puits thermiques. La solution retenue équilibre-t-elle les déperditions ? Justifier la sélection.
 b) Quelle est la température de l'air en sortie du puits en été et en hiver ? Justifier.
 c) Évaluer les pertes de charge aéraulique à partir du DT15.

2.1.2 Étude des modules de traitement d'air

Question 5 : *Sélection du module de traitement d'air terminal et de ses composants*

Remarque préliminaire : les batteries des M.T.A. et le P.S.D. sont alimentés en eau chaude en hiver en priorité par les capteurs solaires avec une relève assurée par les groupes thermodynamiques afin de maintenir un régime d'eau dans les émetteurs 45/37 °C.

- a) Proposer une composition des modules de traitement d'air à partir des documents DT14. Réaliser un schéma simplifié.
 b) Proposer un schéma unifilaire de régulation été / hiver des modules de MTA pour prendre en compte la variation d'effectif du public, le nombre de modules de traitement d'air et les demandes du cahier des charges. Expliquer votre stratégie de régulation.
 c) Sélectionner l'ensemble des composants des MTA à l'aide des documents DT14, DT15 et DT16 (batterie froide, batterie chaude, ventilateur). On retiendra comme puissance de batterie chaude à fournir par module 20 kW pour un régime d'eau de 45/37 °C et pour la batterie froide la puissance à fournir sera de 25 kW pour un régime d'eau de 5/10 °C produit par les groupes thermodynamiques en relève. Chaque MTA générera une pression résiduelle à chaque bouche de 50 Pa pour permettre la migration de l'air entre le plénum de soufflage créé par les gradins, les tribunes de la halle de sport et l'extraction en toiture. Un silencieux sera installé en sortie du MTA pour limiter les bruits d'air en tribune.

2.1.3 Étude du plancher solaire direct

Dans cette étude, les éléments composants le PSD (plancher solaire direct) seront justifiés et dimensionnés. Le principe de dalle active sera utilisé (panneaux préfabriqués mis en place directement dans le dallage sans isolant)



Figure 11 : Capteur solaire dôme



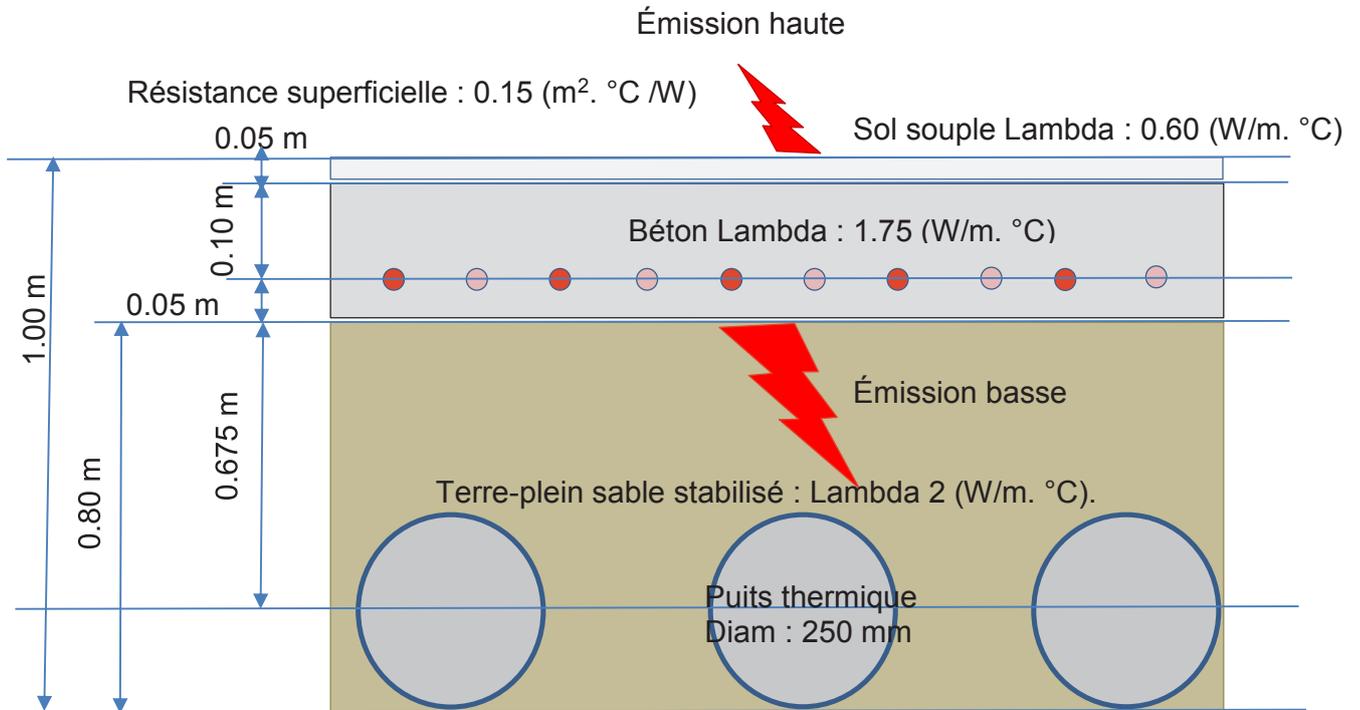
Figure 12 : Plancher solaire direct.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 13 sur 46

Question 6 : Sélection du plancher solaire direct.

Calculer la température de surface du plancher pour équilibrer les déperditions par les parois en hiver à partir du schéma détaillé suivant, le régime d'eau sera de 45/37 °C. Justifier les résultats.

Quelle précaution doit-on prendre en été pour le rafraîchissement ?



Question 7 : Étude des capteurs solaires

- En vous aidant du DT10, justifier la solution en dôme (demi-sphère) du capteur solaire mis en place.
- À l'aide du DT10, estimer la surface moyenne éclairée tout au long de la journée.
- À l'aide des DT10 et DT16, calculer la puissance reçue par un dôme et la température d'eau dans chaque capteur (moyenne annuelle). Conclure.
- Déterminer le nombre de capteurs à mettre en place et vérifier la faisabilité d'installation.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 14 sur 46

Tournez la page S.V.P.

Question 8 : *Étude du rafraichissement free cooling*

- a) En vous appuyant sur la note de calcul thermique été (DT12), estimer la puissance thermique maximale que le bâtiment peut recevoir. À l'aide du DT16, estimer l'énergie reçue par le bâtiment durant une journée d'été en kWh.
 - b) À l'aide du DT 15, estimer la chute de température que les puits thermiques permettent en été ? Calculer la capacité de rafraichissement que peuvent apporter les puits thermiques.
 - c) Estimer et justifier la part d'économie réalisée en énergie.
 - d) En vous aidant du DT 10 et en considérant que l'installation atteint l'équilibre thermique en fin de journée (température de l'eau du PSD = température ambiante de l'air de jeux), calculer la capacité de rafraichissement que peuvent apporter les capteurs solaires en période nocturne. Estimer la part d'économie réalisée en énergie.
- Note : Dans le DT10, on rappelle la loi de Stéphan Boltzmann sur le rayonnement : le nombre retenu de capteurs installés est de 750 pour des raisons de solidité de la toiture existante.

2.2. ÉTUDE 2 : Étude de la structure métallique et de l'organisation de chantier de la halle de sports

Durée conseillée : 120 min

2.1. Étude gestion chantier

Question 9 : *Choix de la solution technique en tenant compte des contraintes de fabrication*

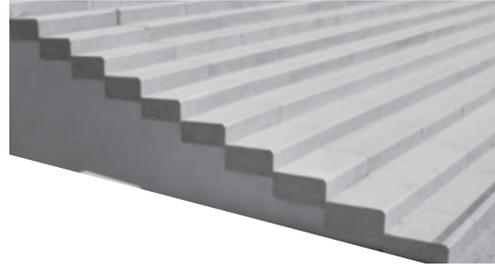
Proposer une analyse technique afin de choisir le sens de coulage et de forme des éléments préfabriqués. Vous devez effectuer cette analyse parmi les trois propositions ci-après (d'un point de vue résistance mécanique, manutention, fabrication, stockage ...).

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 15 sur 46

Solution 1



Élément plein posé en appuis sur les murs ou poutres crémaillères.



Solution 2



Élément posé à plat sur le plus long côté, en appuis sur les poutres crémaillères.



Solution 3



Élément posé à l'envers par rapport à la solution 2, en appui sur les murs ou sur les poutres crémaillères.

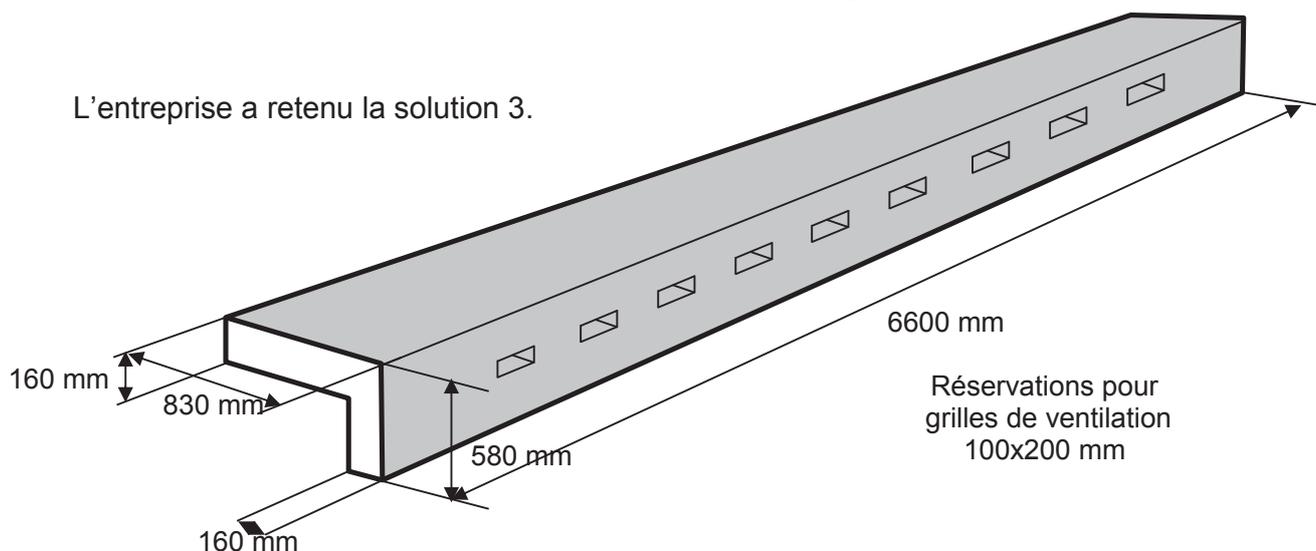


Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 16 sur 46

Tournez la page S.V.P.

Question 10 : Étude d'une solution de coffrage

L'entreprise a retenu la solution 3.



La préfabrication et la pose de l'élément s'effectueront dans le même sens afin d'éviter un retournement.

Proposer sous forme de schéma une solution de coffrage pour la préfabrication d'un élément. Légender les schémas en précisant les matériaux utilisés, un ordre de grandeur des dimensions, des cotations indicatives...

Question 11 : Préparation de la manutention de l'élément.

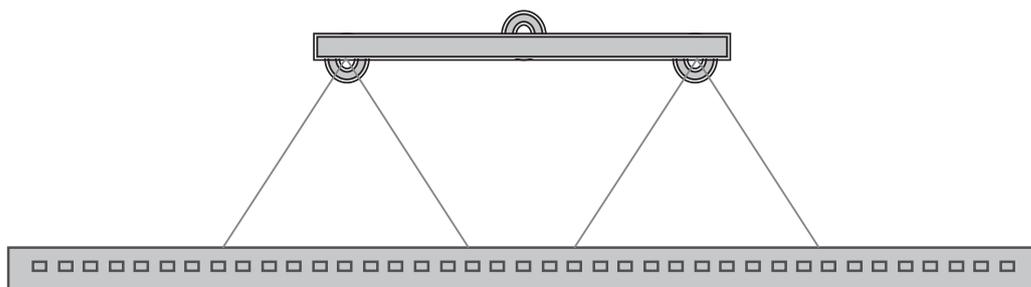
Par simplification, les réservations pour la ventilation ne seront pas prises en compte.

Afin de préparer la manutention des pièces préfabriquées, on vous demande de :

- a) Calculer la position du centre de gravité d'un élément préfabriqué.
- b) Positionner le centre de gravité sur un ou plusieurs schémas.
- c) Calculer le poids d'un élément.
- d) Proposer un nombre de points de levage et leur disposition.

Question 12 : Détermination des appareils de levage

La solution finalement retenue pour la manutention est la suivante :
 Un palonnier simple avec des élingues doubles.
 Un seul point de levage dans la largeur de la pièce.



Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 17 sur 46

La pose sera effectuée avec une grue télescopique à pneus.



Figure 13 : Grue a pneu.

À partir des documentations techniques fournies (DT01 à DT05), on demande de :

- Proposer un schéma coté des éléments à utiliser (sans dimensionnement).
- Calculer les efforts dans chaque élément de manutention et les représenter sur le schéma établi précédemment.
- Déterminer les appareils et systèmes d'ancrage en donnant leurs références commerciales.

Question 13 : *Solution de pose et choix du matériel de levage*

À l'aide de la documentation des grues télescopiques (DT06) :

- Sélectionner l'engin télescopique nécessaire pour la manutention et la mise en place des éléments gradins préfabriqués.
- Illustrer cette solution de pose en complétant les documents réponses DR01 et DR02. Faire apparaître sur ces documents toutes les données géométriques, l'emprise de l'engin de levage (aire d'évolution), les éventuelles zones de stockage etc...
- Quelles sont les raisons qui ont poussé l'entreprise à choisir ce type de moyens de levage ? Apporter d'éventuelles modifications à la solution proposée par l'entreprise.

Question 14 : *Amortissement et justification de la solution des puits thermiques*

Les règles de gestion de l'entreprise titulaire du marché sont les suivantes :

- Coefficient de frais généraux, fourniture et matériel : 1,195
- Coefficient de frais généraux sur masse salariale : 1,375
- Bénéfices et aléas : 10% du prix de revient
- Taxe sur valeur ajoutée : 20% du prix de vente
- Prix horaire moyen : 35,50 €/h

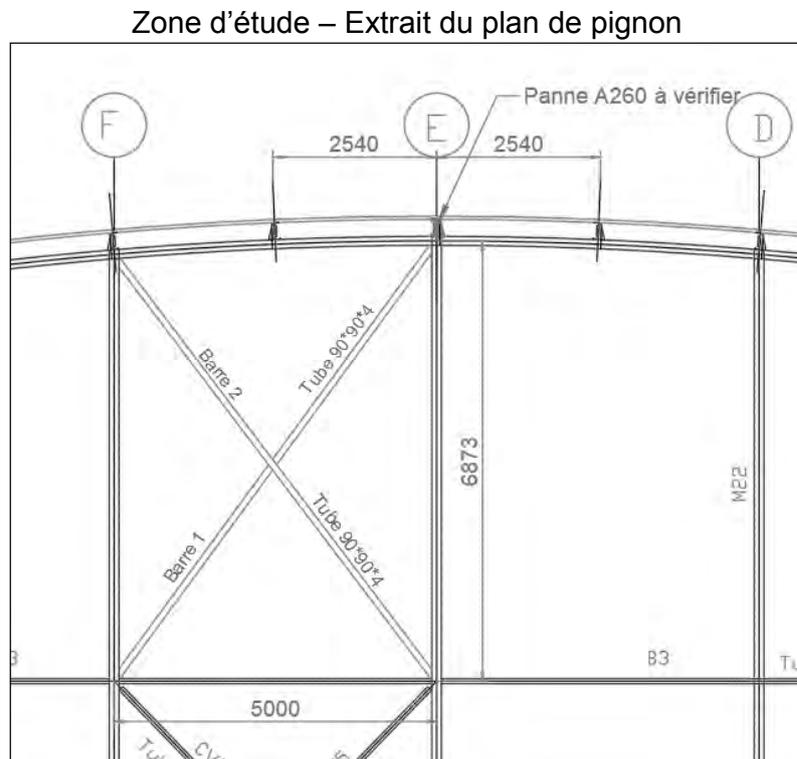
- À partir des documents DT13, DT 15, DT 16, DT 17 et des données ci-dessus, établir, pour une équipe de quatre ouvriers, les déboursés secs, le prix de revient et le prix de vente pour la réalisation des puits thermiques.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 18 sur 46

Tournez la page S.V.P.

b) À partir des éléments d'économie d'énergie due à la présence des puits thermiques extraits de l'étude thermique, calculer l'amortissement de la solution puits thermique par rapport à la solution d'origine, sachant que le coût moyen du kWh électrique est de 0.53€.

2.2. Charpente métallique – Croix de Saint-André et pannes



On souhaite vérifier à l'Eurocode 3 une barre de croix de Saint-André soumise à de la traction simple.

L'effort normal maximal obtenu à l'ELU, issu d'un logiciel de calcul de structures est $N_{Ed}=282$ kN.

L'acier est du S235.

Question 15 : À partir du DT07 et du DT08, déterminer l'effort normal résistant $N_{pl,Rd}$. Conclure quant à la résistance du tube.

On souhaite maintenant déterminer l'allongement du tube.

Question 16 : Déterminer la contrainte réelle dans la barre 1 lorsqu'elle est soumise à un effort de traction de 240 kN.

Question 17 : Déterminer l'allongement de la barre 1 pour cette contrainte réelle.

Question 18 : Dans le cas où cette barre 1 est tendue, que dire de la déformation de la barre 2 ?

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 19 sur 46

On souhaite maintenant déterminer la capacité d'une panne A260-320, d'acier S350 (en file E).

La panne sera considérée comme ayant son axe fort d'inertie parfaitement horizontal.

On considèrera en première approximation que cette panne est isostatique (on ne tiendra donc pas compte de la continuité).

Question 19 : Proposer un modèle mécanique de la panne isolée avec un chargement à l'ELU.

Question 20 : Sachant que la contrainte maximale dans cette panne ne doit pas dépasser 350 MPa, calculer le moment maximal auquel la panne peut résister.

Question 21 : À partir de ce moment maximal, en déduire le chargement linéique maximal que la panne peut supporter.

La toiture existante d'un poids propre de 20 daN/m² tout compris est supposée de surface de 40 x 50 m.

Dans le cadre de la rénovation énergétique de ce bâtiment il est envisagé de poser sur le toit des capteurs solaires dôme de dimension 0.75 x 0.75 x 0.36 et de masse en charge de 25 kg chacun. Les capteurs seront au nombre de 750 unités répartis en damier, 6 collecteurs hydrauliques calorifugés de DN 200 et de masse linéaire 30 kg/ml de 25 m de longueur alimenteront ces capteurs. Ils seront posés sur un caillebotis métallique de masse surfacique de 35 kg/m² servant de plancher technique.



Figure 14 : capteurs solaire dôme



Photos indicatives du principe de pose des capteurs solaires.

La charge d'entretien sur cette toiture inaccessible est supposée égale à 80 daN/m²

Question 22 : À partir de ces éléments de chargement, évaluer la charge linéique à laquelle sera soumise la panne. Conclure quant à la résistance de la panne.

Question 23 : Quels ont été les éléments de descente de charge oubliés dans le calcul précédent ?

On souhaite maintenant étudier la flèche de cette panne.

La flèche maximale en milieu de travée est donnée par l'expression :

$$f_{\max i} = \frac{5 \times p \times L^4}{384 \times E \times I}$$

La flèche limite est $\frac{L}{500}$ où L est la portée de la panne.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 20 sur 46

Tournez la page S.V.P.

Question 24 : Quelle charge linéique maximale peut être appliquée sur cette panne afin de vérifier le critère de la flèche limite ?

Conclure.

Question 25 : Proposer qualitativement des axes de réflexion et des solutions envisageables pour satisfaire les critères de flèche et de résistance. Il n'est pas demandé de les vérifier mécaniquement.

Question 26 : Quels sont les autres éléments de structure à vérifier suite à l'ajout des éléments en toiture ?

Question 27 : Par souci de simplification nous avons choisi de vérifier une panne en file E (axe fort considéré parfaitement horizontal). Quelles sont les sollicitations induites sur les autres pannes ?

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 21 sur 46

3. Partie : DOCUMENTS TECHNIQUES

DT01 Évaluations des efforts appliqués dans les élingues 1/2

Pour déterminer les efforts appliqués aux ancrages, **il faut tenir compte des paramètres suivants** :

Poids de la pièce, adhérence au moule, moyen de levage qui implique un coefficient dynamique, angle d'élingage, nombre et position des points de levage (nombre de points efficaces).

Poids de la pièce préfabriquée

Le poids à prendre en compte dans les calculs est le poids réel de la pièce, additionné du poids des éléments qui seront levés avec elle (coffrage, éléments pré-assemblés...).

Adhérence au coffrage

L'effort d'adhérence q_{adh} se manifeste lors du décoffrage de la pièce ; il est fonction du type de moule utilisé et est défini dans le tableau ci-dessous :

Type de coffrage	q_{adh}
Coffrage en acier ou plastique huilé	1 kN/m ²
Coffrage en bois vernis huilé	2 kN/m ²
Coffrage en bois rugueux	3 kN/m ²

La surface à prendre en compte dans les calculs est la surface de béton encore en contact avec le moule lors du décoffrage. Pour des surfaces de béton matricées, ces efforts d'adhérence seront plus importants que dans le tableau et devront être calculés à part.

Dans certains cas particuliers, l'effort d'adhérence peut être nul : pièces précontraintes, pièces coulées dans un coffrage perdu...

Efforts dynamiques

Lors du levage et du déplacement des pièces préfabriquées, les ancrages sont soumis à des efforts dynamiques. Ces efforts dépendent du type d'engin de levage utilisé et sont pris en compte via un coefficient dynamique défini dans le tableau ci-dessous :

Engin de levage	coefficient dynamique (ψ_{dyn})
Grue fixe ou sur rails, vitesse < 1m/s	1.15
Grue fixe ou sur rails, vitesse > 1m/s	1.30
Pont roulant, vitesse < 1m/s	1.15
Pont roulant, vitesse > 1m/s	1.60
Levage et déplacement sur terrain plat	2
Levage et déplacement sur terrain accidenté	4

Dans les autres cas, le coefficient dynamique sera évalué par une personne qualifiée.

Angle d'élingage

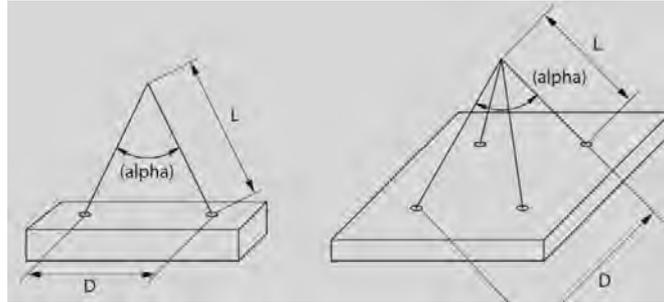
Si les élingues ne sont pas verticales lors du levage, l'effort dans les ancrages est pondéré par le coefficient d'élingage repris dans le tableau ci-dessous. Ce coefficient dépend de l'angle α qui est l'angle au sommet des 2 élingues diamétralement opposées.

Angle α	Longueur d'élingue L	Coefficient d'élingage (ψ_e)
0°	-	1
30°	2 D	1.04
45°	1.3 D	1.08
60°	D	1.16
90°	0.7 D	1.42
120°	0.6 D	2

Avec D = distance entre les deux ancrages diamétralement opposés

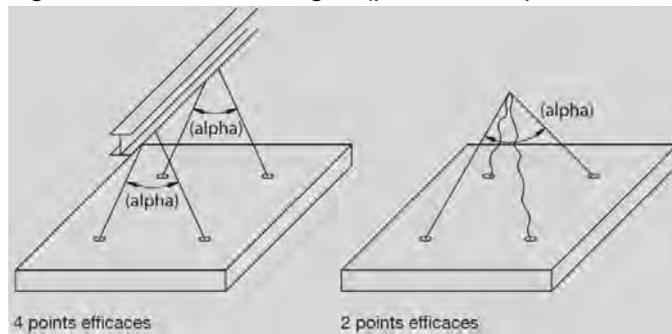
Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation		Code :
		Page 22 sur 46

DT02 Évaluations des efforts appliqués dans les élingues 2/2



Nombre de points de levage efficaces

Dans un système statique, la répartition des charges dans les élingues dépend de la position des points d'ancrage et de la tension dans les élingues ; en effet, si les points ne sont pas parfaitement symétriques ou si les élingues ne sont pas toutes de la même longueur, certaines ne seront pas tendues. C'est pourquoi, lors de l'utilisation d'élingues 4 brins, seuls 2 points de levage efficaces sont pris en compte dans le dimensionnement. Tous les points de levage mis en place sont considérés dans le calcul lors de l'utilisation d'un système permettant de répartir les charges sur tous les ancrages (palonnier équilibré, élingues avec poulies...).



Détermination des efforts appliqués aux ancrages

Les efforts, E_d , doivent être calculés selon la formule suivante :

$$E_d = \frac{(G + q_{adh} \cdot A) \times \psi_{dyn} \times \psi_e}{N_{eff}}$$

avec:

- G = poids de la pièce (kN)
- q_{adh} = adhérence (kN/m²)
- A_f = surface coffrée (m²)
- ψ_{dyn} = coefficient dynamique
- ψ_e = coefficient d'élingage
- N_{eff} = nombre de points efficaces

Conclusion

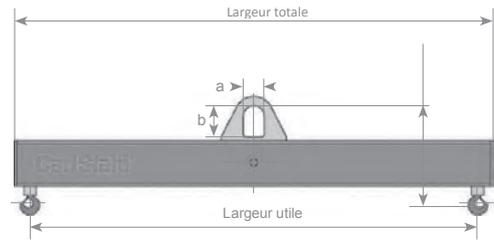
La charge maximale d'utilisation de l'ancrage choisi doit être supérieure à E_d . Il est parfois nécessaire de calculer les efforts appliqués aux ancrages à différents stades de fabrication pour définir le cas le plus défavorable et choisir les ancrages adaptés (manutention usine, levage sur chantier, relevage...).

La résistance béton lors des différentes étapes de levage (en usine et sur chantier) doit être prise en compte pour le choix de la taille et du type d'ancrage.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 23 sur 46

DT03 Éléments de manutention : Palonnier / Adaptateur Chariot / Élingue

Palonnier



CMU	Larg. Utile max.	Larg. totale	Haut. perdue	Dimensions anneau	Poids	Référence
En kg	En mm	En mm	En mm	axb en mm	En kg	
3000	2000	2100	500	100x180	94	82500302
	3000	3100	540	"	163	82500303
	4000	4100	560	"	234	82500304
	5000	5100	580	"	326	82500305
5000	2000	2100	580	100x180	126	82500502
	3000	3100	620	"	216	82500503
	4000	4100	640	"	306	82500504
	5000	5100	660	"	420	82500505
8000	2000	2100	660	100x180	176	82500802
	3000	3100	700	"	288	82500803
	4000	4100	740	"	431	82500804
	5000	5100	740	"	524	82500805

Élingue

Elingue chaîne 2 brins grade 100

Elingue grade 100 muni d'un crochet automatique à chape.
 Disponible en longueurs utiles de 1 à 10 mètres.
 Disponible avec ou sans crochet de réglage.
 Les crochets de réglage (aussi appelé raccourcisseur) permettent de raccourcir les chaînes afin d'équilibrer la charge et de rattraper le centre de gravité.
 Livrée avec plaquette de marquage CE.

Diamètre (mm)	CMU 0 à 90	CMU 0 à 120
	degrés (kg)	degrés (kg)
6	1960	1400
7	2660	1900
8	3500	2500
10	5600	4000
13	9380	6700
16	14000	10000
19	19600	14000
22	26600	19000
26	37100	26500



Adaptateur chariot



crochet de levage pour une installation sur fourches de chariot élévateur série MK

Livré de série avec manille et crochet tournant avec linguet de sécurité et double sécurité à vis

Modèle	Capacité (Kg)	Section des fourches (mm)	Dimensions hors tout (mm)	Poids (Kg)
MK 10	1000	140*55	440*120*160	14
MK 25	2500	160*60	660*150*180	25
MK 50	5000	185*80	730*180*220	49
MK 100	10 000	238*85	700*250*300	80

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 24 sur 46

DT04 Élingues et Anneaux de levage

Élingues de levage

Charges et dimensions

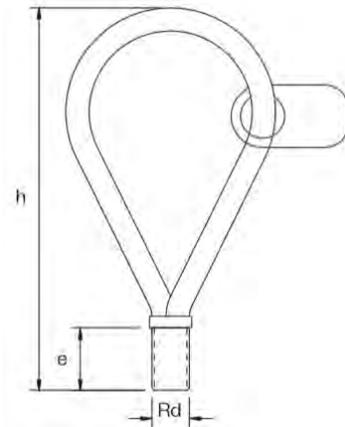
Le câble de l'élingue est composé de fil d'acier haute résistance zingué et la partie filetée est fabriquée en acier spécial.

Lors de l'utilisation de l'élingue, il faut vérifier que :

- l'élingue est entièrement vissée.
- les filetages (douille et élingue) sont propres.
- l'élingue n'est pas endommagée.

Ces élingues ne peuvent être utilisées que pour de la traction avec un angle compris entre 0 et 45° par rapport à l'axe de la douille. Au-delà, il est impératif d'utiliser l'anneau à tête orientable.

Référence	Filetage Rd	Charge utile [kg] 0 - 45°	h [mm]	e [mm]
6311005	12	500	155	22
6311008	14	800	155	25
6311012	16	1200	165	27
6311016	18	1600	190	34
6311020	20	2000	215	35
6311025	24	2500	255	44
6311040	30	4000	300	55
6311063	36	6300	360	68
6311080	42	8000	425	75
6311125	52	12500	530	95



Anneaux de levage

Charges et dimensions

Ces anneaux fonctionnent avec les douilles de levage. Lors de l'utilisation des anneaux de levage à tête orientable, les instructions d'installation et d'utilisation doivent être suivies.

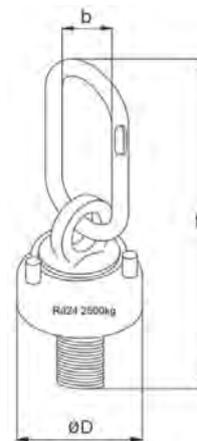
Le filetage de ces anneaux est de type Rd.

L'anneau de levage à tête orientable est spécialement adapté au relevage des pièces préfabriquées. Il peut reprendre des charges inclinées de 0 à 90°.

L'anneau ne doit pas être soudé. Lors de l'utilisation de l'anneau à tête orientable, il faut vérifier que :

- l'anneau est entièrement vissé et la plaque est en contact avec le béton.
- les filetages (douille et anneau) sont propres.
- l'anneau n'est pas endommagé.

Référence	Filetage Rd	Charge utile [kg] 0 - 90°	ØD [mm]	h [mm]	b [mm]
6375005	12	500	47	125	35
6375008	14	800	52	126	35
6375012	16	1200	56	151	35
6375016	18	1600	59	152	60
6375020	20	2000	70	158	60
6375025	24	2500	74	187	75
6375040	30	4000	90	219	90
6375063	36	6300	101	255	100
6375080	42	8000	110	256	100
6375125	52	12500	130	344	140



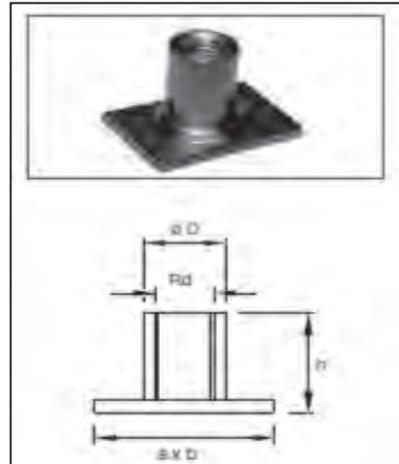
DT05 Ancres de levage

Douilles de levage à plaque « LFRP » électrozinguées

Les douilles de levage « LFRP » satisfont à toutes les règles de sécurité. N'étant pas auto-ancrées, seules les armatures d'ancrage préconisées transmettent les efforts dans le béton. Pour des tirages non-axiaux, des frettes de renfort adaptées sont indispensables.

Code	Filetage Rd	CMU* [kg]	Dimensions [mm]			
			Ø D	h	a	b
902443	12	500	15	30	35	25
902445	16	1200	21	35	50	35
902449	20	2000	27	47	60	60
902452	24	2500	31	54	80	60
902455	30	4000	39,5	72	100	60
902458	36	6300	47	84	130	100
902458	42	8000	54	96	130	130
902459	52	12500	67	117	150	130

*CMU : Charge Maximale d'Utilisation

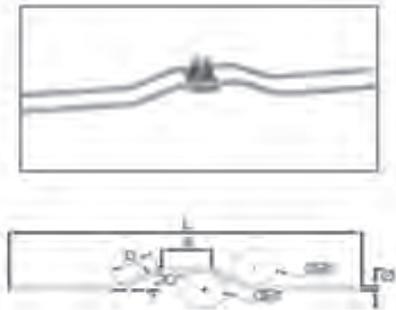


Dimensions des 2 suspentes d'ancrage

Les douilles à plaque « LFRP » s'utilisent toujours avec 2 suspentes d'ancrage dont les caractéristiques dimensionnelles et mécaniques sont données dans le tableau ci-dessous. Elles devront se placer de part d'autre du manchon, sur la plaque de la douille « LFRP » et sous le treillis soudé ou la nappe de la dalle préfabriquée. Un ligaturage permettra d'assurer le bon contact avec la douille et le ferrillage de l'élément.

Filetage Rd	Diamètre nominal HA / FeE500 [mm]	Ø Cintrage dstr [mm]	Façonnage		
			L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	2 x Ø 5	24	250	60	60
16	2 x Ø 8	32	420	90	70
20	2 x Ø 8	37	640	90	60
24	2 x Ø 10	40	640	90	100
30	2 x Ø 12	48	830	90	110
36	2 x Ø 14	56	1140	140	120
42	2 x Ø 16	64	1250	140	120
52	2 x Ø 20	140	1530	140	150

La longueur des armatures est définie pour une résistance béton minimale de 15 MPa.



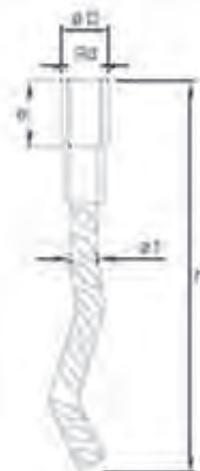
Douilles de levage courtes « LFRA-OC » et « LFRA à pied »

Les douilles de levage « LFRA-OC » et « LFRA à pied » satisfont à toutes les règles de sécurité. Elles sont auto-ancrées pour des tirages axiaux.

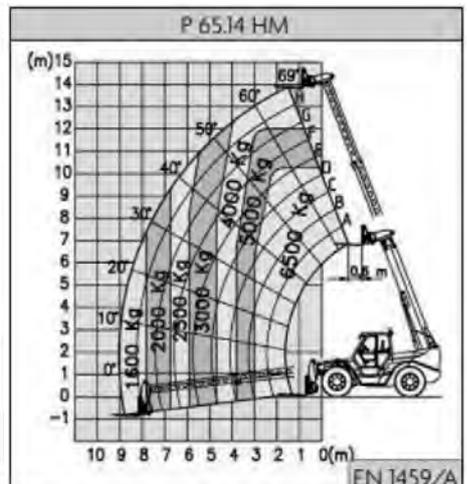
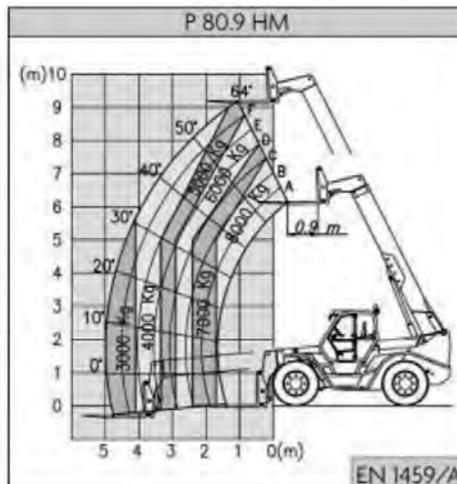
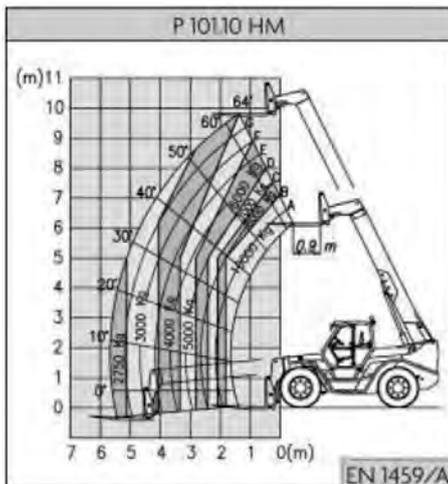
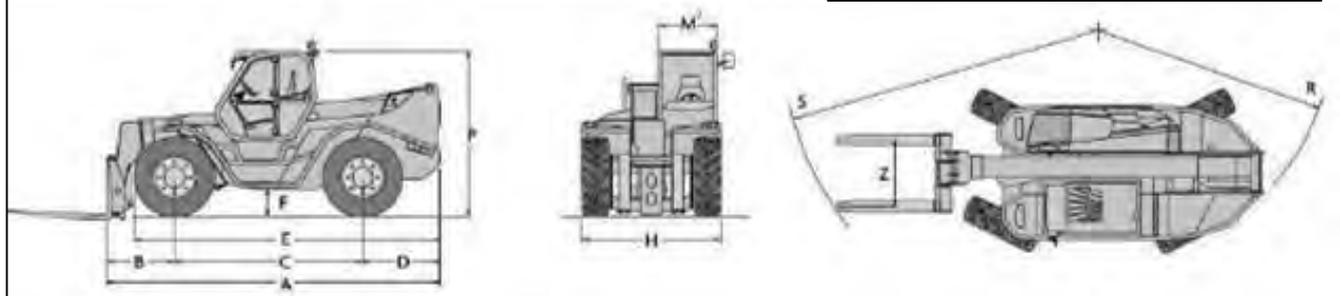
Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles

« LFRA-OC »		« LFRA-à pied »		Filetage Rd	CMU* [kg]	Dimensions communes [mm]		
Code	h [mm]	Code	h' [mm]			Ø D	a	Ø f
902491	110	902485	60	12	500	15	22	8
902492	170	902487	80	16	1200	21	27	12
902493	187	902488	100	20	2000	27	35	16
902494	240	902489	115	24	2500	31	43	16
902495	300	902490	150	30	4000	39,5	56	20
902496	380	-	-	36	6300	47	68	25
902497	450	-	-	42	8000	54	80	28

*CMU : Charge Maximale d'Utilisation



PANORAMIC		P 101.10 HM	P 80.9 HM	P 65.14 HM	P 45.18 HM	Dimensions					
Masse						A	mm	5740	5740	5990	6130
Masse totale à vide (avec fourches)	kg	15200	15100	15500	15400	B	mm	1160	1160	1335	1550
Performances						C	mm	3240	3240	3240	3240
Charge maximale	kg	10000	8000	6500	4500	D	mm	1335	1335	1335	1335
Hauteur maximale de levage	m	9,8	9,1	13,9	17,6	E	mm	5235	5235	5235	5235
Portée maximale	m	5,7	5	9	13,2	F	mm	450	450	450	450
Hauteur maxi à la charge maxi	m	7,1	7,5	10	10	H	mm	2400	2400	2400	2400
Portée à charge maxi	m	1,8	1,7	3	4,3	M ³	mm	995	995	995	995
Charge à hauteur maxi	kg	5000	5000	4000	2300	P	mm	2850	2850	2850	2850
Charge à portée maxi	kg	2750	3000	1600	1000	R	mm	4300	4300	4300	4300
Moteur à émissions réduites (Euro 2)	5 cylindres turbo intercooler					S	mm	5700	5700	5400	5400
Puissance à 2300 tr/min (97/68/CE) kW/CV	107/145										
Temps de manoeuvre											
Souèvement de la flèche	s	9 ⁰ /19,1	9 ⁰ /19,2	7 ⁰ /16	10,9						
Sorte de la flèche	s	7,3	6,3	7,3 ⁰ /16,2	23,9						
Vitesse											
1 ^{er} rapport	km/h	16	16	16	16						
2 ^e rapport (vitesse auto-limitée)	km/h	40	40	40	40						



PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID					
Norme de référence : NF EN 10219					
État de surface : noir					
Qualité de base : S235JRH					
SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID					
DIAMÈTRE DE FLEXION mm	ÉPAISSEUR mm	MASSE LINÉIQUE kg/ m	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE cm ²	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION cm ⁴	RAYON DE GIRATION cm
60 x 60	4	6,71	8,55	43,55	2,26
	5	8,13	10,36	50,5	2,21
70 x 70	2	4,19	5,34	40,7	2,76
	3	6,13	7,81	57,52	2,71
	4	7,97	10,15	72,12	2,67
	5	9,7	12,36	84,63	2,62
80 x 80	2	4,82	6,14	61,7	3,17
	3	7,07	9,01	87,84	3,12
	3,5	8,16	10,4	99,8	3,1
	4	9,22	11,75	111,04	3,07
	5	11,27	14,36	131,44	3,03
90 x 90	6	13,21	16,83	149,18	2,98
	3	8,01	10,21	127,28	3,53
	4	10,48	13,35	161,91	3,48
	5	12,84	16,36	192,92	3,43
100 x 100	6	15,1	19,23	220,47	3,39
	3	8,96	11,41	177,04	3,94
	4	11,73	14,95	226,34	3,89
	5	14,41	18,36	271,09	3,84
	6	16,98	21,63	311,46	3,79
	7	19,1	24,4	337	3,72

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 28 sur 46

DT08 Extrait Eurocode 3

Vérification simplifiée en traction simple

On cherche à vérifier que $N_{Ed} < N_{pl,Rd}$

N_{Ed} : l'effort de traction agissant

On a

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

avec A aire de la section brute, f_y et γ_{M0} définis ci-après.

Valeurs nominales de la limite d'élasticité f_y et de la résistance à la traction f_u pour les aciers de construction laminés à chaud. Tableau 3.1(NF)

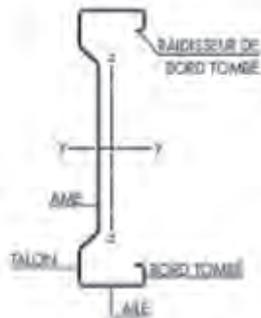
Norme EN 10025-2	Épaisseur nominale de l'élément : t .			
	$t \leq 40$ mm		$40 < t \leq 80$ mm	
	Limite d'élasticité f_y (MPa)	Résistance à la traction f_u (MPa)	Limite d'élasticité f_y (MPa)	Résistance à la traction f_u (MPa)
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S355	355	490	335	470
S450	440	550	410	550

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 classes 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

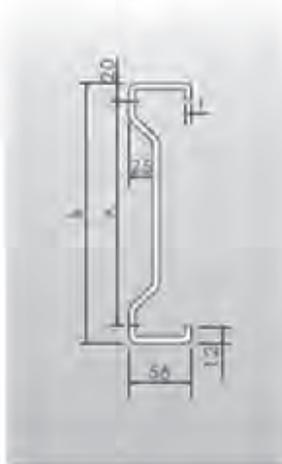
Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 29 sur 46

MULTIBEAM

Caractéristiques techniques : profils Multibeam



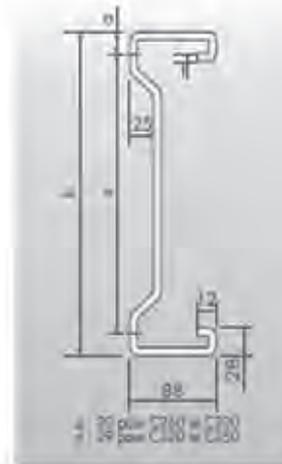
Type B



Type A



Type C



CARACTERISTIQUES BRUTES

Profils	GEOMETRIE			S _{eff} mm ²	masse P Kg/ml	Inertie I _y cm ⁴	module d'inertie W _y cm ³	Ray. Div. I _y cm	Inertie I _z cm ⁴	module d'inertie W _z max cm ³	W _z min cm ³	I _x cm ⁴
	h mm	t mm	a mm									
B120150*	120	1,5	60	387	3,10	82,6	13,94	4,62	12,62	6,60	3,57	1,81
B140150	140	1,5	100	416	3,33	118,9	17,17	5,35	12,72	6,51	3,64	1,75
B170155	170	1,55	130	475	3,60	195,3	23,19	6,41	13,23	6,60	3,84	1,67
A170160	170	1,6	130	541	4,33	225,9	27,26	6,61	24,86	9,76	5,59	2,14
B200160	200	1,6	160	537	4,30	298,4	30,08	7,45	13,73	6,71	4,04	1,60
A200160	200	1,6	160	587	4,70	346,4	34,64	7,68	24,85	9,75	5,59	2,06
A230160	230	1,6	190	634	5,08	482,9	42,29	8,73	24,81	10,03	5,68	1,98
A230180	230	1,8	190	713	5,71	543,1	47,51	8,72	27,65	11,21	6,35	1,97
A230240*	230	2,4	190	949	7,60	715,8	62,90	8,68	35,72	14,59	8,29	1,94
A260180	260	1,8	220	766	6,14	727,9	56,39	9,75	27,65	11,20	6,36	1,90
A260240	260	2,4	220	1020	8,17	962,2	74,71	9,71	35,73	14,57	8,29	1,87
A260270	260	2,7	220	1146	9,18	1076,8	83,70	9,69	39,52	16,17	9,22	1,86
A260320	260	3,2	220	1353	10,84	1263,8	98,43	9,66	45,50	18,72	10,71	1,83
C260150	260	1,5	220	756	6,06	771,3	59,68	10,10	60,43	17,58	11,59	2,83
C260180	260	1,8	220	908	7,28	923,9	71,08	10,09	71,74	20,44	13,57	2,81
C260240	260	2,4	220	1207	9,67	1221,0	93,93	10,06	92,84	26,49	17,55	2,77
C260320	260	3,2	220	1598	12,80	1603,3	123,35	10,02	118,56	33,88	22,38	2,72
A300180	300	1,8	260	837	6,70	1029,8	69,07	11,10	27,65	11,19	6,56	1,82
A300240	300	2,4	260	1115	8,93	1362,7	91,58	11,06	35,73	14,55	8,30	1,79
A300270	300	2,7	260	1252	10,03	1525,8	102,64	11,04	39,53	16,14	9,23	1,78
A300320*	300	3,2	260	1480	11,85	1792,6	120,79	11,01	45,52	18,69	10,73	1,75
C300160	300	1,6	260	869	6,96	1154,7	77,40	11,52	64,69	19,23	12,76	2,72
C300180	300	1,8	260	978	7,84	1296,9	86,98	11,51	72,13	21,51	13,70	2,72
C300240	300	2,4	260	1301	10,42	1715,2	115,27	11,48	93,31	28,10	17,81	2,68
C300320	300	3,2	260	1723	13,81	2254,4	151,91	11,44	118,98	36,30	22,87	2,63
C320180	320	1,8	262	1013	8,12	1500,8	94,33	12,17	77,34	24,15	14,28	2,76
C320240	320	2,4	262	1348	10,80	1985,5	125,03	12,13	100,16	31,60	18,58	2,73
C320270	320	2,7	262	1514	12,13	2222,7	140,10	12,12	110,93	35,17	20,63	2,71
C320320	320	3,2	262	1787	14,31	2610,5	164,80	12,09	127,93	40,92	23,89	2,68
C350180	350	1,8	292	1056	8,54	1861,2	106,90	13,21	77,59	24,49	14,23	2,70
C350240	350	2,4	292	1419	11,37	2463,4	141,74	13,17	100,47	32,03	18,53	2,66
C350270	350	2,7	292	1594	12,77	2758,5	158,85	13,16	111,25	35,65	20,57	2,64
C350320	350	3,2	292	1881	15,07	3241,1	186,92	13,12	128,29	41,45	23,82	2,61

*sur demande

DT10

Capteur solaire dôme (demi-sphère)

*Surface de rayonnement = surface 1/2 sphère = $2 \pi R^2$

*Puissance de rayonnement suivant La loi de Stefan-Boltzmann

$$P_{rayonnée} = \sigma \cdot \epsilon \cdot T_{corps}^4$$

$P_{rayonnée}$

Puissance rayonnée (W/m2)

σ

Constante de Stéphan Boltzmann ($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{°K}$)

ϵ

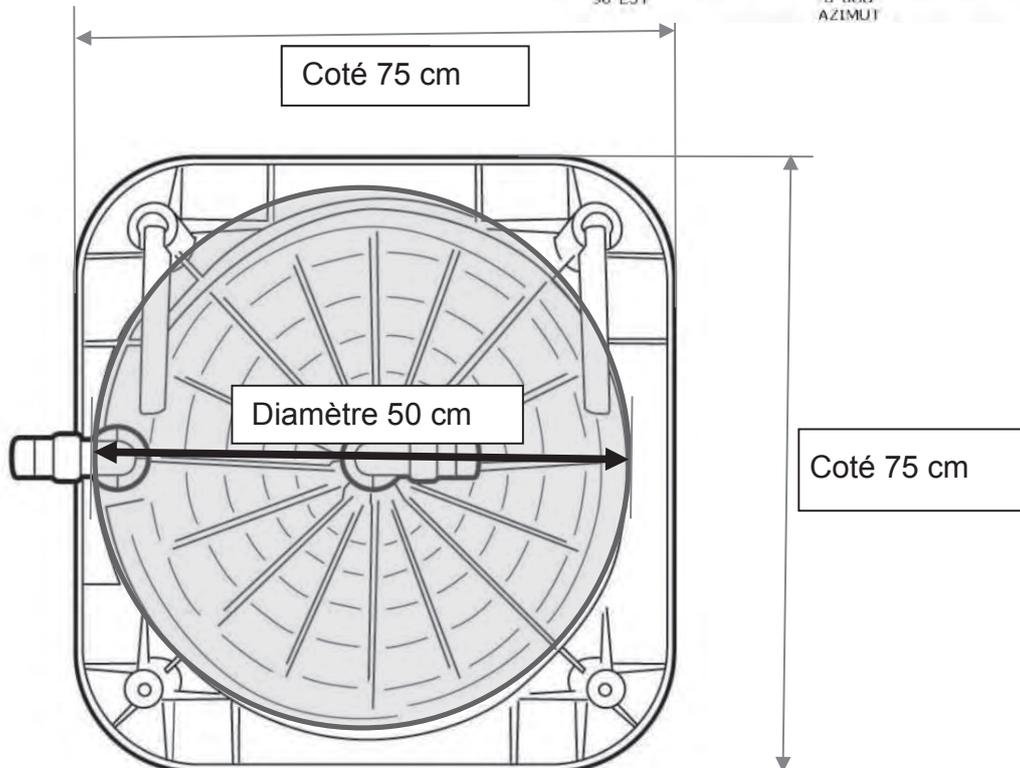
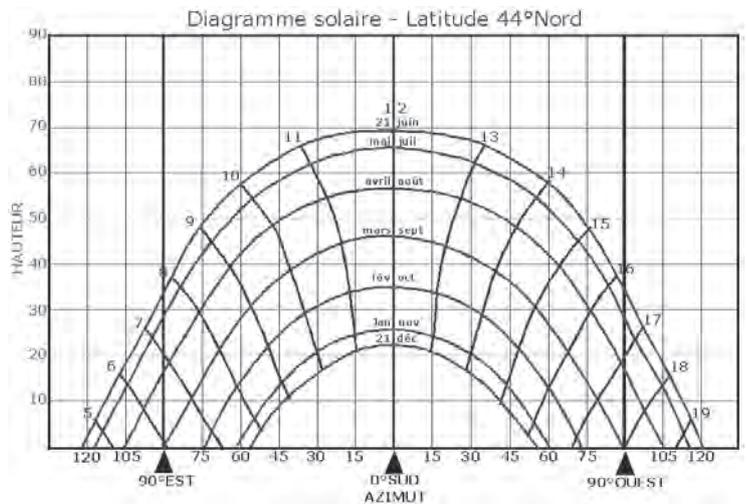
Émissivité du matériau rayonnant (ici égale à 1)

T_{corps}

Température du corps rayonnant (en °K)

Rendement = 80%

1heure solaire = 15°



Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 31 sur 46

DT11 **Extrait du règlement sanitaire départemental**

DESTINATION DE LOCAUX	Débit minimal d'air neuf en m ³ par heure et par occupant (air à 1,2 kg/m ³)	
	Locaux avec interdiction de fumer	Locaux sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignement		
Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique)		
. maternelles, primaires et secondaires du 1 ^{er} cycle	15	-
. secondaires du 2 ^e cycle et universitaires	18	25
Ateliers	18	25
Locaux d'hébergement		
Chambres collectives (+ de 3 personnes) (1), dortoirs, cellules, salles de repos	18	25
Bureaux et locaux assimilés		
tels que locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18	25
Locaux de réunions		
tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, clubs, foyers	18	30
Locaux de vente		
tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration		
cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif		
Par sportif		
. dans une piscine	22	30
. dans les autres locaux	25	30
Par spectateur	18	30

(1) pour les chambres de moins de 3 personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m³/h par local.

Bilan thermique Halle de sports été

Effectif maximal

Calcul de la puissance frigorifique nécessaire pour maintenir °C dans le local pour une température extérieure est de °C



Puissance totale 443679 W

1. Fenêtres ensoleillées W



orientation surface m²

Nord-Est.Sud-Sud-Ouest U= 3 W/m².K

type de vitrage protections solaires double clair bardage translucide (aucune)

2. Fenêtres non ensoleillées



surface m² U= 3 W/m².K

3. Murs extérieurs ensoleillés



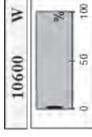
orientation surface m²

O. SO U= 0,5 W/m².K

inertie thermique lourds légers

isolation isolés non isolés

4. Murs extérieurs non ensoleillés



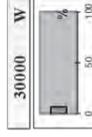
surface m² U= 0,5 W/m².K

5. Murs intérieurs en contact avec des locaux non climatisés



Locaux techniques sous gradins surface m² U= 1,25 W/m².K

6. Toiture ensoleillée



surface m² U= 0,75 W/m².K

inertie thermique lourde légère

isolation isolée non isolée

présence d'un faux plafond oui non

9. Plancher sur local non climatisé



surface m²

10. Eclairage général par tube TL

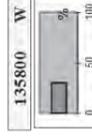


nombre de tubes

puissance des tubes W

type de ballast électroniques faible perte traditionnels

13. Occupants



nombre de personnes

14. Ventilation



naturelle perméabilité

volume du local m³

local peu étanche local plutôt étanche

mécanique CTA air neuf débit m³/h

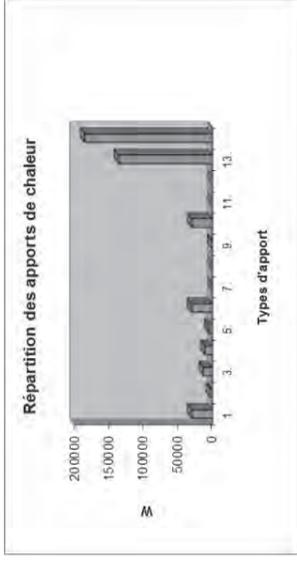
Puissance frigorifique totale 443679 W

X 1.2 (coefficient de déshumidification de la batterie) 532414 W

Puissance totale à installer 532414 W

Répartition des apports

1. Fenêtres ensoleillées	30116 W	7 %
2. Fenêtres non ensoleillées	3240 W	1 %
3. Murs extérieurs ensoleillés	12789 W	3 %
4. Murs extérieurs non ensoleillés	10600 W	2 %
5. Murs intérieurs	5120 W	1 %
6. Toiture ensoleillée	30000 W	7 %
7. Plafond sous local non climatisé	0 W	0 %
8. Plafond sous comble	0 W	0 %
9. Plancher sur local non climatisé	720 W	0 %
10. Eclairage général par tube TL	30240 W	7 %
11. Eclairage individuel	0 W	0 %
12. Equipements de bureau	0 W	0 %
13. Occupants	135800 W	31 %
14. Ventilation	185053 W	42 %



Bilan thermique Halle de sports été

Effectif minimal

Calcul de la puissance frigorifique nécessaire pour maintenir °C dans le local pour une température extérieure est de °C



Puissance totale 196595 W

1. Fenêtres ensoleillées



orientation surface m²

Nord-Est.Sud-Sud-Ouest U= 3 W/m².K

type de vitrage protections solaires double clair bardage translucide (aucune)

2. Fenêtres non ensoleillées



surface m² U= 3 W/m².K

3. Murs extérieurs ensoleillés



orientation surface m²

O. SO U= 0,5 W/m².K

inertie thermique lourds légers

isolation isolés non isolés

4. Murs extérieurs non ensoleillés



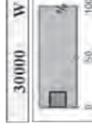
surface m² U= 0,5 W/m².K

5. Murs intérieurs en contact avec des locaux non climatisés



Locaux techniques sous gradins surface m² U= 1,25 W/m².K

6. Toiture ensoleillée



surface m² U= 0,75 W/m².K

inertie thermique lourde légère

isolation isolée non isolée

présence d'un faux plafond oui non

9. Plancher sur local non climatisé



surface m²

10. Eclairage général par tube TL



nombre de tubes

puissance des tubes W

type de ballast électroniques faible perte traditionnels

13. Occupants



nombre de personnes

14. Ventilation



naturelle perméabilité

volume du local m³

local peu étanche local plutôt étanche

mécanique CTA air neuf débit m³/h

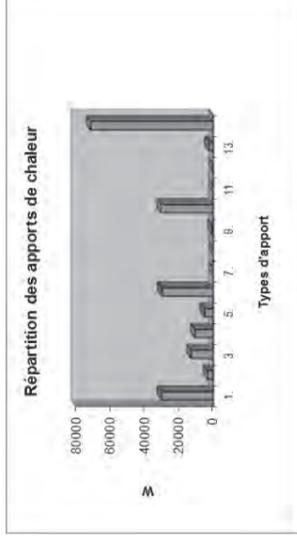
Puissance frigorifique totale 196595 W

X 1.2 (coefficient de déshumidification de la batterie) 235914 W

Puissance totale à installer 235914 W

Répartition des apports

1. Fenêtres ensoleillées	30116 W	15 %
2. Fenêtres non ensoleillées	3240 W	2 %
3. Murs extérieurs ensoleillés	12789 W	7 %
4. Murs extérieurs non ensoleillés	10600 W	5 %
5. Murs intérieurs	5120 W	3 %
6. Toiture ensoleillée	30000 W	15 %
7. Plafond sous local non climatisé	0 W	0 %
8. Plafond sous comble	0 W	0 %
9. Plancher sur local non climatisé	720 W	0 %
10. Eclairage général par tube TL	30240 W	15 %
11. Eclairage individuel	0 W	0 %
12. Equipements de bureau	0 W	0 %
13. Occupants	24450 W	1 %
14. Ventilation	71320 W	36 %



Bilan énergétique (Déperditions) halle de sports effectif maximum

1° Calcul du niveau d'isolation thermique globale.

*Attention: cette méthode de calcul ne correspond pas à la méthode réglementaire.

*Elle présente une approche simplifiée concernant les déperditions des parois verticales et horizontales pour estimer la puissance de déperditions.

Références du bâtiment	Maitre d'ouvrage/Architecte/Auteur du projet	N° de dossier :
Gymnase Bioclimatique Nîmes.	Mairie de Nîmes	01/06/2021

Parois de la superficie de déperdition thermique	U _j	A _j	U _j · A _j	Σ U _j · A _j	a _j	Σ a _j · U _j · A _j
	[W/(m².K)]	[m²]	[W/K]	[W/K]		[W/K]
1. Fenêtres, tabatières, coupoles et autres parois translucides (U _{max} 1,8 en RW et 1,1 pour le vitrage)	3,00	175,00	525,0	525,0	1	525,0
2. Portes extérieures (U _{max} 2,0 en RW)	1,70	35,00	59,5	59,5	1	59,5
3. Murs extérieurs, façades (U _{max} 0,24)	0,50	1675,00	837,5	837,5	1	837,5
4. Toitures (plates, inclinées, ...) ou plafonds supérieurs en-dessous des espaces non-protégés (U _{max} 0,24)	0,75	2000,00	1500,0	1500,0	1	1500,0
8. Planchers sur le sol (U _{max} 0,3; R _{min} 1,75)	1,75	180,00	315,0	315,0	0,33	103,0
12. TOTAUX (superficie de déperdition)	A_j = Σ A_j =	4065,0				3027,0

PONTES THERMIQUES	Ψ _{ij}	L _j	Ψ _{ij} · L _j	Σ Ψ _{ij} · L _j
	[W/(m.K)]	[m]	[W/K]	[W/K]
13. Suivant les définitions de la réglementation en vigueur.	0,65	150	127,5	263,1
	0,3	32	9,6	
	0,7	180	126,0	
			0,0	

14. DEPERDITION THERMIQUE DE LA SUPERFICIE DE DEPERDITION	Σ a _j · U _j · A _j + Σ Ψ _{ij} · L _j =	3290,1	W/K
15. COEFFICIENT MOYEN DE TRANSMISSION THERMIQUE	U _m =	0,8	W/m².K
16. VOLUME PROTEGE DU BATIMENT	V =	10000	m³
17. COMPACTITE VOLUMIQUE DU BATIMENT	V/At =	4,9	m
18. NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE DU BATIMENT	Si V/A _t ≤ 1 : U _m x 100 = K... Si 1 ≤ V/A _t ≤ 4 : U _m x 300/(V/A _t + 2) = K... Si V/A _t ≥ 4 : U _m x 50 = K...	40	
19. SURFACE CHAUFFEE		1270	m²
20. HAUTEUR SOUS PLAFOND MOYENNE		10,15	m
21. OCCUPATION E.R.P. (établissement recevant du public)	Spectateurs plus joueurs et encadrement équipes	1008 spectateurs 32 joueurs et staff	
		1946	occupants

2° Bilan énergétique du bâtiment

1. Situation géographique

Commune: Nîmes, Vigan, Montpellier, Clermont Ferrand

Température extérieure de base: -5 °C
 Degrés-Jours du lieu en base 15/15: 1710
 Température extérieure hivernale moyenne: 10,6 °C
 Durée de la saison de chauffe: 232 jours

L'option simplificatrice consiste à considérer que la saison de chauffe est normalisée du 1 octobre, au 20 mai, et donc dure 232 jours.

Une température extérieure hivernale moyenne équivalente est alors déduite des degrés-jours du lieu. Ex à Nîmes : 1710 D°J en base 18, pour une température ambiante de 21°C tout se passe donc comme si l'hiver durait 232 jours à une température de 21-(((21-18)*232)+1710)/232 = 10,6 °C

2. Type de bâtiment

Température intérieure moyenne des locaux: 18 °C →
 Réduction pour coupure de nuit et de WE: 8 K →
 Réduction pour apports solaires et internes: 0 K →
 Température moyenne intérieure équivalente: 10 °C

Valeurs moyennes indicatives

Home/Hôpital	Bureaux	Habitat	Ecole	gymnase/hyper marché
24 °C	21°C	20 °C	20 °C	18
0 K	3 K	2 K	6 K (*)	8K
3 K	4 K	3 K	3 K	0K

(*) congés scolaires compris; si cours du soir, prendre 4,5 K

3. Renouvellement d'air

niveau d'étanchéité à l'air: 0,03 1/h →
 ventilation hygiénique: 2 1/h →
 Rendement de récupération de chaleur sur la VMC: 0 %
 Débit de ventilation totale: 35744 m³/h

bâtiment passif	Moyenne	bâtiment ancien	bâtiment industriel / halle sportive
0,01	0,03	0,03	0,05

Ventilation minimum 0,5 1/h Ventilation Habitation réglementaire Tertiaire/industriel 25m³/h/occ up. sportif Tertiaire/industriel 18m³/h/occ up. spectateur

3. Bilan des puissances

Pertes par ventilation: 280 kW →
 Pertes par parois: 76 kW →
 Puissance à installer: 391 kW →
 Apports sensibles occupants: -155 kW →
 Besoins de chauffage: 236 kW →

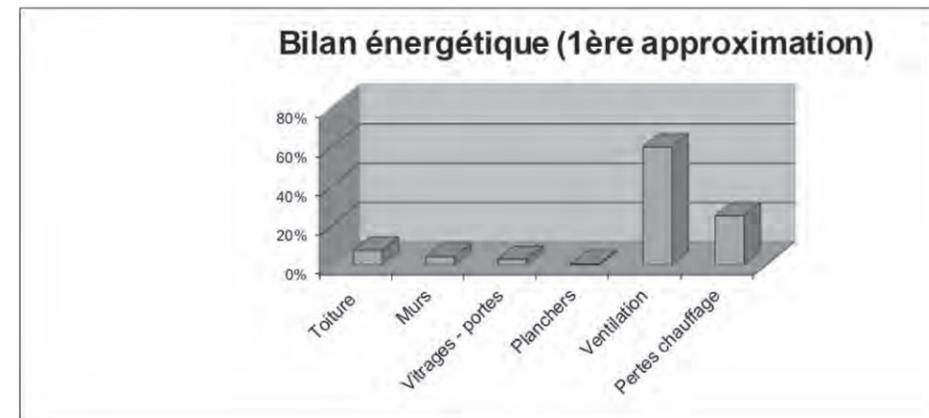
	% par rapport puissance chaudière	% par rapport besoins de chauffage
0,34 [Wh/m³.K] x β x V [m³] x (T _{int} -T _{ext} base) / 1000, (où l'échangeur thermique éventuel est négligé : cas extrême)	72 %	53 %
(pertes par parois + pertes par ventilation)	19 %	32 %
Apports: sensible 80 W/personne Latent 46 W/personne soit 126 W	100 %	166 %
Besoins exprimés = Somme des pertes - Apports gratuits	60 %	100 %

4. Bilan des consommations

Rendement d'exploitation de l'inst. de chauffage: 0,75 - →

Générateur énergie fossile		
Vieille installation	Moyenne	Nouv. installation
0,65	0,75	0,85

	Pertes thermiques	Pourcentage	Equivalent C.E.P.
Toiture	-5256 kWh/an	7%	3 kWh/an/m²
Murs	-2935 kWh/an	4%	1 kWh/an/m²
Vitrages - portes	-2048 kWh/an	3%	1 kWh/an/m²
Planchers	-368 kWh/an	1%	0 kWh/an/m²
Ventilation	-42584 kWh/an	60%	22 kWh/an/m²
Pertes exploitation chauffage	-17730 kWh/an	25%	9 kWh/an/m²
Total	-70921 kWh/an	100%	36 kWh/an/m²



Bilan énergétique (Déperditions) halle de sports effectif minimum

1° Calcul du niveau d'isolation thermique globale.

*Attention: cette méthode de calcul ne correspond pas à la méthode réglementaire .
 *Elle présente une approche simplifiée concernant les déperditions des parois verticales et horizontales pour estimer la puissance de déperditions.

Références du bâtiment	Maître d'ouvrage/Architecte/Auteur du projet	N° de dossier :
Gymnase Bioclimatique Nimes.	Mairie de Nimes	01/06/2021

Parois de la superficie de déperdition thermique	Uj	Aj	Uj . Aj [W/K]	Σ Uj . Aj [W/K]	aj	Σ aj . Uj . Aj [W/K]
	[W/(m².K)]	[m²]				
1. Fenêtres, tabatières, coupoles et autres parois translucides (Umax 1,8 en RW et 1,1 pour le vitrage)	3,00	175,00	525,0	525,0	1	525,0
2. Portes extérieures (Umax 2,0 en RW)	1,70	35,00	59,5	59,5	1	59,5
3. Murs extérieurs, façades (Umax 0,24)	0,50	1675,00	837,5	837,5	1	837,5
4. Toitures (plates, inclinées, ...) ou plafonds supérieurs en-dessous des espaces non-protégés (Umax 0,24)	0,75	2000,00	1500,0	1500,0	1	1500,0
8. Planchers sur le sol (Umax 0,3; Rmin 1,75)	1,75	180,00	315,0	315,0	0,33	105,0
12. TOTAUX (superficie de déperdition)	Ai = Σ Aj =	4065,0				3027,0

PONTS THERMIQUES	ψij	lij	ψij . lij [W/K]	Σ ψij . lij [W/K]
	[W/(m.K)]	[m]		
13. Suivant les définitions de la réglementation en vigueur.	0,85	150	127,5	263,1
	0,3	32	9,6	
	0,7	180	126,0	
			0,0	

14. DEPERDITION THERMIQUE DE LA SUPERFICIE DE DEPERDITION	Σ aj . Uj . Aj + Σ ψij . lij =	3290,1	W/K
15. COEFFICIENT MOYEN DE TRANSMISSION THERMIQUE	Um =	0,8	W/m².K
16. VOLUME PROTEGE DU BATIMENT	V =	19996	m³
17. COMPACTE VOLUMIQUE DU BATIMENT	V/At =	4,9	m
18. NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE DU BATIMENT	Si V/Ai < 1 : Um x 100 = K...		
	Si 1 ≤ V/Ai < 4 : Um x 300/(V/Ai + 2) = K...		
	Si V/Ai ≥ 4 : Um x 50 = K...	40	
19. SURFACE CHAUFFEE		1970	m²
20. HAUTEUR SOUS PLAFOND MOYENNE		10,15	m
21. OCCUPATION E.R.P. (établissement recevant du public)	Spectateurs plus joueurs et encadrement équipes	1908 spectateurs 32 joueurs et staff	
		32 occupants	

2° Bilan énergétique du bâtiment

1. Situation géographique	
Commune	Nimes Vigan Montpellier Clermont Ferrand
Température extérieure de base	-5 °C
Degrés-Jours du lieu en base 15/15	1710
Température extérieure hivernale moyenne	10,6 °C
Durée de la saison de chauffe	232 jours

L'option simplificatrice consiste à considérer que la saison de chauffe est normalisée du 10 octobre, au 15 mai, et donc dure 232 jours.

Une température extérieure hivernale moyenne équivalente est alors déduite des degrés-jours du lieu.
 Ex à Nimes : 1710 D°J en base 18, pour une température ambiante de 21°C tout se passe donc comme si l'hiver durait 232 jours à une température de 21-(((21-18)*232)+1710)/232 = 10,6 °C

2. Type de bâtiment	
Température intérieure moyenne des locaux	18 °C -->
Réduction pour coupure de nuit et de WE	8 K -->
Réduction pour apports solaires et internes	0 K -->
Température moyenne intérieure équivalente	10 °C

Valeurs moyennes indicatives

Home/Hôpital	Bureaux	Habitat	Ecole	gymnase/hyper marché
24 °C	21°C	20 °C	20 °C	18
0 K	3 K	2 K	6 K (*)	8K
3 K	4 K	3 K	3 K	0K

(*) congés scolaires compris; si cours du soir, prendre 4,5 K

3. Renouvellement d'air	
niveau d'étanchéité à l'air	0,03 1/h -->
ventilation hygiénique	0 1/h -->
Rendement de récupération de chaleur sur la VMC	0 %
Débit de ventilation totale	1400 m³/h

bâtiment passif	Moyenne	bâtiment ancien	bâtiment industriel / halle sportive
0,01	0,03	0,03	0,05

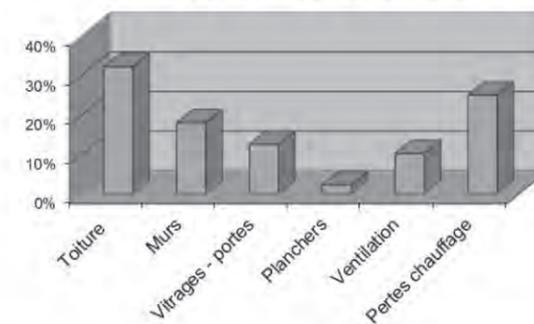
Ventilation minimum 0,5 1/h Ventilation Habitation réglementaire Tertiaire/industriel 25m³/h/occup.

3. Bilan des puissances	
Pertes par ventilation	11 kW -->
Pertes par parois	76 kW -->
Puissance à installer	87 kW -->
Apports sensibles occupants	0 kW -->
Besoins de chauffage	87 kW -->

	% par rapport puissance chaudière	% par rapport besoins de chauffage
0,34 [Wh/m³.K] x β x V [m³] x (T°int-T°ext base) /1000.	13 %	13 %
(où l'échangeur thermique éventuel est négligé : cas extrême).	87 %	87 %
(pertes par parois + pertes par ventilation)	100 %	100 %
Apports : sensible 80 W/personne Latent 46 W/personne soit 126 W	0 %	0 %
Besoins exprimés = Somme des pertes - Apports gratuits	100 %	100 %

4. Bilan des consommations																									
Rendement d'exploitation de l'inst. de chauffage	0,75 - -->																								
Générateur énergie fossile																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vieille installation</th> <th>Moyenne</th> <th>Nouv. installation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td> <td>0,75</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table>		Vieille installation	Moyenne	Nouv. installation	0,65	0,75	0,85																		
Vieille installation	Moyenne	Nouv. installation																							
0,65	0,75	0,85																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pourcentage</th> <th>Equivalent C.E.P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Toiture</td> <td>32%</td> <td>3 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Murs</td> <td>18%</td> <td>1 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Vitrages - portes</td> <td>13%</td> <td>1 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Planchers</td> <td>2%</td> <td>0 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Ventilation</td> <td>10%</td> <td>1 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Pertes exploitation chauffage</td> <td>25%</td> <td>2 kWh/an/m²</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100%</td> <td>8 kWh/an/m²</td> </tr> </tbody> </table>			Pourcentage	Equivalent C.E.P.	Toiture	32%	3 kWh/an/m²	Murs	18%	1 kWh/an/m²	Vitrages - portes	13%	1 kWh/an/m²	Planchers	2%	0 kWh/an/m²	Ventilation	10%	1 kWh/an/m²	Pertes exploitation chauffage	25%	2 kWh/an/m²	Total	100%	8 kWh/an/m²
	Pourcentage	Equivalent C.E.P.																							
Toiture	32%	3 kWh/an/m²																							
Murs	18%	1 kWh/an/m²																							
Vitrages - portes	13%	1 kWh/an/m²																							
Planchers	2%	0 kWh/an/m²																							
Ventilation	10%	1 kWh/an/m²																							
Pertes exploitation chauffage	25%	2 kWh/an/m²																							
Total	100%	8 kWh/an/m²																							

Bilan énergétique (1ère approximation)



Récapitulatif étude thermique

Locaux	Bâtiment		Charges climatiques hiver conditions plus défavorables				Charges climatiques été maximum (14h solaire)				
	Surface habitable (m ²) Occupation (spectateur-joueur)	Volume Habitable (m ³)	Déperditions statiques (Transmission) DBp (W)	Déperditions dynamiques (Ventilation) DBr (W)	Déperditions de bases DB (W)	Puissance installée (W)	Apports statiques (transmission) (W)	Apports dynamiques (ventilation) (W)	Apports personnes (W)	Apports éclairages statiques (W)	Apports totaux (W)
Halle de sport (Gradins compris)	1970 Occupation maxi. 1940 personnes	19996	76000	280000	356000	410000	92585	185053	135800	30240	443679
Salle de réunions	74 Occupation maxi. 25 personnes	250	1080	1500	2580	3100	950	2100	2000	888	5938
Musculation	38 Occupation maxi. 10 personnes	115	650	1100	1750	2078	500	612	800	456	2368
Vestiaires Hommes	90 Occupation maxi. 16 personnes	270	895	350	1242	1490	250	979	1280	1080	3589
Sanitaires Hommes	45 Occupation maxi. 12 personnes	135	750	190	945	1130	250	734	960	540	2484
Vestiaires Femmes	90 Occupation maxi. 16 personnes	270	895	350	1242	1490	250	979	1280	1080	3589
Sanitaires Femmes	45 Occupation maxi. 12 personnes	135	750	190	945	1130	250	734	960	540	2484
Hall entrée	95 Occupation maxi. 120 personnes	285	1300	360	1666	2000	750	7344	7344	1140	16578
Total	2227	21051	80675	285040	366370	422418	95785	150424	150424	35964	480709

Déperditions statiques (transmission) DBp (W) = Déperditions à travers les parois

Déperditions dynamiques (ventilation) DBr (W) = Déperditions par renouvellement d'air

Déperditions de bases DB (W) = DBp + DBr (W) = Déperditions totales

Puissance installée (W) = DB (W) x coefficient de mise en régime

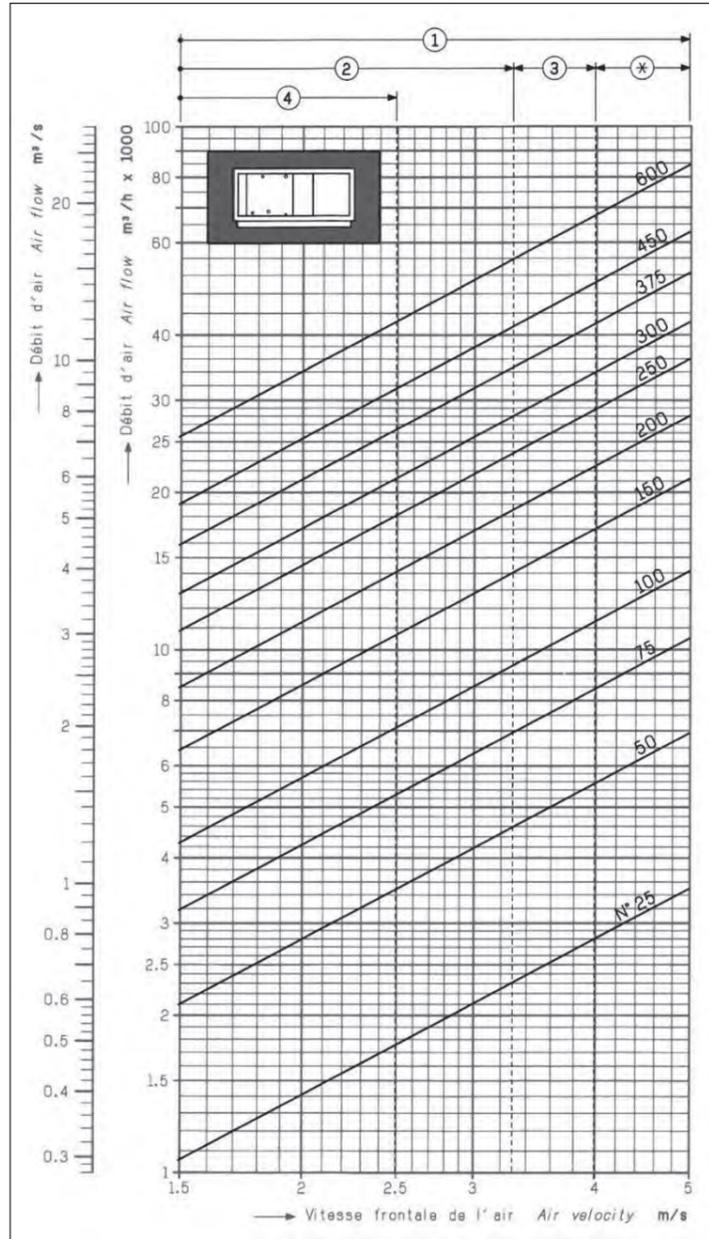
Apports statiques (transmission) (W) = Apports à travers les parois + Apports par rayonnement direct.

Apports dynamiques (ventilation) (W) = Apports par renouvellement d'air

Apports personnes (W) = Apports latents + apports sensibles

Apports totaux (W) = Apports statiques + Apports dynamiques + Apports latents

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation		Code :
		Page 36 sur 46



Coefficients correcteurs / **Correction factors**

• K1 : en fonction de la vitesse de l'air en m / s / • K1 : depending on the air velocity in m / s

Vitesse de l'air / Air velocity	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	4,00
Coefficient / Factor K1	0,77	0,83	0,89	0,945	1,00	1,05	1,1	1,19

• K2 : en fonction du régime d'eau et de la température d'entrée d'air / • K2 : depending on the water and air inlet temperatures

Température entrée d'air en °C / Air inlet temperature in °C	Températures d'entrée et de sortie d'eau en °C / Water inlet and outlet temperature in °C				
	45 / 37	80 / 60	90 / 70	90 / 75	105 / 75
-15	0,82	1,21	1,37	1,44	1,47
-10	0,74	1,14	1,30	1,37	1,40
-5	0,67	1,06	1,22	1,29	1,33
0	0,59	0,98	1,15	1,22	1,25
+5	0,52	0,91	1,08	1,14	1,18
+10	0,44	0,83	1,00	1,07	1,10
+15	0,36	0,76	0,92	1,00	1,03
+20	0,28	0,68	0,85	0,92	0,95

• K3 : en fonction de la vitesse de l'air en m / s / • K3 : depending on the air velocity in m / s

Vitesse de l'air / Air velocity	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
Coefficient / Factor K3	0,735	0,81	0,875	0,94	1,00	1,06

• K4 : en fonction du régime d'eau et de la température d'entrée d'air / • K4 : depending on the water and air inlet temperatures

Températures entrée d'air en °C / Air inlet temperature in °C	T° humides / WB temp.	T° sèches / DB temp.	Températures d'entrée et de sortie d'eau en °C / Water inlet and outlet temperature in °C				
			5 / 10	6 / 10	6 / 11	7 / 12	8 / 13
17	17 à / to 27		0,73	0,74	0,67	0,60	0,54
18	18 à / to 30		0,85	0,87	0,78	0,72	0,66
19	19 à / to 31		0,97	0,99	0,89	0,79	0,73
20	20 à / to 33		1,09	1,11	1,00	0,92	0,81
21	21 à / to 36		1,24	1,29	1,12	1,03	0,94
22	22 à / to 39		1,43	1,46	1,31	1,17	1,06
23	23 à / to 42		1,60	1,61	1,49	1,37	1,22
24	24 à / to 45		1,76		1,66	1,55	1,42
25	25 à / to 48				1,83	1,74	1,61
26	26 à / to 52				1,90	1,80	

Batteries chaudes / **Heating coils**

Emissions calorifiques / **Heat outputs**

• Conditions :
 - Eau chaude : 90 / 70 °C. / - Hot water : 90 / 70 °C.
 - Température entrée air : + 10 °C. / - Air inlet temp. : + 10 °C.
 - Vitesse de l'air : 3 m / s. / - Air velocity : 3 m / s.

Centrales AHU n°	1 rang / 1 row		2 rangs / 2 rows		3 rangs / 3 rows		4 rangs / 4 rows	
	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.
25	14,5	0,8	24,2	1,5	29,3	2,0	35,1	2,9
50	28,0	1,9	48,5	3,8	58,3	4,8	70,2	5,9
75	45,1	3,2	73,1	4,7	93,5	6,1	110,8	13,2
100	56,2	3,6	99,6	5,5	125,8	7,4	149,2	16,1
150	84,3	5,5	158,7	12,4	189,8	19,3	223,8	24,1
200	119,8	10,0	211,6	19,2	251,7	25,7	298,3	38,2
250	152,1	11,5	257,4	28,2	319,0	30,0	378,1	44,0
300	174,6	15,7	316,1	31,1	366,9	40,5	459,4	50,0
375	243,6	19,6	411,0	35,8	472,5	50,6	587,0	62,2
450	293,3	23,5	493,2	42,5	567,0	60,7	704,4	74,6
600	348,2	31,2	648,9	56,5	736,2	80,5	915,1	102,8

Puissance nécessaire = kW sous certaines conditions (vitesse air, T° air, T° eau). / Required capacity = kW depending on air velocity, air temp., water temp.
 Puissance équivalente = $\frac{kW}{K1 \times K2}$ / Corresponding capacity = $\frac{kW}{K1 \times K2}$

Batteries froides (eau) / **Cooling coils (water)**

Emissions frigorifiques / **Cooling capacities**

• Conditions :
 - Eau froide : 6 / 11 °C. / - Cold water : 6 / 11 °C.
 - Température entrée air : 20 °C BH, 26 à 32 °C BS. / - Air inlet temp. : 20 °C WB, 26 to 32 °C DB.
 - Vitesse de l'air : 3 m / s. / - Air velocity : 3 m / s.

Centrales AHU n°	2 rangs / 2 rows		3 rangs / 3 rows		4 rangs / 4 rows		6 rangs / 6 rows	
	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.	kW	Contenance en l. / Water content in l.
25	6,7	1,5	8,9	2,0	10,1	2,9	14,0	6,2
50	13,5	3,8	16,4	4,8	20,2	5,9	31,5	12,5
75	18,2	4,7	31,0	6,1	34,7	13,2	50,0	18,2
100	28,2	5,5	41,9	7,4	51,3	16,1	68,7	22,5
150	51,8	12,4	63,8	19,3	76,9	24,1	94,3	46,5
200	69,0	19,2	83,8	25,7	102,6	38,2	125,9	67,0
250	74,2	28,2	107,6	30,0	134,7	44,0	171,5	78,0
300	99,2	31,1	114,4	40,5	166,3	50,0	211,4	89,3
375	123,2	35,8	144,0	50,6	206,5	60,7	252,9	119,8
450	147,8	42,5	172,9	60,7	247,8	74,6	303,5	138,7
600	219,3	56,5	271,0	80,5	324,7	102,8	404,1	157,6

Puissance nécessaire = kW sous certaines conditions (vitesse air, T° air, T° eau). / Required capacity = kW depending on air velocity, air temp., water temp.
 Puissance équivalente = $\frac{kW}{K3 \times K4}$ / Corresponding capacity = $\frac{kW}{K3 \times K4}$

Présélection

La sélection se fait à l'aide de l'abaque ci-contre, en fonction du débit d'air à traiter. Les débits d'air maxima sont conditionnés par des impératifs techniques et plus particulièrement par des **vitesse d'air admissibles dans certaines sections** de la centrale (batteries de réfrigération, humidificateurs, etc.)

- ① Aérotherme
- ② Conditionneur avec séparateur de gouttes standard
- ③ Conditionneur avec séparateur de gouttes "haute vitesse"
- ④ Conditionneur sans séparateur de gouttes
- * Equipement filtre à vérifier

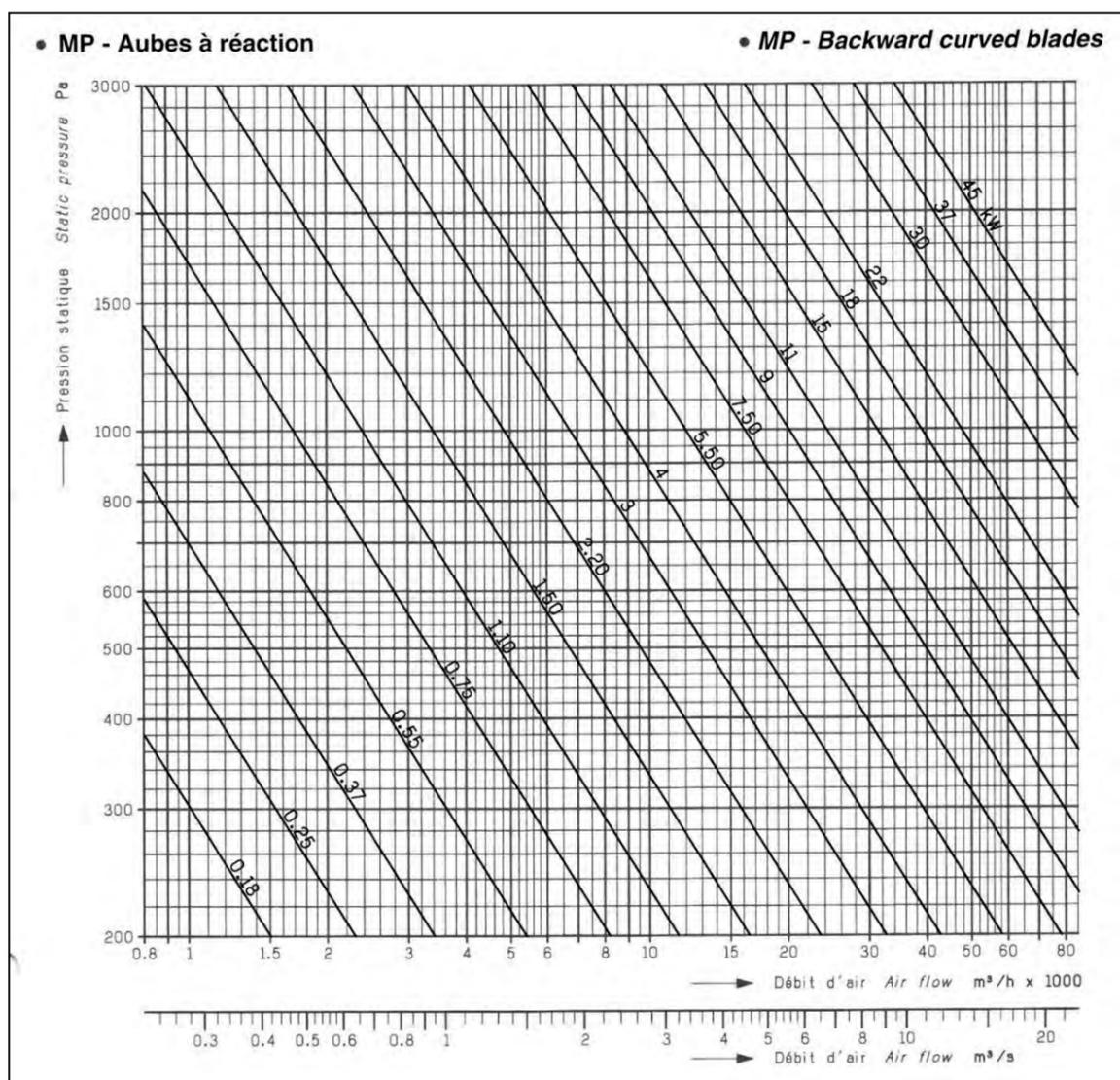
Compositions types (L : longueurs en mm et P : poids maxi en kg)

Typical arrangements (L : dimensions in mm and P : max. weight in kg)

• Conditionneurs avec séparateur standard / • Air conditioners with standard separator

Schéma / Drawing	Options N°	Description	Centrale AHU N°														
			25	50	75	100	150	200	250	300	375	450	600				
	5-2	F1	L	1930	2040	2150	2300	2410	2740	2850	2960						
	12	Batterie eau chaude / Heating coil	P	225	316	416	530	699	901	1101	1264						
	14	Batterie électrique / Electric heater	L	1970	2080	2190	2340	2450	2780	2890	3000	3680	3600	3580			
	17	Batterie eau froide / Cooling coil	P	250	351	466	590	779	1100	1221	1399	1851	2180	2360			
	26	Ventilateur BP / Fan LP	P														

Sélection des moteurs en kW		Motor selection in kW										
• BP - Aubes à action		• LP - Forward curved blades										
Centrale AHU		25	50	75	100	150	200	250	300	375	450	600
Débits d'air Air flow	m ³ / h	2 100	4 200	6 300	8 400	12 600	16 800	21 000	25 200	31 600	38 000	50 000
	m ³ / s	0,58	1,16	1,75	2,33	3,5	4,66	5,83	7,0	8,77	10,55	13,89
Pression statique Static pressure	200 Pa	0,37	0,75	1,1	1,5	2,2	3	3	4	5,5	7,5	9
	400 Pa	0,55	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	5,5	7,5	11	15
	600 Pa	0,75	1,5	2,2	3	5,5	5,5	7,5	7,5	11	15	18,5
	800 Pa	1,1	2,2	3	4	5,5	7,5	9	11	15	18,5	22



Choix du type de ventilateur

Aubes à action (BP)

Aubes à réaction (MP)

Le choix est déterminé suivant deux critères :

• **La stabilité des pertes de charge :**

Aussi bien fonction des éléments internes à la centrale, qu'éventuellement du réseau de distribution.

Pour toutes les installations stables, le ventilateur à aubes à action est tout à fait adapté, et, apporte ses propres qualités de fonctionnement (en particulier sa faible vitesse de rotation).

• **La résistance mécanique :**

Propre à la construction des ventilateurs : les aubes à réaction permettent des pressions totales importantes.

Fan type selection

Forward curved blades (LP)

Backward curved blades (MP)

Selection is determined by two criteria :

• **Pressure drop stability**

The internal functions of the AHU as well as the distribution network.

For all steady installations, fans with forward curved blades are well adapted and bring their operating qualities (low rotation speed in particular).

• **Mechanical resistance**

Significant in fan units construction, backward curved blades permit large total pressures.

Zones d'applications usuelles des ventilateurs

Aubes à action (BP) : jusqu'à 1 200 Pa

Aubes à réaction (MP) : jusqu'à 2 500 Pa

Normal fans pressure ranges

Forward curved blades (LP) : up to 1 200 Pa

Backward curved blades (MP) : up to 2 500 Pa

• **Présélection du moteur**

Totaliser les pertes de charge singulières de la centrale CLIMACIAT, ajouter la pression statique disponible nécessaire aux réseaux de prise d'air et de distribution, puis se reporter au tableau ou au graphique ci-contre.

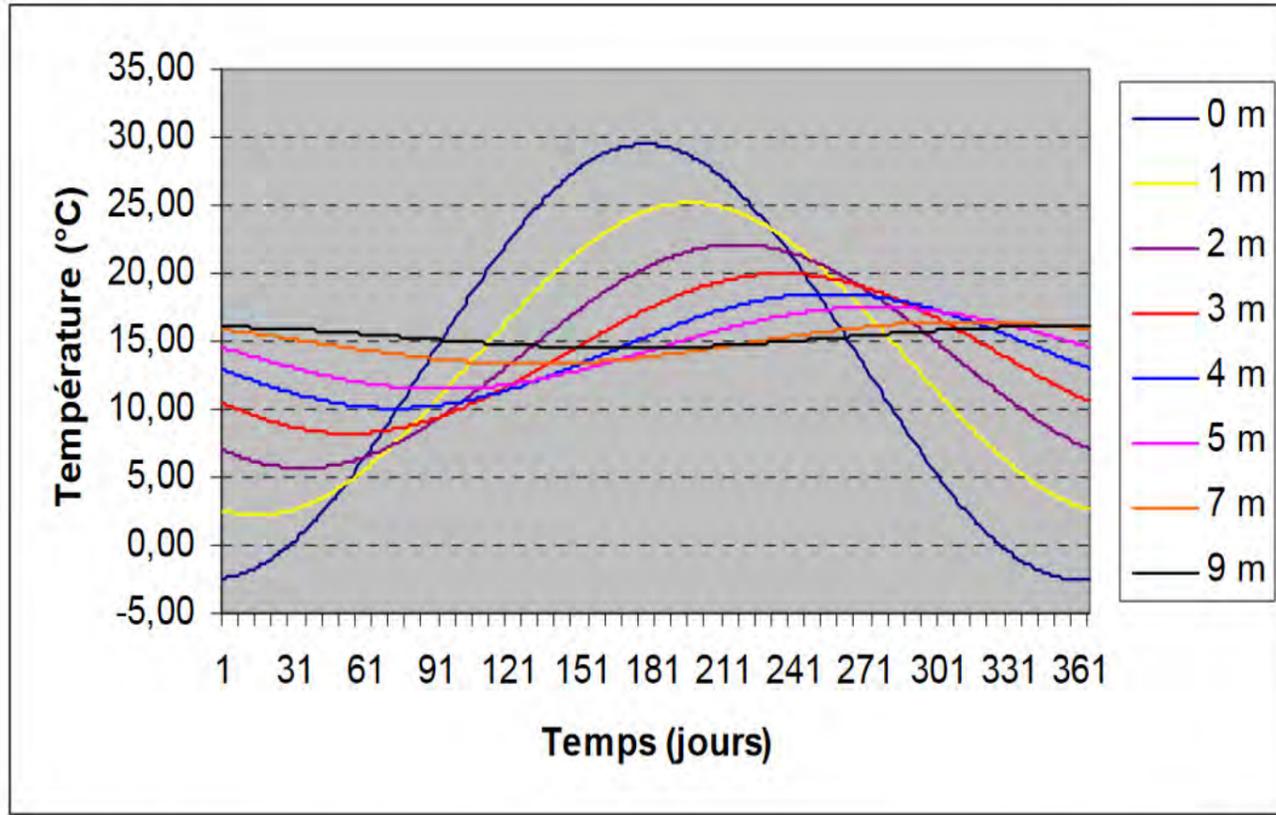
• **Motor quick selection**

Add the individual pressure drops of the CLIMACIAT AHU add the available static pressure necessary for the intake and distribution networks, then refer to the table or graph on the opposite page.

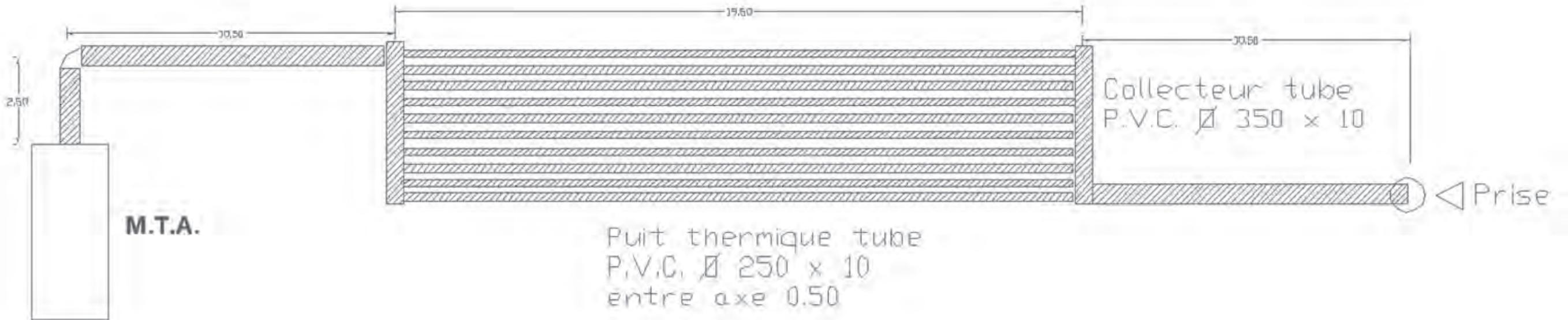
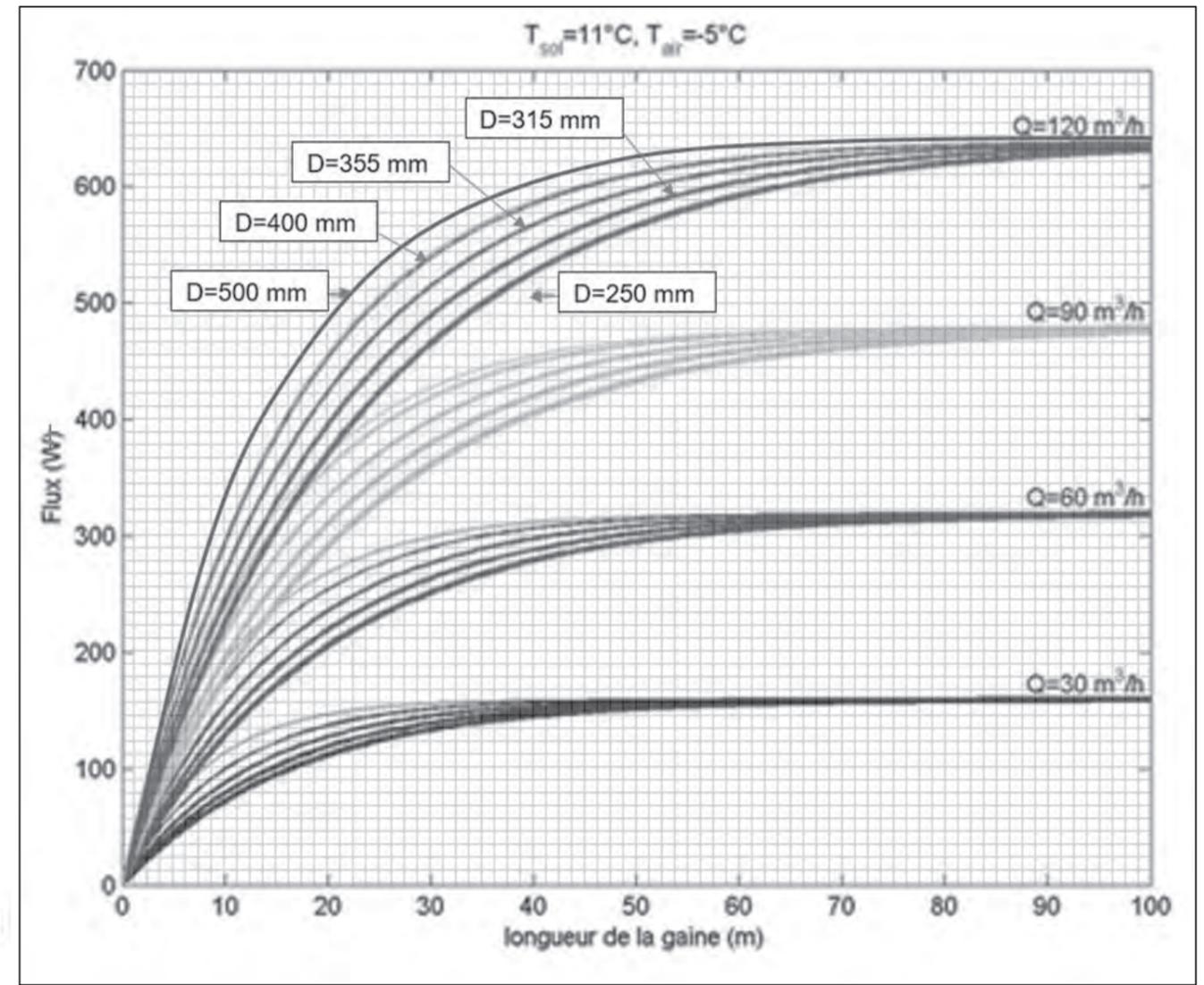
Tableau des pertes de charge moyennes des éléments en Pascal (3 vitesses d'air)

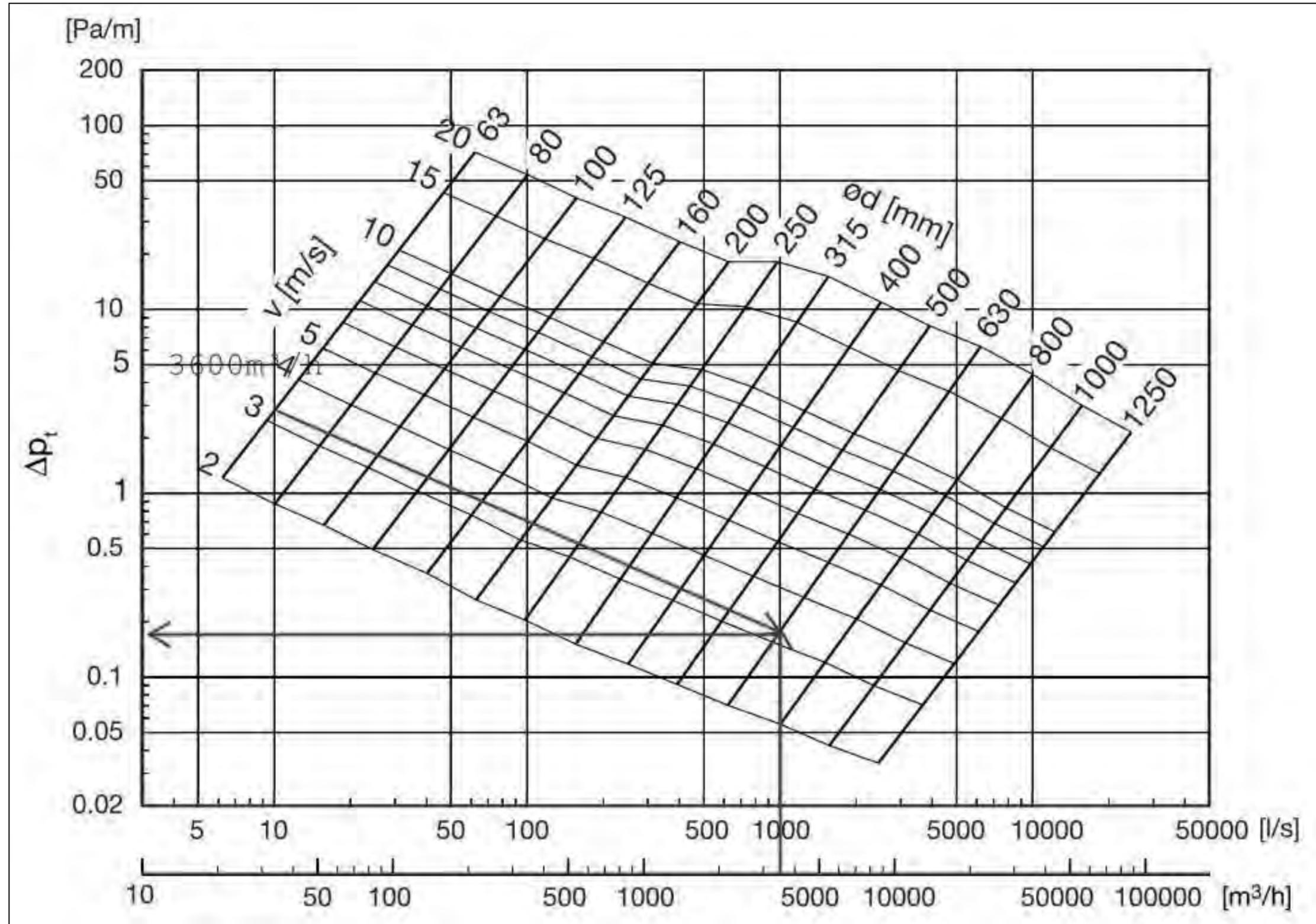
Table of average pressure drops of sections in Pascal (3 air face velocities)

Eléments Sections	Désignation Description	Vitesse de l'air en m / s Air velocity in m / s				
		2,5	3	4		
Prise d'air Air inlet	Prise d'air unique Single air inlet					
	Mélange Mixing	24	34	61		
	Mélange économiseur Economizer mixing					
Filtration (filtres encrassés) Filtration (dirty filters)	F 1	60	80	110		
	F 2	150	220	260		
	HEP	300	-	-		
	HPSL	150	180	200		
	Absolu Absolute	400	400	400		
Chauffage Heating	Eau Water	1 rang 1 row	18	25	40	
		2 rangs 2 rows	43	57	93	
		3 rangs 3 rows	54	73	119	
		4 rangs 4 rows	74	99	162	
	Electrique Electric	Eléments blindés Electric shielded elements		15	25	35
Réfrigération Cooling	Eau Water	1 rang 1 row	26	35	57	
		2 rangs 2 rows	62	84	136	
		3 rangs 3 rows	80	108	175	
		4 rangs 4 rows	109	147	239	
		6 rangs 6 rows	165	228	370	
		8 rangs 8 rows	215	300	460	
Séparateur Separator	Standard Standard	20	29	-		
	Haute vitesse High speed	36	57	110		
Humidification Humidifier	HM 60 HM 60	23	33	168		
	HM 85 HM 85	44	64	221		
Récupération Heat recovery	Récupérateur Recuperator	A plaques Plate	155	199	298	
		Caloduc à 4 rangs 4 rows heat pipe	125	169	275	
		Rotatif Heat wheel	160	200	320	
Silencieux Sound attenuator	500, 900, 1200 ou 1500	500, 900, 1200 or 1500	21	28	47	



Représentation du comportement d'un signal de température sinusoïdal dans le sol (amortissement et déphasage) en fonction de la profondeur





DT16 Extrait de données climatiques de Cal-Sol de l'INES

Relevés des données solaires à Alès : latitude 44.13° N longitude 4.08° E altitude 70 mètres

Données solaires et climatiques moyennes au 15 du mois, par jour ○ ou cumulés ●

Sources

-	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Déclinaison (°)	-21	-12.7	-2.4	9.6	18.8	23.4	21.2	13.2	1.8	-10.1	-19.2	-23.4	0.0
Durée du jour (h)	9.12	10.33	11.7	13.24	14.55	15.27	14.93	13.74	12.23	10.69	9.39	8.73	12.0
Frac Sol	0.49	0.53	0.53	0.59	0.58	0.67	0.78	0.71	0.61	0.6	0.5	0.51	0.61
Insolation (h)	138	153	192	234	262	307	361	302	224	199	141	138	2652
Cte solaire (kW/m ²)	1.412	1.401	1.383	1.359	1.337	1.324	1.322	1.333	1.353	1.377	1.397	1.41	1.367
IGO (kWh/m ²)	110	144	221	281	339	349	349	306	234	173	116	96	2717
IGH (kWh/m ²)	54	75	119	157	180	212	238	187	139	91	59	43	1553
Clareté KT	0.49	0.52	0.54	0.56	0.53	0.61	0.68	0.61	0.6	0.52	0.51	0.45	0.57
Rap IDH/IGH	0.51	0.48	0.46	0.43	0.46	0.37	0.28	0.37	0.39	0.47	0.49	0.56	0.41

Déclinaison solaire : Valeur calculée. Angle formé par la droite reliant la terre au soleil et le plan équatorial (positif vers le nord). La déclinaison est égale à zéro aux équinoxes et varie de + 23,45° (21 juin) à - 23,45° (21 décembre). Pour une démonstration, voir le site suivant, <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Soleil/Mouvement/Declinaison.html>

Durée du jour : Valeur calculée. Intervalle de temps qui sépare le lever du coucher du Soleil pendant lequel les rayons du Soleil éclairent le ciel. Le lever, le coucher et la durée dépendent de l'époque de l'année et de la latitude.

Fraction Solaire : Valeur donnée. Rapport entre la durée d'ensoleillement et la durée du jour. La durée d'ensoleillement est mesurée par un héliographe avec un seuil de 120 watts par mètre carré sur l'intensité du rayonnement lumineux.

Insolation : Valeur calculée. La durée d'insolation désigne la somme des intervalles de temps durant lesquels un objet fixe est soumis au rayonnement solaire direct, c'est à dire par la présence d'ombres portées nettement dessinées. On considère alors que la production de telles ombres est possible lorsque l'éclairement par le Soleil a une valeur au moins égale à 120 watts par mètre carré, ce qui permet de déterminer à chaque instant s'il y a ou non insolation.

Constante solaire I0 : Valeur calculée. Cette constante est l'irradiance ou encore le flux d'énergie lumineuse issu du soleil. La variation de cette valeur est fonction de la distance terre soleil provenant de l'excentricité de l'orbite de la terre.

Irradiation solaire extra terrestre IGO : Valeur calculée. C'est l'énergie lumineuse reçue du soleil à la surface de la terre sans atmosphère, durant une journée (ou un mois). Cette valeur est calculée en fonction de la constante solaire, de la latitude du lieu considéré et de la date choisie.

Irradiation Global Horizontal IGH : Valeur donnée. C'est l'énergie lumineuse réelle reçue du soleil à la surface de la terre, durant une journée (ou un mois) en tenant compte des phénomènes météorologiques. Cette valeur peut être mesurée ou estimée à partir de la fraction solaire

Indice de Clareté KT : Valeur calculée. L'indice de clareté est le rapport entre l'Irradiation Global Horizontal (IGH) et l'Irradiation solaire extra terrestre (IGO). C'est l'équivalent de la fraction solaire mais en énergie plutôt qu'en heure d'ensoleillement.

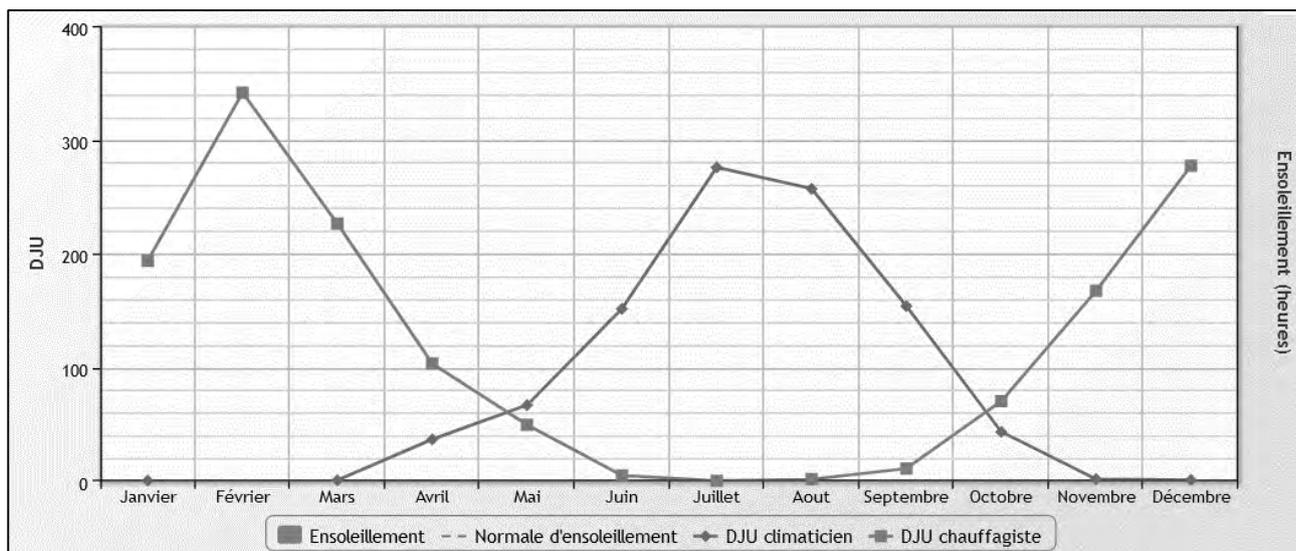
Rapport IDH/IGH : Valeur calculée. Ce rapport est estimée à partir de l'indice de clareté KT et permet de déterminer l'irradiation diffuse Horizontale, notée IDH, et l'irradiation Directe Horizontale, notée IBH, sachant que $IGH = IDH + IBH$, nécessaire pour calculer l'irradiation solaire suivant une inclinaison et une orientation déterminées.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 41 sur 46

Tournez la page S.V.P.

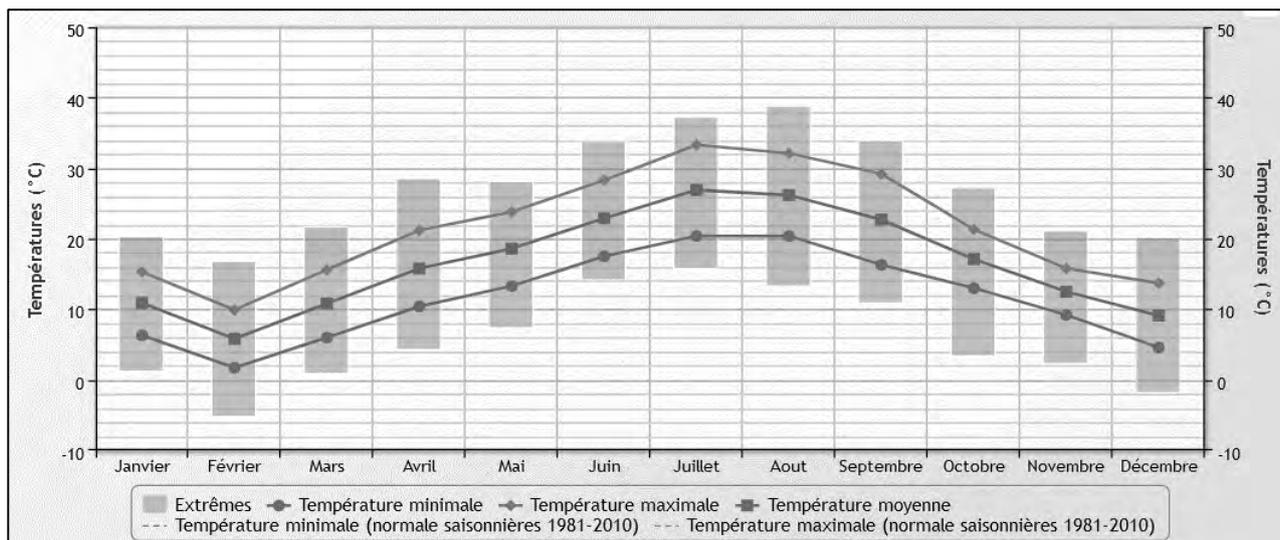
DT16 Extrait de données climatiques de Cal-Sol de l'INES

Relevés des degrés jours annuels à Alès :



Relevés de températures annuelles à Alès :

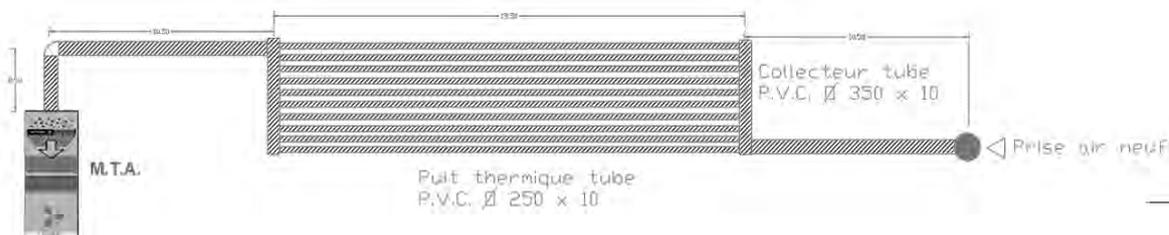
	janv. 2018	fév. 2018	mars 2018	avr. 2018	mai 2018	juin 2018	juil. 2018	août 2018	sept. 2018	oct. 2018	nov. 2018	dec. 2018	Année complète
Tempé. maxi extrême	20,3 le 3	16,8 le 15	21,7 le 25	28,5 le 24	28,1 le 27	33,8 le 27	37,2 le 31	38,8 le 4	33,9 le 20	27,2 le 4	21,1 le 13	20,2 le 5	38,8 le 2018
Tempé. maxi moyennes	15,3	9,9	15,6	21,2	23,8	28,3	33,3	32,1	29,2	21,3	15,8	13,7	21,6
Tempé. moy moyennes	10,9	5,8	10,8	15,8	18,6	22,9	26,9	26,2	22,7	17,1	12,5	9,1	16,6
Tempé. mini moyennes	6,3	1,7	6,0	10,4	13,3	17,5	20,4	20,4	16,3	13,0	9,2	4,6	11,6
Tempé. mini extrême	1,2 le 18	-5,2 le 27	0,9 le 8	4,3 le 2	7,4 le 13	14,2 le 1	15,8 le 1	13,3 le 25	10,9 le 27	3,4 le 30	2,3 le 25	-1,8 le 15	-5,2 le 2018
Tempé. maxi minimale	9,9	2,4 le 27	7,9 le 1	10,2 le 12	14,6 le 13	23,1 le 11	27,9 le 16	24,1 le 25	24,7 le 26	9,8 le 23	8,1 le 19	6,0 le 13	2,4 le 2018
Tempé. mini maximale	12,6 le 7	8,7 le 17	13,1 le 11	14,9 le 23	17,6 le 20	21,5 le 20	23,4 le 25	26,3 le 5	20,6 le 14	17,1 le 14	17,2 le 12	11,1 le 4	26,3 le 2018
DJU (chauffagiste)	193.7	341.3	226.3	103.3	49.5	4.9	0.3	1.8	11.2	70.3	167.2	277.2	1447 Moy: 121
DJU (climaticien)	0.6		1	36.8	66.8	151.5	275.7	257	153.8	43.3	1.9	1.1	989.5 Moy: 90



DT17 Extrait de série de prix BATI PRIX

Désignation tâches	Unités	Prix unitaire Fourniture	Temps unitaire	Observations
Terrassement mécanique de masse et évacuation	m ³	75.00 €	150 m ³ / h	Pelle mécanique et transport décharge
Réglage de fond de fouille plateforme horizontale	m ²	25.00 €	150 m ² / h	Nivellement
Fourniture et mise en forme sable stabilisé couche de 10 cm	m ²	15.00 €	150 m ² / h	Plateforme pour pose canalisation
Fourniture et pose de canalisation 250 mm	ml	96.00 €	0.5 m/h	Pose et raccordement
Fourniture et pose de canalisation 350 mm	ml	105.00 €	0.5 m/h	Pose et raccordement
Prise d'air extérieure 350 mm	unité	750.00 €	2 h	Raccordement et blocage béton
Remblaiement de masse et compactage	m ³	105.00 €	80 m ² / h	Sable stabilisé couche de 20 cm
Raccordement M.T.A. (module de traitement d'air)	ensemble	1800 €	4 h	Étanchéité liaison
Démolition dallage et évacuation gravats	m ²	95.00 €	100 m ³ / h	Brise béton
Réalisation dallage plancher chauffant	m ²	450 €	50 m ² / h	Préparation/coulage

DT18 Dimension de réalisation terrassement du puits thermique



Détail terrassement moyen pour un puits thermique :

Terrassement de masse plateforme 25 m x 5 m x 1 m.

Terrassement en tranchées 25 m x 0.5m x 1 m.

Plateforme stabilisée pour pose tuyaux puis thermique : 40 m x 20 m.

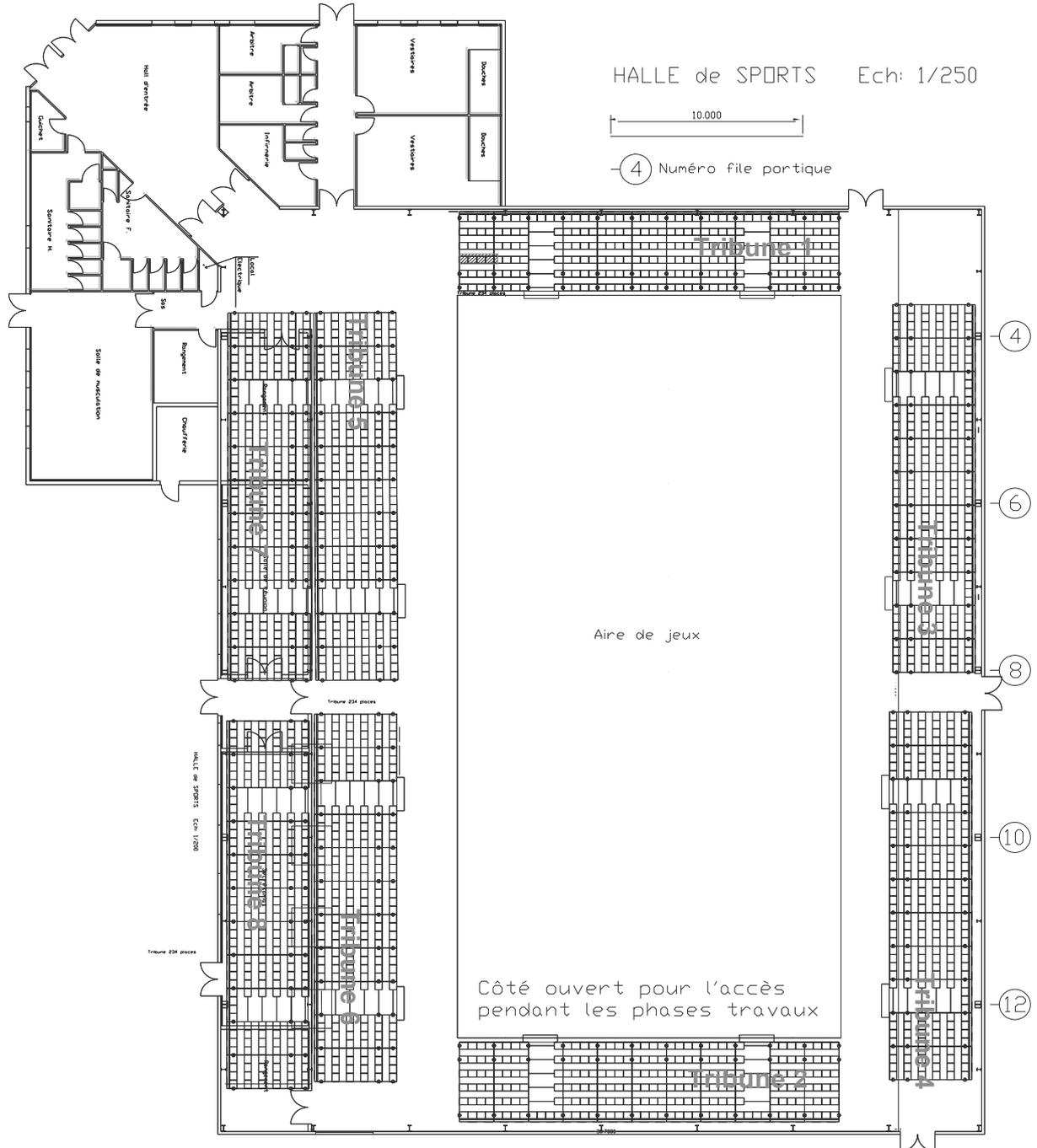
Remblaiement de masse en sol stabilisé et compactage par couche de 20 cm d'épaisseur.

Agrégation SII - option ingénierie des constructions		Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :	Page 43 sur 46

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR1 Halle de sports plan

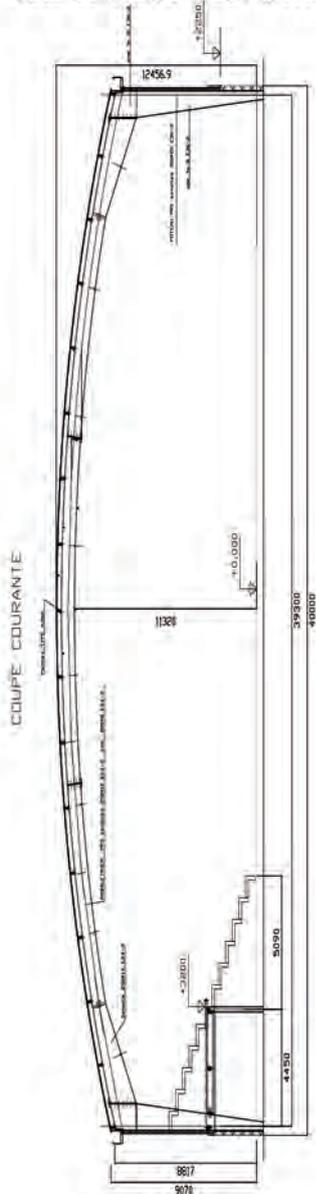
DR01 Vue en plan Gymnase



DR2 Halle de sports coupe

DR02 Coupe Courante Gymnase

HALLE de SPORTS Ech: 1/200



Agrégation SII - option ingénierie des constructions

Session : 2022

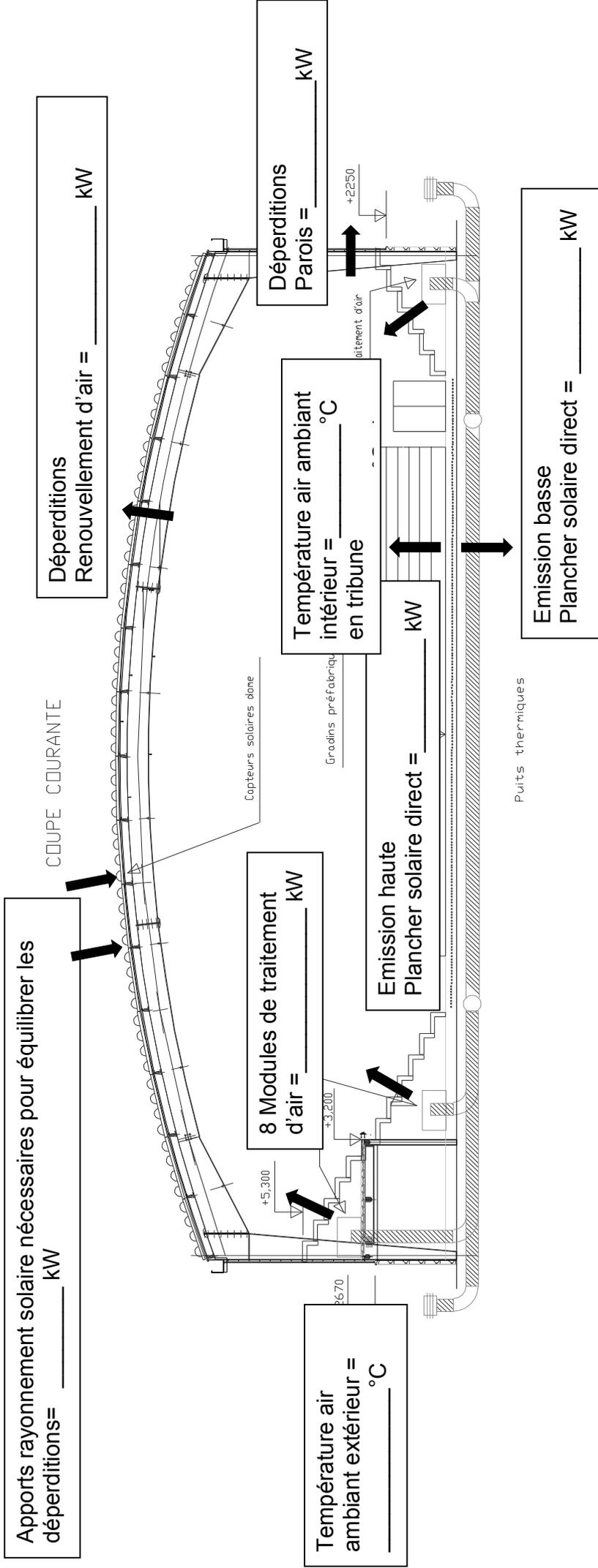
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation

Code :

Page 45 sur 46

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR3 bilan thermique Halle de sports



Agrégation SII - option ingénierie des constructions	Session : 2022
Étude d'un système, d'un procédé et d'une organisation	Code :
	Page 46 sur 46

