

SESSION 2020

CAPLP
CONCOURS EXTERNE

Section : GÉNIE CIVIL

Option : CONSTRUCTION ET ÉCONOMIE

ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout 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.

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 externe du CAPLP de l'enseignement public :

- **option construction et économie :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	3010J	101	7397

Ce dossier comporte les documents suivants :

DOSSIER PRESENTATION

DP1	Présentation du dossier	page 2
DP2	Plans de l'architecte - Vue en plan du RdC	page 3
DP3.1	Plans de l'architecte - Coupe B & Coupe C	page 4
DP3.2	Plans de l'architecte - Coupe A & Façade Est	page 5
DP4.1	Extraits CCTP - Lot Couverture Etanchéité	page 6
DP4.2	Extraits CCTP - Lot VRD	page 6

DOSSIER ETUDES

Etude n°1	: Evacuation des eaux	page 7
Etude n°2	: Mur de soutènement	pages 8,9
Etude n°3	: Etude de la toiture du bâtiment	page 10

DOCUMENTS TECHNIQUES

DT1	Extraits du DTU 43.3 P1-1 (toitures en tôle d'acier nervurées)	page 11
DT2	Plan du mur de soutènement	page 12
DT3	Treillis soudés	page 12
DT4	Combinaisons de charges	page 13
DT5	Matériaux utilisés en toiture	page 14
DT6	Extraits DTA du complexe étanchéité	page 15
DT7	Attelage de fixation admis pour le revêtement d'étanchéité	page 16
DT8	Résistances thermiques superficielles d'une paroi	page 16
DT9	Isolant Rockacier B Nu Energy	page 16
DT10	Données pour l'étude de prix	page 17

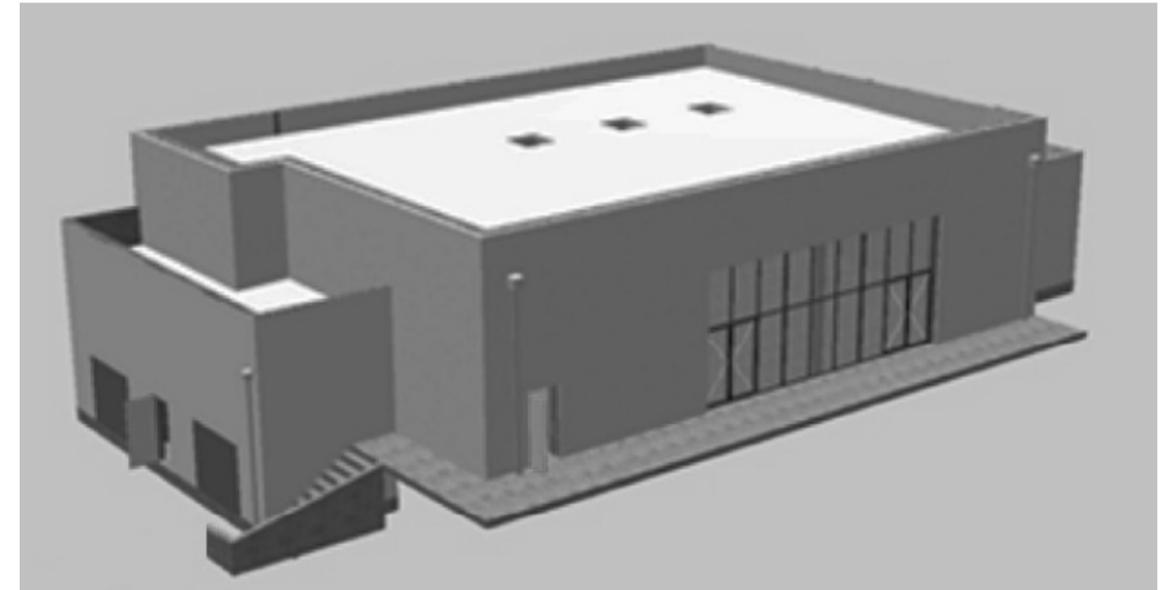
DOCUMENTS REPONSES

DR1	Toiture Terrasse - Evacuation des eaux pluviales	page 18
DR2	Plan des réseaux EU et EP	page 19
DR3	Profil en long entre R1 et R2	page 20
DR4	Répartition de la poussée sur AB	page 21
DR5	Actions sur le mur isolé	page 21
DR6	Pondérations des charges	page 22
DR7	Toiture Terrasse - Calepinage 1ère couche d'étanchéité	page 23
DR8	Besoins en matériaux pour l'ouvrage élémentaire	page 24

Etude 1	6 points
Etude 2	6 points
Etude 3	8 points

Les 3 études doivent être traitées sur des copies indépendantes

Le projet support de l'épreuve porte sur la construction d'un foyer sportif.



Le bâtiment comporte 3 zones :

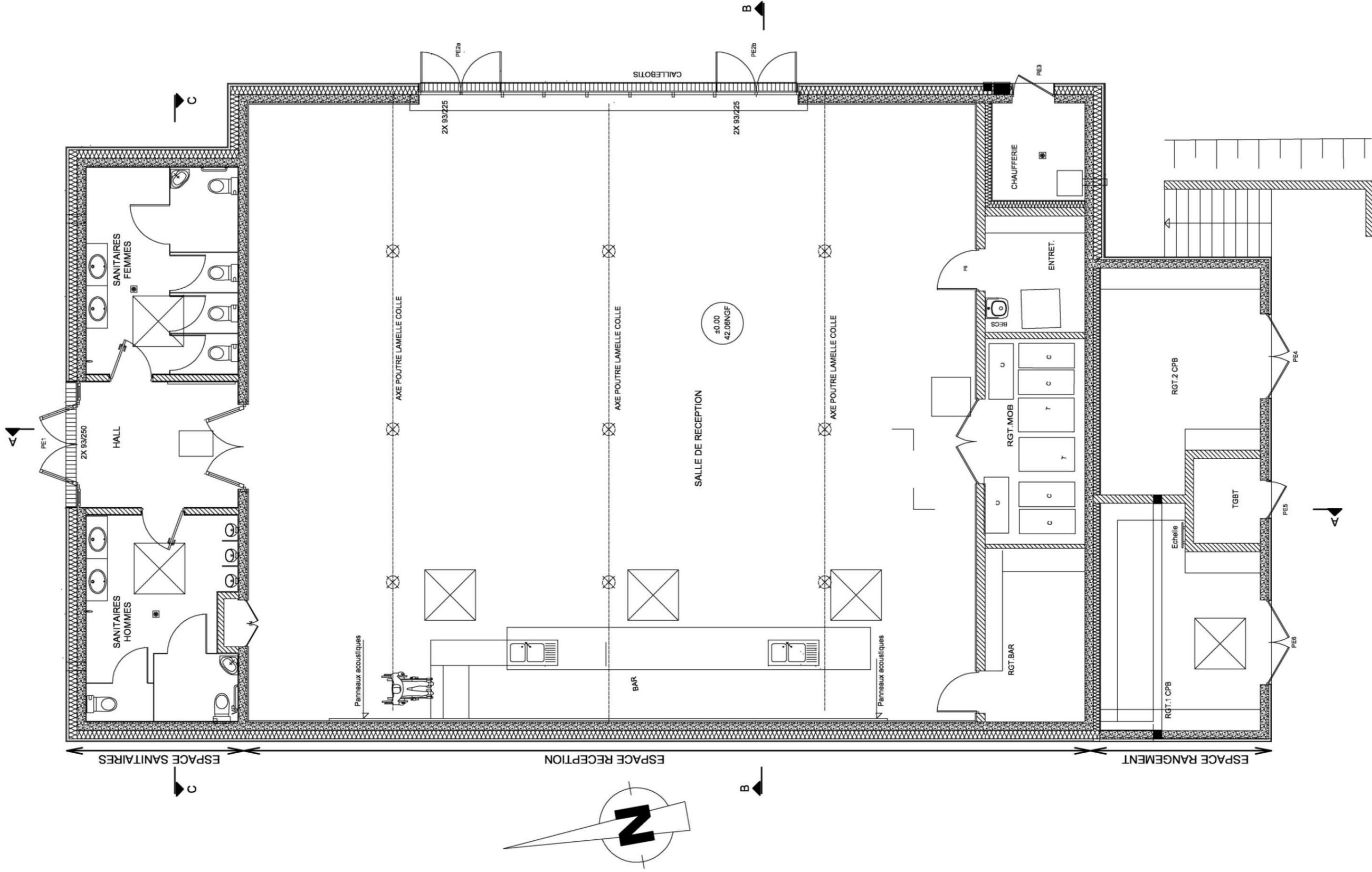
- au sud, un espace rangement situé en contrebas et partiellement surmonté d'un local VMC,
- au centre, un espace réception comprenant une salle de réception bordée de zones de rangement et de locaux techniques,
- au nord, la zone des sanitaires et le hall d'entrée.

La structure porteuse en béton armé supporte une charpente en bois lamellé-collé sur laquelle reposent des bacs acier. Les voiles extérieurs des zones centrale et sud sont recouverts d'un bardage en acier prélaqué.

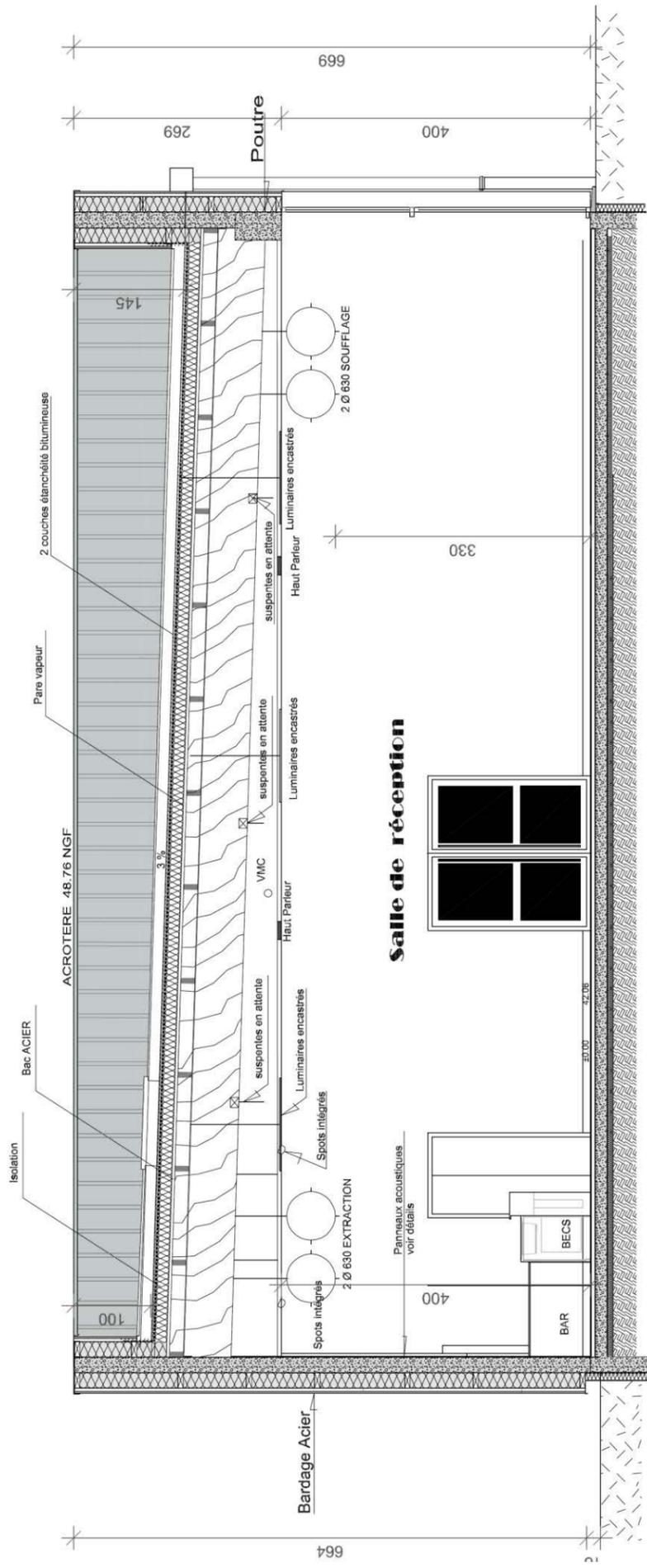
Les différentes études à mener portent sur les points particuliers suivants :

- ✓ L'évacuation des eaux,
- ✓ Le mur de soutènement bordant l'escalier extérieur,
- ✓ La toiture terrasse.

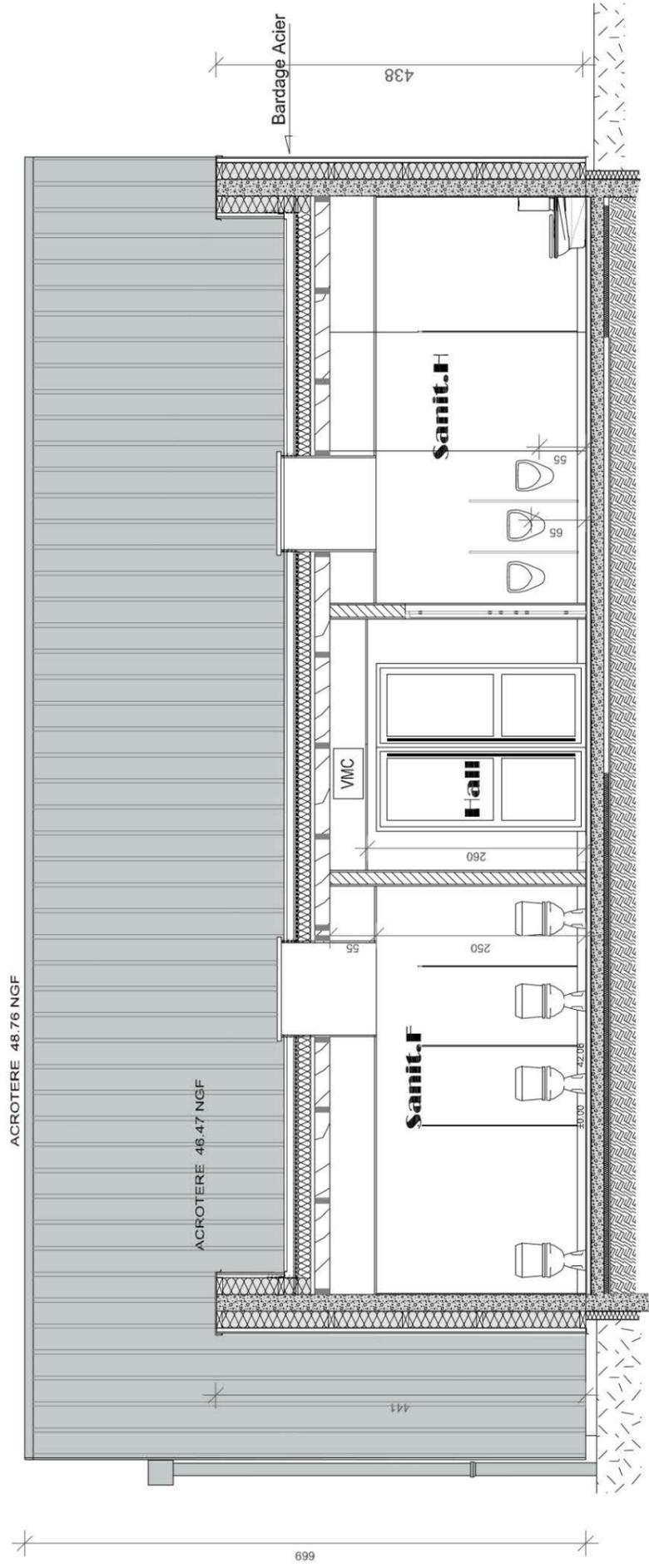
DP2 - Plans de l'architecte - Vue en plan du RdC



DP 3.1 - Plans de l'architecte - Coupe B & Coupe C

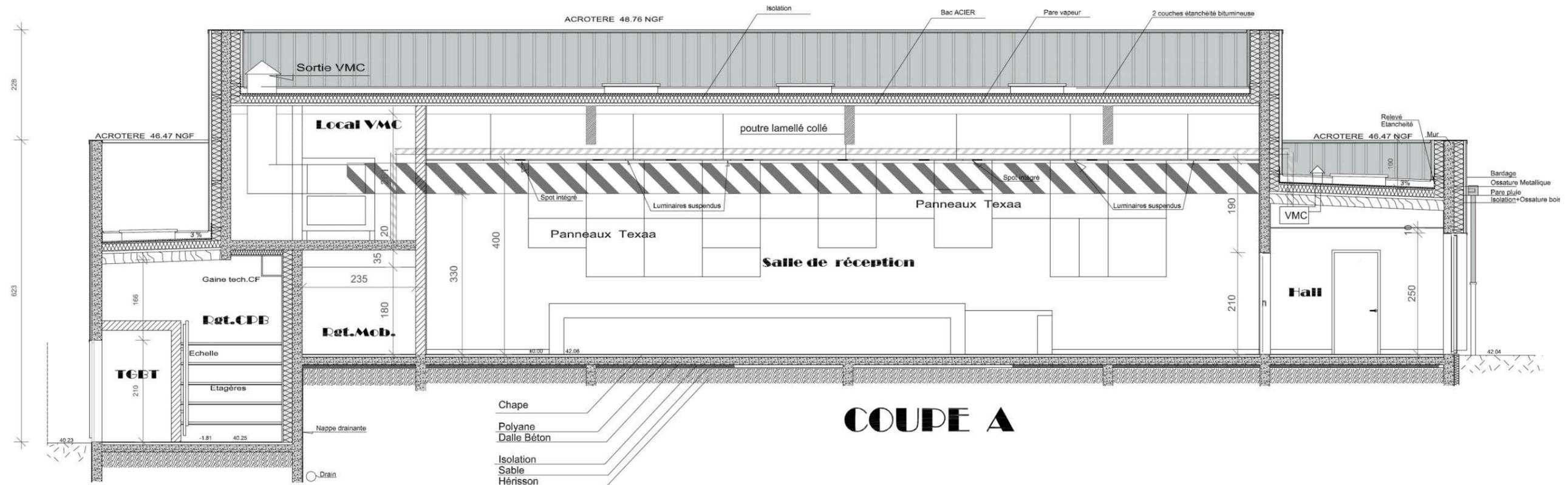


COUPE B

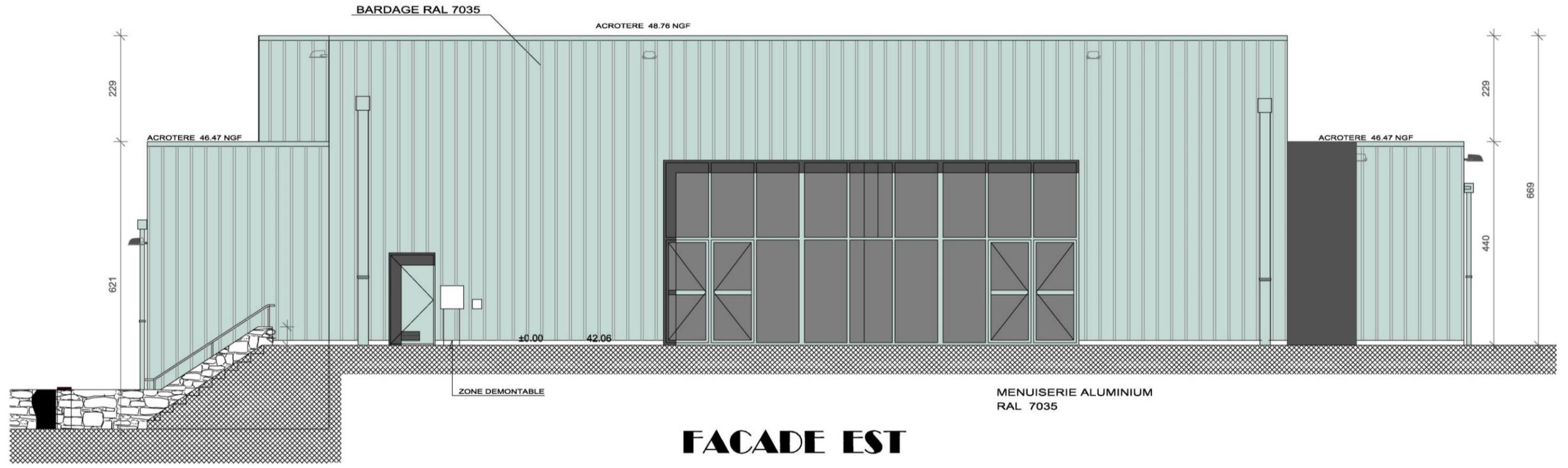


COUPE C

DP3.2 - Plans de l'architecte - Coupe A & Façade Est



COUPE A



FACADE EST

DP 4.1 - Extraits CCTP - Lot Couverture Etanchéité

2.1 Étanchéité sur bac acier

2.1.1 Étanchéité horizontale

Supports :

Bacs en tôle d'acier galvanisé nervurée type HACIERCO 40 S, réf. 4.250.40.S HAIRONVILLE ou équivalent avec sous face traitée anti condensation.

Épaisseur des bacs à déterminer par l'entreprise en fonction des portées et des charges (exploitation et climatique). Entraxe des pannes : 1.20 m (voir lot Charpente)

Fixation par tire-fonds sur pannes bois ou vis auto-taraudeuse suivant les cas (voir lot charpente).

Pente : 3 %

Étanchéité en semi-indépendance avec auto-protection, SIPLAST ou équivalent, comprenant :

- Un pare vapeur adhésif type ADEVAPO ou équivalent
- Une isolation thermique par panneaux de laine minérale non surfacés, épaisseur 160 mm, (avec avis technique visant une telle utilisation),
- Une première couche d'étanchéité en bitume élastomère SBS type PARADIENE FM ou équivalent fixé mécaniquement + joints soudés.
- Une seconde couche d'étanchéité PARACIER G soudé ou équivalent.

Classement FIT du système : voir tableau du Cahier du CSTB 2358 dans les prescriptions spéciales.

Classement Incendie : T 30/2 (B ROOF t3)

Localisation : L'ensemble des toitures terrasses du bâtiment

2.4 Ouvrages divers

2.4.2 Lanterneaux

Lanterneau d'aération et d'éclairage zénithal. L'ensemble du matériel devra être NF.

Lanterneau de coefficient de transmission thermique $U_{rc} < 2.2 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$

- Cadre en PVC à rupture de pont thermique.
- Coupole en polycarbonate alvéolaire à multiples parois translucides
- Costière métallique galvanisée double paroi isolée thermiquement.
- Relevé d'étanchéité sur la totalité des parois de la costière munie en sa partie supérieure d'un profil de recouvrement.
- Commande par ouverture manuelle
- Bruits de pluie Lia < 64dB ; Isolement aux bruits aériens $R_w > 28 \text{ dB}$
- Réaction au feu Bs1-d0

Dimensions : 120 x 120 cm.

Localisation : Sanitaires H&F
Salle de réception

DP 4.2 - Extraits CCTP - Lot VRD

10.3 - Réseaux EU et EP

10.3.1 - Canalisations EU et EP

Elles seront exécutées en PVC compact (série 13500), à emboîtement collé sous bâtiment et à emboîtement non collé sous enrobé et dallage extérieur en béton balayé, assurant une parfaite étanchéité. Elles seront posées sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur. Il sera exécuté ensuite un enrobage et calage jusqu'à 15 cm au-dessus de la génératrice supérieure. Ce remblai directement en contact avec la canalisation doit être constitué de sable et compacté sur les parties latérales de la tranchée.

Le remblaiement complémentaire de la tranchée sera effectué avec le produit d'extraction de fouille expurgé de tout élément supérieur à 100 mm, débris végétaux et animaux.

Ce remblaiement sera exécuté par couches successives d'épaisseur maximale 30 cm compactées l'une après l'autre. Remblai en tout venant sous la partie en béton balayé.

...

Les canalisations seront posées avec une pente minimum de 20 mm par mètre, sauf impossibilité. Dans ce cas, l'accord des Bâtiments Communaux devra être obtenu.

...

10.3.2 - Regards

Les regards EU et EP seront mis en œuvre aux emplacements indiqués sur les plans et coulés en place ou en béton préfabriqué, type Sabla ou équivalent. Ils comprendront :

- un radier de béton de ciment, d'épaisseur 10 cm
- une dalle de couverture en fonte ductile
- des échelons scellés en fer rond, diamètre 30 mm pour les regards de plus de 1 m de profondeur
- ...

La mise à niveau des regards se fera en fin de chantier.

Les dimensions des regards devront être conformes aux règlements d'hygiène :

- 40 x 40 jusqu'à 0,60 m de profondeur
- 60 x 60 de 0,60 à 1,00 m de profondeur
- 80 x 80 au-delà de 1,00 m de profondeur

Etude n°1 : Evacuation des eaux

L'étude porte sur l'évacuation des eaux pluviales (EP) et des eaux usées (EU) du futur foyer sportif.

1.1. On s'intéresse tout d'abord aux entrées d'eaux pluviales (EEP) au niveau de la toiture terrasse (voir **DR1**). Ces évacuations sont constituées d'un déversoir relié à une boîte à eau connectée à une descente d'EP comme le montrent les détails ci-contre.

1.1.1. A l'aide de la perspective du bâtiment du **DP1** et du **DP3.2**, repérer sur le **DR1**, (par des couleurs ou des hachures différentes), les surfaces collectées par chacune des Entrées d'Eaux Pluviales (EEP), en prenant en compte les couvertines. Calculer ensuite les surfaces collectées par les EEP1 et EEP4.

1.1.2. Les surfaces collectées par les entrées d'eaux pluviales EEP3 et EEP6 ont été grossièrement estimées et valent respectivement 165 m² et 15 m².

A l'aide du **DT1** et des informations fournies sur le **DR1**, déterminer les dimensions minimales (en cm) des orifices d'évacuation des déversoirs pour ces deux EEP.

1.2. Sur le **DR2**, repérer dans des couleurs différentes le réseau d'eaux pluviales (EP) et celui d'eaux usées (EU). Préciser le code couleur utilisé.

Sur chaque portion de réseau, indiquer par une flèche le sens d'écoulement.

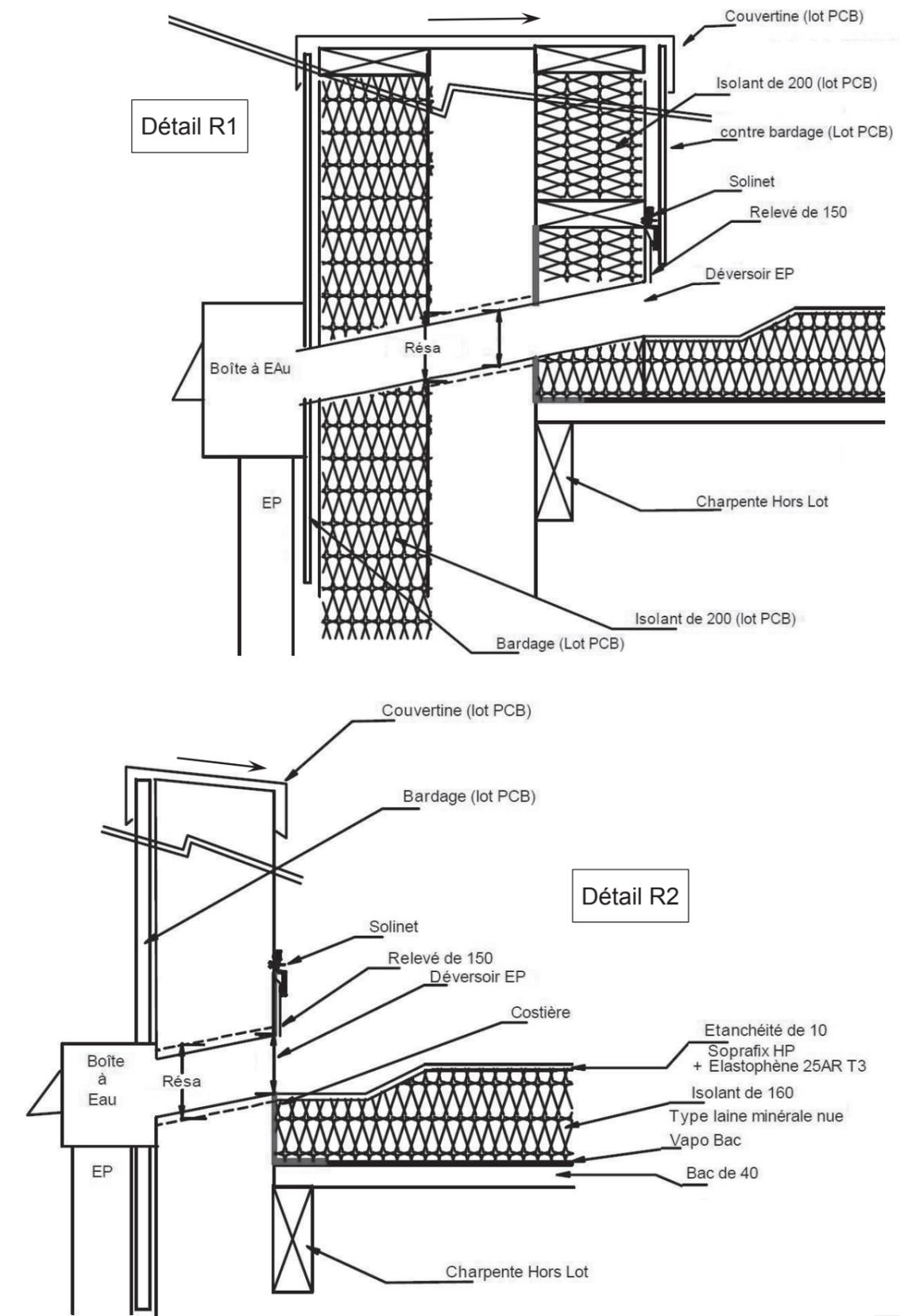
Nota : on rappelle que le Fil d'Eau (FE) est le point bas intérieur d'une canalisation ou d'un regard.

1.3. L'entraxe des regards R1 et R2 situés au nord du foyer sportif est de 18 m. La canalisation EP a un diamètre de 300 mm.

A l'aide des informations fournies sur le **DR2** et le **DP4.2**, compléter le profil en long de cette partie de réseau sur le **DR3** en justifiant les éventuels calculs.

Nota : il s'agit de représenter les regards, la canalisation, la constitution cotée de la tranchée entre R1 et R2 et de compléter le tableau.

Détails des évacuations des eaux pluviales en toitures terrasses (EEP)



Etude n°2 : Mur de soutènement

L'étude porte sur le mur de soutènement bordant l'escalier extérieur et présenté sur le document **DR4**.

Données complémentaires :

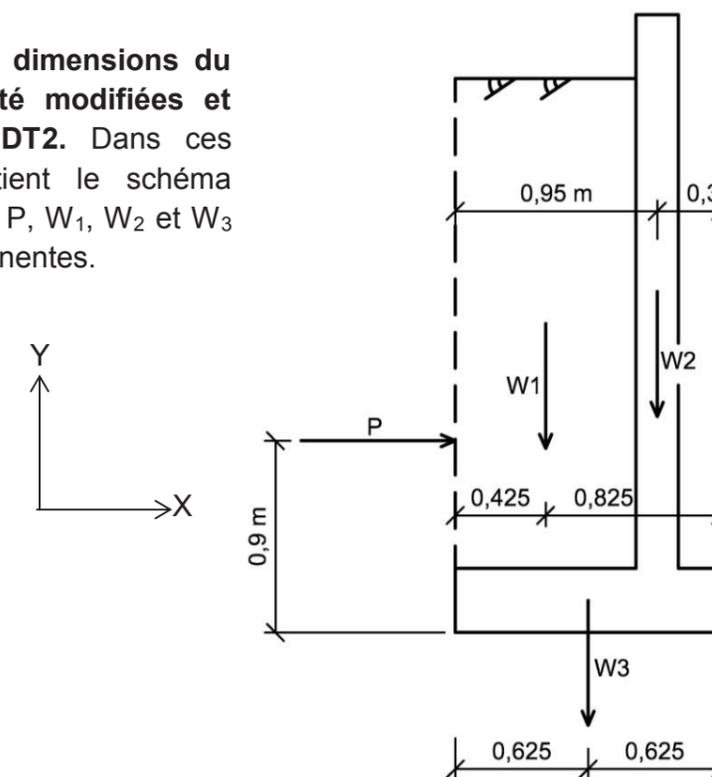
- L'étude porte sur 1 mètre de longueur de mur.
- Caractéristiques du sol :
 - Non saturé (en eau)
 - Poids volumique: $\gamma_{sol} = 23 \text{ kN / m}^3$
 - Cohésion (sol pulvérulent): $C' = 0$
 - Angle de frottement interne : $\varphi' = 35^\circ$
 - Contrainte de calcul : $q_d = 0.2 \text{ MPa}$
- On applique la méthode de Rankine pour le calcul de la poussée et on rappelle qu'au voisinage d'une paroi, la poussée sur l'écran vaut $\sigma_h = K_a \sigma_v$.
avec $K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi'/2)$ et σ_v , pression due au poids de la colonne de sol
- On ne tient compte ni de la butée, ni du poids des terres sur l'avant de la semelle, ni du poids de l'escalier.
- On suppose que la poussée des terres s'applique sur un plan vertical qui passe par l'arrière du talon de la semelle.
- Caractéristiques du béton :
 - Poids volumique du béton armé $\gamma_{BA} = 25 \text{ kN / m}^3$
 - béton C30/37 ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)
- Acier B500B ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

2.1. Sur le document **DR4**, déterminer le diagramme de répartition de poussée des terres le long de l'écran AB. Le détail des calculs sera fourni sur le **DR4**.

2.2. La résultante de la poussée P vaut 18kN et est placée à 0,8 m au-dessus de B.
En vue d'étudier la stabilité externe au renversement, à partir de la géométrie définie sur le document **DR4**, compléter le schéma du mur isolé du **DR5**. Il s'agit de calculer et de positionner correctement toutes les forces intervenant dans cette stabilité. Le détail des calculs sera fourni sur le **DR5**.

NB : la réaction du sol n'intervient pas dans la stabilité externe au renversement.

Pour la suite de l'étude, les dimensions du mur de soutènement ont été modifiées et figurent sur le document **DT2**. Dans ces nouvelles conditions, on obtient le schéma mécanique ci-contre sur lequel P, W₁, W₂ et W₃ représentent des actions permanentes.



2.3. On veut déterminer les pondérations des charges à envisager pour vérifier :

- la stabilité externe du mur au renversement (EQU),
- la résistance à la portance (GEO),
- la résistance au glissement (GEO).

A l'aide du **DT4**, compléter le **DR6** pour chaque vérification.

2.4. Les charges pondérées valent : P=23 kN W₁=40 kN W₂=12 kN et W₃= 8 kN

Déterminer la position du point C de basculement du mur puis vérifier la stabilité externe au renversement à l'aide du **DT4**.

2.5. Pour la vérification du critère de résistance à la portance, les charges pondérées valent

$$W_1=61 \text{ kN} \quad W_2=18 \text{ kN} \quad \text{et} \quad W_3=12 \text{ kN}$$

2.5.1. Montrer par le calcul que la résultante Vd se situe à 0,07m à gauche du centre de gravité G de la semelle.

Pour cela, écrire que le moment de la résultante est égal à la somme des moments des forces verticales.

2.5.2. A l'aide du **DT4** (et notamment du modèle de Meyerhof), déterminer si le critère de résistance à la portance est vérifié.

2.6. Pour la vérification du critère de résistance au glissement, les charges pondérées valent

$$P=29 \text{ kN} \quad W_1=45 \text{ kN} \quad W_2=13 \text{ kN} \quad \text{et} \quad W_3=9 \text{ kN}$$

A l'aide du **DT4**, déterminer si ce critère de résistance est vérifié.

2.7. On s'intéresse aux armatures du mur de soutènement.

2.7.1. Un calcul a permis de déterminer la section d'**armatures principales** à placer dans le voile au niveau de l'**encastrement** : $A_s = 3,3 \text{ cm}^2$ (pour 1m de mur).
Vérifier si cette section est suffisante sachant que :

$$A_{s,\min} = \max \left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d ; 0,0013 b_w d \right] \quad \text{et} \quad f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} \quad \text{et} \quad d = 0,9 h$$

Conclure.

2.7.2. A l'aide du **DT2**, calculer, pour le voile, la section d'armatures principales prévue au niveau de l'encastrement. Conclure.

2.7.3. Sur la face avant du voile (côté escalier), on dispose des armatures de peau

- horizontales de section A_h ,
- verticales de section A_v ,

telles que A_h et A_v (en cm^2/m) $\geq 0,08 e$ avec e , épaisseur du voile en cm.

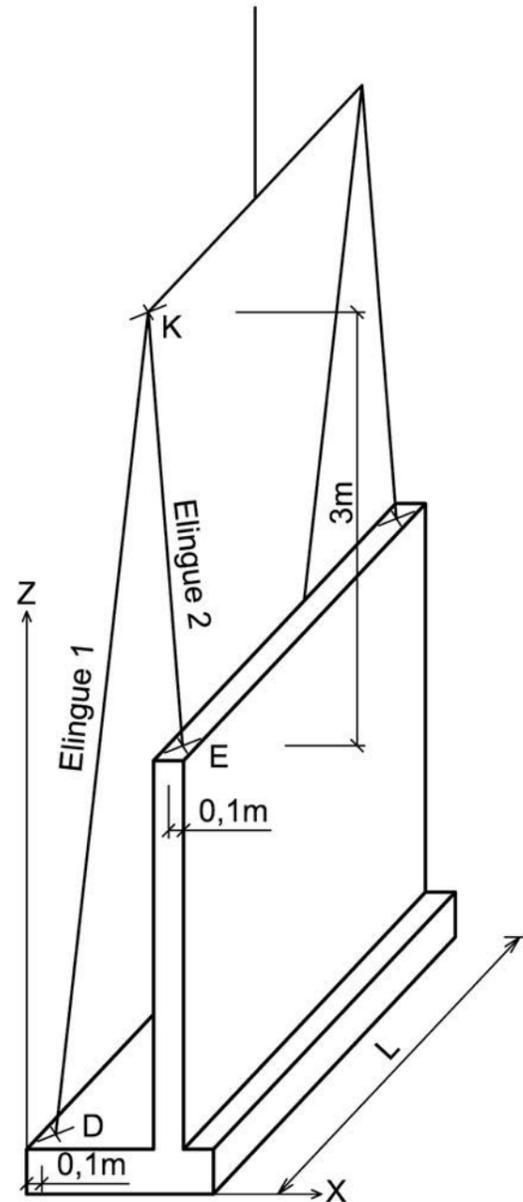
Déterminer les sections A_h et A_v puis faire un choix de treillis à l'aide du **DT3**.

2.8.1. Les élingues sont accrochées en D et E. On souhaite que lors de la manutention, la semelle du mur de soutènement préfabriqué reste horizontale. A l'aide du **DT2**, déterminer l'abscisse X à laquelle doit se situer le point K du palonnier pour que la manutention s'effectue dans cette position.

2.8.2. Le point K se situe : - horizontalement à 0,14 m à gauche de E
- verticalement à 3 m de la tête du mur.

Déterminer les longueurs auxquelles on doit régler les élingues 1 et 2 afin de manutentionner l'élément préfabriqué dans la position souhaitée.

2.8. On décide de préfabriquer le mur du **DT2** en plusieurs tronçons de longueur L. On s'intéresse à la manutention d'un tronçon à l'aide d'un palonnier et plus précisément au réglage des élingues 1 et 2.



Etude n°3 : Etude de la toiture du bâtiment

L'étude est limitée à la zone de toiture située au-dessus des sanitaires et du hall d'entrée. Etant donné la faible pente de cette toiture, la recherche de vrai grandeur est négligée et on prendra en compte la cotation indiquée.

3.1. Détermination des besoins en matériaux pour la 1^{ère} couche d'étanchéité.

A partir du **DT5** :

3.1.1. Représenter sur le **DR7** les recouvrements transversaux des lés de la 1^{ère} couche d'étanchéité en respectant :

- Un recouvrement transversal des lés de 15 cm,
- Pas de réemploi des chutes inférieures à 50 cm,
- Les conventions de représentation du plan.

3.1.2. En déduire le nombre de rouleaux nécessaires pour cette zone de toiture et calculer le coefficient global des « pertes + surconsommations » par rapport à la surface en œuvre.

3.2. Détermination du ratio moyen de fixations mécaniques pour la 1^{ère} couche d'étanchéité.

3.2.1. A partir du **DT6**, déterminer pour le calepinage proposé sur le **DR7**, le nombre d'attelages de fixation à prévoir pour fixer la première couche du complexe d'étanchéité. Justifier la démarche.

Données complémentaires pour la question 3.2.1.:

- Zone d'exposition au vent : Zone 2, site normal,
- La hauteur des fenêtres de toit est inférieure à 1m,
- Position du premier attelage sur une ligne de fixation à 20 cm de l'extrémité du lé.

3.2.2. En déduire un ratio moyen de fixations par m² en œuvre d'étanchéité pour cette partie de toiture.

3.3. Détermination de la résistance thermique utile de la toiture.

3.3.1. A partir du **DT9**, calculer la résistance thermique théorique de la couche d'isolation en partie courante.

3.3.2. Déterminer la résistance utile de l'isolant en intégrant les ponts thermiques ponctuels générés par les attelages de fixation de l'étanchéité.

Données complémentaires pour la question 3.3.2.:

- 8 fixations en moyenne par m² d'isolation,
- Coefficient ponctuel des déperditions thermiques pour un attelage de fixation : 0,006 W/K,

3.3.3. A partir du **DT8**, calculer le coefficient d'échange surfacique U_P en W/(m².K) de la paroi en intégrant les ponts thermiques ponctuels des attelages de fixation.

Données complémentaires pour la question 3.3.3.:

- Le bac acier et le pare-vapeur ont une résistance thermique négligeable,
- La résistance thermique du complexe d'étanchéité bitumineux bicouche est estimée à 0,02 m².K/W,
- La résistance utile de l'isolant sera prise égale à 3,66 m².K/W.

3.4. Détermination du prix de vente HT moyen de l'Ouvrage Élémentaire (OE) « **1 m² de toiture en partie courante** ».

A partir du **DT10** :

3.4.1. Déterminer sur le **DR8**, pour les composants de la toiture, les quantités nécessaires (y compris pertes et surconsommations) pour cet OE.

3.4.2. En déduire le déboursé sec matériaux de cet OE. La réponse sera présentée à l'aide du tableau ci-dessous.

Désignation	Quantité		Déboursé Unitaire		Déboursé Sec Matériaux
	Valeur	U	Valeur	U	

3.4.3. Déterminer le temps unitaire d'exécution pour la réalisation de cet OE. En déduire le déboursé main d'œuvre correspondant.

3.4.4. Sachant que le total des déboursés secs pour cet OE est de 120 €/m², déterminer le prix de vente HT de cet OE.

5.2 - Implantation des ouvrages particuliers**5.2.2 - Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales****5.2.2.1 - Surface maximale collectée**

La surface maximale collectée par entrée d'eaux pluviales (EEP) est de

- 700m² dans le cas d'entrée d'eaux pluviales "en fond de noue"
- 350m² dans le cas d'entrée d'eaux pluviales "en déversoir" (latérale).

5.2.2.2 - Implantation et nombre d'entrées d'eaux pluviales

Il y a lieu de respecter les dispositions de l'annexe E.

... / ...

Annexe E (normative)**E.2 - Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales****E.2.2 - Dispositions à respecter vis-à-vis de l'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales****E.2.2.2 - Nombre minimal d'EEP par noue**

Trois EEP en section normale ou deux EEP en section majorée.

... / ...

7.8 - Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales**7.8.1 Généralités**

Les eaux pluviales recueillies par la toiture sont :

- collectées par les noues,
- conduites par les entrées d'eaux pluviales (EEP) aux descentes d'eaux pluviales (DEP) qui les évacuent.

Les entrées d'eaux pluviales peuvent être :

- soit "en fond de noue" et conduire les eaux directement aux DEP ;
- soit "en déversoir" (latérales) et conduire les eaux dans une boîte à eau extérieure située en tête de DEP.

... / ...

7.8.5 - Sections des entrées d'eaux pluviales (EEP) et des descentes d'eaux pluviales (DEP)**7.8.5.3 - EEP "en déversoir" (latérale)**

Seuls sont admis les déversoirs de forme rectangulaire.

Pour l'évacuation des eaux, seule intervient la largeur du déversoir calculée selon les règles suivantes :

- dans le cas de "section" normale, 1cm de largeur de déversoir évacue les eaux collectées sur une surface de 5m² (en projection horizontale) ;
- dans le cas de "section" majorée, 1cm de largeur de déversoir évacue les eaux collectées sur une surface de 3,5m² (en projection horizontale).

NOTE : La nécessité ou non de retenir une "section" majorée est précisée au paragraphe E.2.2..

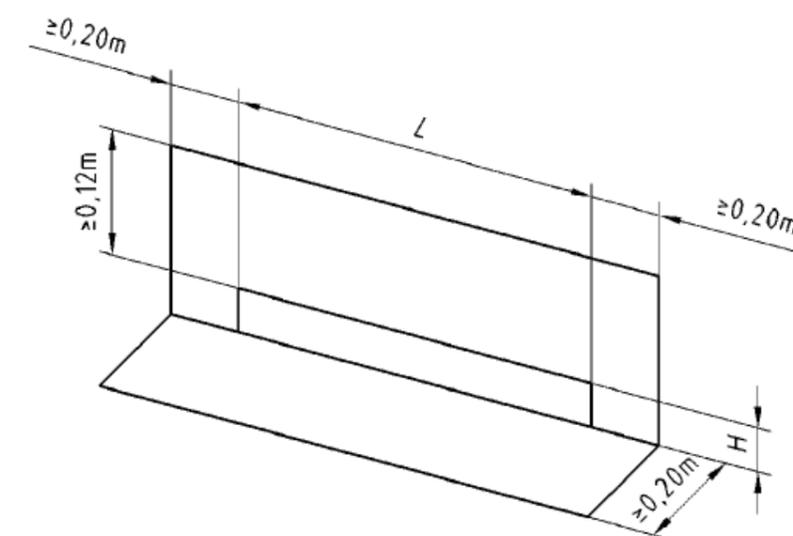
La surface collectée par déversoir est limitée à 350m² ("section" normale ou majorée).

7.8.6 - Entrées d'eaux pluviales (EEP)**7.8.6.1.2 - EEP "en déversoir" (latérale)**

Les déversoirs sont généralement constitués de deux parties, la platine et le moignon, assemblées entre elles par soudure ou tout système d'assujettissement étanche.

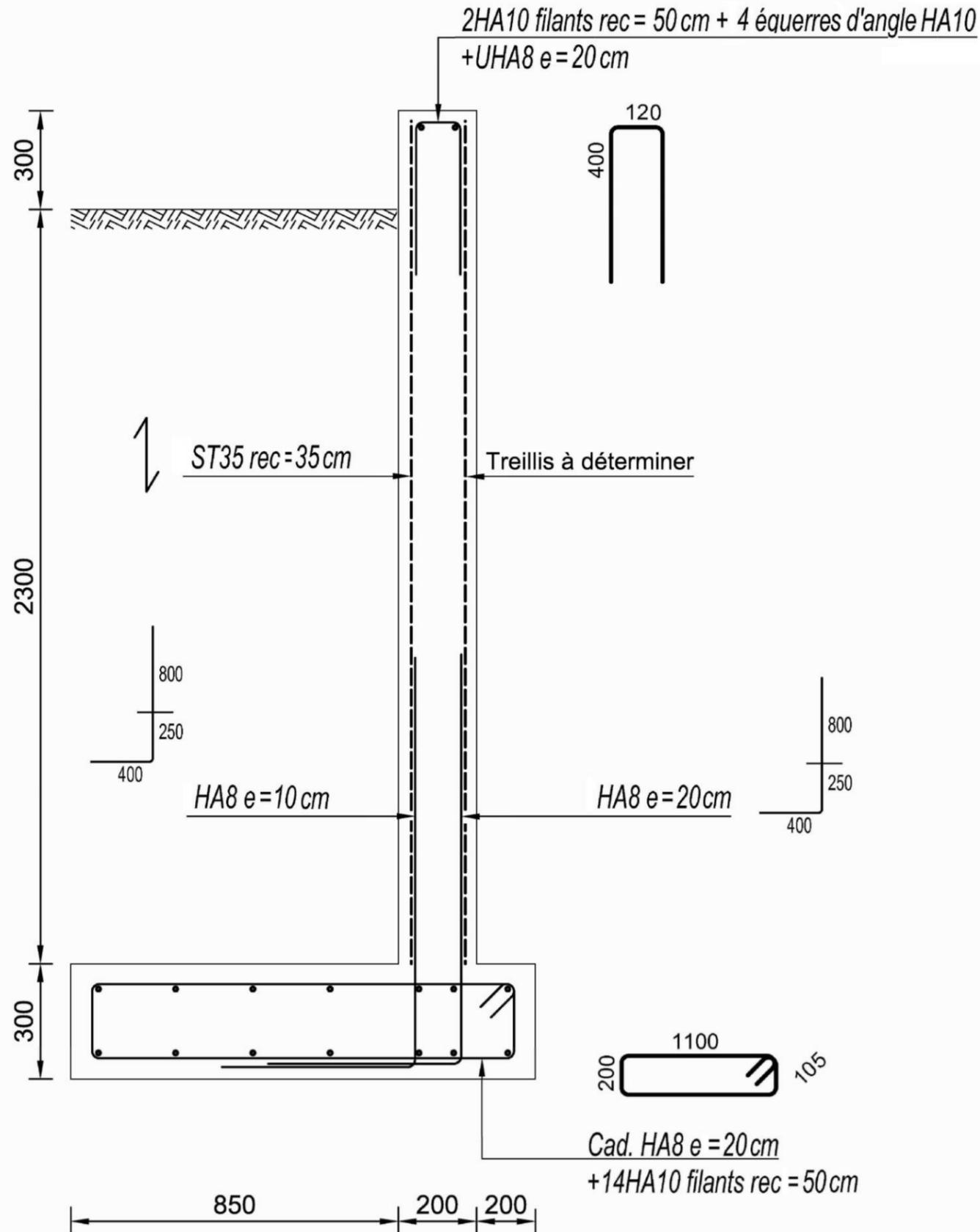
Les dimensions sont les suivantes (voir figure ci-dessous) :

- Orifice d'évacuation
 - Largeur L : telle que définie au paragraphe 7.8.5.3 (largeur nécessaire à l'évacuation des eaux pluviales), sans être inférieure à 0,10 m
 - Hauteur H : $\geq 0,10$ m
- Platine : la distance entre les bords de l'orifice d'évacuation et les bords de la platine ne doit pas être inférieure à :
 - 0,20 m pour les bords latéraux et inférieurs
 - 0,12 m pour les bords supérieurs.



DT2 - Plan du mur de soutènement

Aucune échelle particulière
NB : rec pour recouvrement



DT3 - Treillis soudés

TREILLIS ANTIFISSURATION (NF A 35-024 // NF A 35-080-2)												
Désignation ADETS	Section cm ² /m	S _s cm ² /m	E e mm	D d mm	Abouts AV AR ad ag mm/mm	Nombre de fils N n	Longueur L largeur l	Masse nominale Kg/m ²	Surface P _x m ²	Masse P _x kg	Colisage	Poids Colis
PAFV	0.99	0.80 0.99	200 160	4.5 4.5	135/25 100/100	12 16	3.20 2.40	1.250	7.68	9.60	100	0T960
PAFC	0.80	0.80 0.80	200 200	4.5 4.5	100/100 100/100	12 18	3.60 2.40	1.250	8.64	10.80	100	1T080
PAFR	0.80	0.80 0.53	200 300	4.5 4.5	150/150 100/100	12 12	3.60 2.40	1.042	8.64	9.00	100	0T900
PAF10	1.19	1.19 1.19	200 200	5.5 5.5	100/100 100/100	12 20	4.20 2.40	1.870	10.08	18.85	70	1T319

TREILLIS DE STRUCTURE (NF A 35-080-2 // NUANCE B500A)												
Désignation ADETS	Section cm ² /m	S _s cm ² /m	E e mm	D d mm	Abouts AV AR ad ag mm/mm	Nombre de fils N n	Longueur L largeur l	Masse nominale Kg/m ²	Surface P _x m ²	Masse P _x kg	Colisage	Poids Colis
ST20	1.89	1.89 1.28	150 300	6.0 7.0	150/150 75/75	16 20	6.00 2.40	2.487	14.40	35.81	40	1T432
ST25	2.57	2.57 1.28	150 300	7.0 7.0	150/150 75/75	16 20	6.00 2.40	3.020	14.40	43.49	40	1T740
ST35	3.85	3.85 1.28	100 300	7.0 7.0	150/150 50/50	24 20	6.00 2.40	4.026	14.40	57.98	30	1T739
ST50	5.03	5.03 1.68	100 300	8.0 8.0	150/150 50/50	24 20	6.00 2.40	5.267	14.40	75.84	20	1T517
ST60	6.36	6.36 2.54	100 250	9.0 9.0	125/125 50/50	24 24	6.00 2.40	6.986	14.40	100.60	16	1T610
ST15C	1.42	1.42 1.42	200 200	6.0 6.0	100/100 100/100	12 20	4.00 2.40	2.220	9.60	21.31	70	1T492
ST25C	2.57	2.57 2.57	150 150	7.0 7.0	75/75 75/75	16 40	6.00 2.40	4.026	14.40	57.98	30	1T739
ST25CS	2.57	2.57 2.57	150 150	7.0 7.0	75/75 75/75	16 20	3.00 2.40	4.026	7.20	28.99	40	1T160
ST40C	3.85	3.85 3.85	100 100	7.0 7.0	50/50 50/50	24 60	6.00 2.40	6.040	14.40	86.98	20	1T740
ST50C	5.03	5.03 5.03	100 100	8.0 8.0	50/50 50/50	24 60	6.00 2.40	7.900	14.40	113.76	15	1T706
ST65C	6.36	6.36 6.36	100 100	9.0 9.0	50/50 50/50	24 60	6.00 2.40	9.980	14.40	143.71	10	1T437

DT4 - Combinaisons de charges

1 - Rappel sur les notations

- $G_{k,sup}$: valeur caractéristique d'une action permanente **défavorable**
- $G_{k,inf}$: valeur caractéristique d'une action permanente **favorable**
- $Q_{k,1}$: valeur caractéristique de l'action variable dite dominante
- $Q_{k,i}$: valeurs caractéristiques des autres actions variables dites d'accompagnement (avec $i > 1$)
- $\psi_{0,i}$: coefficients traduisant le fait qu'il soit très improbable que plusieurs actions variables atteignent toutes ensemble et au même moment leurs valeurs caractéristiques

2 - Etat limite d'équilibre statique (EQU) et stabilité au renversement

- Combinaison d'actions à envisager :

EQU	$1,10 G_{k,sup} + 0,9 G_{k,inf} + 1,50 Q_{k,1} + 1,50 \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
------------	--

- Stabilité externe au renversement par rapport au point C de basculement : on doit vérifier que $\frac{\sum \text{des moments par rapport à C des forces stabilisatrices pondérées}}{\sum \text{des moments par rapport à C des forces renversantes pondérées}} \geq 1,5$

3 - Etat limite ultime pour les situations de projet durables et transitoires

- Combinaison d'actions à envisager :

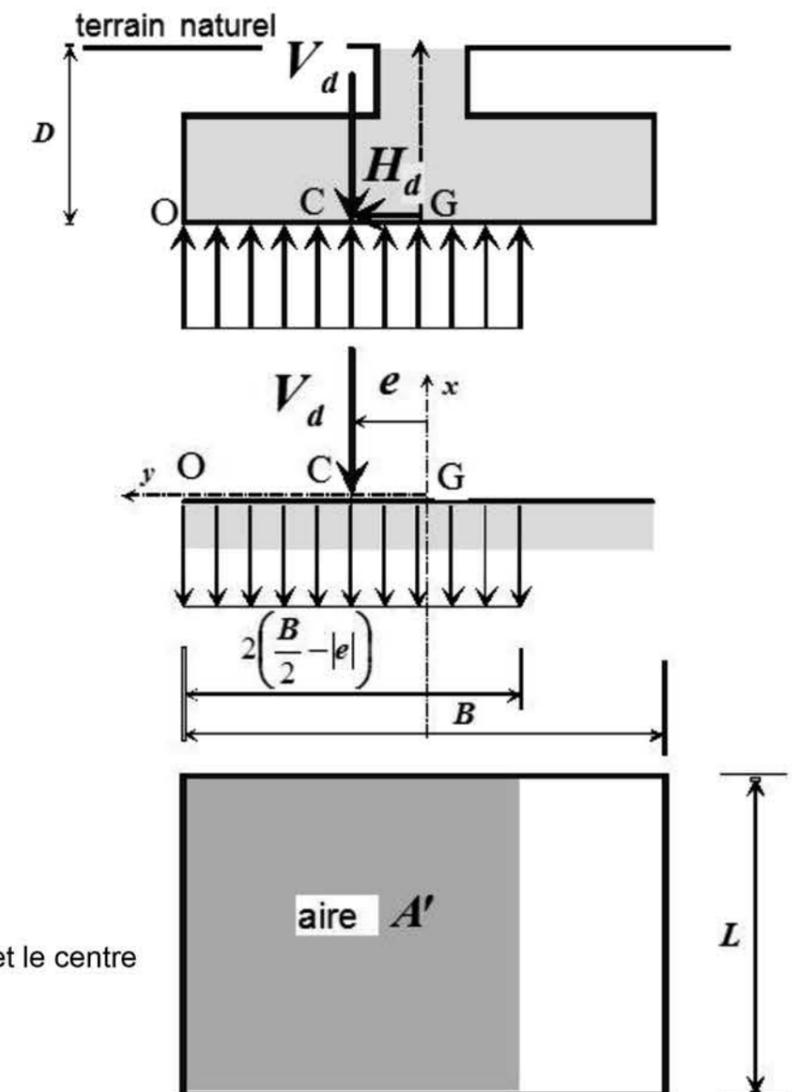
STR / GEO STR résistance des structures de bât soumises à des actions géotechniques GEO défaillance ou déformation excessive	$1,35 G_{k,sup} + 1,00 G_{k,inf} + 1,50 Q_{k,1} + 1,50 \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
---	---

- Vérification des critères de résistance

à la portance	$V_d \leq R_{d,v} = \frac{R_k}{\gamma_{R,v}} \quad \gamma_{R,v} = 1,4$
au glissement	$H_d \leq R_{d,h} = \frac{V_d \tan \varphi'}{\gamma_{R,h}} \quad \gamma_{R,h} = 1,1$

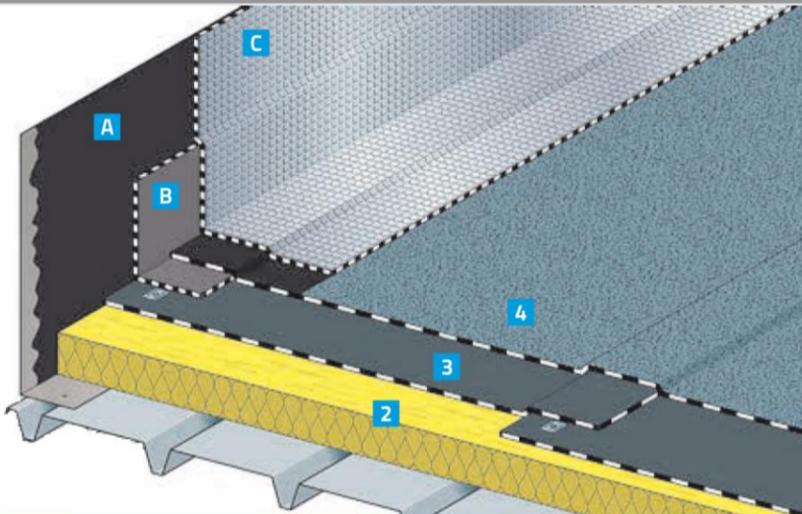
- avec → V_d : résultante de calcul des forces verticales
 → H_d : résultante de calcul des forces horizontales
 → R_k : capacité portante caractéristique déduite de la capacité portante
 → $R_{d,v} = q_d A'$: portance de calcul
 → $R_{d,h}$: résistance de calcul au glissement
 → q_d : contrainte de calcul
 → B : largeur de la semelle
 → B' : largeur effective de la semelle ; $B' = 2 \left(\frac{B}{2} - |e| \right) = B - 2 |e|$
 → $|e|$: excentricité de la résultante des forces verticales
 → L : longueur de la semelle de fondation
 → A' : aire de la surface effective sous la semelle définie par la coïncidence entre la position du centre de pression et le centre de surface de cette aire effective (Modèle de Meyerhof) : $A' = B'L$

Modèle de Meyerhof



DT5 - Matériaux utilisés en toiture

Étanchéité bicouche SIPLAST – Paradiène FM + ParacierG

Élément porteur: acier	Support: isolant thermique
	Pente du DTU 43.3
	Broof (t3)
	Existe également en version dépolluante Paradiène FM + Paradiène 30.1 GS NOx-Activ
Partie courante	Points forts
<ol style="list-style-type: none"> 1 Pare-vapeur (non représenté ici) <ul style="list-style-type: none"> ▶ Locaux à faible ou moyenne hygrométrie: aucun sur tôles pleines, Ceceal sur tôles perforées ▶ Locaux à forte hygrométrie: Ceceal sur tôles pleines 2 Isolant thermique fixé mécaniquement 3 Première couche d'étanchéité Paradiène FM fixée mécaniquement + joints soudés 4 Deuxième couche d'étanchéité Paracier G soudée en plein 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La résistance au vent d'une étanchéité fixée mécaniquement ■ Le meilleur classement au feu
Relevés (cas courant)	Document de référence
<p>A Vernis d'impression Siplast Primer</p> <p>B Équerre de renfort Parequerre soudée en plein</p> <p>C Couche de finition Paradiène S soudée en plein</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Document Technique d'Application Paracier FM

Systèmes d'étanchéité bicouche autoprotégée en bitume élastomère SBS 

Description

Étanchéité bicouche, autoprotégée par paillettes d'ardoise, pour toitures en bac acier.

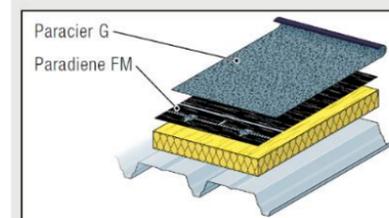
	1 ^{ère} couche	2 ^e couche
	Paradiène FM	Paracier G
Composition	bitume SBS	bitume SBS
Armature	polyester 120 g/m ²	VV 50
Sous-face	grès	rainurée + film
Surface	film	autoprotection*
Épaisseur minimale (mm)	2,5	2,5
Largeur minimale du recouvrement longitudinal (cm)	10	6

* par paillettes d'ardoise, coloris gris ardoise 30 ou schiste clair 1.

Conditionnement

	Dimensions	Poids	Nb rouleaux/palette
Paradiène FM	7,5 x 1 m	25 kg	40
Paracier G	10 x 1 m	41 kg	24

Mise en œuvre



1 ^{ère} couche	2 ^e couche
Paradiène FM	Paracier G
fixée mécaniquement + joints soudés	soudée en plein

Pare vapeur ADEVAPO

Pare-vapeur auto-adhésif qui permet d'améliorer l'étanchéité à l'air des bâtiments tertiaires avec toiture en tôles d'acier nervurées.

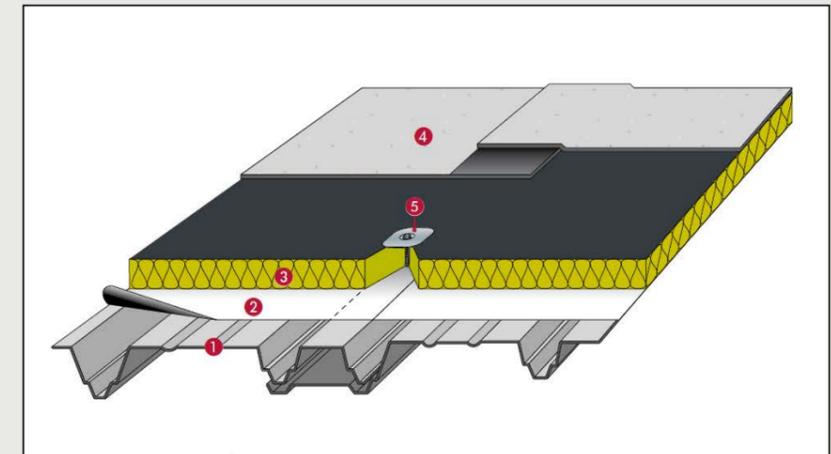
Conditionnement

Rouleau de 20 m x 1 m ♦ Poids du rouleau : 28 kg

Mise en œuvre

- dérouler Adevapo directement sur l'élément porteur en tôle d'acier nervurée, conformément à l'Avis Technique Parasteel 42 TFH ;
- le recouvrement entre lés d'Adevapo est de 12 cm ;
- retirer le film pelable ;
- maroufler les recouvrements à la roulette ;
- lorsque la température est inférieure à +5 °C, fermer les recouvrements après avoir très légèrement réactivé le liant auto-adhésif à l'aide d'un appareil producteur d'air chaud (pistolet de soudure à air chaud, simple décapeur thermique) ou d'un chalumeau ;
- l'ensemble des feuilles forme un platelage pare-vapeur continu, rejoignant les costières et tôles de liaison ;

Exemple de traitement d'une paroi horizontale pour amélioration de l'étanchéité à l'air



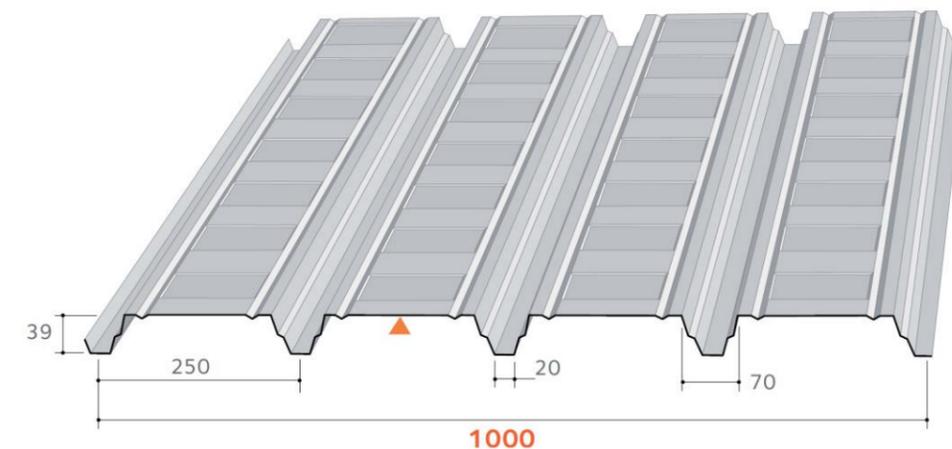
- 1 Le bac Parasteel 42, en acier laqué sur les deux faces, reçoit successivement :
 - 2 le platelage pare-vapeur adhésif Adevapo ;
 - 3 une couche de panneaux isolants soudables ;
 - 4 un complexe d'étanchéité autoprotégé apparent soudé en plein.
 - 5 Les fixations mécaniques de l'isolant sont masquées en sous-face par le profil du bac Parasteel 42.
- la perforation d'Adevapo et de la tôle d'acier par les vis de fixation de l'isolant n'altère pas la perméance à la vapeur d'eau

Tôles d'acier nervurées – Extrait Arcelor Mittal

Hacierco 40 SR

Épaisseur (mm)	0,75	0,88	1,00	1,25
M (kg/m ²)	6,98	8,19	9,30	11,63

Longueur maximale (m) : 15,00



DT6 - Extraits DTA du complexe d'étanchéité

Principe

Revêtement d'étanchéité bicouche homogène en bitume élastomère SBS, apparent. La première couche, constituée d'une membrane PARADIÈNE FM, est fixée mécaniquement en lisière à l'élément porteur, au travers de l'isolation thermique éventuelle.

La deuxième couche, soudée sur la première, est auto protégée en surface par paillettes ou granulés minéraux. Elle est constituée par une membrane PARACIER G.

Prescriptions générales de mise en œuvre

Les feuilles de la première couche PARADIÈNE FM sont déroulées à recouvrements longitudinaux de 10 cm suivant une ligne tracée sur la feuille qui guide le recouvrement (cf. figure 1).

PARADIÈNE FM est fixé mécaniquement en lisière sous le recouvrement longitudinal; une deuxième ligne matérialise à 4 cm du bord de la feuille l'axe des fixations (cf. figure 1). Le recouvrement est soudé au chalumeau à la flamme sur toute sa largeur (10 cm).

Sur élément porteur traditionnel en tôles d'acier nervurées, les feuilles de la première couche sont déroulées perpendiculairement aux nervures.

La feuille de seconde couche, PARACIER G, est soudée, joints à recouvrements d'au moins 6 cm soudés, décalés d'au moins 20 cm par rapport à ceux de la première couche, ou croisés (cf. figure 1).

Les recouvrements transversaux sont de 10 cm minimum pour chaque couche. Ils sont décalés d'au moins 50 cm.

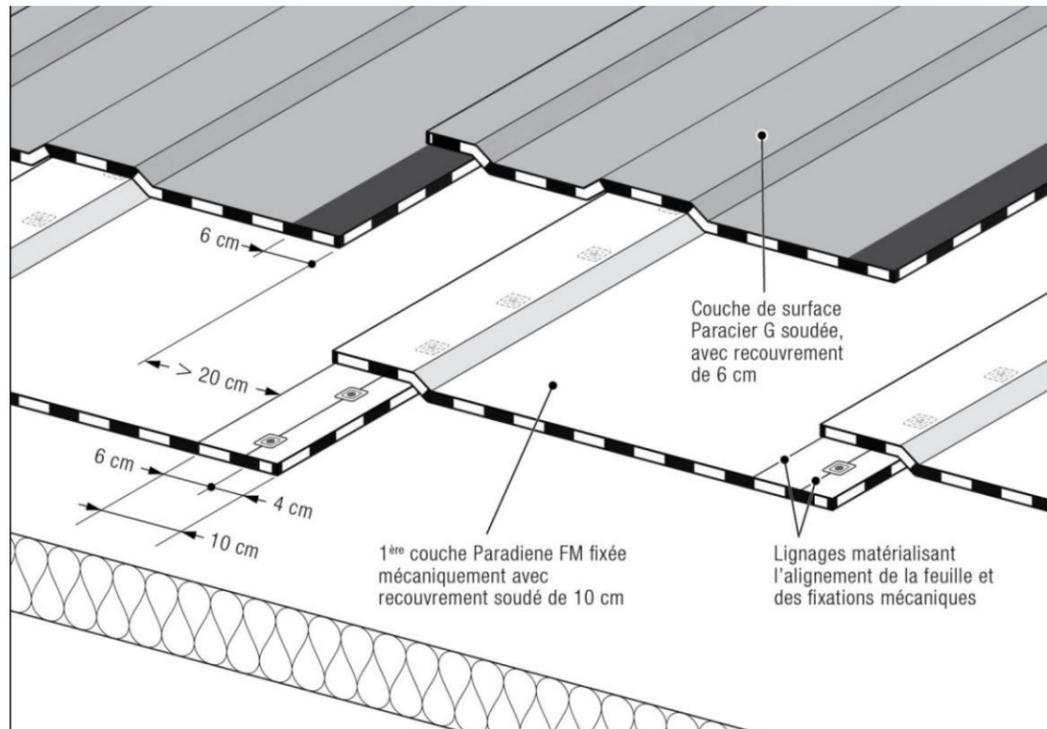


Figure 1 - Mise en œuvre du PARADIENE FM et PARACIER G

Répartition des fixations en partie courante, rives, et angles

Elle est calculée par référence aux Règles V 65 avec son modificatif n° 4 de février 2009, en vent extrême, et au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e-Cahier du CSTB 3563, juin 2006), en fonction :

- De la zone et du site de vent (zones 1 à 5, site normal ou exposé) ;
- De la zone en toiture (partie courante, rive et angle, édicule et émergences). La localisation et la définition des zones de toiture sont précisées à la figure 2 et au tableau 1.

Le tableau 2 donne les espacements maxi entre attelages de fixation en fonction des zones de toiture, de l'exposition au vent et de la zone de localisation du projet.

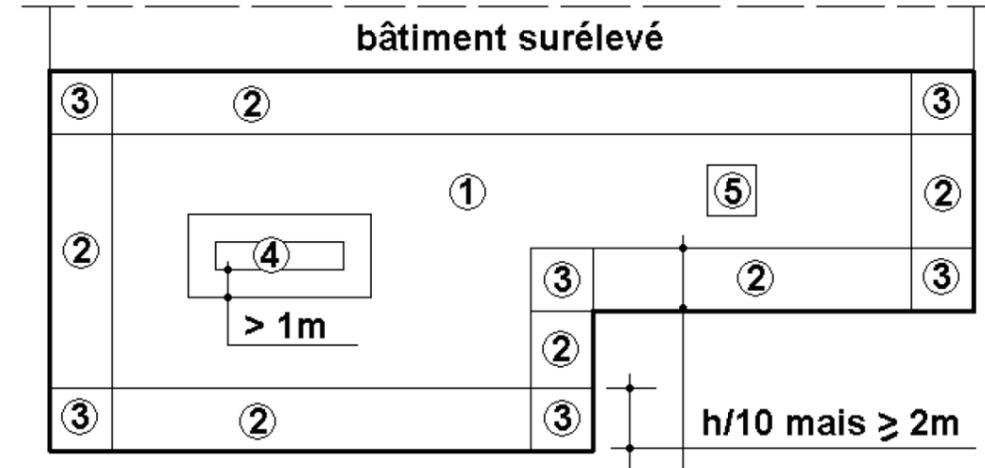


Figure 2 – Repérage des zones en toiture

Repérage	Localisation	Largeur de la zone concernée
1	Partie courante	-----
2	Rives, comprenant le pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu, etc...	1/10 ^e de la hauteur du bâtiment sans être inférieure à 2 m
3	Angles	Intersection des rives
4	Pourtour des édicules dont la hauteur est > à 1m et dont l'une des dimensions en plan est > à 1 m.	1 m
5	Pourtour des autres émergences de dimensions plus petites : lanterneaux, joint de dilatation, etc...	En pied de relevé

Tableau 1 – Définition des zones en toiture

Tableau 2 – Espacement maxi [cm] des attelages de fixation

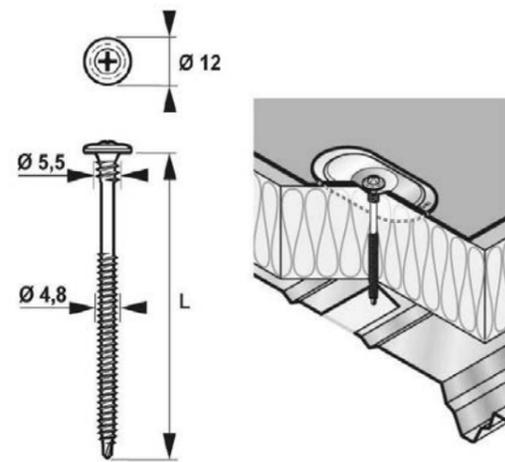
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		Zone 5 (1)	
		Site normal	Site exposé								
h ≤ 10 m	Courante	37	37	37	37	37	37	37	35	32	26
	Rives	37	33	37	29	30	24	25	20	18	31 + FC
	Angles	32	23	26	20	21	34 + FC	35 + FC	29 + FC	26 + FC	22 + FC
10 m < h ≤ 15 m	Courante	37	37	37	37	37	37	37	32	29	24
	Rives	37	30	34	26	27	21	22	19	34 + FC	28 + FC
	Angles	29	21	24	18	19	31 + FC	32 + FC	27 + FC	24 + FC	20 + FC
15 m < h ≤ 20 m	Courante	37	37	37	37	37	34	36	30	27	22
	Rives	37	28	31	24	25	20	21	35 + FC	31 + FC	26 + FC
	Angles	27	20	22	34 + FC	18	28 + FC	30 + FC	25 + FC	22 + FC	18 + FC

+ FC : PARADIÈNE FM fixée mécaniquement avec deux lignes de fixations, l'une en lisière et l'autre en pleine feuille recouverte d'une pièce d'étanchéité en PARADIÈNE FM.

Fixations en pied de relevé

Les fixations au pied de tous les relevés sont situées à moins de 0,20 m du relevé. Leur écartement est inférieur ou égal à 25 cm.

DT7 - Attelages de fixation mécanique admis pour le revêtement d'étanchéité



Description

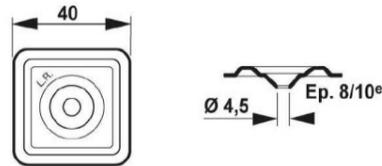
Vis autoperceuse double filet Ø 4,8 mm
Tête plate Ø 12 mm - Empreinte Phillips n°2
Pas 1,59 mm - Pointe foret

Capacité de perçage CP : 0,75 à 1,5 mm de tôle acier

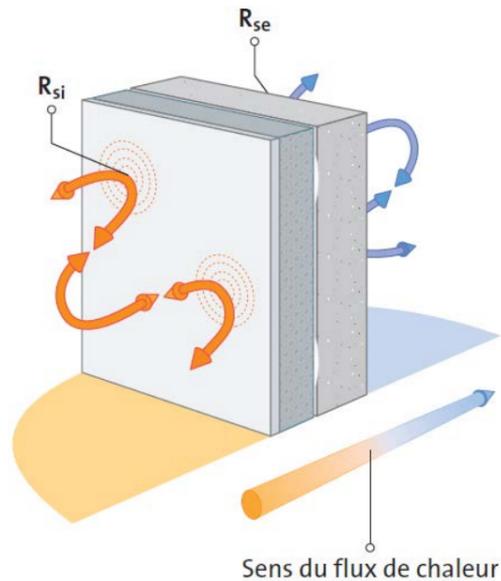
Longueurs et épaisseurs à serrer (mm) :

L	L filetage	Ep. mini	Ep. maxi
65	50	20	45
75	50	30	55
80	50	35	60
90	50	45	70
100	70	35	80
110	70	45	90
120	70	55	100
130	70	65	110
140	70	75	120
160	70	95	140
180	70	115	160
200	70	135	180
220	70	155	200
240	70	175	220
260	70	195	240

Plaquettes 40 x 40 mm



DT8 - Résistances thermiques superficielles d'une paroi



La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement. Elle dépend du sens du flux de chaleur et de l'orientation de la paroi ; R_{si} pour les échanges sur la surface de paroi interne et R_{se} pour les échanges sur la surface de paroi externe. Elle s'exprime en $m^2.K/W$.

Parois opaques	R_{si}	R_{se}
Paroi verticale	0,13	0,04
Paroi horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04
Paroi horizontale (flux descendant)	0,17	0,04

DT9 - Isolant Rockacier B Nu Energy



ROCKACIER B NU ENERGY

Panneau isolant nu en laine de roche double densité dont la particularité est de présenter une face surdensifiée repérable par un marquage

DOMAINES D'APPLICATION



NOUVEAU :
λ 36 sous PVC
et sur TAN GP
sous DTA



CARACTÉRISTIQUES

CARACTÉRISTIQUES	PERFORMANCES
Réaction au feu	Euroclasse A1 (incombustible)
Conductivité thermique (W/m.K)	0,036
Dimensions (mm)	1200 x 1000
Ép. (mm)**	100-260
Tolérance d'ép.	T5
Masse volumique nominale de la couche inférieure (kg/m³)	100
Masse volumique nominale de la couche supérieure (kg/m³)	180
Stabilité dimensionnelle	DS(70,90)
Contrainte en compression à 10 %	CS(10/Y)30
Classe de compressibilité (UEATc)	B
Résistance à la traction perpendiculairement aux faces	TR10
Charge ponctuelle	PL(5)450
Absorption d'eau à long terme par immersion partielle	WL(IP)
Transmission de vapeur d'eau	MU1
Absorption d'eau à court terme par immersion partielle	WS

** Les épaisseurs disponibles varient selon les 3 formats. Se reporter au tarif en vigueur.

LES + PRODUIT

- Meilleure alliance thermique (λ 36) avec une large gamme d'épaisseurs et sécurité incendie du marché (Euroclasse A1 incombustible)
- Économique : épaisseur réduite
- Performance acoustique
- Charge ponctuelle renforcée et poids du panneau réduit de 50 % face à une solution monodensité grâce à la double densité
- Stabilité dimensionnelle
- Imputrescible ; non hydrophile

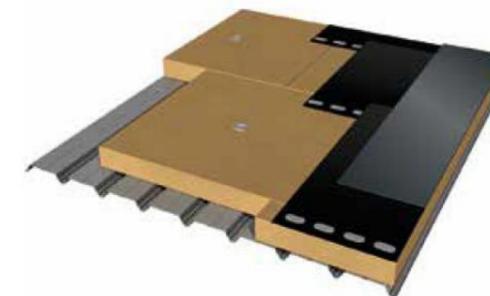
*Se référer au DTA

DIPLÔMES

■ ACERMI 08/015/491 ■ DoP CPR-DoP-FR-049 ■ KEYMARK 008-SDG5-491 ■ DTA 5/16-2500

COMPLEXES D'ÉTANCHÉITÉ BITUMINEUSE APPARENTE

Fixée Mécaniquement



- Tôle d'acier nervurée HACIERCO 46S pleine 0,75 mm
- Isolant en laine de roche **ROCKACIER B NU ENERGY**
- Fixation traditionnelle
- Membrane bicouche bitumineuse fixée mécaniquement

LES + SYSTÈME

- Performances thermiques de la paroi (Up) améliorées par le nombre réduit de fixation préalable du panneau : une seule fixation par panneaux
- Conformes aux exigences les plus élevées (ERP) de la réglementation incendie sans conditions particulières de mise en œuvre
- Excellente productivité de chantier : 1 seul isolant pour traiter la thermique, l'acoustique, les parties courantes, costières de la toiture

DT10 - Données pour l'étude de prix

Données générales

- Journée de travail de 7,5 h/J
- Déboursé horaire moyen de main d'œuvre : 28,50 €/h
- Frais de chantier estimés à 12 % des déboursés secs
- Frais généraux estimés à 21 % du prix de vente.
- Bénéfice et aléas estimés à 5 % du prix de vente.

Données Matériaux

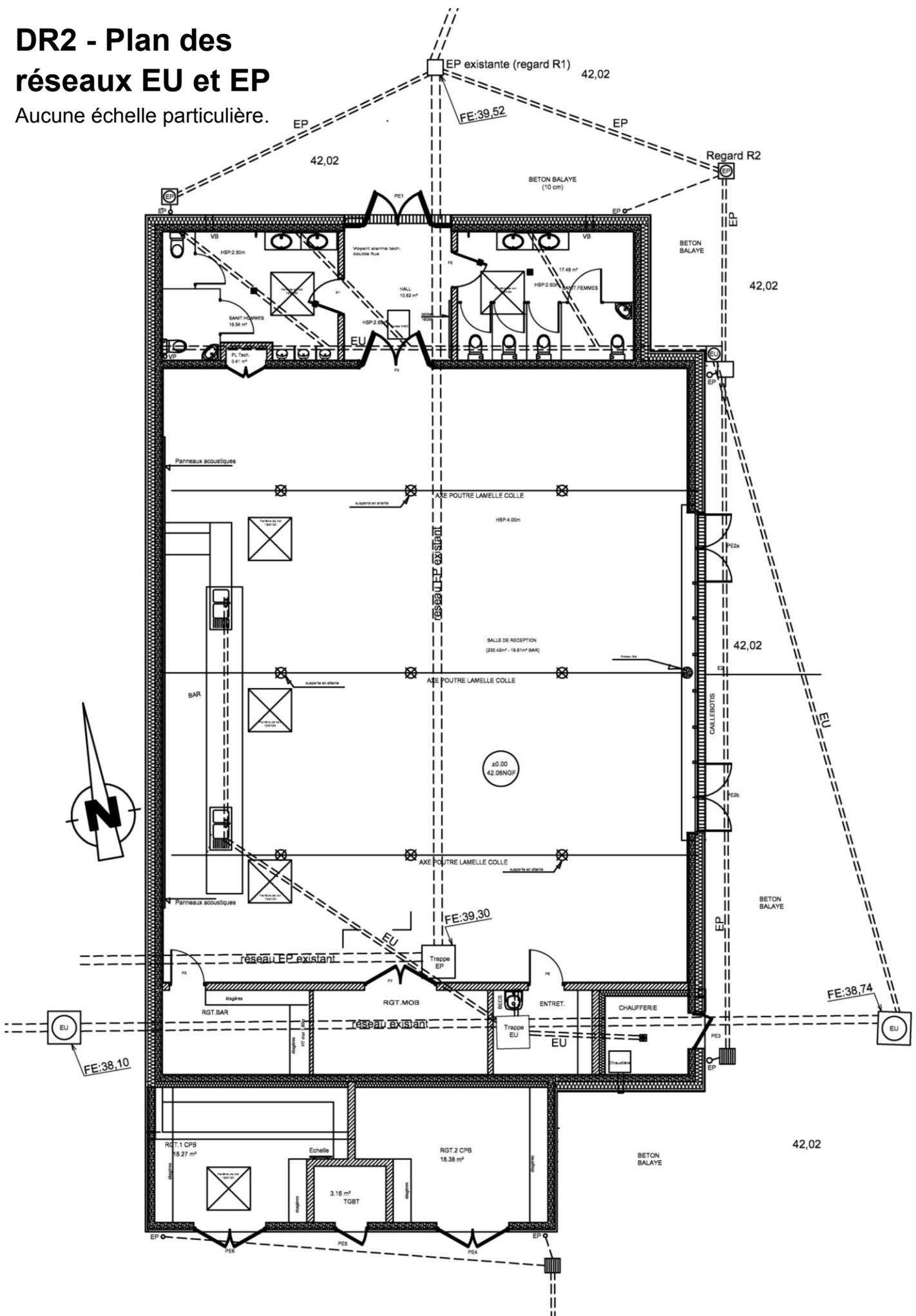
Désignation	Surconsommations	Pertes de mise en œuvre	Déboursé	Main d'œuvre
Bacs acier Hacierco 40 SR	5 %		10,50 €/m ²	TU = 0,15 h/m ²
Pare vapeur ADEVAPO	Recouvrement longitudinal (Voir doc technique)	5 %	62 € le rouleau de 20 m x 1 m	Cadence de pose : 750 m ² par jour pour 2 personnes
Isolation Rockacier B Nu, ép. 160 mm (1,20 m x 1,00 m)	Pose bord à bord	5 %	90 € le panneau de 1,20 x 1,00 m	TU = 0,10 h/m ²
Attelages de fixations (1 U par panneau d'isolation)	8 %		0,15 €/U	
Paradiène FM	Recouvrement longitudinal (Voir doc technique)	10 %	30 € le rouleau de 7,5 m x 1 m	Cadence de pose : 200 m ² par jour pour 2 ouvriers
Attelages de fixations (6 U / m ²)	8 %		0,15 €/U	
Paracier G	Recouvrement longitudinal (Voir doc technique)	15 %	45 € le rouleau de 10 m x 1 m	Cadence de pose: 300 m ² par jour pour 2 ouvriers

- Besoins en propane de 300 g/m² pour les deux couches. Déboursé unitaire du propane : 1,5 €/kg.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR2 - Plan des réseaux EU et EP

Aucune échelle particulière.



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR3 - PROFIL EN LONG ENTRE R1 ET R2

axe du regard R1

39,00

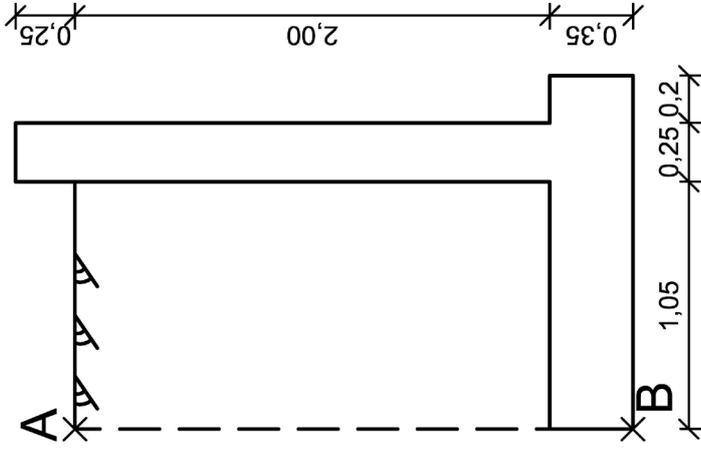
Echelle Z : 1/25
 Echelle X : 1/100
 Plan de comparaison : 39,00

R1

Altitude tampon
Distance cumulée
Distance entre regards
Altitude fil d'eau
Pente m/m
Diamètre
Profondeur fil d'eau

Tournez la page S.V.P.

DR4 - Répartition de la poussée sur AB

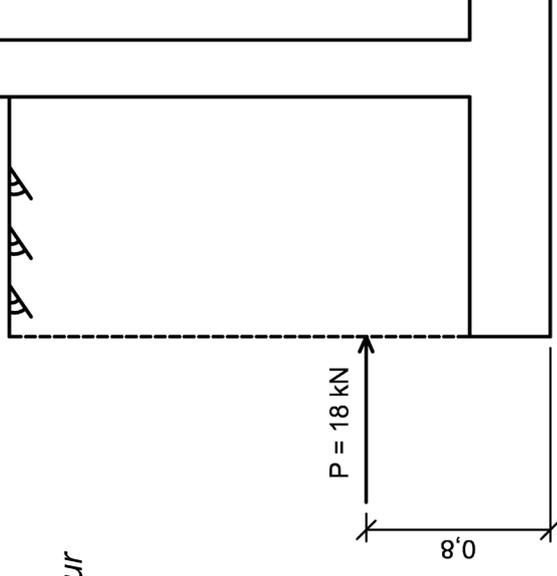


Aucune échelle
particulière
Cotes en mètres

Détail des calculs à écrire ci-dessous

DR5 - Actions sur le mur isolé

On raisonne sur une longueur
de 1 m de voile.



Détail des calculs à écrire ci-dessous

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR6 - Pondérations des charges

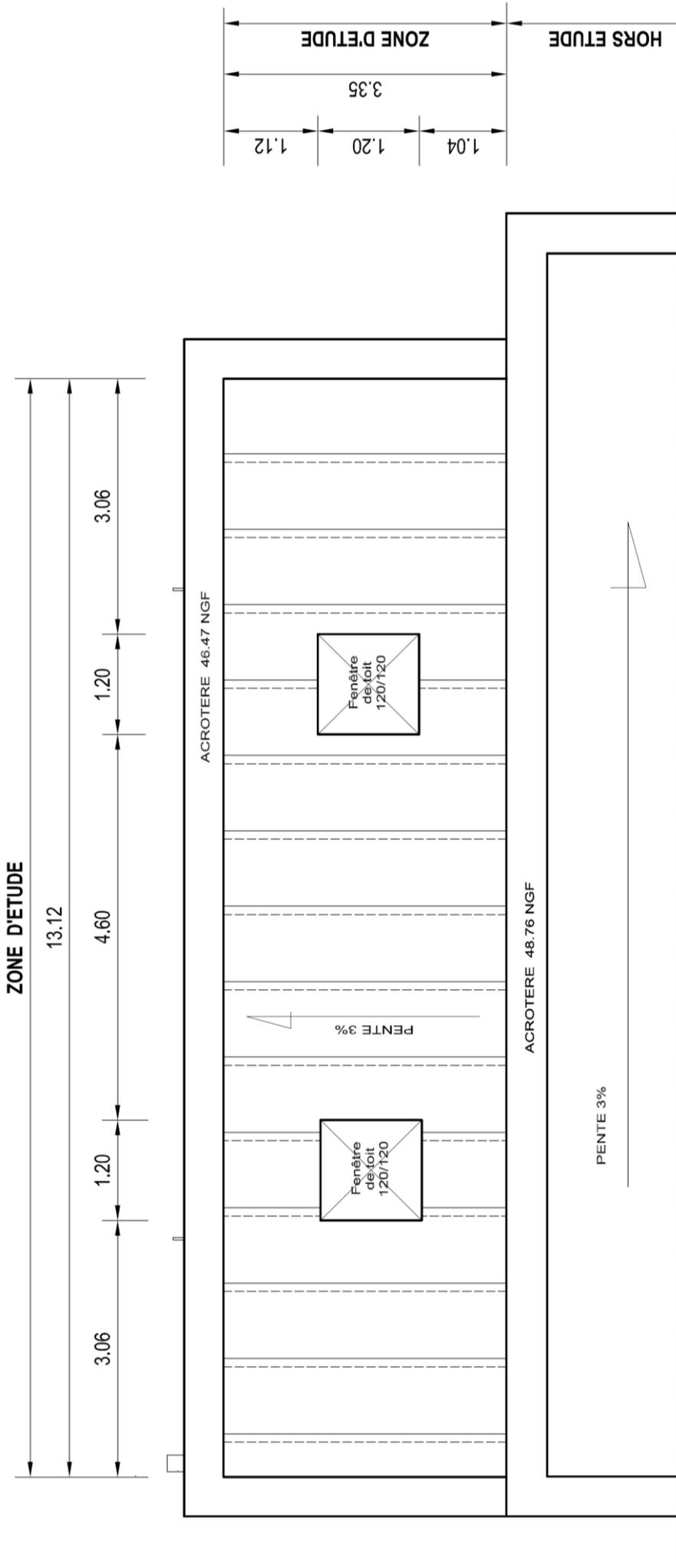
Vérification de la	Pondération à envisager pour les charges			
	P	W ₁	W ₂	W ₃
Stabilité externe au renversement (EQU)				
Résistance à la portance (GEO)	X			
Résistance au glissement (GEO)				

Tournez la page S.V.P.

DR7- Toiture Terrasse - Calepinage 1^{ère} couche d'étanchéité - Zone sanitaires H/F

Le calepinage se limite à la partie courante de la toiture. Les relevés sur acrotères sont exclus de l'étude.

Echelle à déterminer graphiquement



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR8 – Besoins en matériaux pour l'ouvrage élémentaire « 1 m² de toiture »

Désignation	Unité	Calculs / Justifications	Quantité
Bac acier	m ²		
Pare vapeur	m ²		
Isolant	m ²		
Attelages de fixation de l'isolant	U		
1 ^{ère} couche d'étanchéité « Paradiene FM »	m ²		
Attelages de fixation du Paradiene FM	U		
2 ^{ème} couche d'étanchéité « Paracier G»	m ²		