



Ce projet est financé par
l'Union européenne



Appui à l'administration tunisienne pour le développement de l'éco-construction

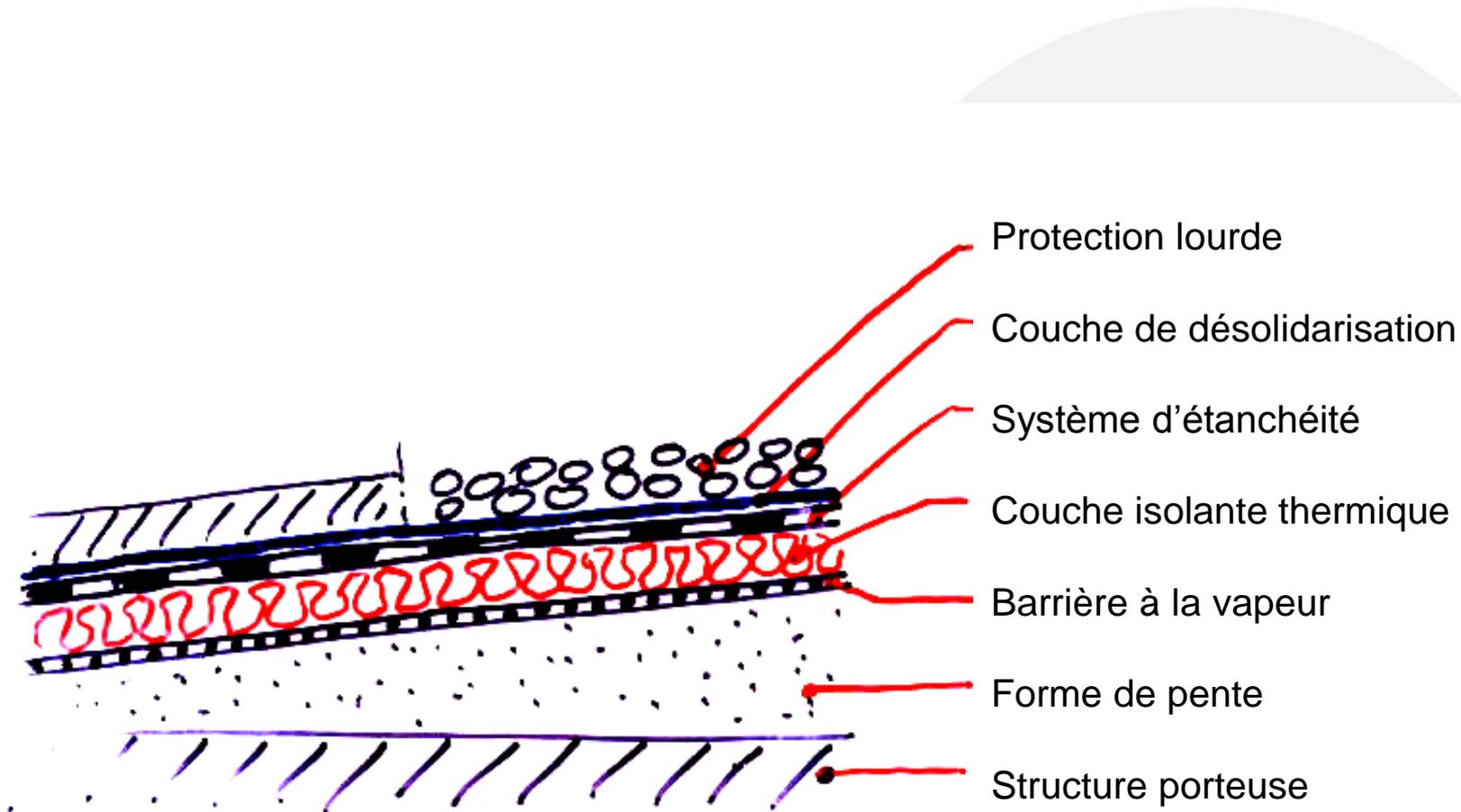
Toitures vertes

**Solutions constructives, pathologie,
interventions intégrées (isolation
thermique et étanchéité)**

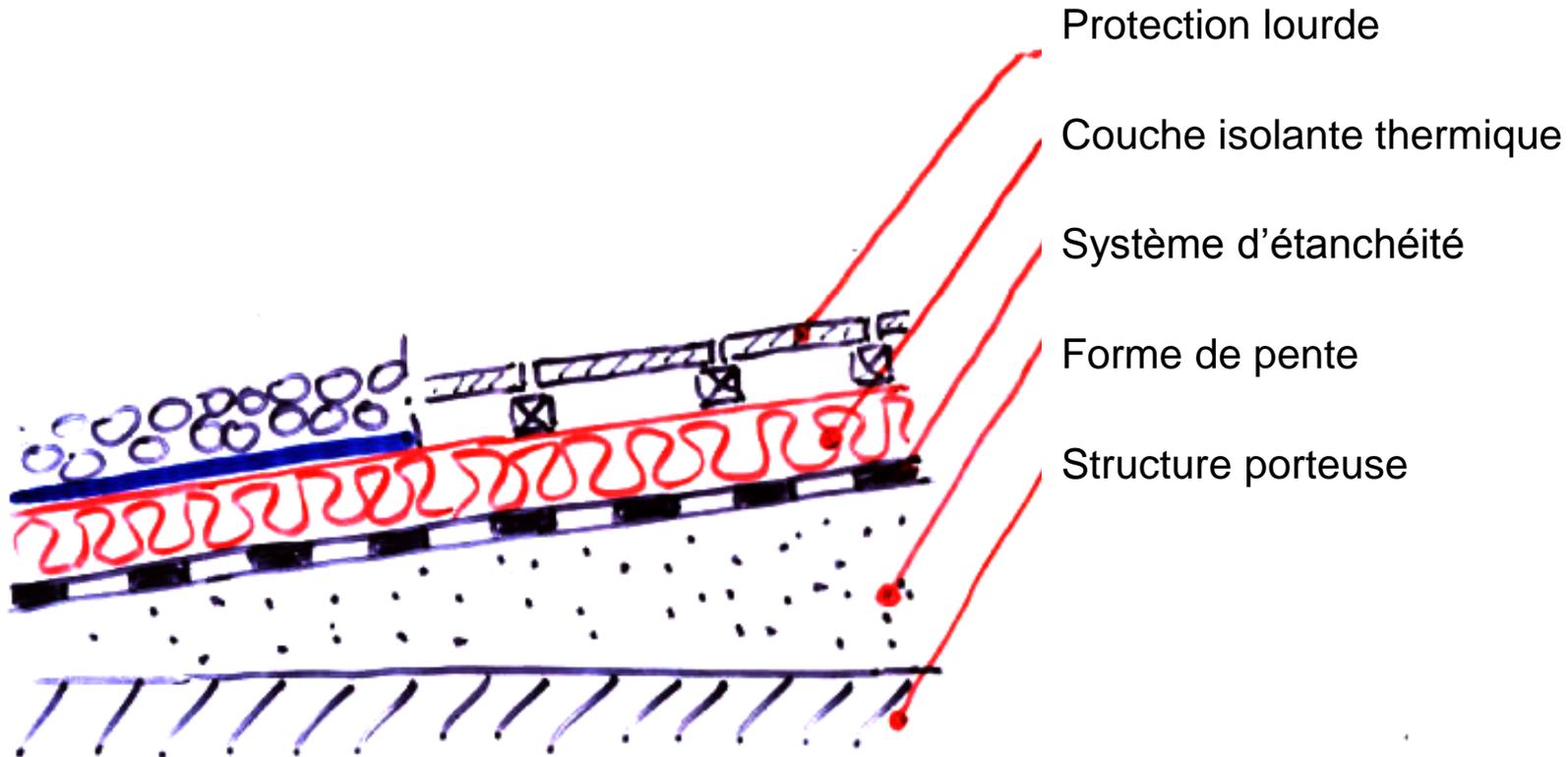
Jorge Lopes

23-25 janvier de 2013

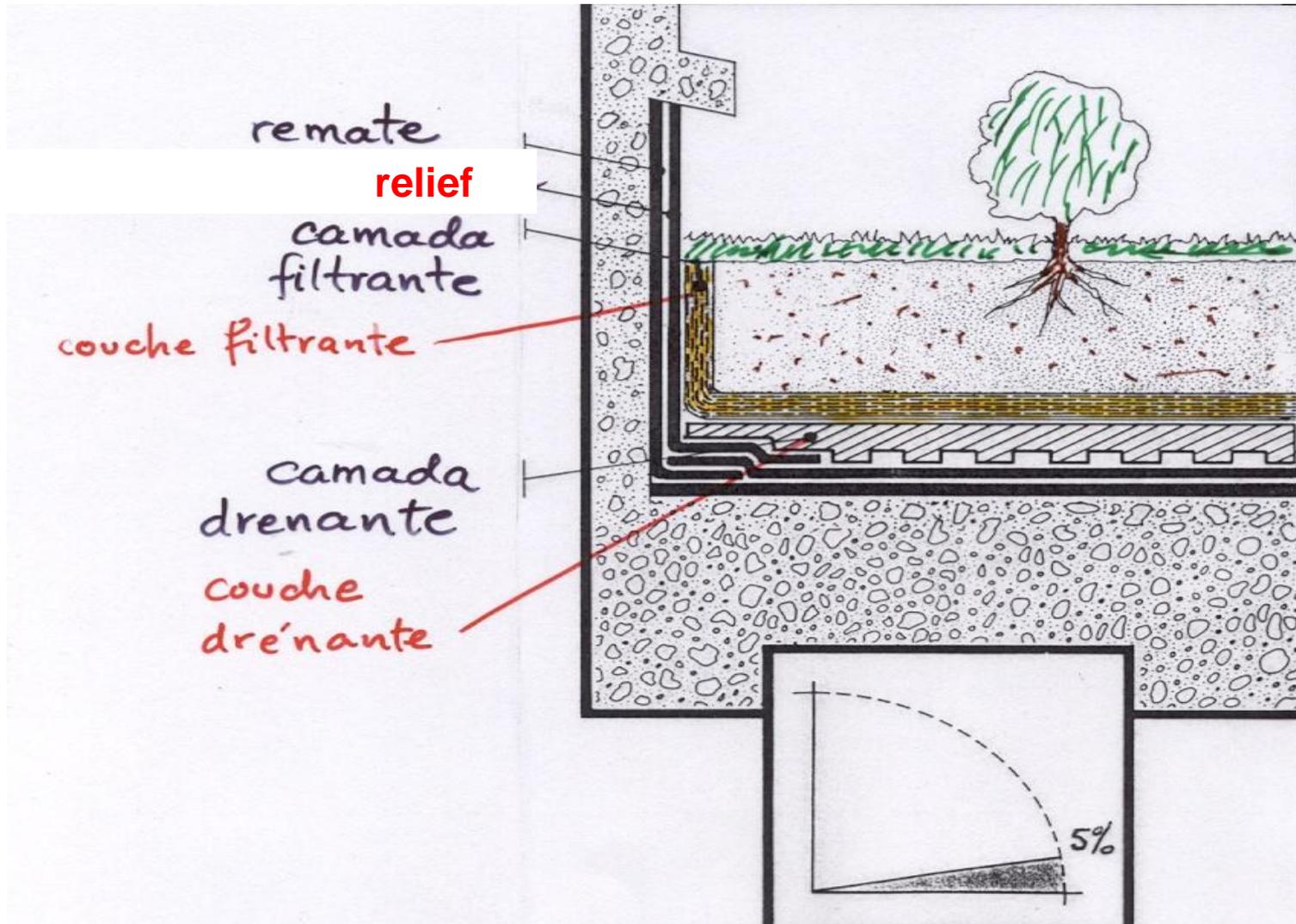
Couches principales d'une toiture-terrasse traditionnelle



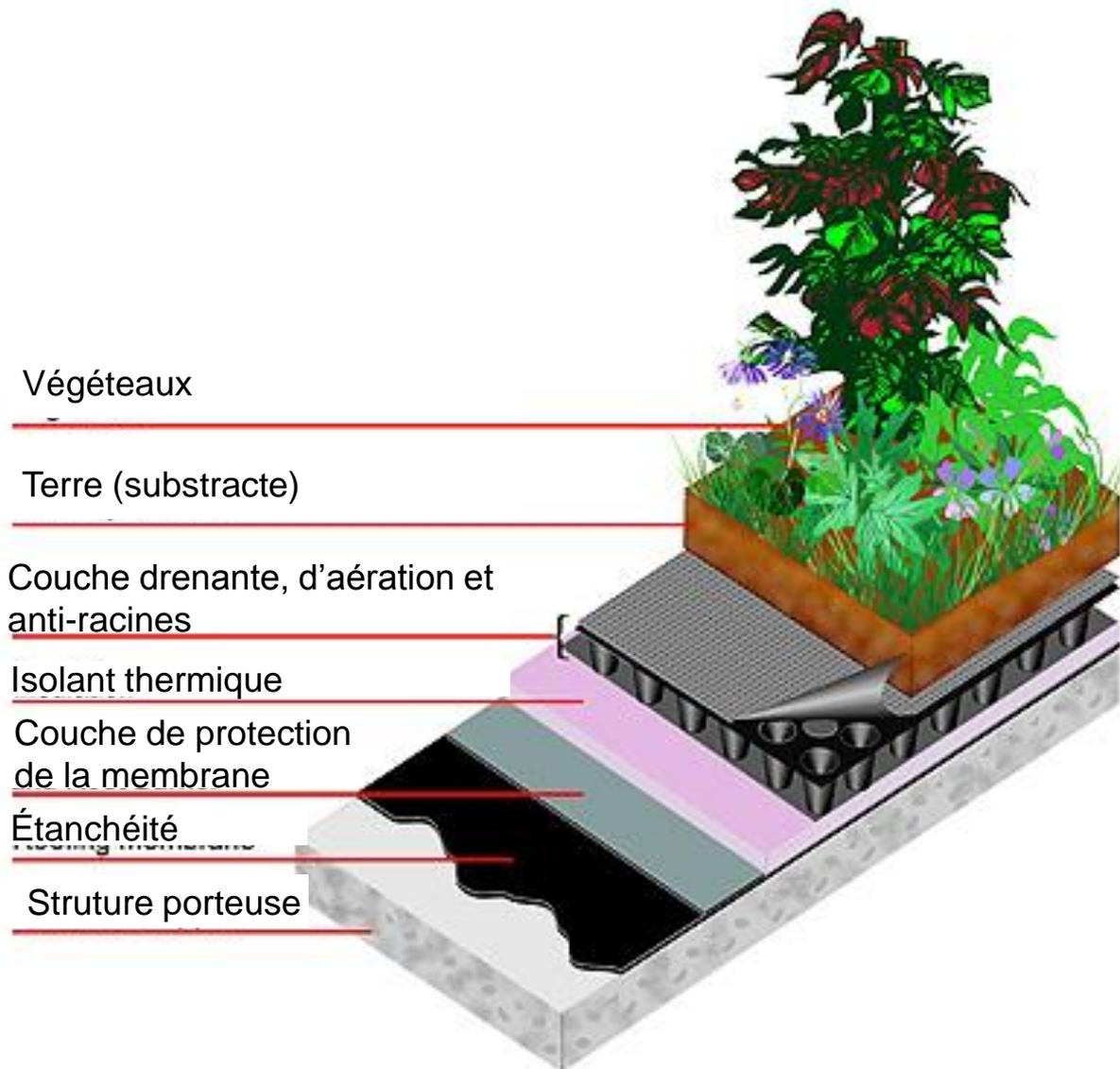
Couches principales d'une toiture-terrasse inversée



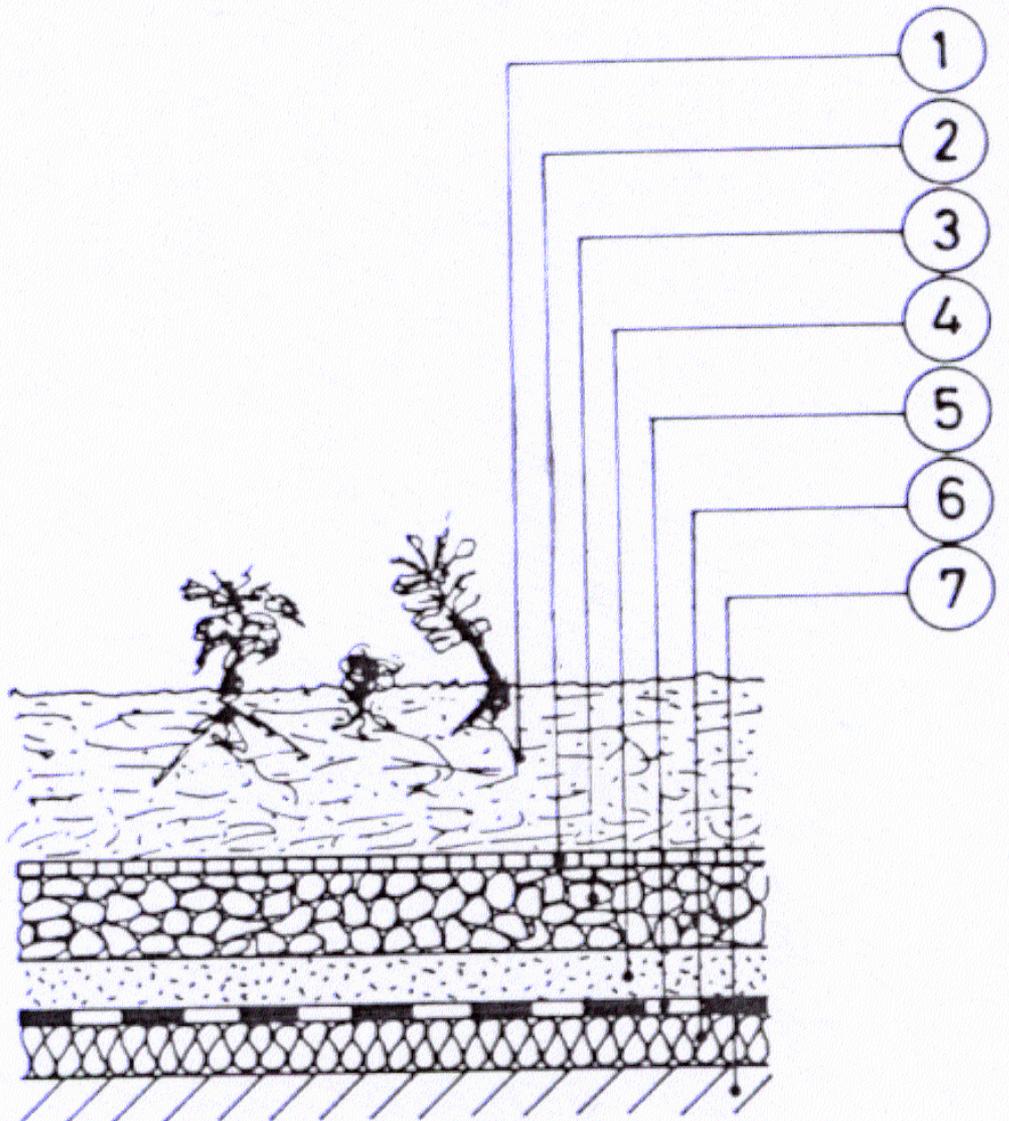
Terrasse-jardin: couches types



Toiture vert: couches-type

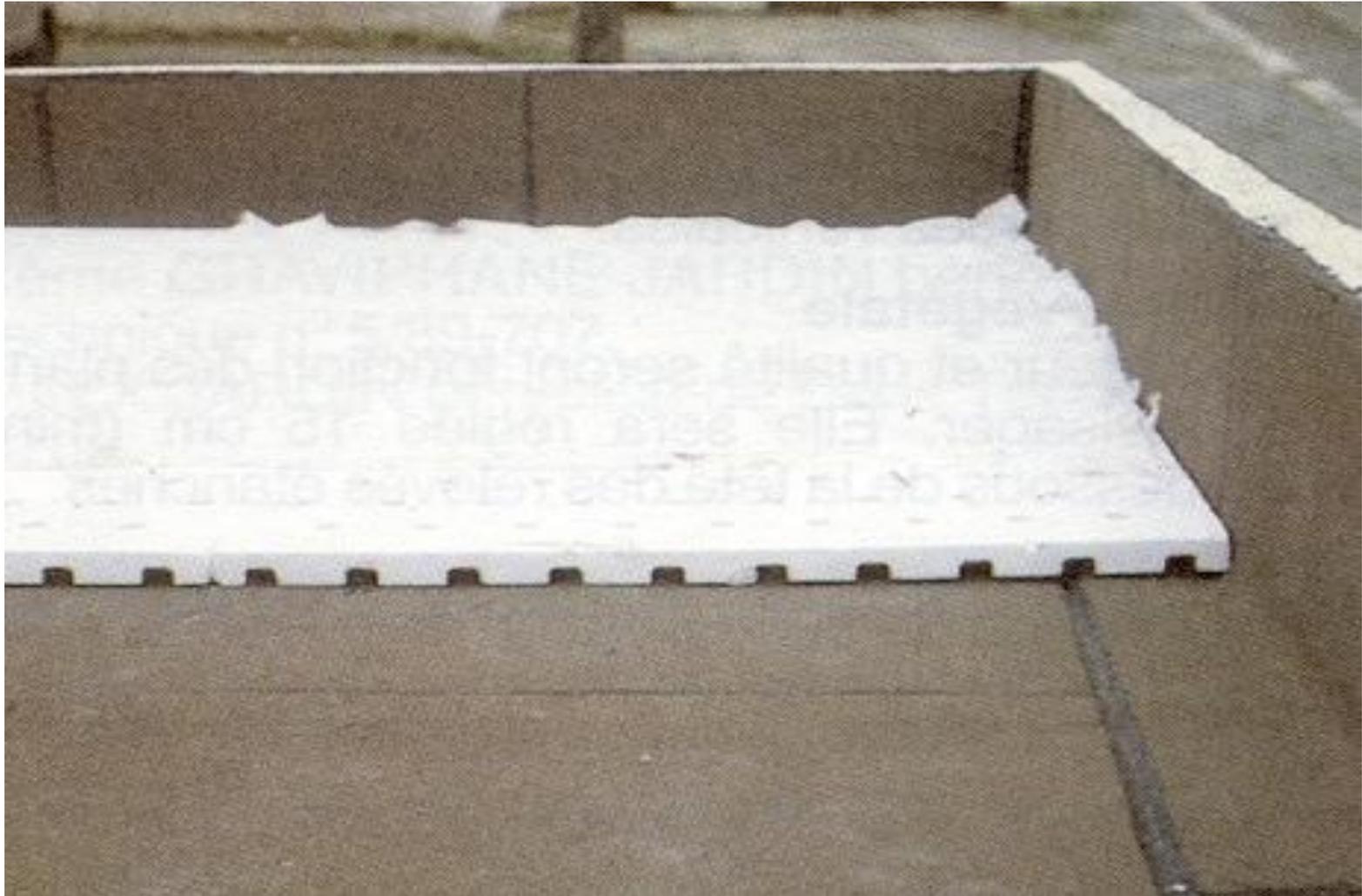


Terrasse-jardin: couches-type

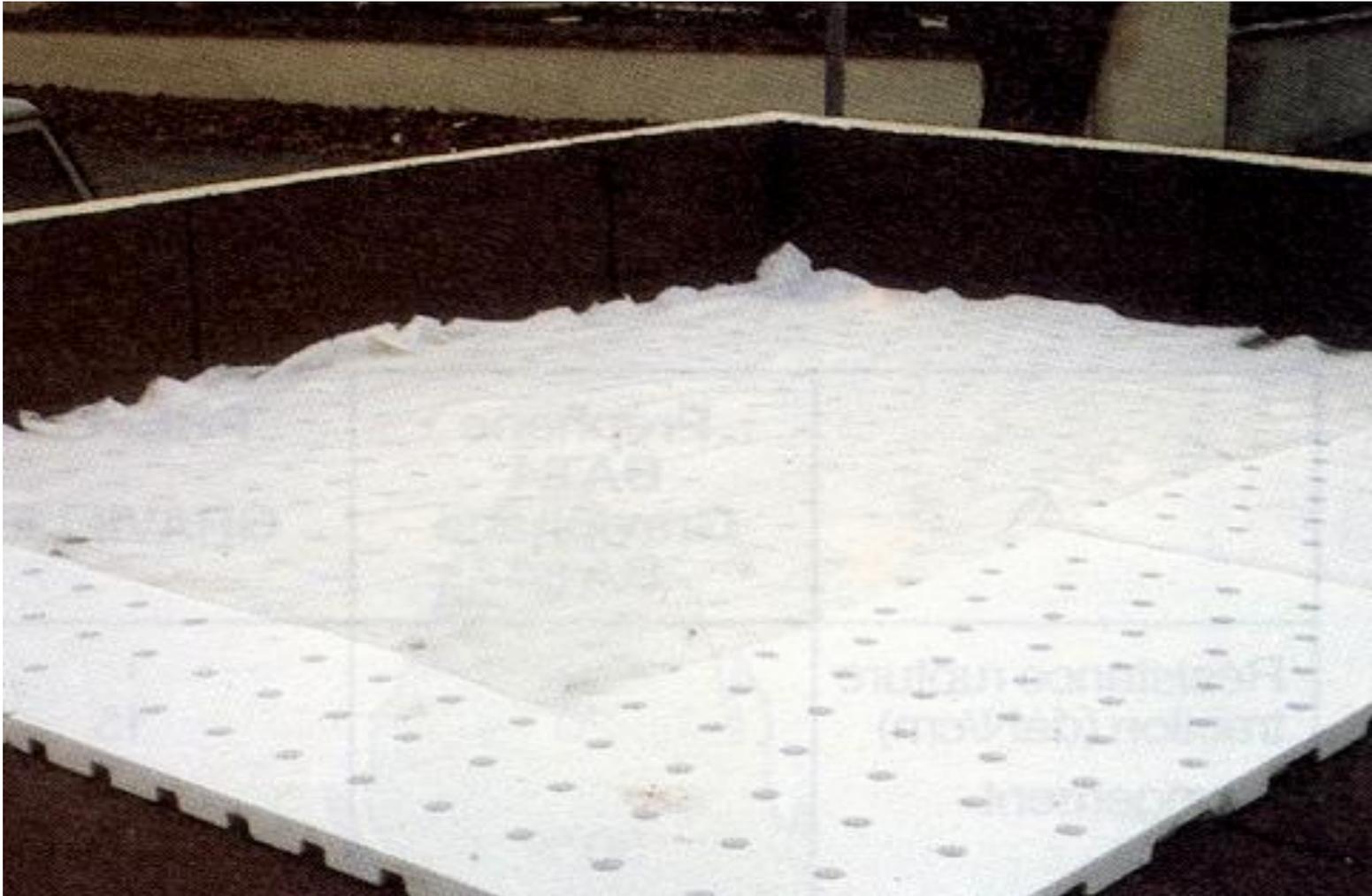


- 1 – Terre végétal
- 2 – Couche filtrante
- 3 – Couche drainante
- 4 – Couche de protection mécanique
- 5 – Système d'étanchéité
- 6 – Isolant thermique
- 7 – Structure porteuse

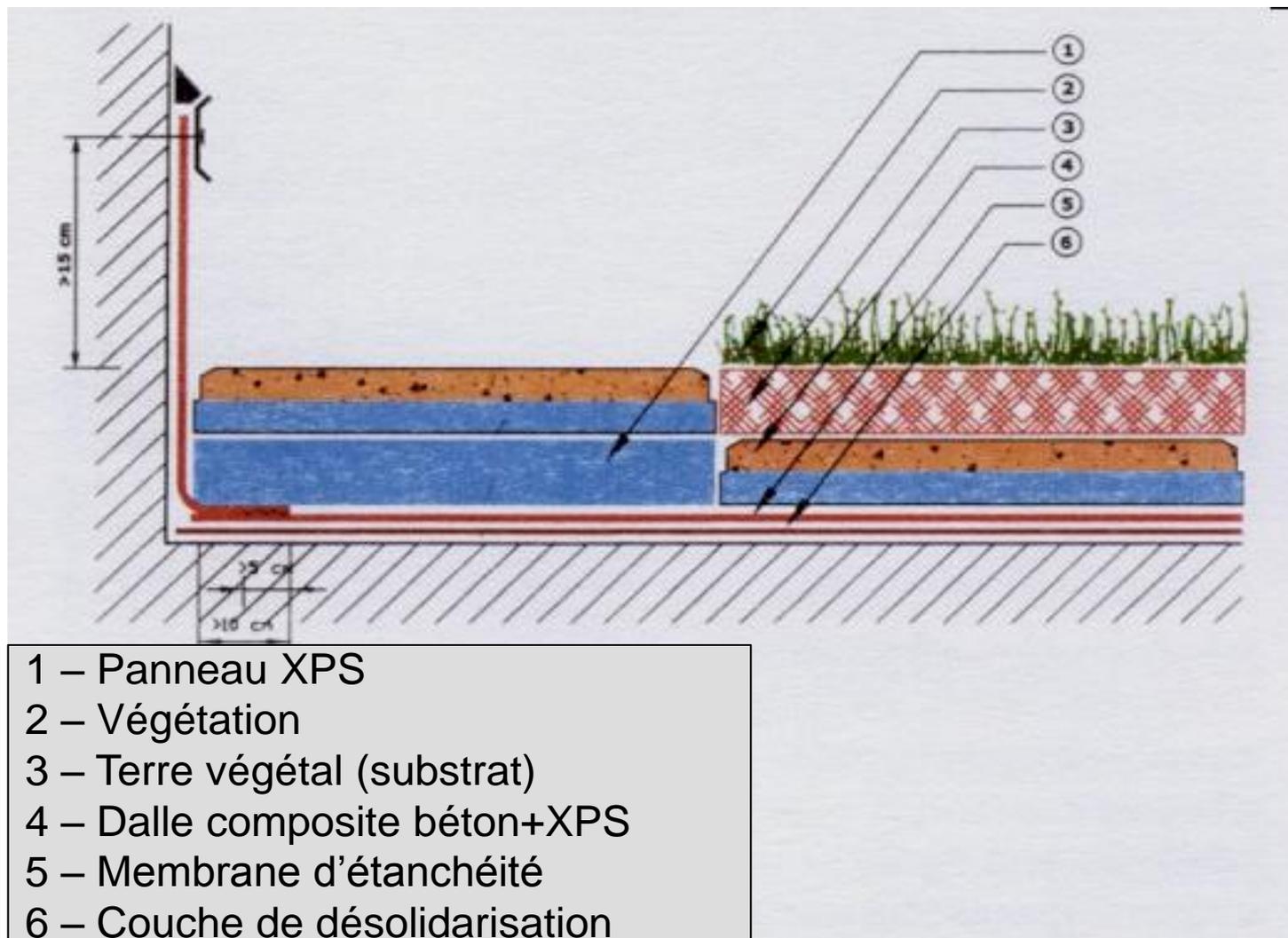
Toiture-jardin: couche drainante avec panneaux de EPS



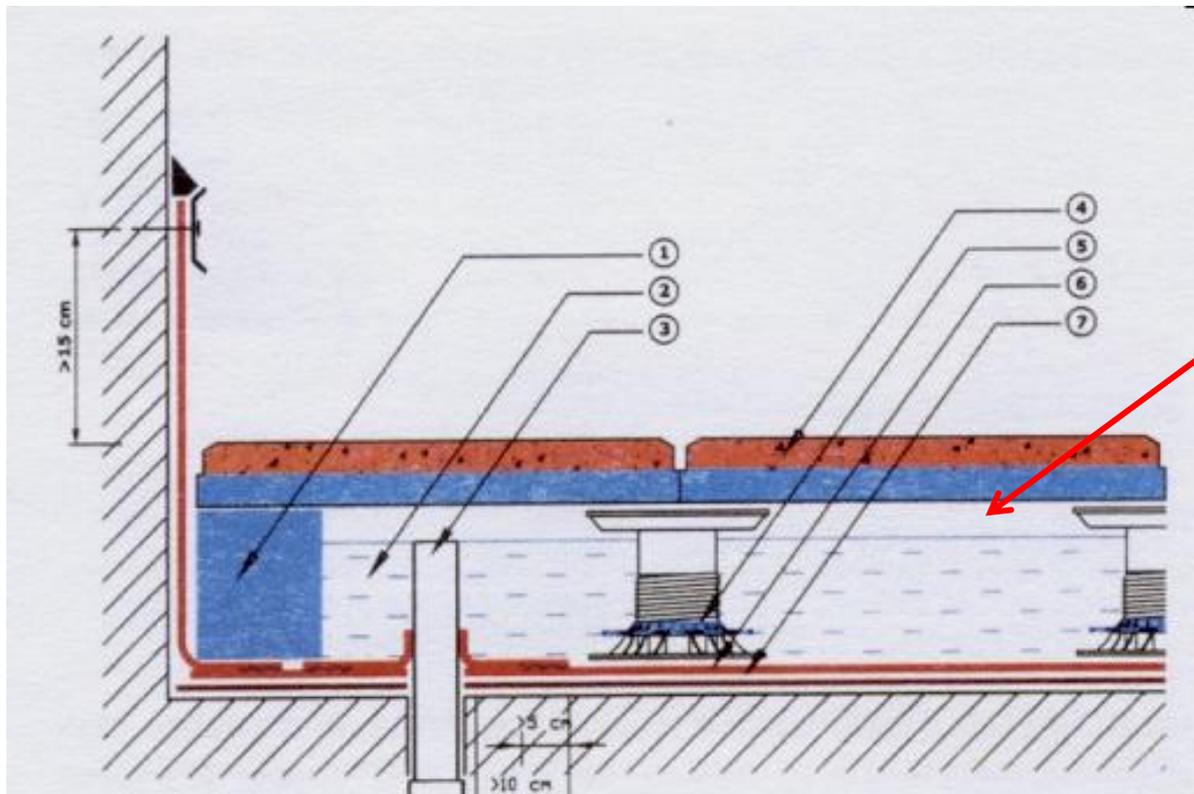
Toiture-jardin: couche drainante avec panneaux de EPS



Toiture verte avec dalles composite béton+XPS



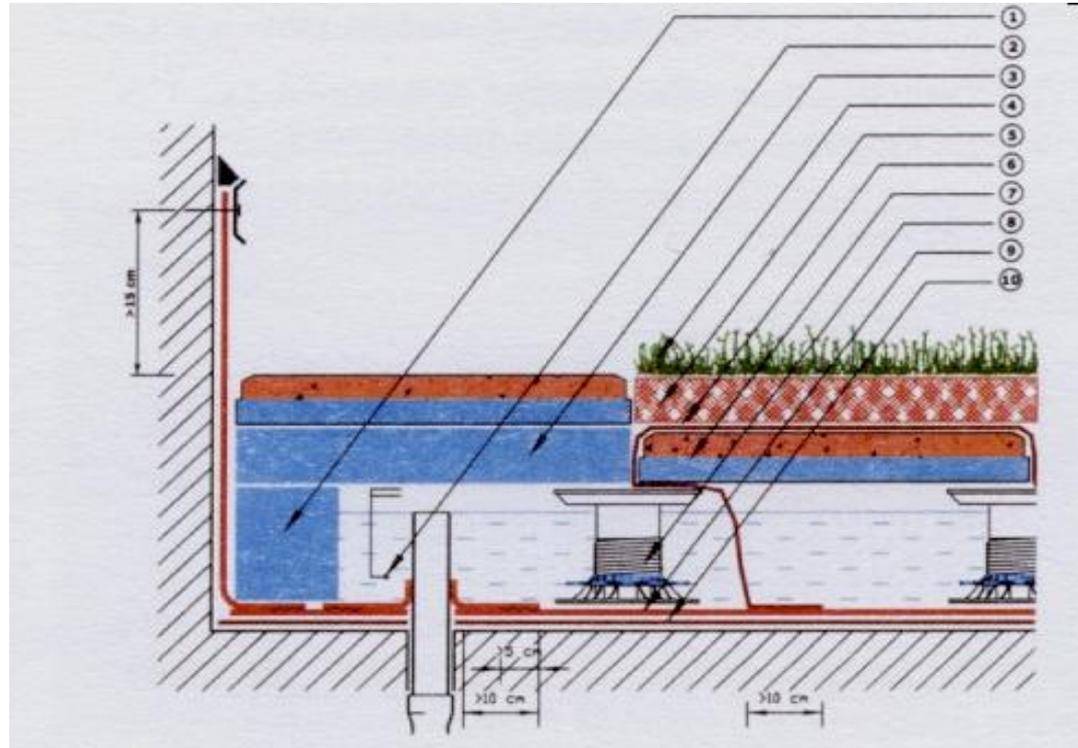
Dalles composites sur plot avec une couche d'eau en toiture inversée



Éviter la
ventilation de cet
espace

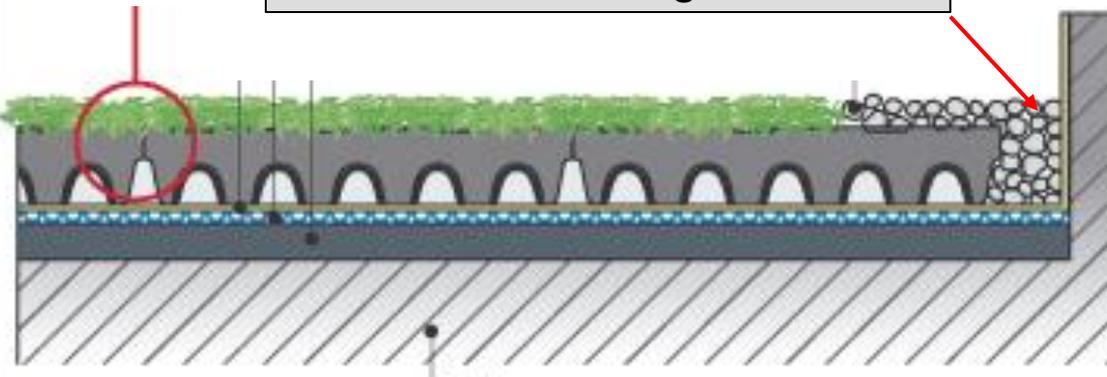
- 1 – Appui en XPS
- 2 – Couche d'eau
- 3 – Tuyau de décharge (trop-plein)
- 4 – Dalle composite béton+XPS
- 5 – Plot
- 6 – Membrane d'étanchéité
- 7 – Couche de désolidarisation

Dalles composites sur plot avec une couche d'eau en toiture inversée végétalisée



Coupé-type d'un terrasse-jardin extensive

Gravillons autour de
l'entrée d'eaux pluviales ou
des zones singulières



Études de recherche concernant les terrasses-jardin



- Pluie de forte intensité et de courte durée
- Décalage entre la chute d'eau et le débit maximal dans le réseau d'eaux pluviales
- Réduction des sections des canalisations des réseaux d'eaux pluviales

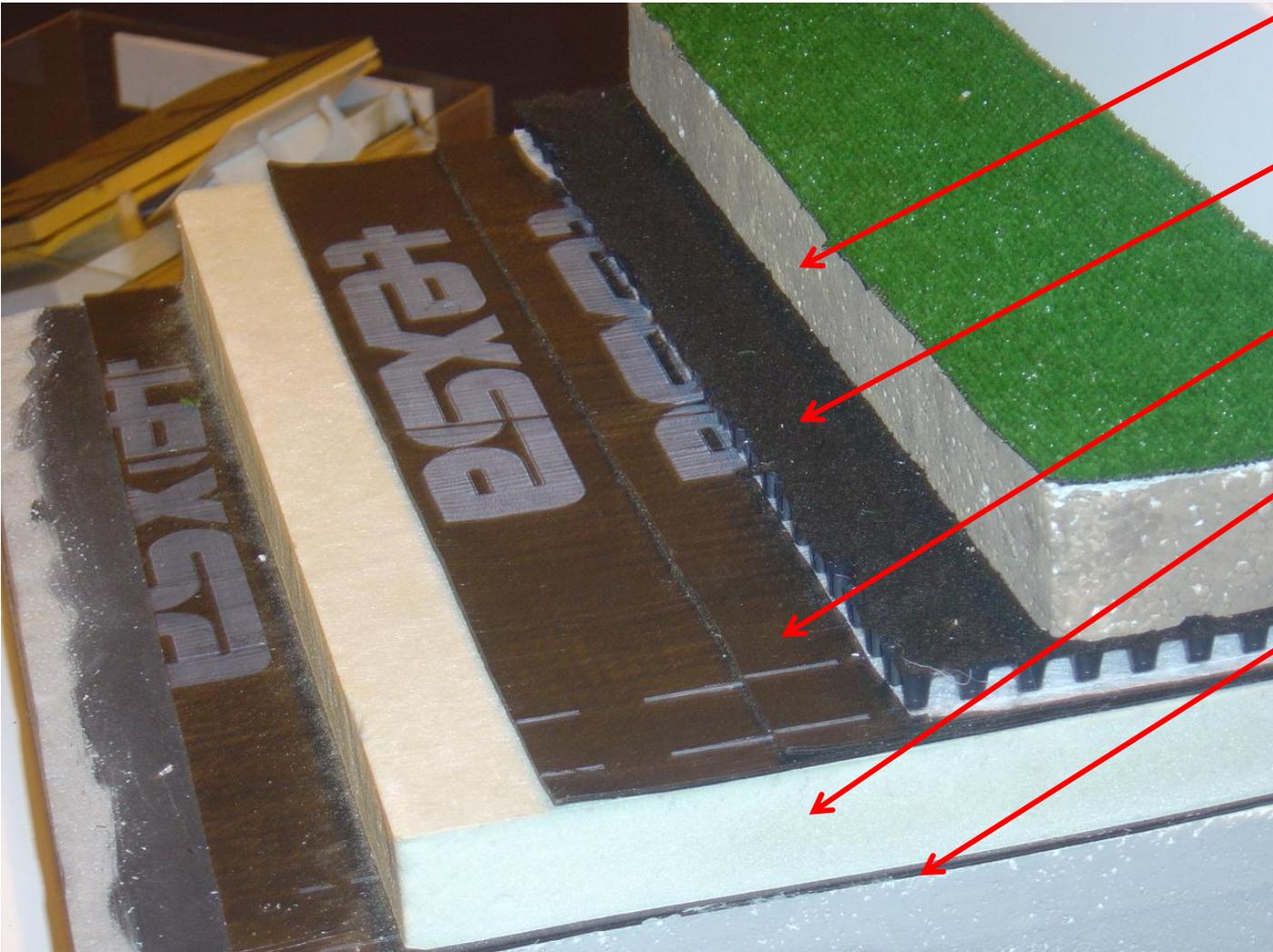
> Effets sur le débit d'eau dans le réseau d'eaux pluviales (exemple):

- revêtement nu – 98% de l'eau évacuée en 15 min
- protection en gravier – 74% de l'eau évacuée en 15 min et 95% évacuée en 30 min
- végétation extensive avec couche drainante en granulats minéraux - 18% de l'eau évacuée en 15 min, 50% en 30 min et 75% en 45 min

- > L'épaisseur du substrat joue un rôle significatif sur le taux de croissance des espèces végétaux
- > Des exemples connus montrent qu'au-dessous de 10 cm les dommages dus au gel sont significatives
- > Augmenter l'épaisseur conduit à une meilleure capacité de capter, accumuler et métaboliser de l'énergie pour la floraison
- > Augmenter l'épaisseur augmente la capacité de rétention d'eau

- > Réduction sensible de la température sur la membrane d'étanchéité (70-80°C à < 30°C; 15 cm de substrat)
- > Réduction sensible des fluctuations de température sur la membrane d'étanchéité
- > Importance de l'inertie thermique pour décaler le flux de chaleur (climat chaud)
- > Réduction de la demande moyenne d'énergie quotidienne: plus que 50%, due au flux de chaleur emmagasiné dans la toiture pendant l'été

Réhabilitation avec une toiture verte



Substrat+végétation

Couche drainante

Nouvelle étanchéité

Couche isolante

Étanchéité ancienne

Toiture en pente végétalisée



Racines dans la surface inférieur d'une membrane bitumineuse

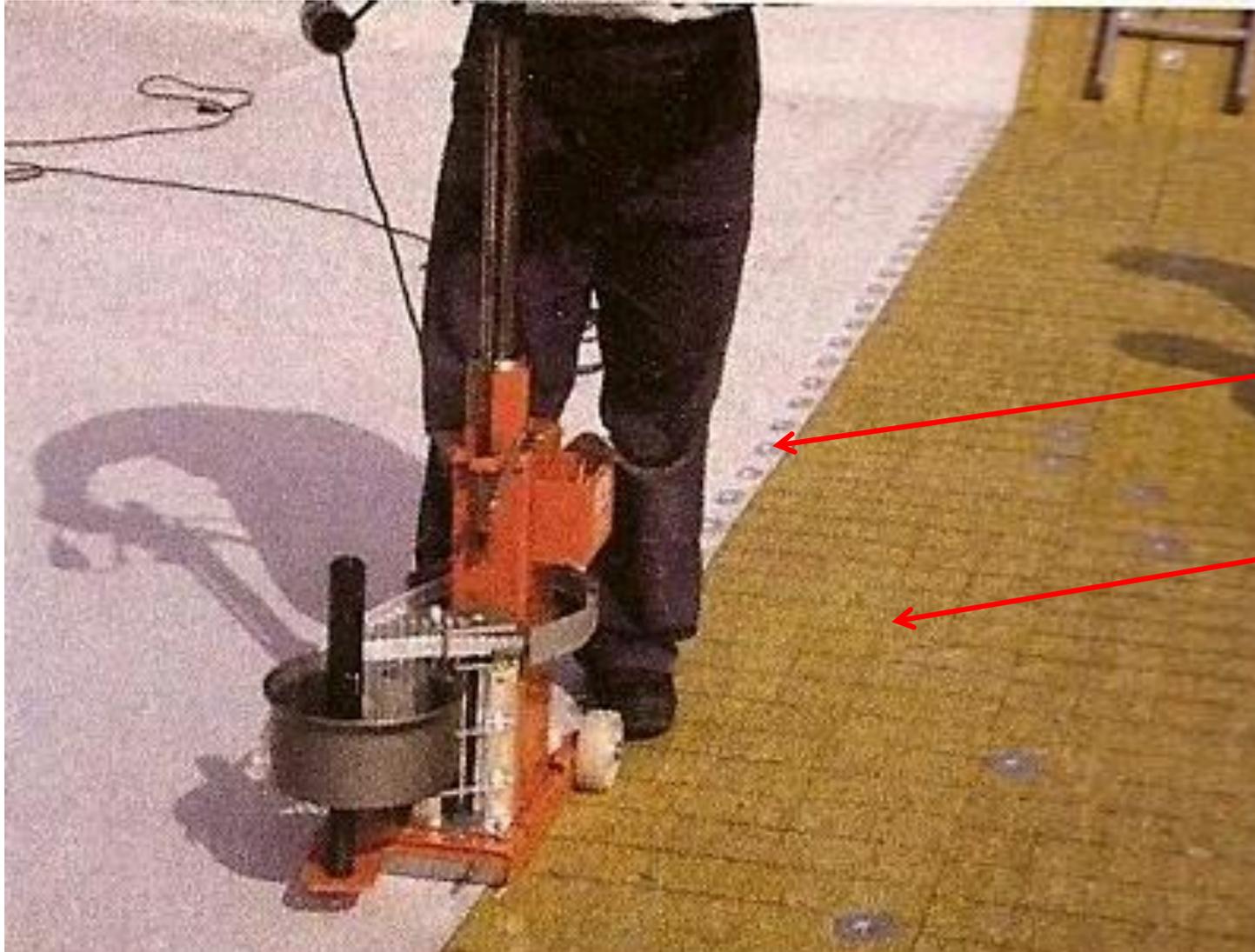


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Le bitume est un bon nutriment pour les racines

Fixation mécanique des membranes d'étanchéité synthétiques



Solution habituel
pour des structures
porteuses en bac
acier

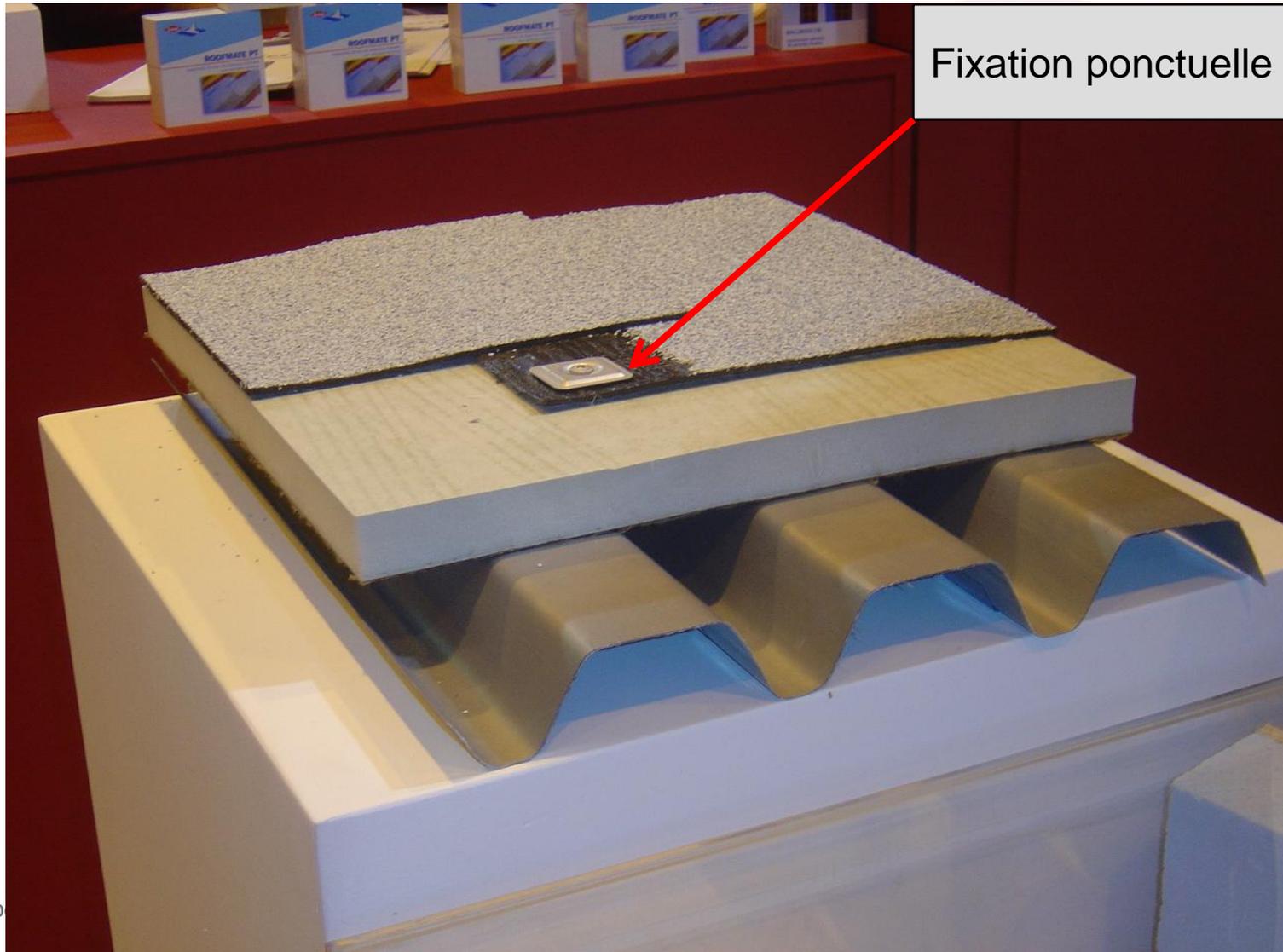
Fixation mécanique
ponctuel

Laine de verre ou
laine de roche

Membrane betumineuse fixée mécaniquement dans les joints



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

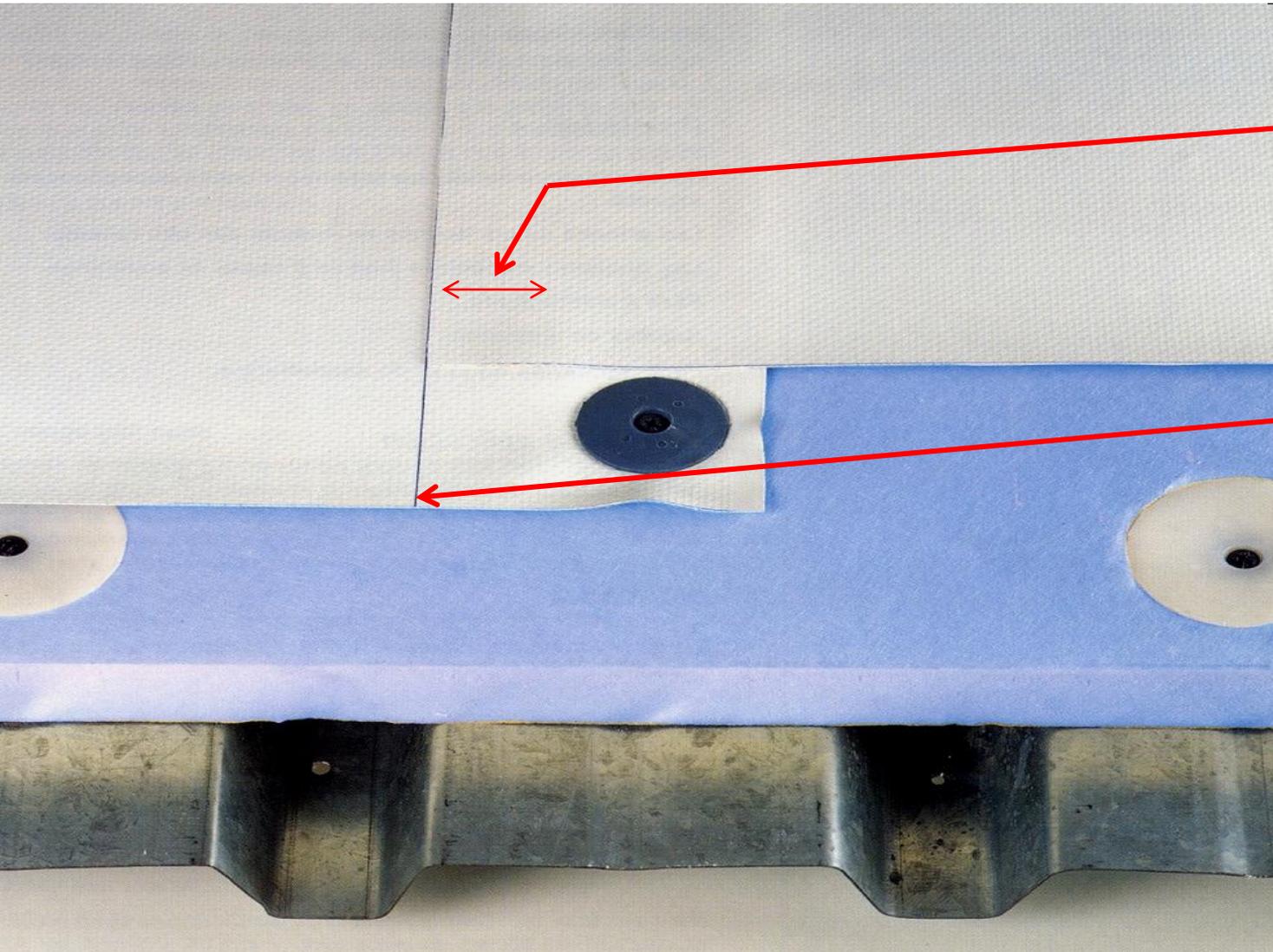


Fixation ponctuelle

Membrane de PVC fixée mécaniquement



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Surface collée

Ligne marquée pour
définir la largeur
de la joint

Pièces de fixation mécanique pour des systèmes d'étanchéité de toitures



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Soudure à chamuleau d'un système bicouche de membranes bitumineuses



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Soudure à chalumeau d'un système bicouche fixé mécaniquement



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Systeme d'étanchéité adhérent – technique du chalumeau



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Fluage du bitume d'une membrane de bitume oxidé



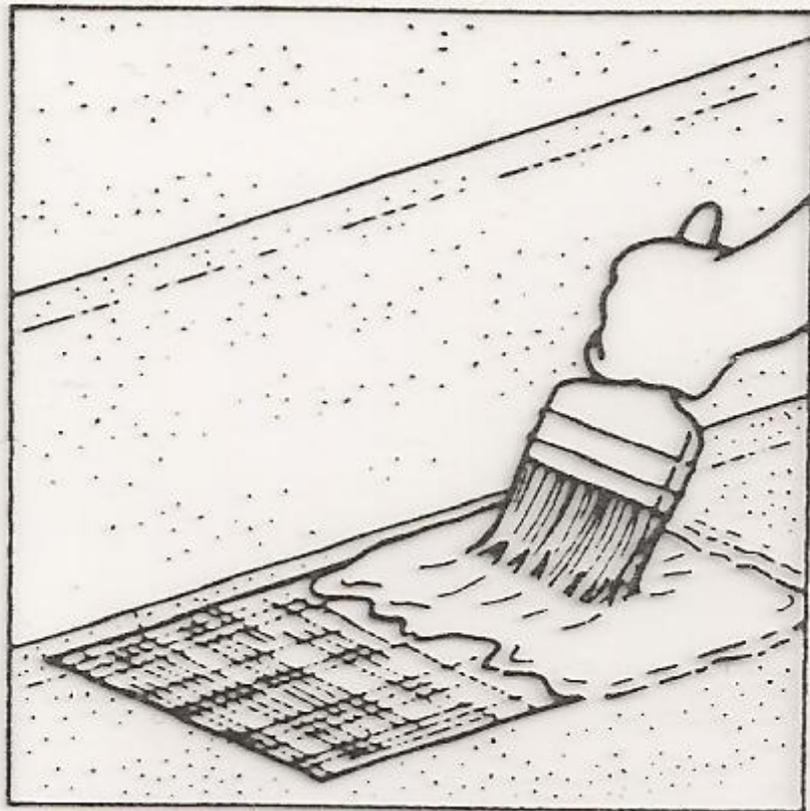
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



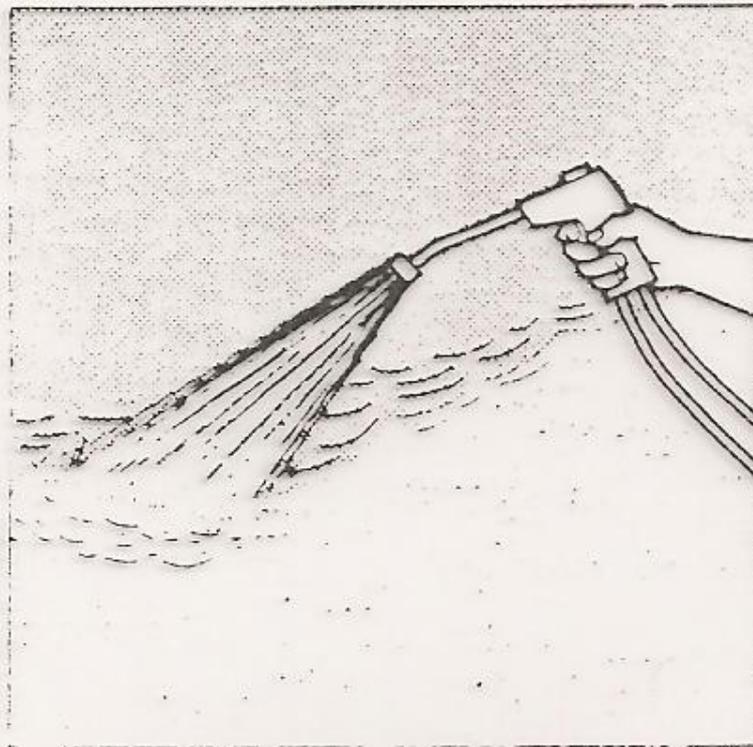
Soudure avec des pistolets à air chaud



Systemes d'etanchéité liquides



brosse

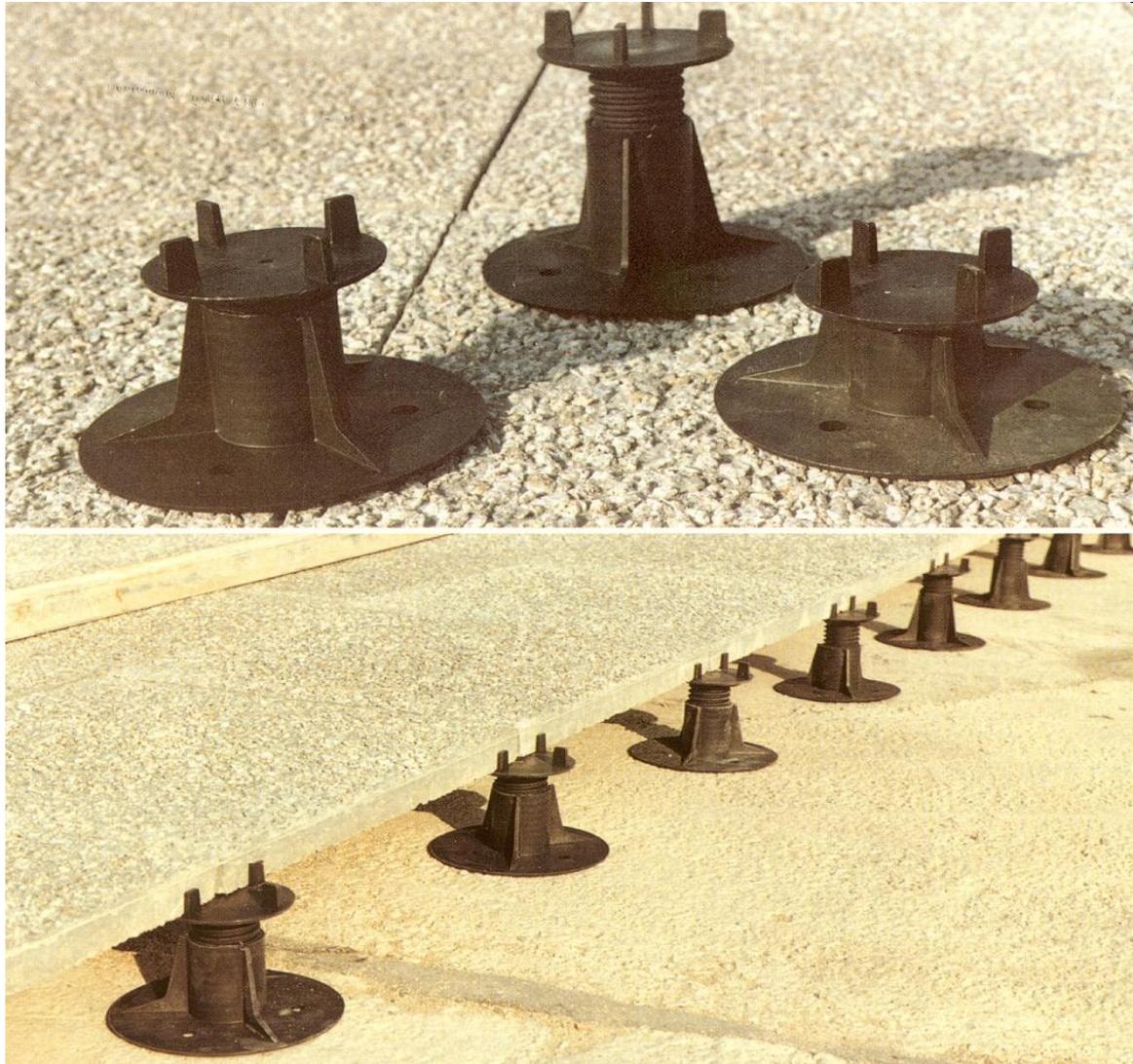


pistolet

Dalles sur plot d'hauteur variables



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Plot de base rigide



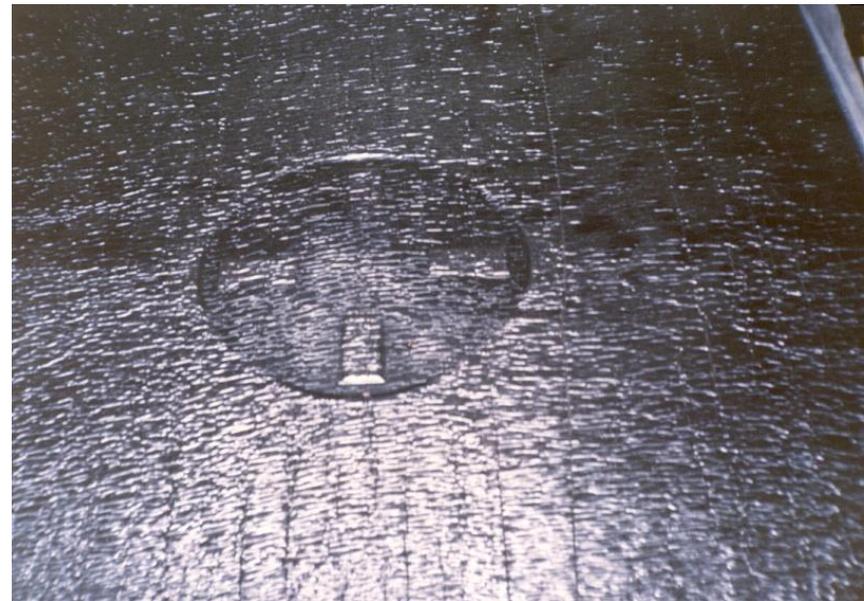
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Plots de base peux rigide



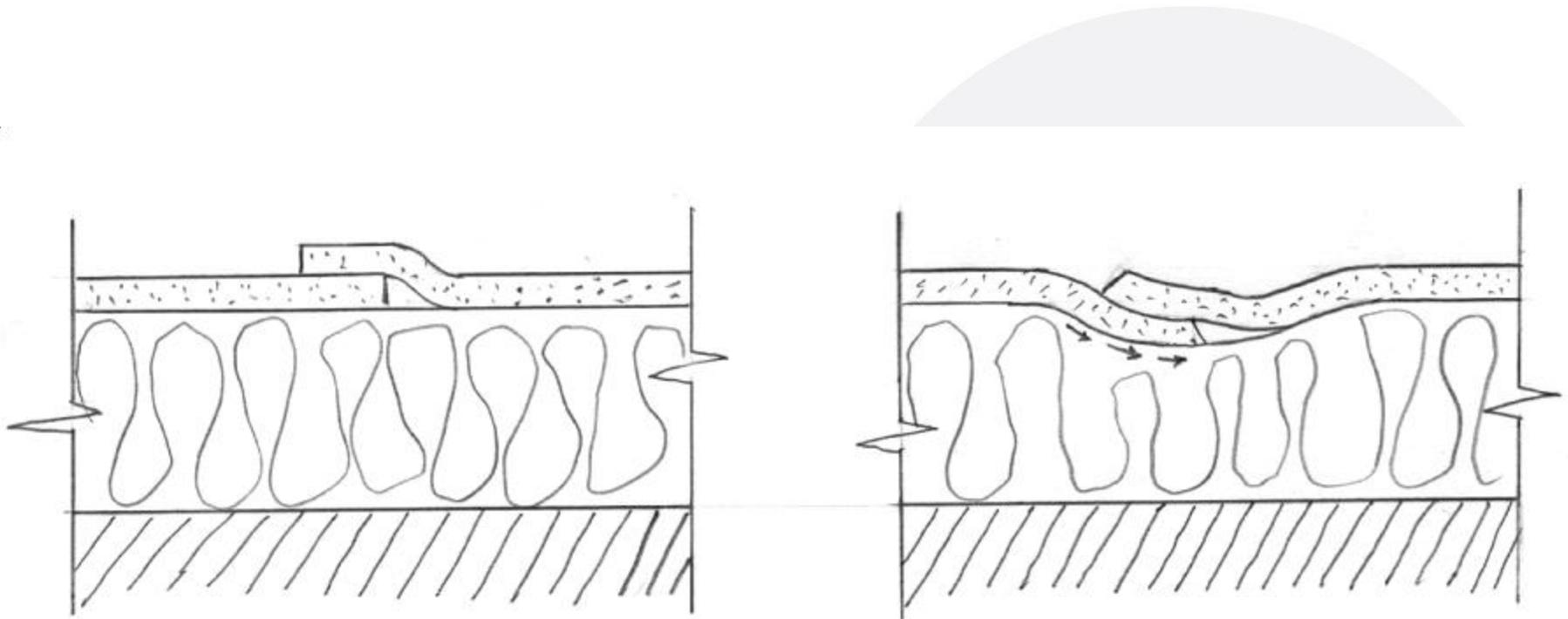
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



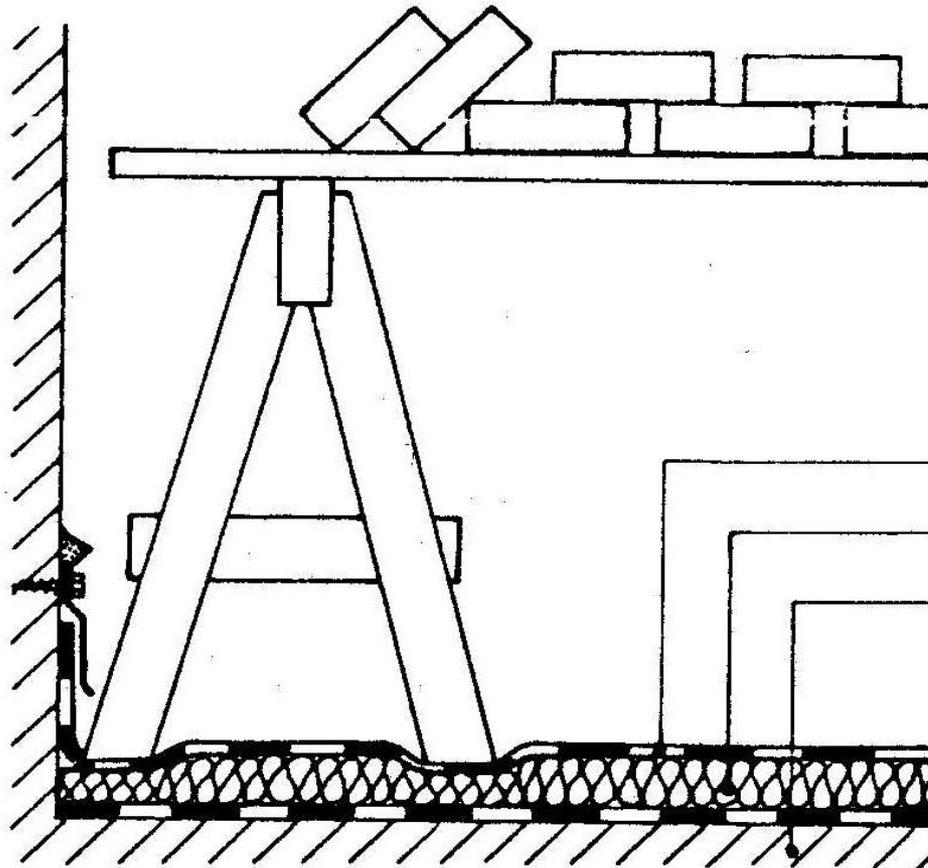
Dalles en bois sur plots



Effet de la déformabilité du support isolant sur la membrane



Effet de la déformabilité de l'isolant sur le relief



Impermeabilização
Suporte compressível
Estrutura resistente

Réhabilitation d'une toiture avec dalles sur plots en pièces de tuyaux d'amiante-ciment



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

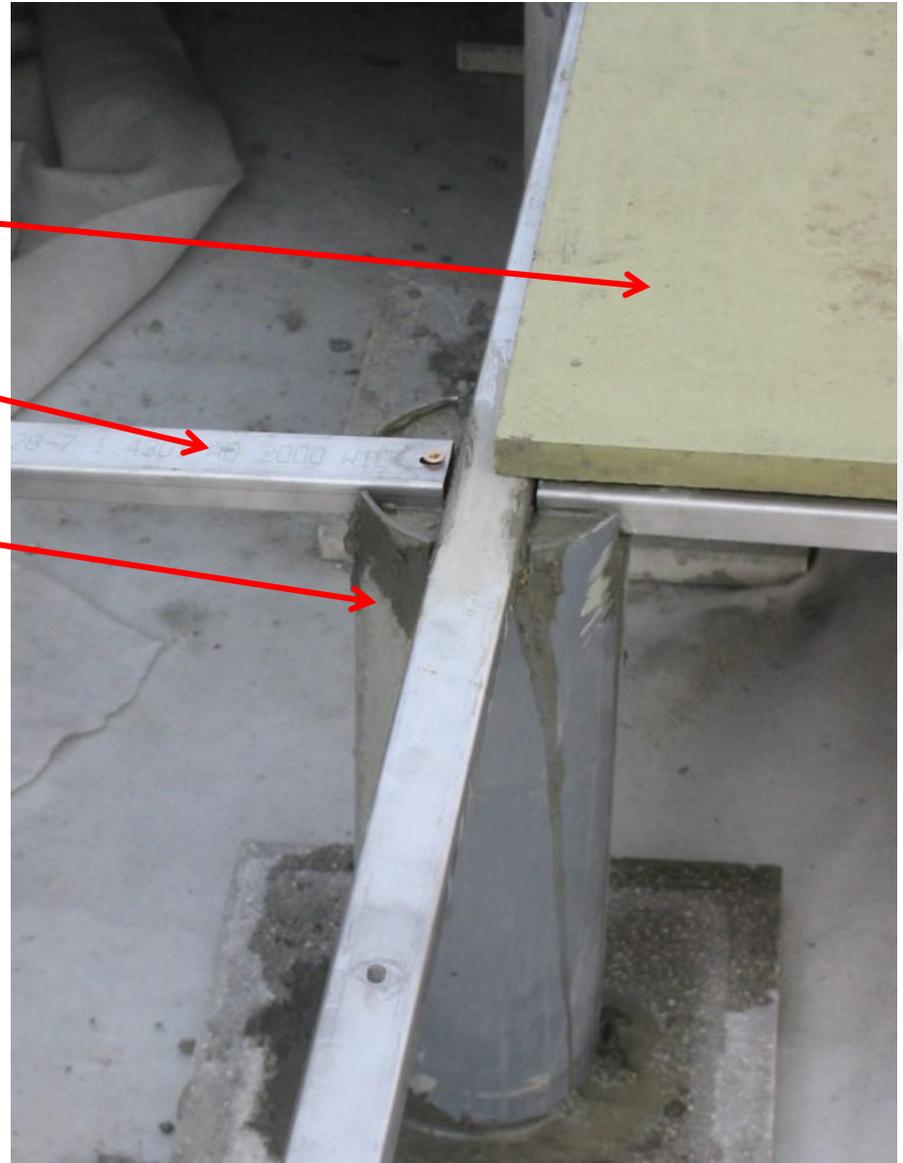


Détail d'un plot support des bars métalliques qui servent d'appui à des dalles

Dalle en béton

Barres métalliques

Plot en amiante-ciment rempli
de mortier



Remplacement des « plots » métalliques par d'autres en PVC remplis par mortier

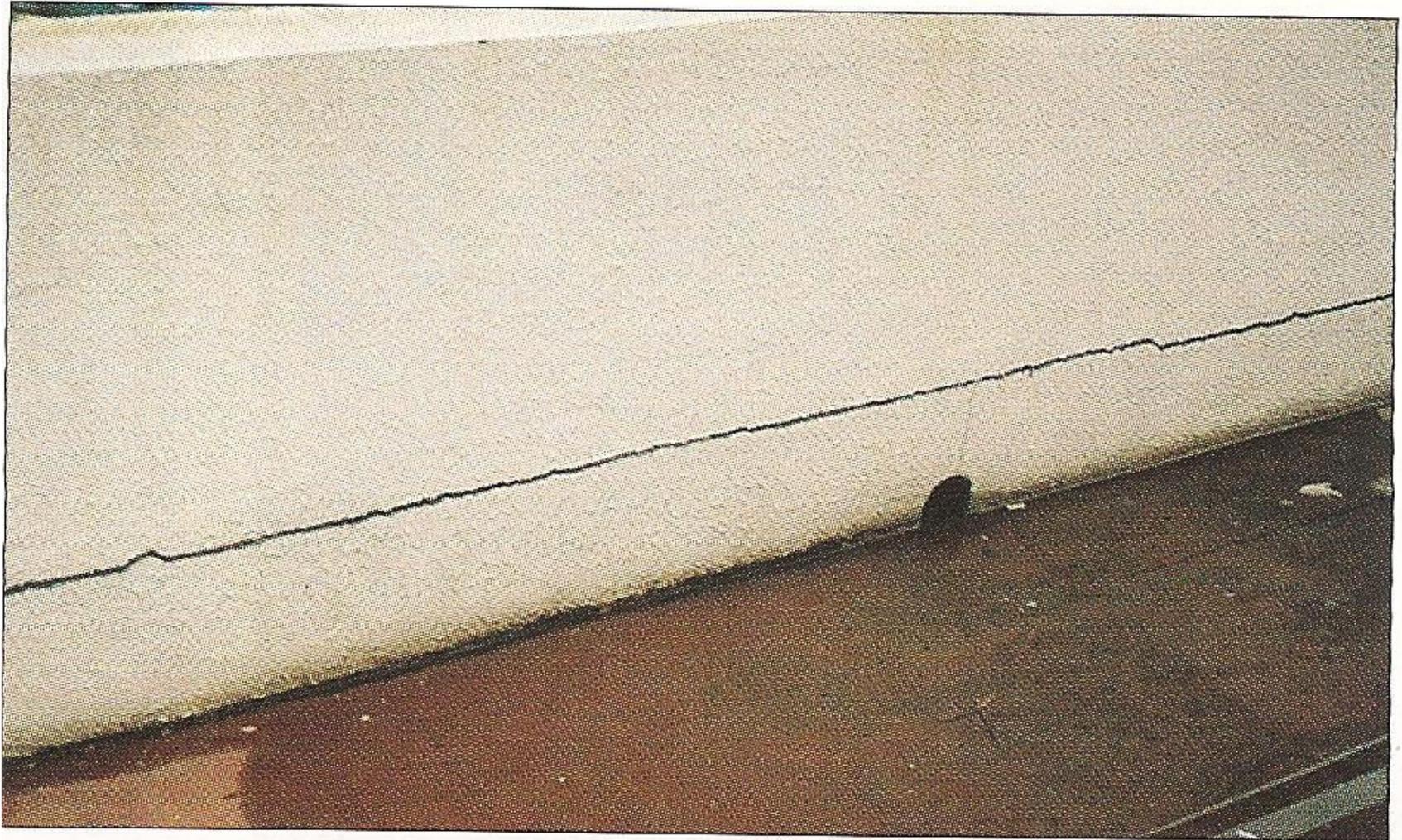


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

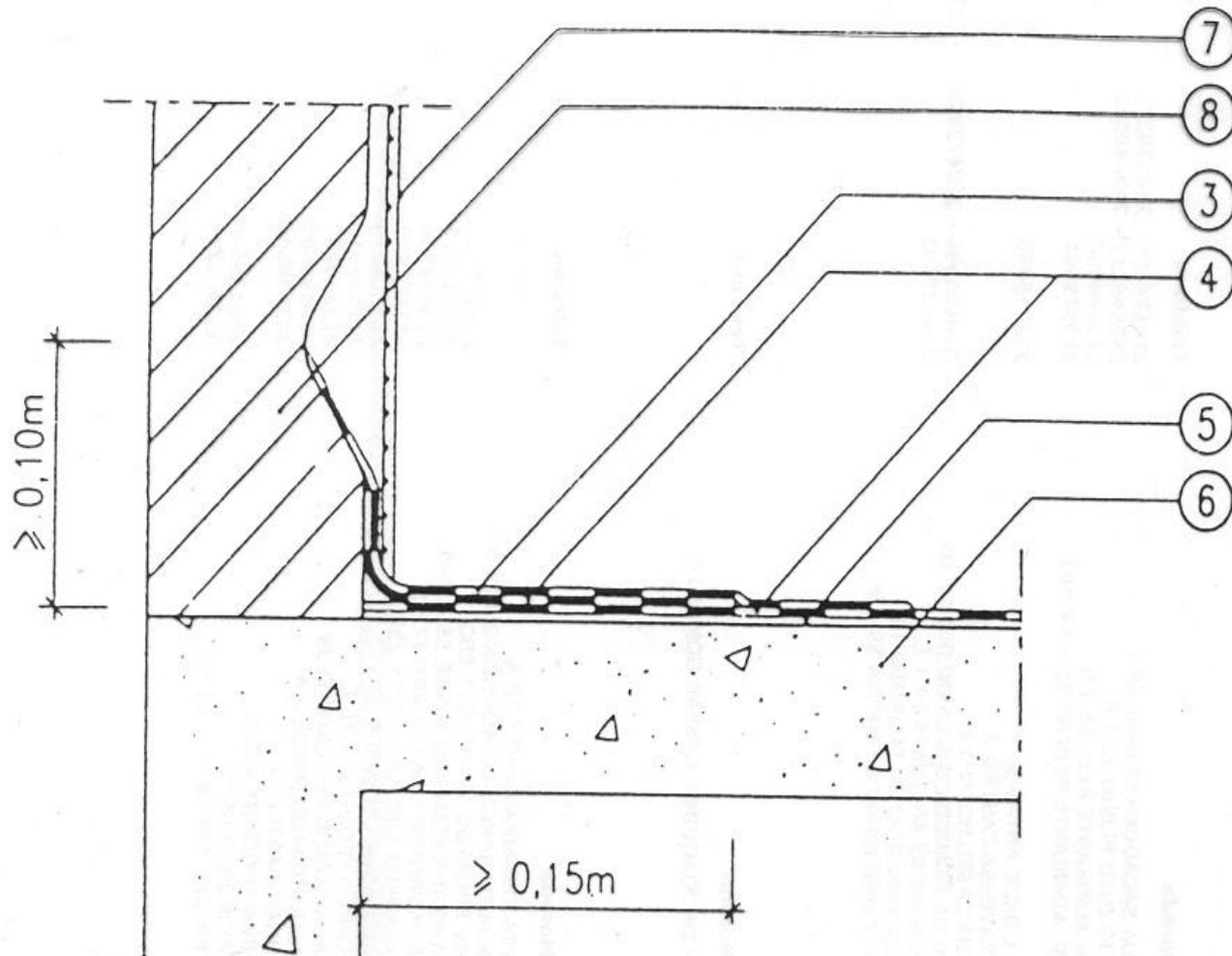


Ancien « plot »
métallique corrodé

Fissuration du mortier en partie haute d'un solin non protégé en tête



Mortier armé fait en continue



La pathologie du à des ponts thermiques

**condensation,
moisissures
et champignons**



Condensation, moisissures et champignons au toit sous un balcon

Absence d'isolation
thermique sur le
balcon

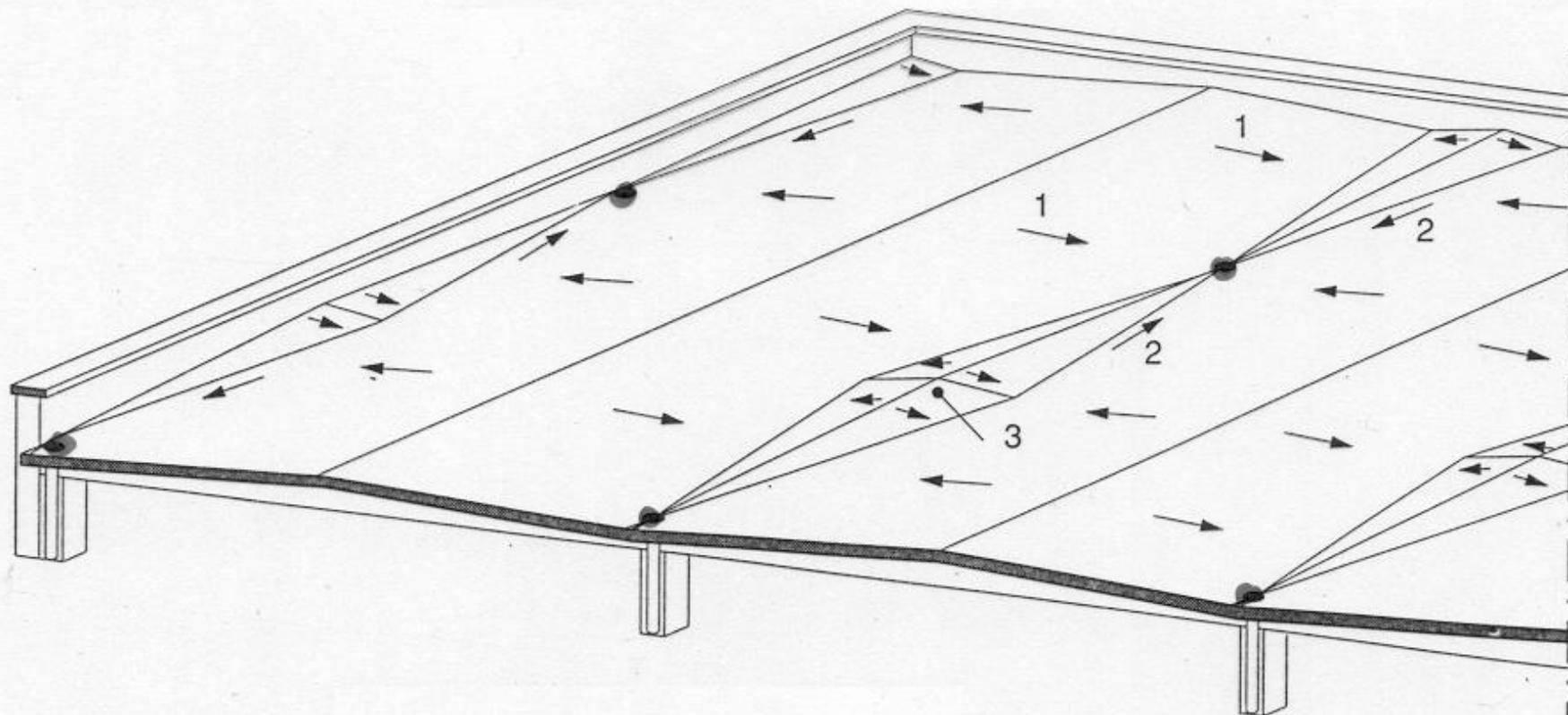


Poutres en saillie dans une toiture-terrasse

Absence d'isolation thermique sur les surfaces verticales et horizontales des poutres



L'importance de la définition des pentes



Rétention d'eau à la base des acrotères

Détachement des joints de
recouvrement



Développement de végétation en zones de pente réduite ou inexistante



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



LNEC

Accumulation des débris dans une gouttière à coté d'une acrotère



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Rétention d'eau. Forme de pente inadéquate



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Alignement en briques pour définir la forme de pente en béton cémentaire



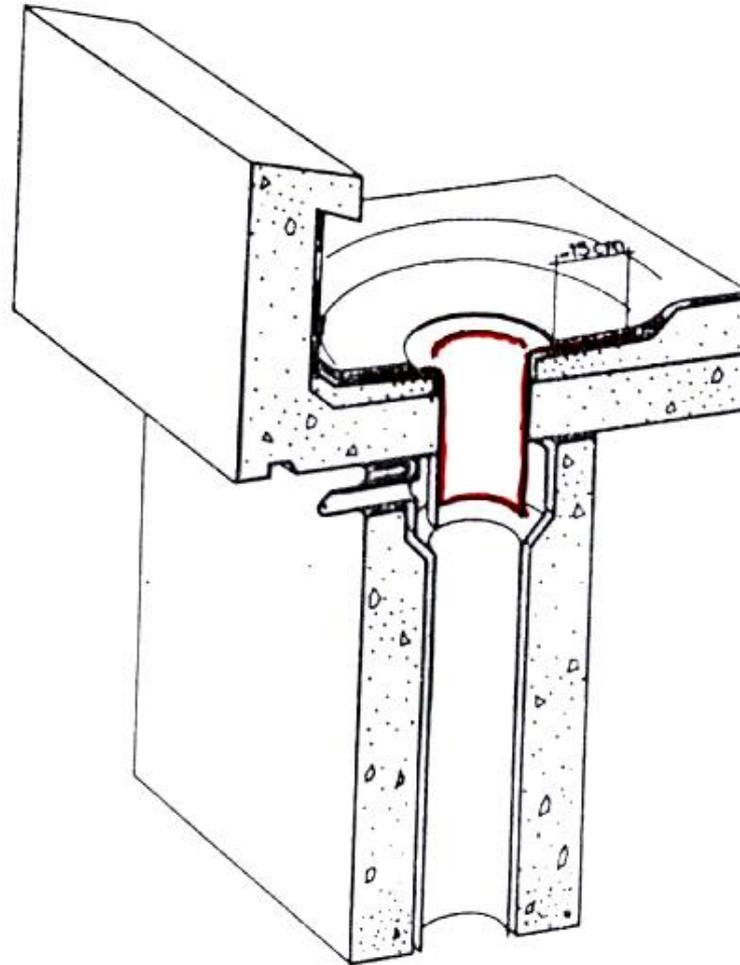
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



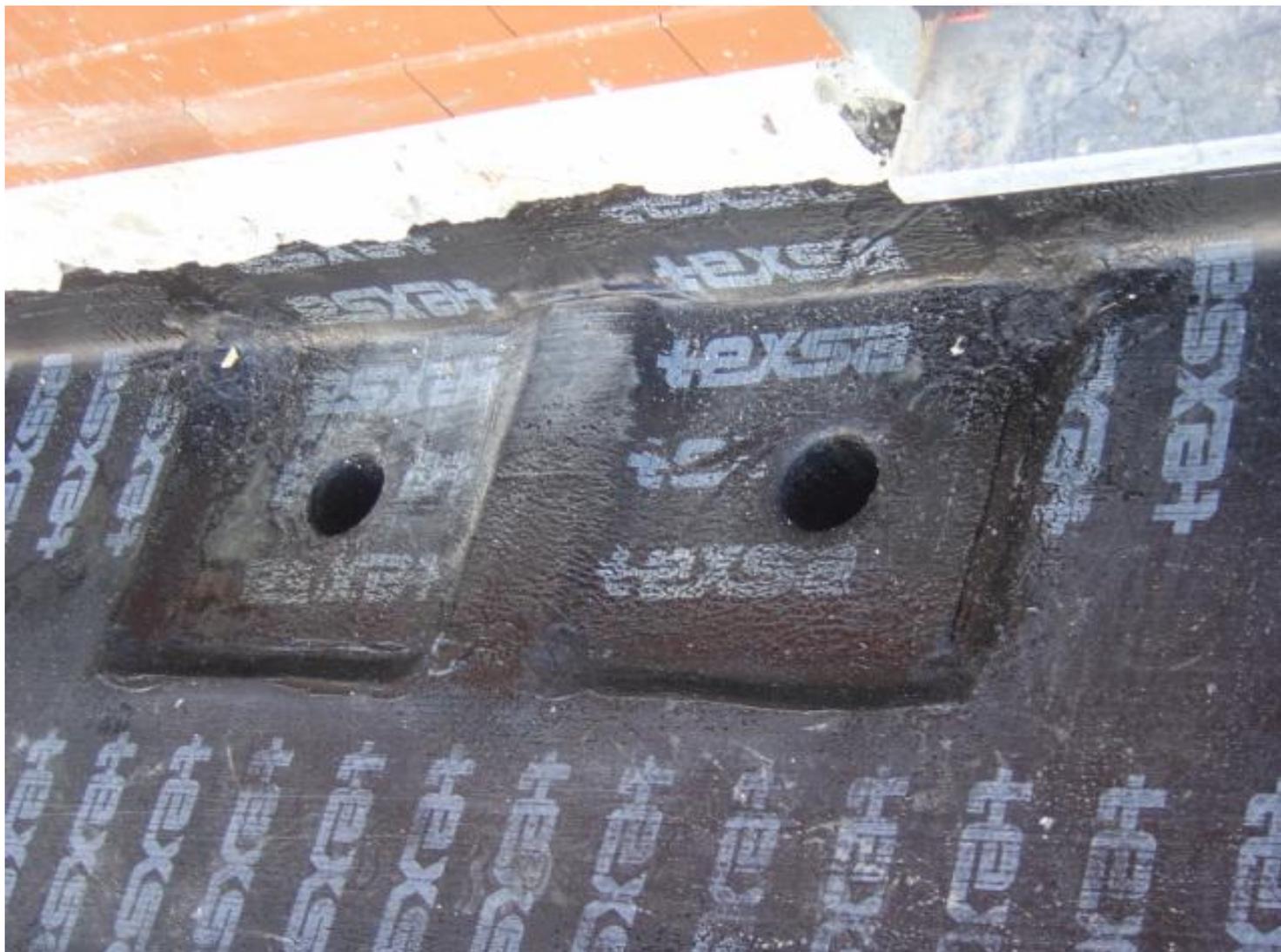
Réduction d'épaisseur de la forme de pente autour des entrées d'eaux pluviales



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



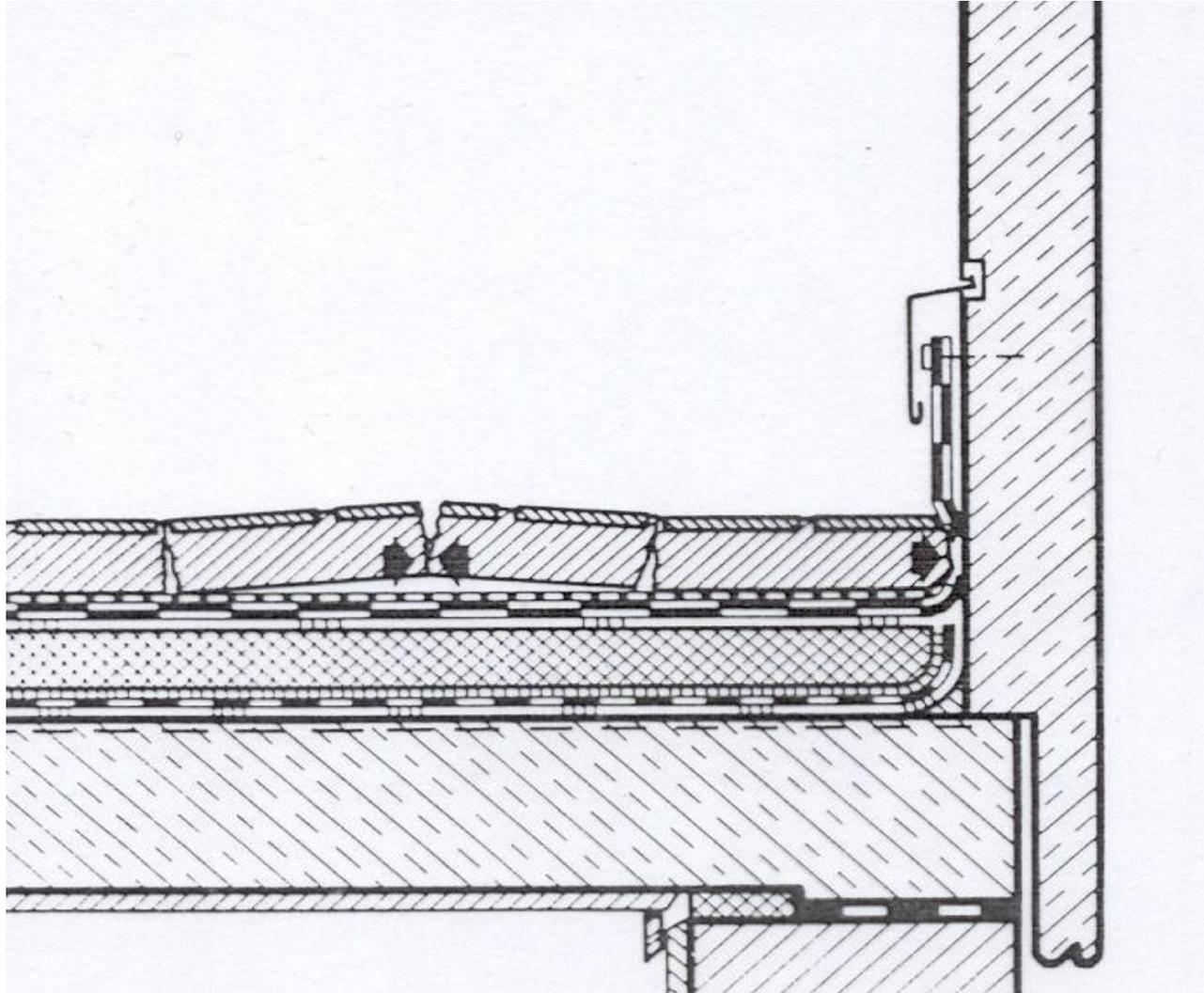
Réduction d'épaisseur de la forme de pente autour des entrées d'eaux pluviales



Fractionnement de la protection en dur



Cisaillement du relevé de l'étanchéité dans une acrotère et soulèvement de la protection



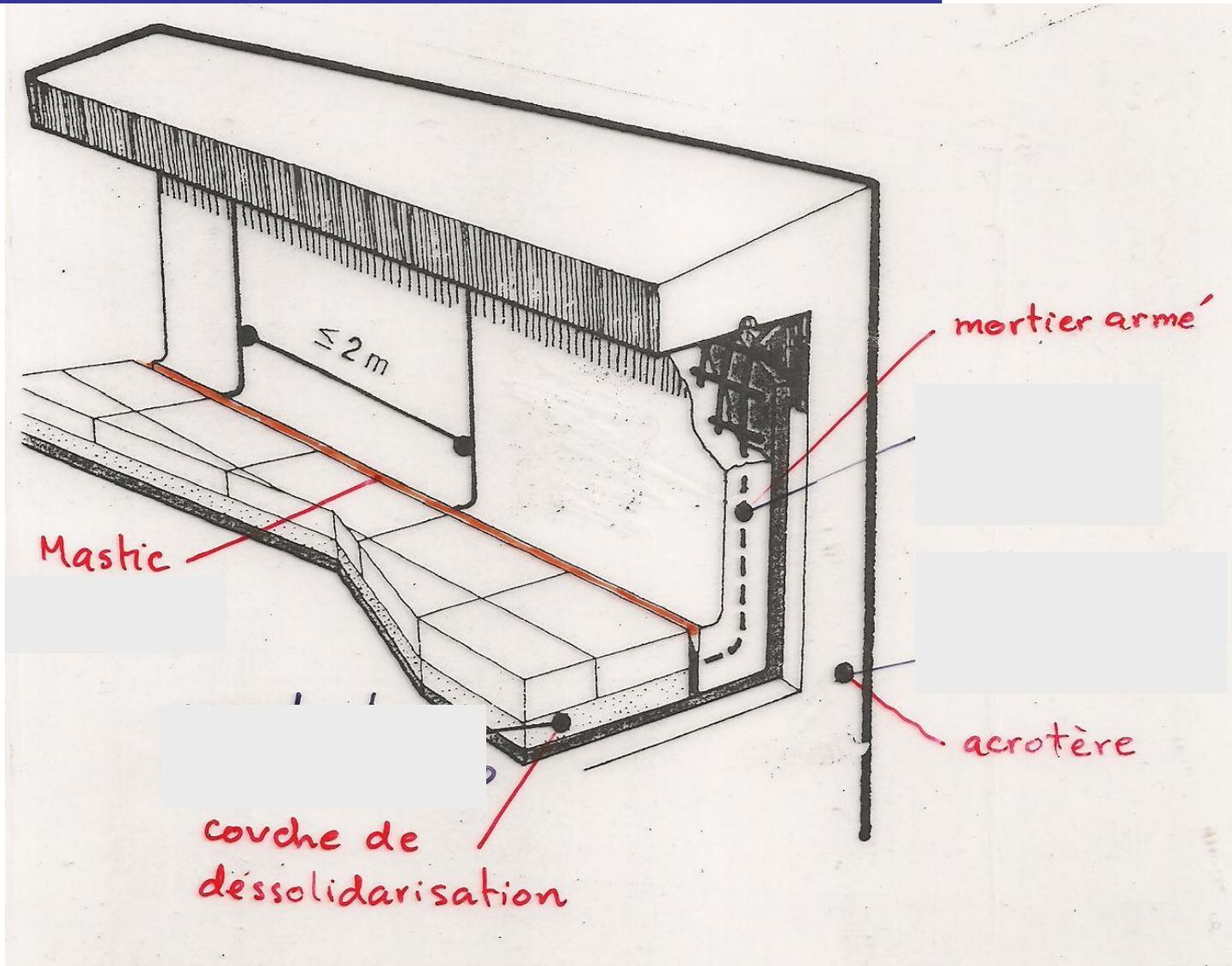
Soulèvement de la protection en dur sans joints de fractionnement



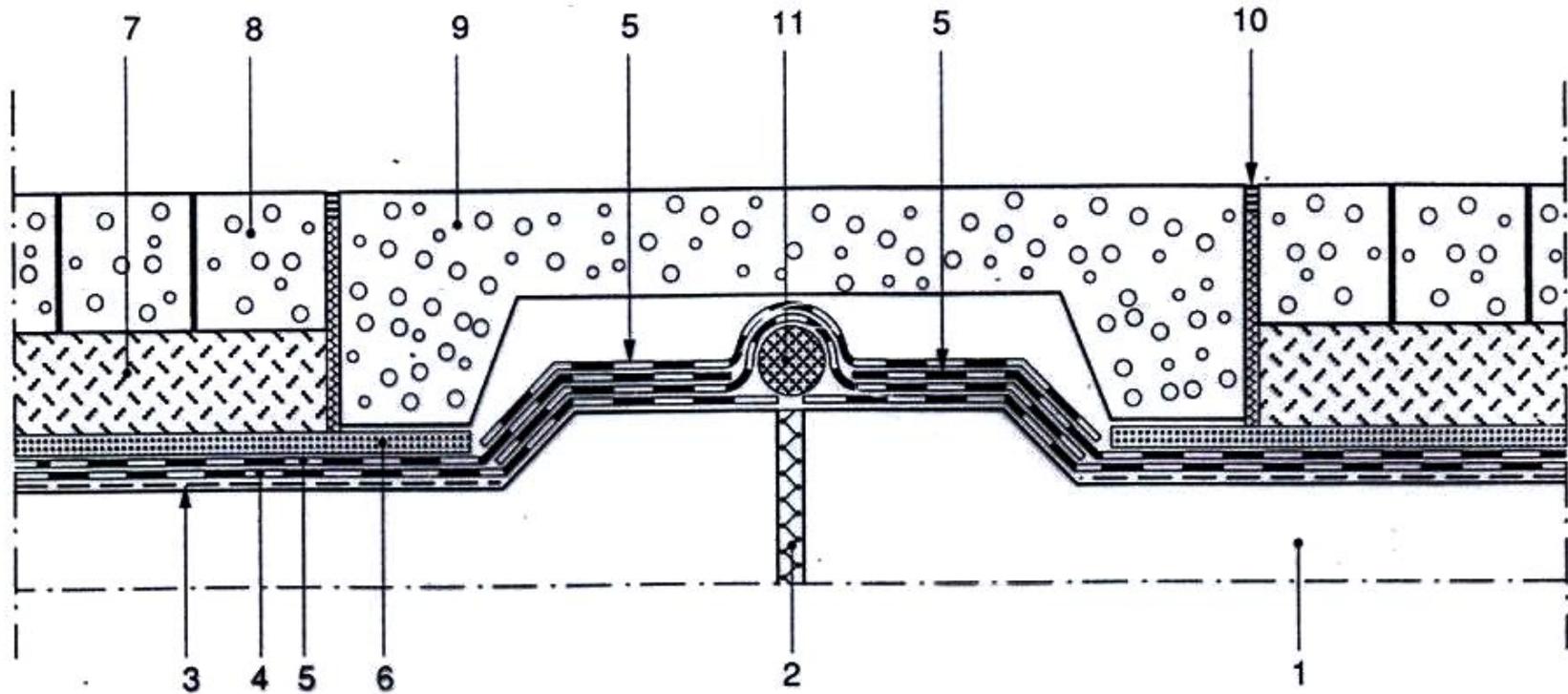
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



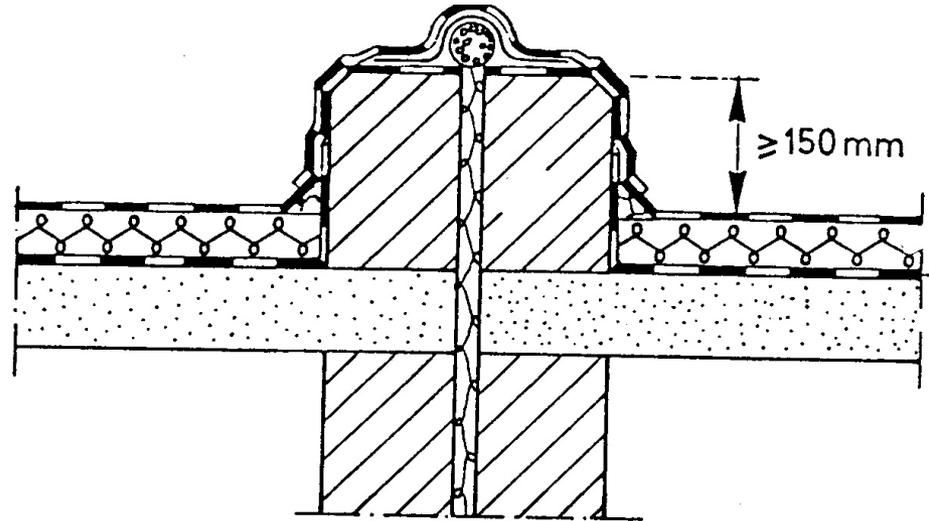
Joint de fractionnement périphérique



Détail d'un joint de dilatation (de gros oeuvre)

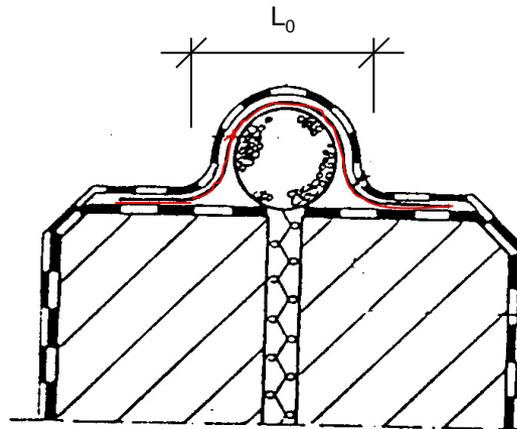


Détail de joints de dilatation

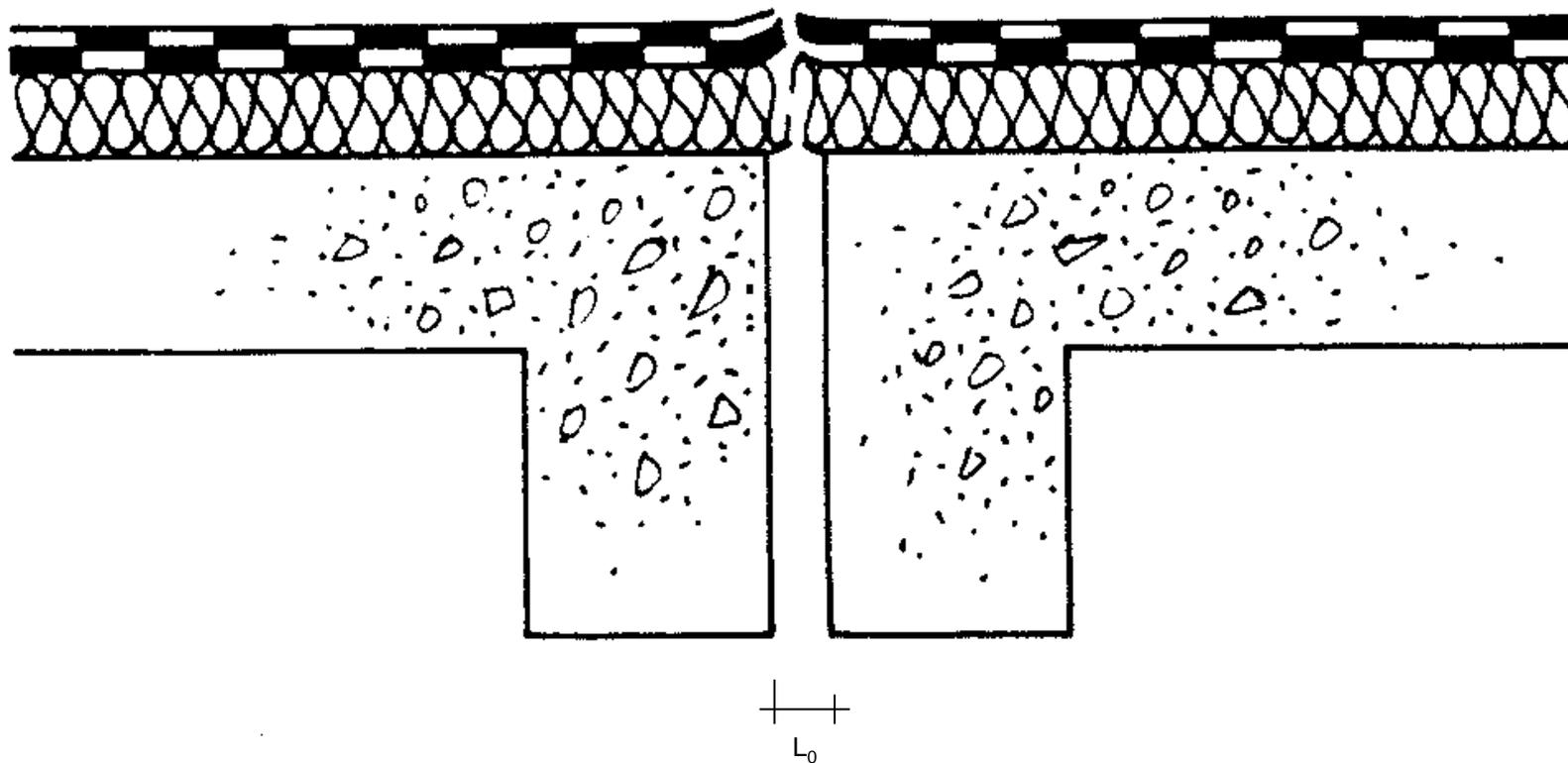


$$\sigma = k \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$



Défaut de conception d'un joint de dilatation



Déchirure d'une membrane de PVC fixée mécaniquement dans une acrotère



Des plis dans les membranes de PVC dans un angle de toiture



Essai d'étanchéité à l'eau *in situ*

