

CLUB REGIONAL OUVRAGES D'ART

Pont de Térénez
Le 10 avril 2008

CONTRÔLE DE LA MISE EN ŒUVRE DES CHAPES D'ETANCHEITE

Un petit peu d'histoire

• Problématique de l'homme

Protection contre l'action des eaux sur ses constructions:

- Éviter la pénétration de l'eau dans les habitations: réserves de nourritures
- Protéger la structure contre les détériorations



Calfatage de bateau
Mise en œuvre du fond de joint avant coulage du bitume

Arche de Noé

Selon les textes anciens,
l'étanchéité de la coque
était assurée par une
couche de bitume ...

Un petit peu d'histoire

- **Problématique de l'homme**

1^{ères} utilisations connues de l'étanchéité: entre 3600 et 2000 ans avant JC



En Mésopotamie (actuel Irak):

**Étanchéité des jardins
suspendus de Babylone
(bitume d'asphalte extrait
à proximité du site)**

Depuis les techniques d'étanchéité n'ont pas cessées de progresser et de se diversifier ...

L'étanchéité dans le monde

La majorité des pays industrialisés pratique l'étanchéité sur les ponts
Sauf États-Unis et Canada anglophone (approche différente):

- Couche de surface en béton étanche
- Protection spécifique des armatures

En Europe, la pratique de l'étanchéité est systématique

Mise en œuvre de
résine polyuréthane
sur un pont



SOMMAIRE

Les enjeux liés à l'étanchéité des ponts

Les différents complexes d'étanchéité

Le référentiel technique

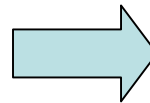
L'organisation du contrôle

Les différents complexes d'étanchéité

• La pérennité de la couche de roulement

1^{ère} fonction du complexe d'étanchéité: Assurer le support de la couche de roulement : contraintes verticale et horizontale

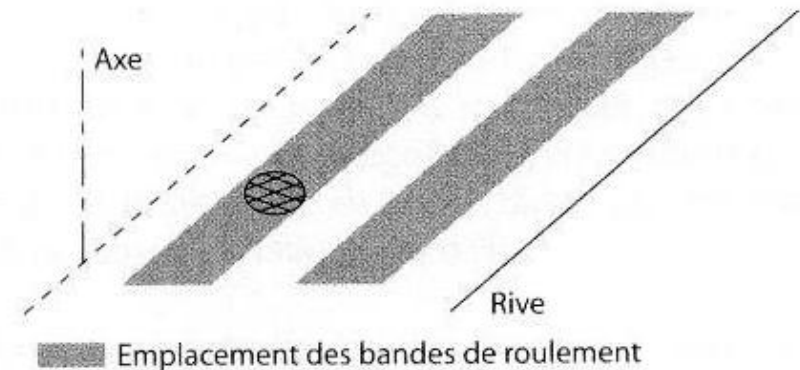
Étanchéité inadaptée
Ou
Défaut de mise en œuvre de l'étanchéité
Ou
Vieillessement de l'étanchéité



Orniérages, nids de poules, décollement



**La cinétique
d'apparition de
ces
dégradations
peu être très
rapide !**



Les enjeux

- **La pérennité du tablier**

2^{ème} fonction du complexe d'étanchéité (la plus importante):
Protéger le tablier contre la pénétration des agents agressifs
(sels de déverglaçage, eau, eau polluée ...)

Objectif:

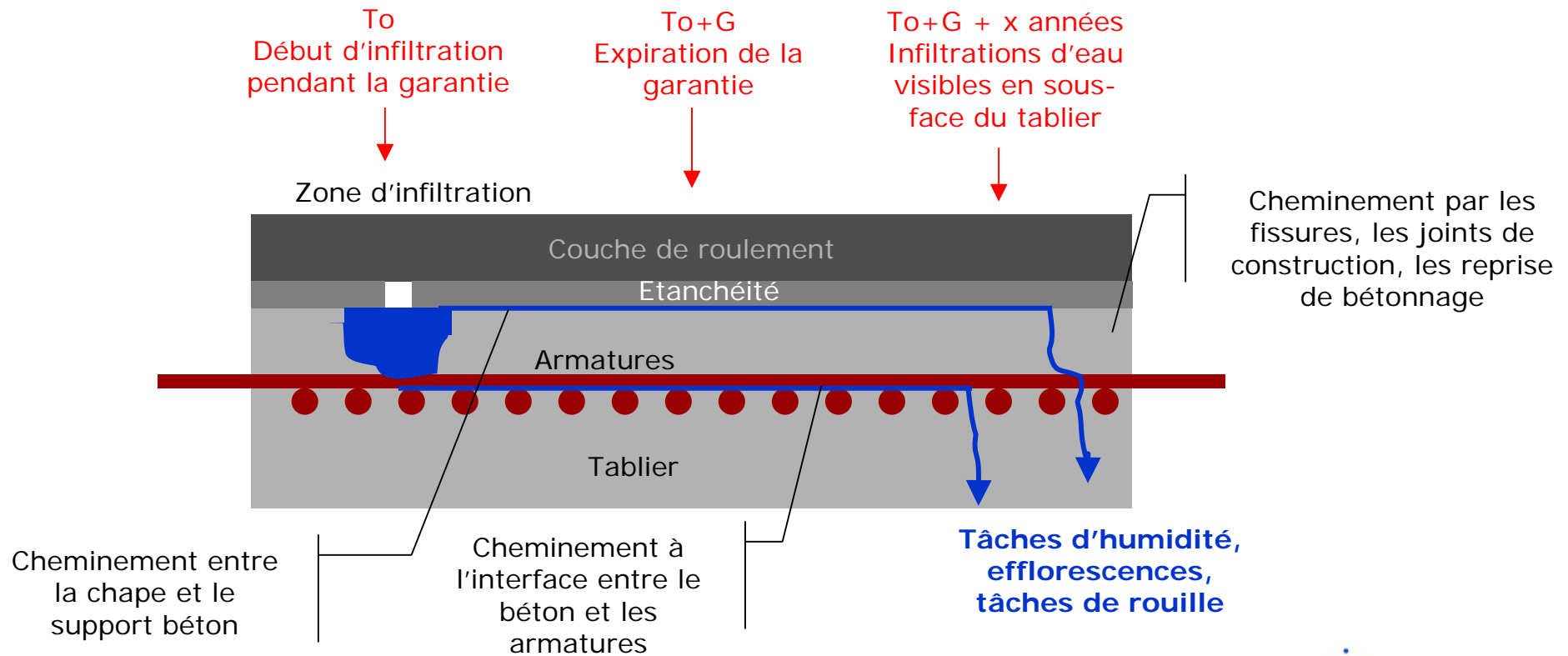
**Prévenir les risques de corrosion
du métal ou des armatures de béton armé**



**La cinétique
d'apparition de ces
dégradations peu
être lente !**

Les enjeux

• La pérennité du tablier



Les enjeux

- La pérennité du tablier



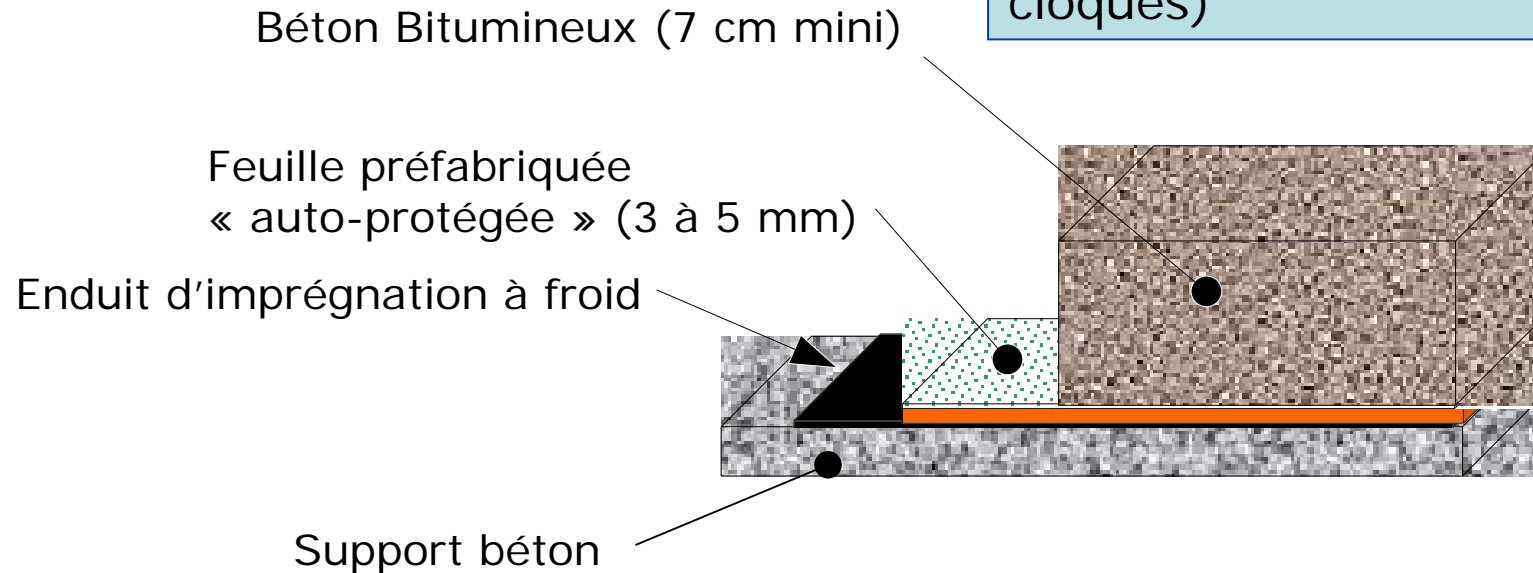
Les différents complexes d'étanchéité

- Feuille Préfabriquée Mono-couche (FPM)
- Feuille Préfabriquée avec Asphalte (FPA)
- Chape épaisse asphalte (mono ou bicouche)
- Film Mince Adhérent au Support (FMAS)
- Mortier Haute Cadence (MHC)

Les différents complexes d'étanchéité

• La Feuille Préfabriquée Monocouche (FPM)

Risque principal:
Gonflement (gonfles et cloques)



Qualité du support visée: Niveau de talochage proche de la plaque P1 du STER

Les différents complexes d'étanchéité

- La Feuille Préfabriquée Monocouche (FPM)



Exemple:

SIPLAST - Parafor Ponts /
AXTER, SOPREMA..)

Les différents complexes d'étanchéité

- La Feuille Préfabriquée Monocouche (FPM)



Exemple:

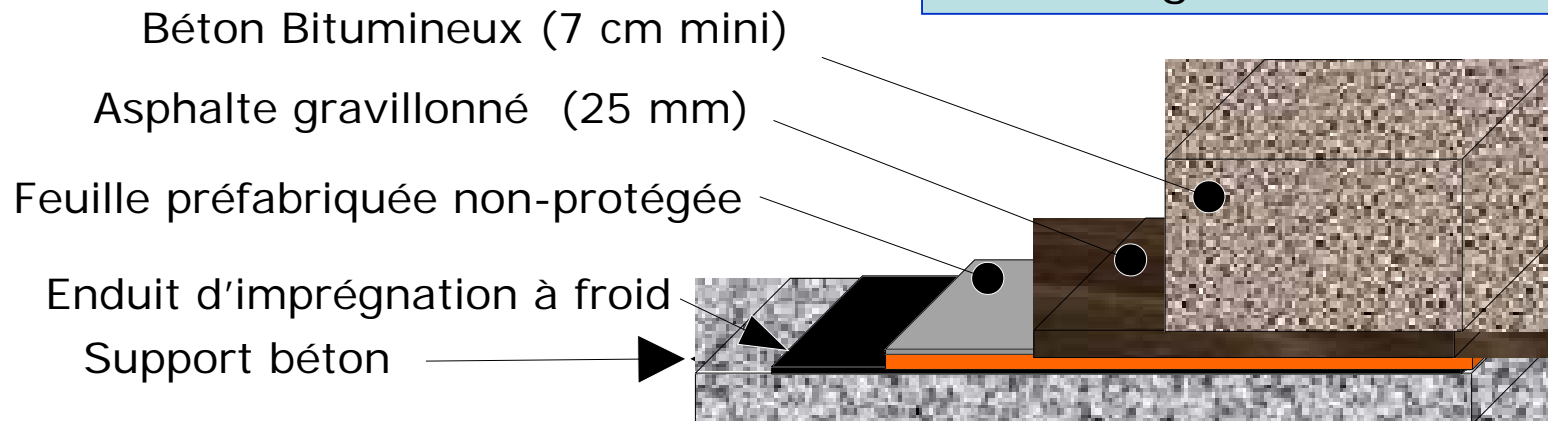
SIPLAST - Parafor Ponts / AXTER,
SOPREMA..)

Les différents complexes d'étanchéité

• La Feuille Préfabriquée Asphaltée (FPA)

Risque principal:

- Gonflement (gonfles et cloques)
- Orniérage



Les différents complexes d'étanchéité

- La Feuille Préfabriquée Asphaltée (FPA)

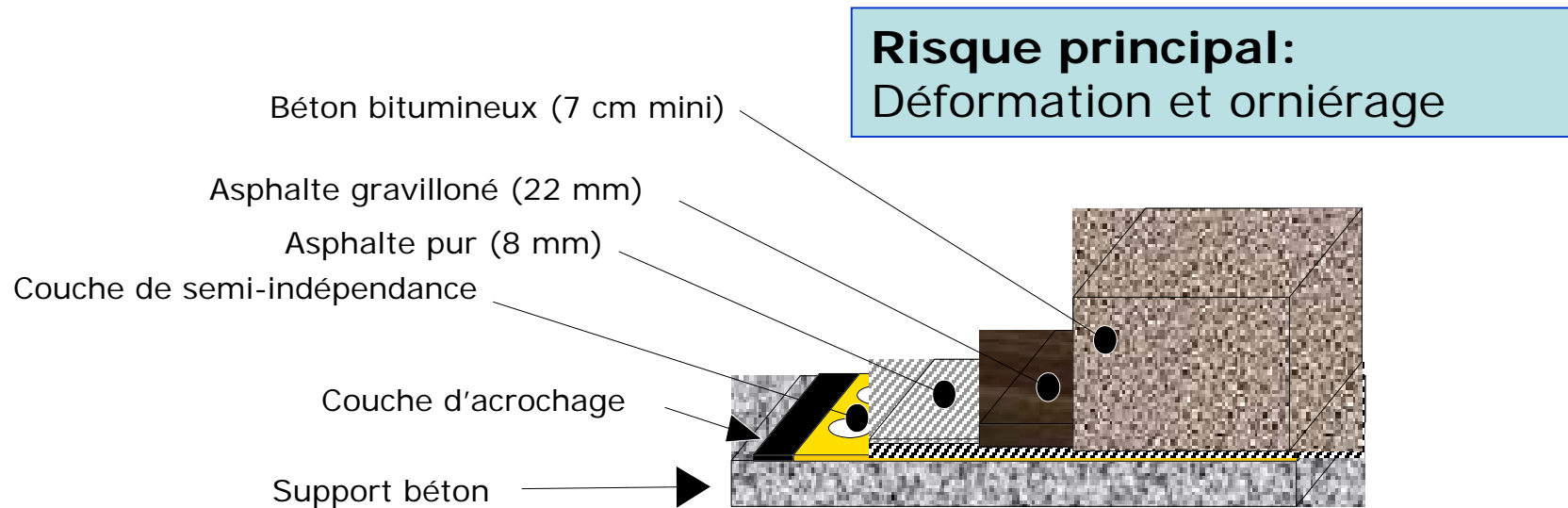


Exemple:

SMAC-B3A/SIPLAST-
Paraforix A

Les différents complexes d'étanchéité

• Asphaltes Mono-couche ou Bi-couche



Asphalte mono-couche: Asphalte élastomère EG30 (15 mm)

Les différents complexes d'étanchéité

- Asphaltes Mono-couche ou Bi-couche



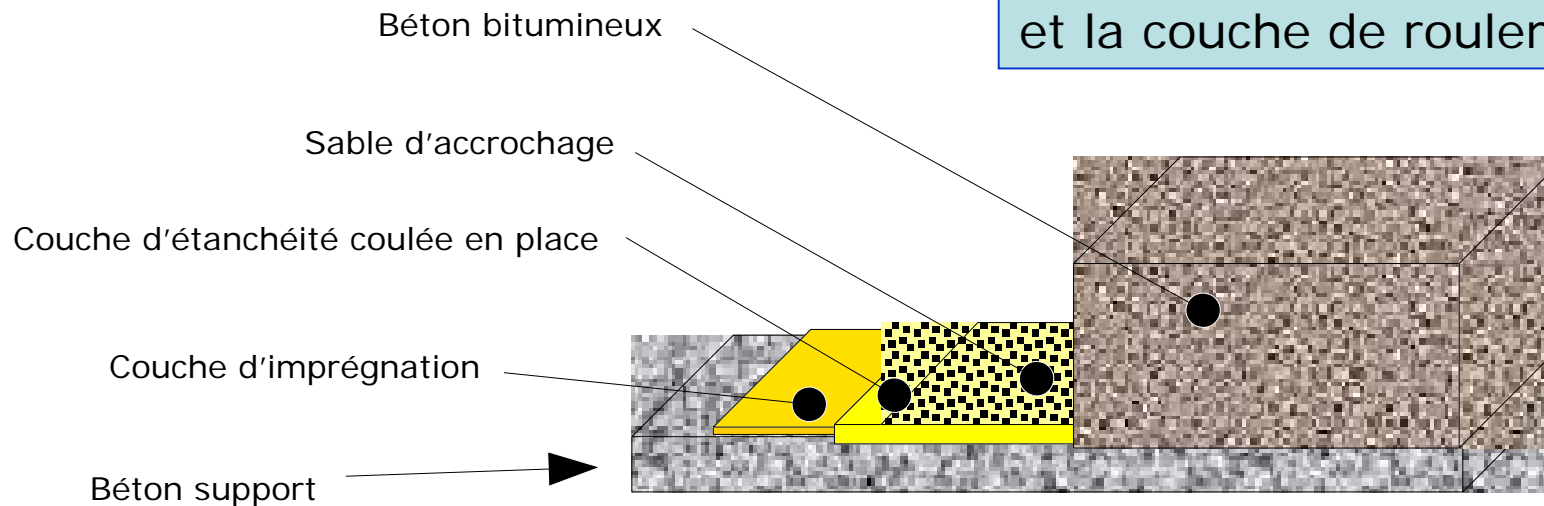
Exemple:

SMAC-Néophalte Pont

Les différents complexes d'étanchéité

• Film Mince Adhérent au Support

Risque principal:
Glissement: Adhérence
insuffisante entre l'étanchéité
et la couche de roulement



Les différents complexes d'étanchéité

- Film Mince Adhérent au Support



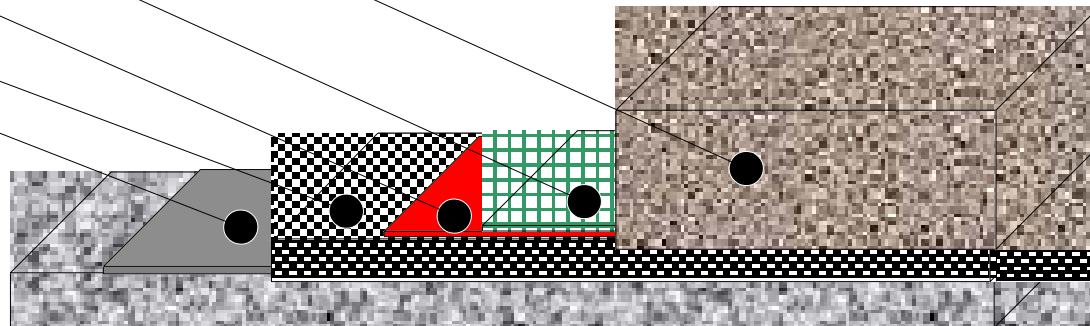
Exemple:

SRS - Sinotane 2 /
INTERDESCO IR 3360-400

Les différents complexes d'étanchéité

• Mortier Haute Cadence (MHC)

- Béton bitumineux 0/10 ou 0/14 (4 cm)
- Paillettes d'ardoise (3 kg/m²)
- Couche de liant pur (2,5 kg/m²)
- Micro-béton bitumineux (2,5 cm)
- Enduit d'imprégnation ou émulsion



Les différents complexes d'étanchéité

- Mortier Haute Cadence (MHC)

Exemple:

J. Lefebvre - Etanplast / Colas - Saflex OA



Les différents complexes d'étanchéité

• Comparatif

	Chape épaisse		Feuille				Chape mince
	<i>Bi-couche</i>	<i>Mono-couche</i>	<i>FPM</i>	<i>Sur bouche-pores</i>	<i>Semi-indépendance</i>	<i>FPA</i>	<i>FMAS</i>
Glissement	+	0/+	0	0/+	+	0	++
Gonflement	+	+	++	+	+	++	0
Orniérage	++	++	0	0	+ à ++	++	0
Circulation d'eau sous la chape	++	0/+	0/+	0/+	++	0/+	0

Risque d'occurrence des pathologies en fonction des types de chapes

Les différents complexes d'étanchéité

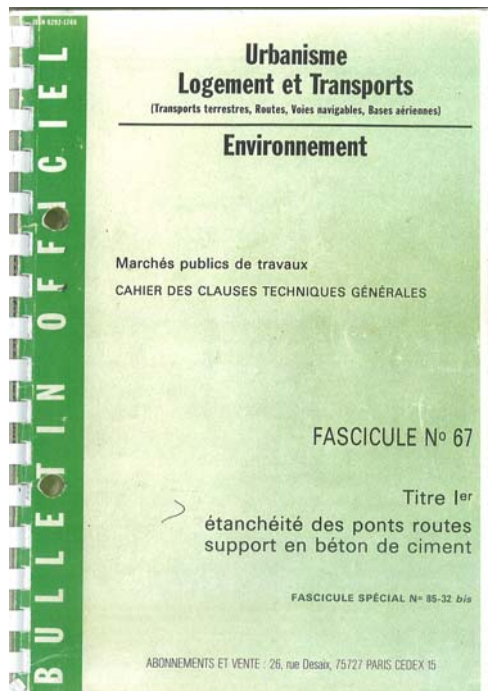
• Critères de choix

- Surface du tablier
- État du support béton
- Phasage des travaux (pleine voie, demi-voie, ...)
- Nature du trafic
- Délais de mise en oeuvre

Le plus souvent il s'agit d'un compromis

Le référentiel technique

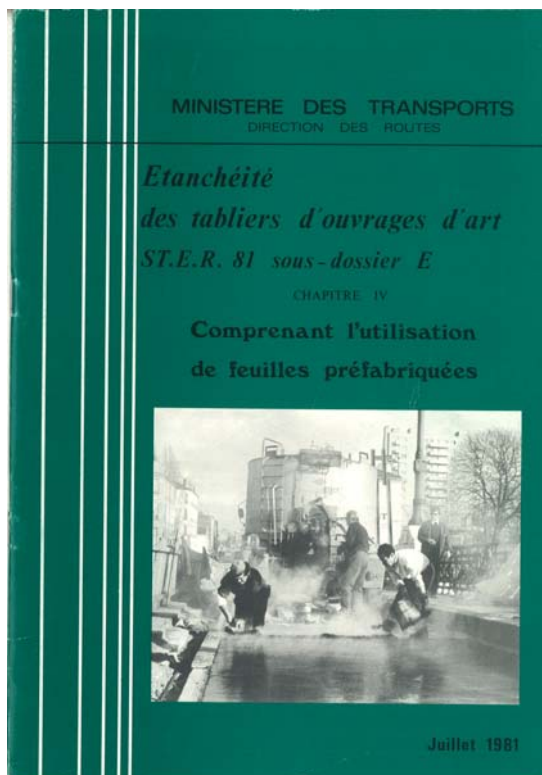
- Le fascicule 67 titre 1 du CCTG (« Etanchéité des ponts routes – Support en béton de ciment »)



- Définition des rôles des intervenants (étancheur)
- Définitions des exigences sur les supports, les conditions climatiques et de circulation
- Spécifications des matériaux et des produits
- Propriétés exigées pour le complexe d'étanchéité
- Conditions de livraison et de réception
- Conditions et exigences d'exécution (support, mise en oeuvre)

Le référentiel technique

• Le STER 81



- Etanchéité des tabliers d'OA (sous dossier E)
- C1: Généralités
- C2: Asphalte coulé
- C3: Film mince adhérent au support
- C4: Feuilles préfabriquées
- Mises à jour N° 1 (MHC) et N°2 (réparations localisées)

Le référentiel technique

• Les avis techniques du SETRA (en cours de validité)

AVIS TECHNIQUE

OUVRAGES D'ART

ÉTANCHEITE DE PONT ROUTE

N° F AT ET 02.07

NOM DU PRODUIT : **ASPHALTE 8 + 22**

ENTREPRISE : **OFFICE DES ASPHALTES**


Le complexe d'étanchéité en asphalte 8 + 22 est constitué par une première couche en mastic d'asphalte surmontée d'une deuxième couche d'étanchéité et de protection en asphalte gravillonné.

Il est mis en œuvre à chaud (température d'application supérieure à 200 °C) sur une couche d'isolation partielle déroulée sur le support en béton de ciment préalablement préparé et ayant reçu un enduit d'imprégnation à froid.

Le complexe reçoit directement et le plus généralement la couche de roulement en béton bitumineux.

Sommaire:		
I - Fiche d'identification.....	page	2
II - Essais de caractérisation.....	page	4
III - Avis de la Commission.....	page	6
Information sur la publication.....	page	8

Ce document ne peut être reproduit même partiellement sans le consentement du SETRA



Renouvellement
Date: 07.2002
Validité: 07.2007

- Description du complexe (constitution, composition)
- Domaine d'emploi / Limites et précautions d'emploi
- Avis de la commission (étanchéité, fissuration, adhérence, cisaillement, orniérage, ...)

Le référentiel technique

• Fiche MEMOAR

Minuterie pour la mise en œuvre sur ouvrages d'art - MEMOAR - Collection de fiches techniques

Annexe 3
Actions spécifiques à la mise en œuvre des procédés
- Feuille préfabriquée monocouche (F.P.M.)
- Feuille préfabriquée + asphalte (F.P.A.)

Nota : Pour certains moyens de contrôle définis ci-après (hygromètres par exemple), le contrôleur peut faire appel à un spécialiste habilité ou vérifier que l'opérateur dispose du matériel en parfait état de fonctionnement et que ce matériel est utilisé correctement.

Mise en œuvre de l'EIF

Outre les points du § 2.2.2.La, on vérifiera :

Points à vérifier	Moyens de vérification	Observations
• température ambiante et du tablier ;	Thermomètre	Le contrôle de ces paramètres est impératif avant le début de la mise en œuvre des couches d'étanchéité
• séchage de l'EIF.	Au toucher	Veiller au respect des temps de séchage

Cas particulier du primaire résine

Points à vérifier	Moyens de vérification	Observations
• délai primaire / couche d'étanchéité ;	Thermomètre	Respecter les délais mini et maxi (Cf. nature des charges de pose et fiches techniques) Ces délais sont liés à la température ambiante
• températures ;	Thermomètre d'ambiance / à contact	Détermination du point de rosée et de la température ambiante
• hygrométrie ;	Hygromètre	Détermination de l'hygrométrie et du point de rosée (Cf. avis technique Setra)
• contrôle de la consommation.	Calcul	Par calcul du rapport quantité appliquée (kg) / surface recouverte

Chapitre X - Les étanchéités 12 Fiche n°X.1 - La mise en œuvre des chapes d'étanchéité

A destination des Maîtres d'Oeuvre

Consultable sur le site du SETRA

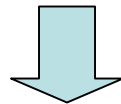
<http://memoar.setra.i2/>

L'organisation du contrôle

• Rappel

La pérennité dans le temps de la fonction « étanchéité » de la chape (et donc la pérennité du tablier!) repose en très grande partie sur le respect des exigences et le soin apporté à la mise en œuvre du complexe d'étanchéité

**L'étanchéité est le talon d'Achille
des ouvrages d'art**



**Nécessité de suivre et de contrôler!
Être vigilant!**

Phase des travaux	Qui intervient?	Comment?
1-Examen du support	<p>Maître d 'Œuvre Contrôle extérieur Entreprise de génie civil Etancheur</p>	<p>Planéité. Talochage. Déblaiement, balayage... STER 81 Fascicule 67. (rugosité) Plaques de référence. Hauteur au sable.</p>
2-Application de l'enduit d'imprégnation à froid	<p>Maître d 'Œuvre Etancheur</p>	<p>Propreté du support Conditions de mise en œuvre Produits et mode d'application Continuité du recouvrement.</p>
3-Mise en œuvre de la feuille préfabriquée	<p>Maître d 'Œuvre Etancheur Contrôle extérieur</p>	<p>Conditions de mise en œuvre. Produit appliqué. Respect du cahier des charges de pose. Sondage au maillet. Caméra IR Adhérence (éventuellement).</p>
4-Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné	<p>Maître d 'Œuvre Etancheur Contrôle extérieur</p>	<p>Conditions de mise en œuvre. Produit appliqué (indentation, T°). Quantité appliquée. Aspect de surface Épaisseur. Echantillons</p>

L'organisation du contrôle (FPA)

• Examen du support

Repérage et relevé des défauts
en section courante
Et au niveau des singularités
(relevés, avaloirs, ...)

C'est un point d'arrêt!

Présence obligatoire de:

- L'entreprise
- L'étancheur
- Maître d'œuvre
- Contrôle extérieur

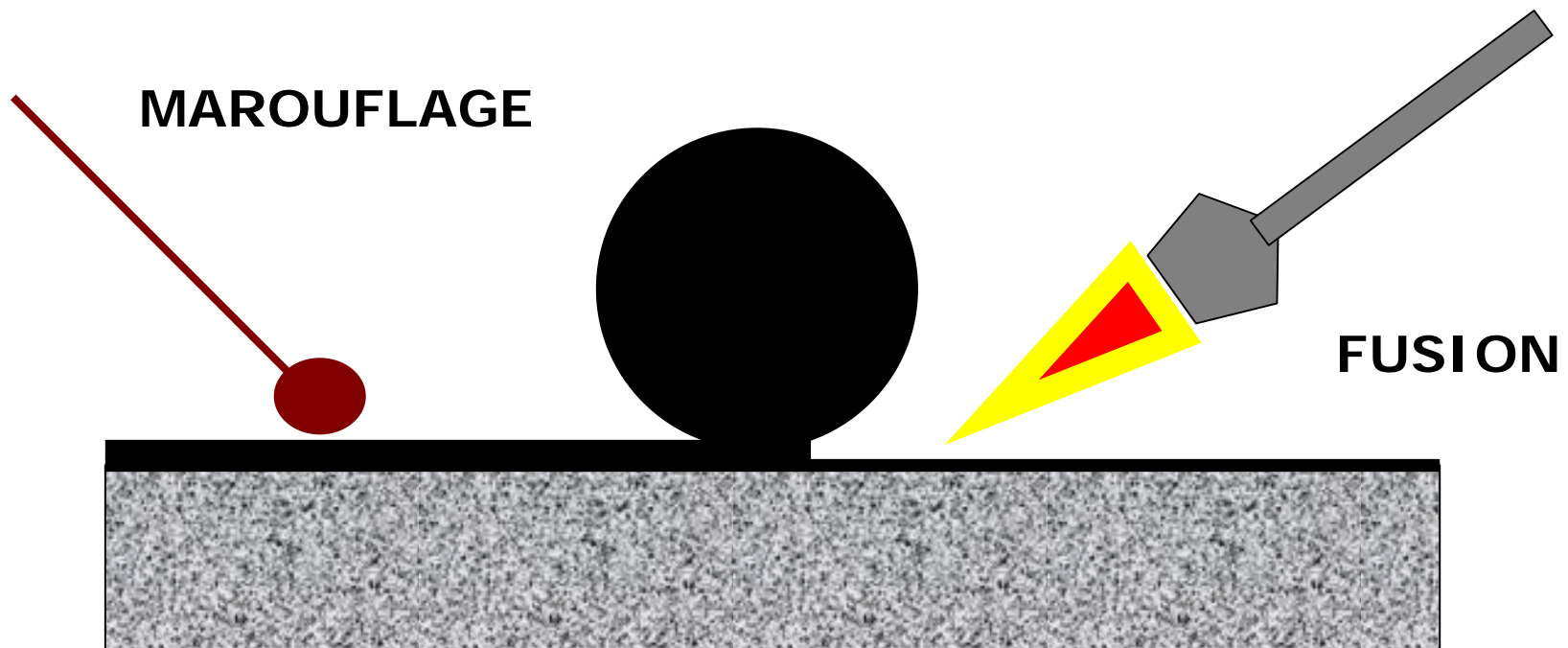


L'organisation du contrôle

- **Application du produit d'imprégnation à froid**
 - **Conditions d'application (T°, Humidité)**
 - **Conformité du produit mis en œuvre (avis technique)**
 - **Mode d'application (rouleau ou raclette mousse)**
 - **Séchage et adhérence du produit**
 - **Continuité de l'application (homogénéité)**
 - **Consommation**

L'organisation du contrôle

- Mise en œuvre de la feuille



L'organisation du contrôle

- Mise en œuvre de la feuille

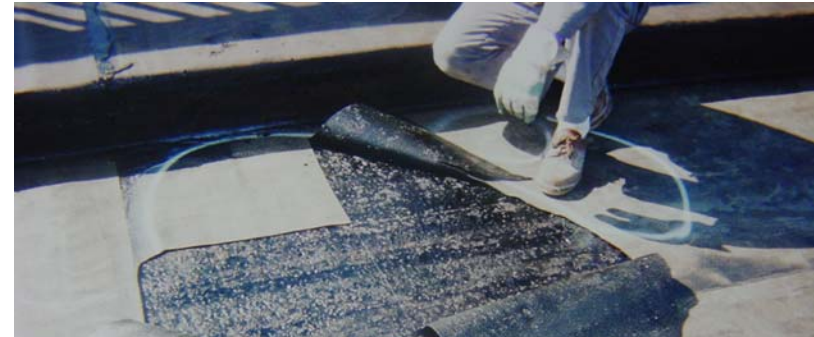
- Respect de la pente de l'ouvrage

- Respect des recouvrements

- Absence de dégradations de la feuille

- Absence de plis

- Points singuliers

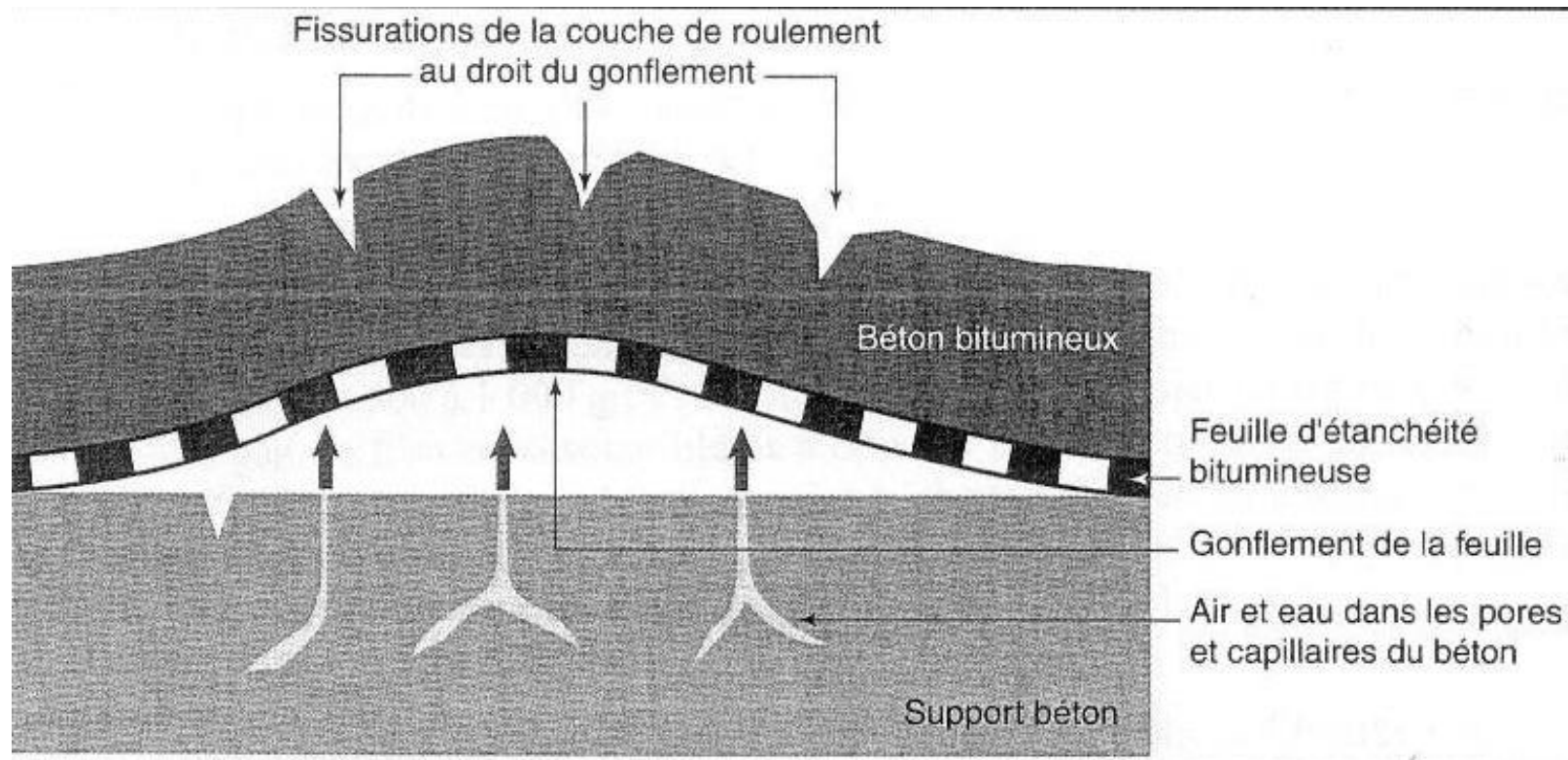


usion

Défaut de recouvrement

L'organisation du contrôle

- Phénomène de gonflement des chapes (FPM ou FPA)

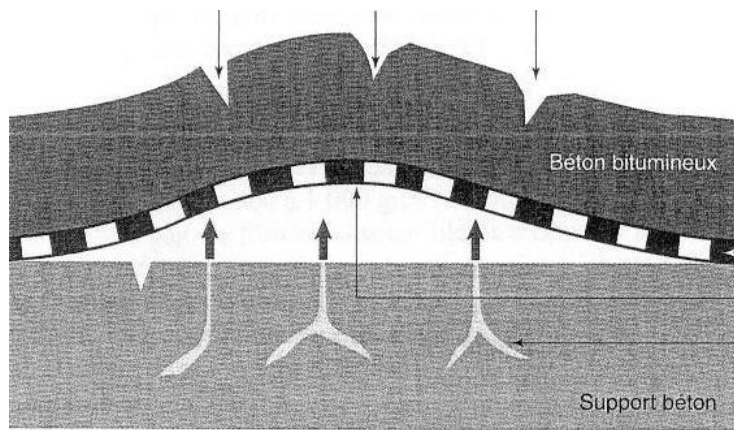


L'organisation du contrôle

• Phénomène de gonflement des chapes (FPM ou FPA)

Éléments favorisant le phénomène:

- Par temps chaud
- Chapes exposées plusieurs jours au soleil
- Mauvais collage de la feuille
- Lors de la mise en œuvre de la couche de roulement



Origine du phénomène:

- Dilatation de la vapeur d'eau

Conséquences:

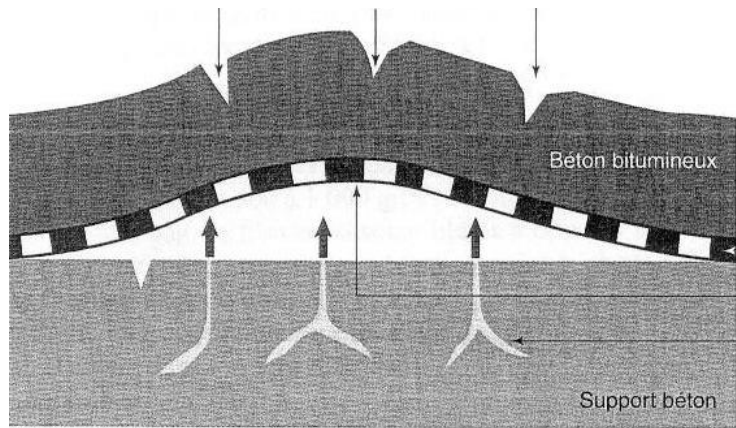
- Compactage inefficace de la couche de roulement
- Fissuration de l'enrobé, « nids de poule »
- A terme: fissuration de la chape d'étanchéité

L'organisation du contrôle

• Phénomène de gonflement des chapes (FPM ou FPA)

Solutions de prévention:

- Épaisseur mini de la couche de roulement: 7 cm (avis techniques SETRA)
- Recouvrir la feuille le plus rapidement (éviter l'échauffement)
 - Couche de roulement
 - Couche de protection en gravier
- Fil résine « Bouche-pores » (éviter les remontées de gaz)



- Éviter la mise en œuvre sous fort ensoleillement l'été

L'organisation du contrôle

- Mise en œuvre de la feuille

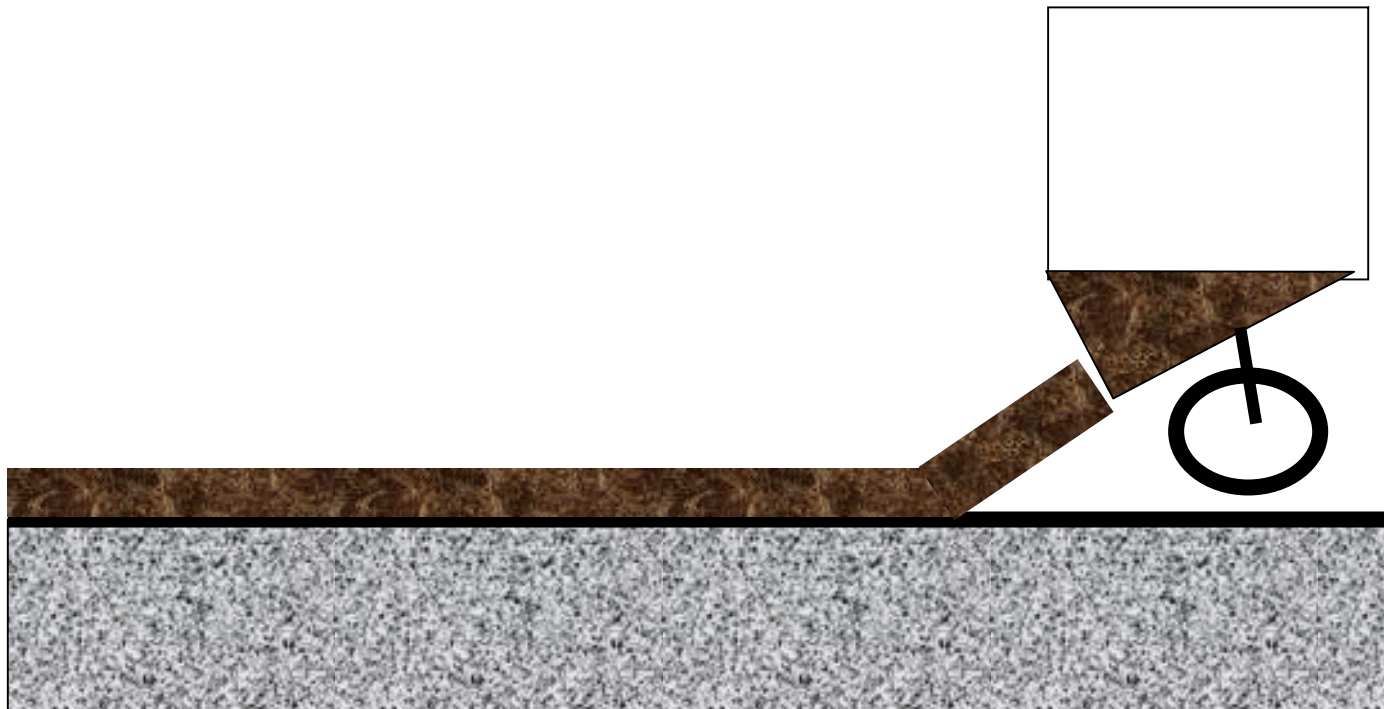
- Sondages (défauts de collage): baguette, maillet
 - Relevé visuel des défauts constatés
 - Essais d'adhérence
- NF P98-282 (éventuellement)**

La fin de la pose des feuilles est un point d'arrêt!



L'organisation du contrôle

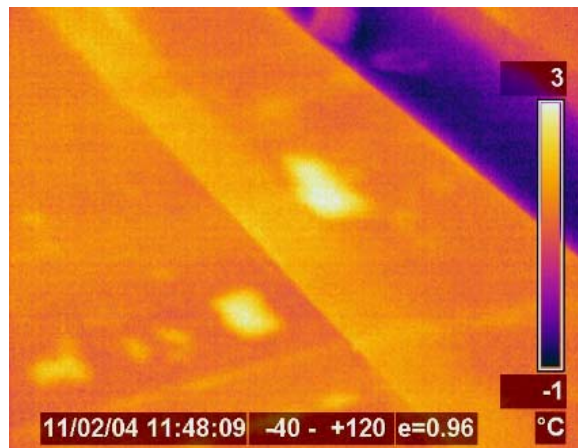
- Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné



L'organisation du contrôle

- **Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné**
 - **Conditions d'application (T°, Humidité)**
 - **Collecte des fiches d'indentation des produits livrés**
 - **Contrôle des épaisseurs mises en œuvre**
 - **Effectivité du malaxage dans le pétrin**
 - **Prélèvement d'échantillons d'asphalte (2 par porteur) et essais d'indentation (en labo – NFT 66-002)**
 - **Examen de la surface après application (gonfles, cavités, qualité des raccords au niveau de reprise de coulage)**

Apport d'une technique non-destructive pour le contrôle de la mise en œuvre des chapes d'étanchéité



La thermographie Infra-rouge

(Méthode exhaustive, non destructive, innovante mais très peu diffusée)

Principe physique

• Le flux thermique

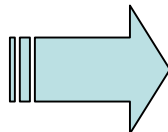
Différence de températures à différents moments de la journée entre le tablier et le milieu ambiant



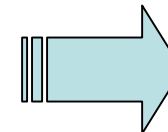
Génération d'un flux thermique

Le flux thermique est caractéristique des propriétés thermiques du matériau rencontré

Présence d'air sous une chape



Élévation ou refroidissement de la température de surface

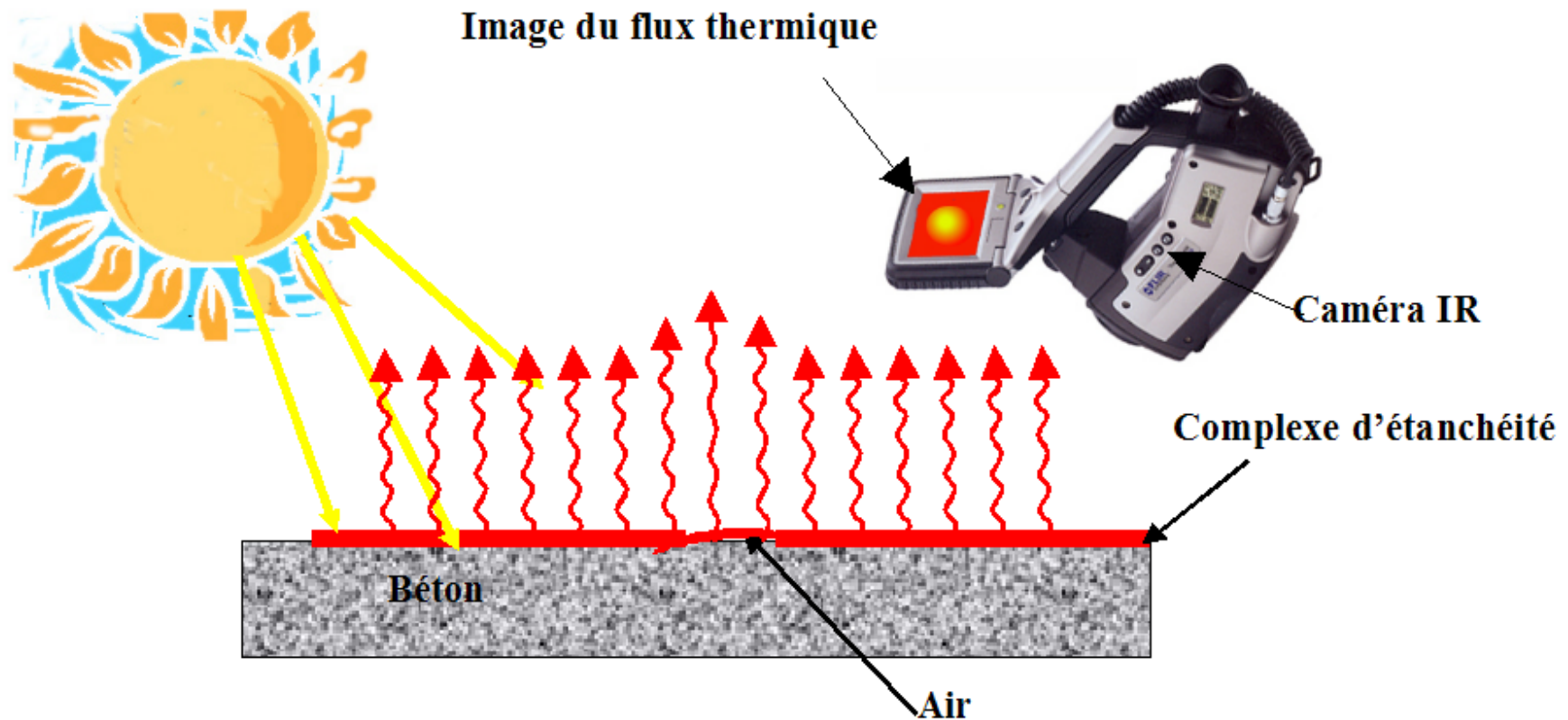


Hétérogénéité dans la propagation du flux



Principe physique

- Le flux thermique



Déploiement de la technique

• Matériel employé



- Sensible à l'énergie rayonnée et à la température
- Détecteur qui transforme l'énergie rayonnement infra-rouge en échauffement
- (thermistances qui s'échauffent en fonction du flux absorbé)
- Résultats exprimés en température de surface des objets
- Résolution thermique minimale: 0,5 °C

Détection de défauts de quelques cm²

Déploiement de la technique

- **Domaine d'application**

- **Contrôle de mise en œuvre et de réception de feuilles préfabriquées mono-couches et asphaltées**
- **Contrôle en service des feuilles préfabriquées recouvertes d'une couche de roulement peu épaisse (moins de 5 cm environ) dans des conditions d'ensoleillement favorables**

Déploiement de la technique

• Conditions d'application

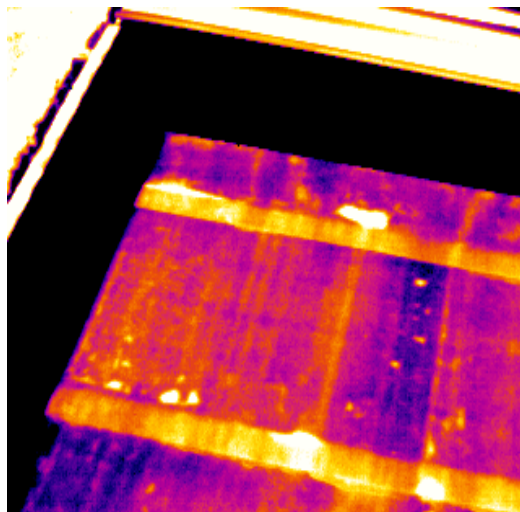
- **Le tablier de l'ouvrage doit être propre, exempt de tout stationnement de matériel et de circulation de véhicules si possible pendant les 4 heures précédant l'examen pour une bonne homogénéité thermique de la surface observée**
- **Pas d'utilisation possible sous la pluie ; observations délicates par vent fort ou en cas de variations brusques des conditions ambiantes**

Déploiement de la technique

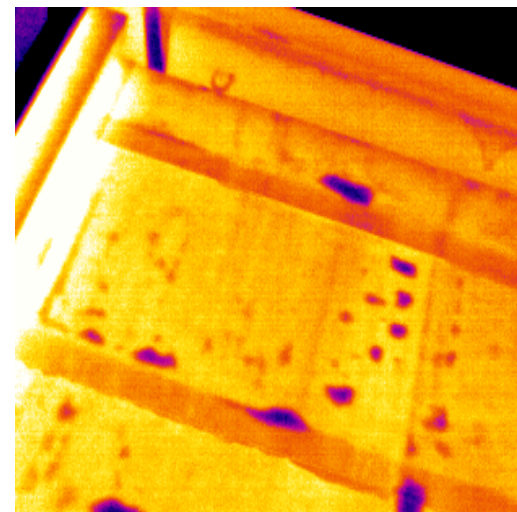
• Résultats

Exemple:

Contrôle de la mise en œuvre d'une chape de type Feuille Préfabriquée Mono-couche



A 11h

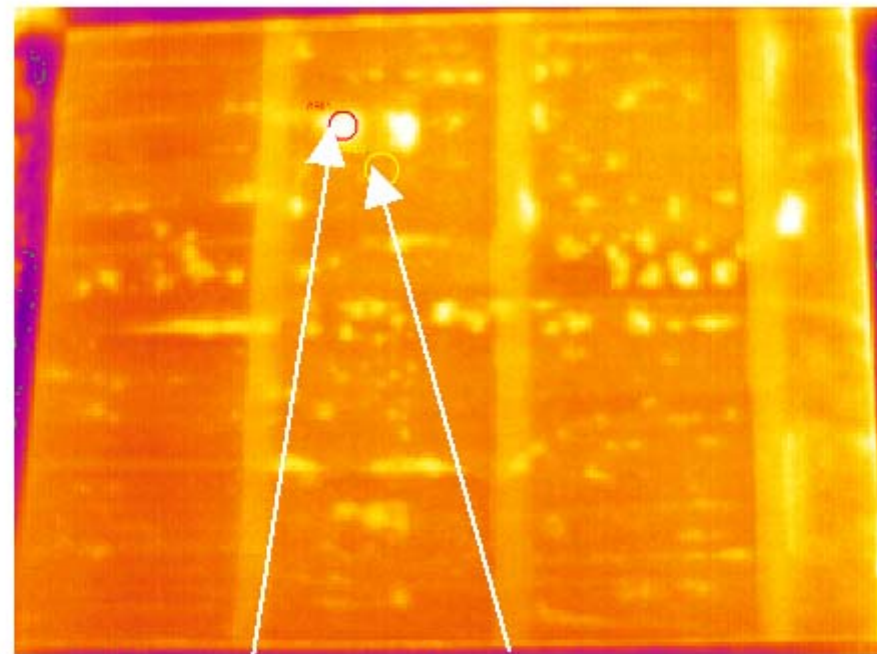


A 23h

- Mise en évidence de gouffres
- Les mesures nocturnes permettent de s'affranchir des bruits ambiants (ombres, soleil, ...)

Déploiement de la technique

- Résultats

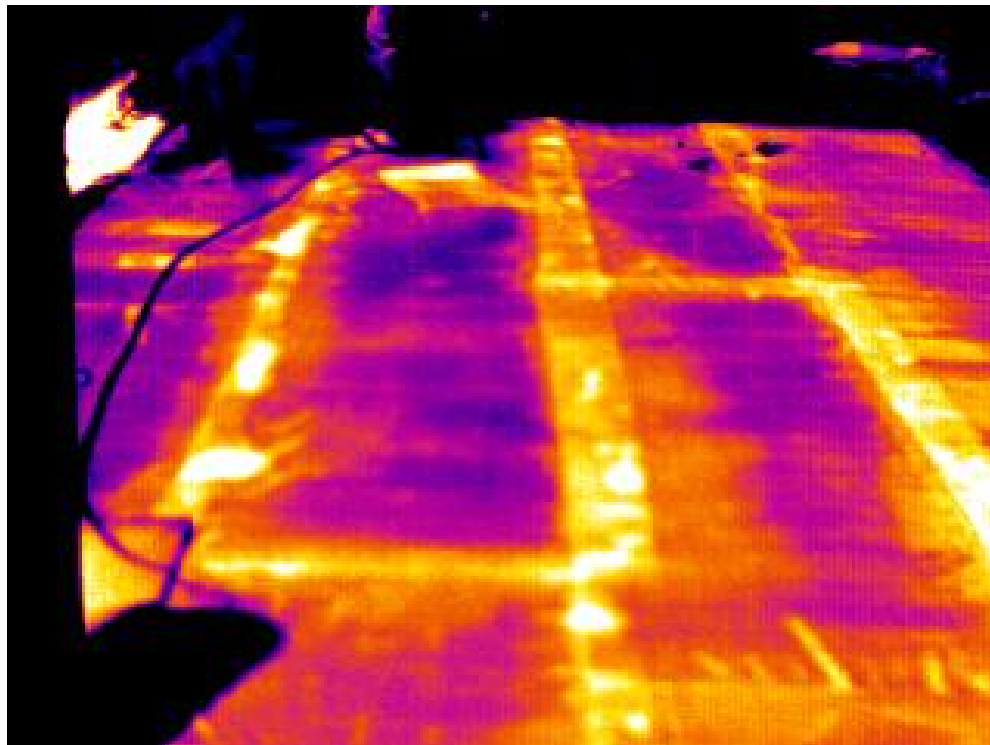


Zone 1 « gonfle »

Zone 2 « saine »

Déploiement de la technique

• Résultats



Exemple:

Mise en évidence de défauts de collage au niveau des recouvrements

Perspectives

• Site test de Margennes à Autun

4 dalles avec différents types de chapes et différents défauts

Objectifs:

- Simuler des dégradations de chapes sur ouvrages en service et ouvrages en construction
- Tester, valider des techniques d'auscultation non-destructives (IR, RADAR, Sonde neutronique, ...)



• Opération de recherche LCPC

Détection et localisation des défauts
d'étanchéité sur ouvrage en
construction et en service

Merci de votre attention