

CIVIL-463.19

**BITUME ET ENROBES
BITUMINEUX**

**Base : Chapitres 12 et 13
du TGC 25**

Le bitume

- ▶ **Mélange d'hydrocarbures naturels ou pyrogénés**
- ▶ **Forme liquide, semi-solide ou solide**
- ▶ **Matériau thixotrope → viscosité \equiv fct (t)**
- ▶ **Matériau thermoplastique**
 - ▶ **Conserve ses propriétés après chauffage**
 - ▶ **Consistance variant avec la température**
- ▶ **Matériau adhésif**
 - ▶ **Fonction de liant des granulats**

Origines du bitume

▶ Asphaltes naturels

▶▶ Lac de Trinidad

▶▶ Val-de-Travers (NE)



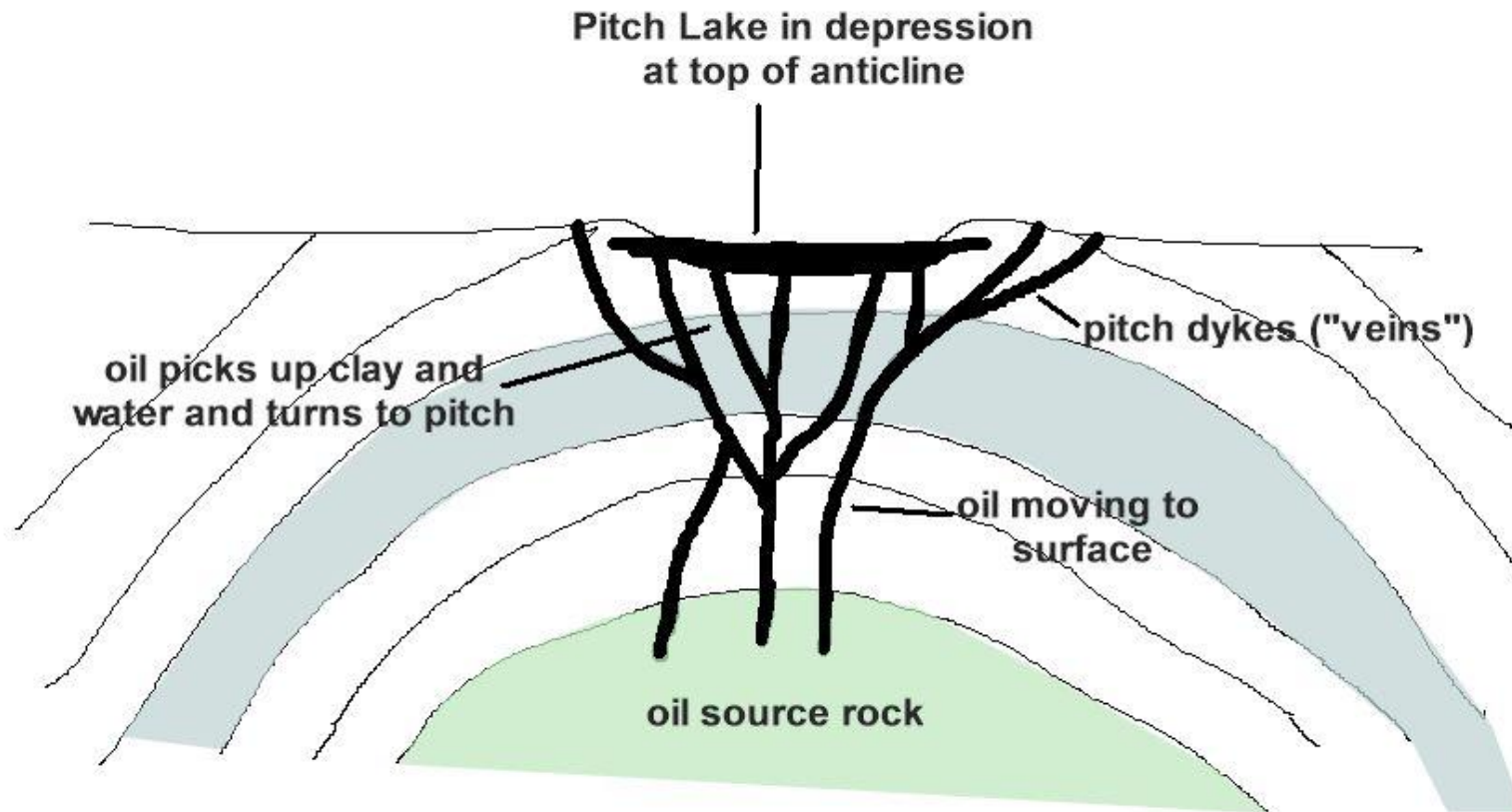
Lac d'asphalte de Trinidad



Lac d'asphalte de Trinidad



Diagram through the La Brea area showing where the pitch originates



Gisement naturel – Mer Morte



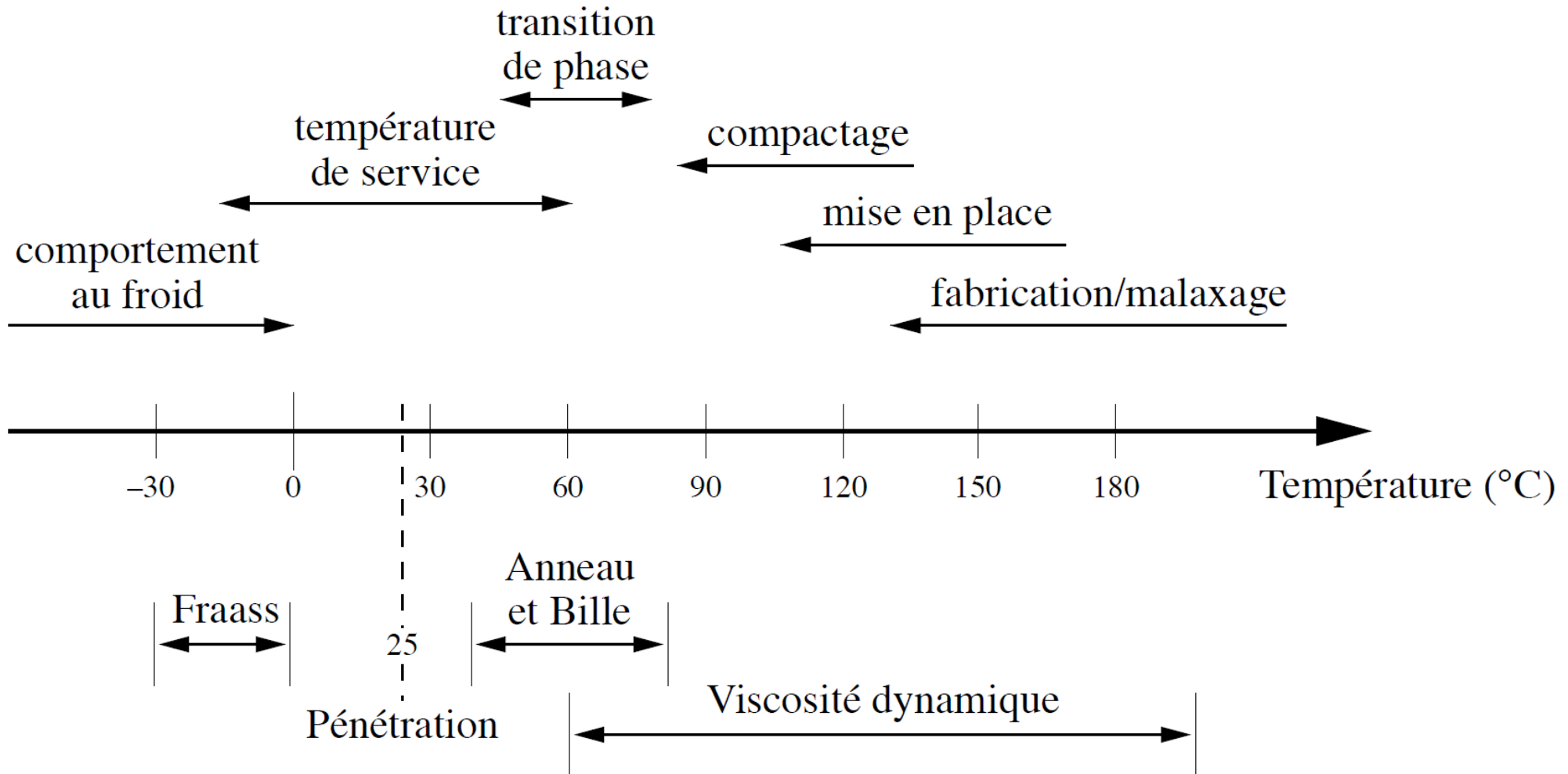
Origines du bitume

- ▶ **Bitumes de distillation du pétrole**
 - ▶ Raffinage du pétrole brut
 - ▶ Déchets de la distillation / Raffinerie
- ▶ **Part essentielle des bitumes utilisés en construction routière**

Raffinerie



Essais sur les bitumes



Point de fragilité Fraass

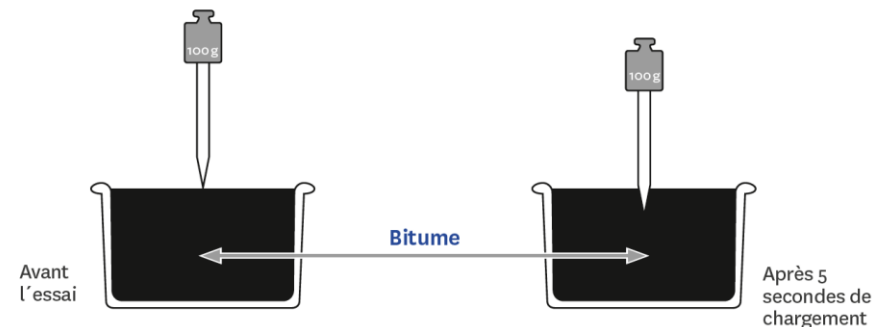
- ▶ **Essai EN 12593**
- ▶ **Comportement au froid**
- ▶ **Fragilité à basse température**
- ▶ **Point de fragilité Fraass**
 - ▶ **°C**
 - ▶ **Température à laquelle se produit la première fissure visible à l'œil nu**

Point de fragilité Fraass



Essai de pénétrabilité

- ▶ **Essai EN 1426**
- ▶ **Consistance à température ambiante**
 - ❑ Température : 25 °C
 - ❑ Charge de 100 g
- ▶ **Aiguille lâchée durant 5 secondes**
 - ❑ Godet de 80 cm³ de bitume
- ▶ **Profondeur d'enfoncement de l'aiguille exprimée en 10⁻¹ mm**



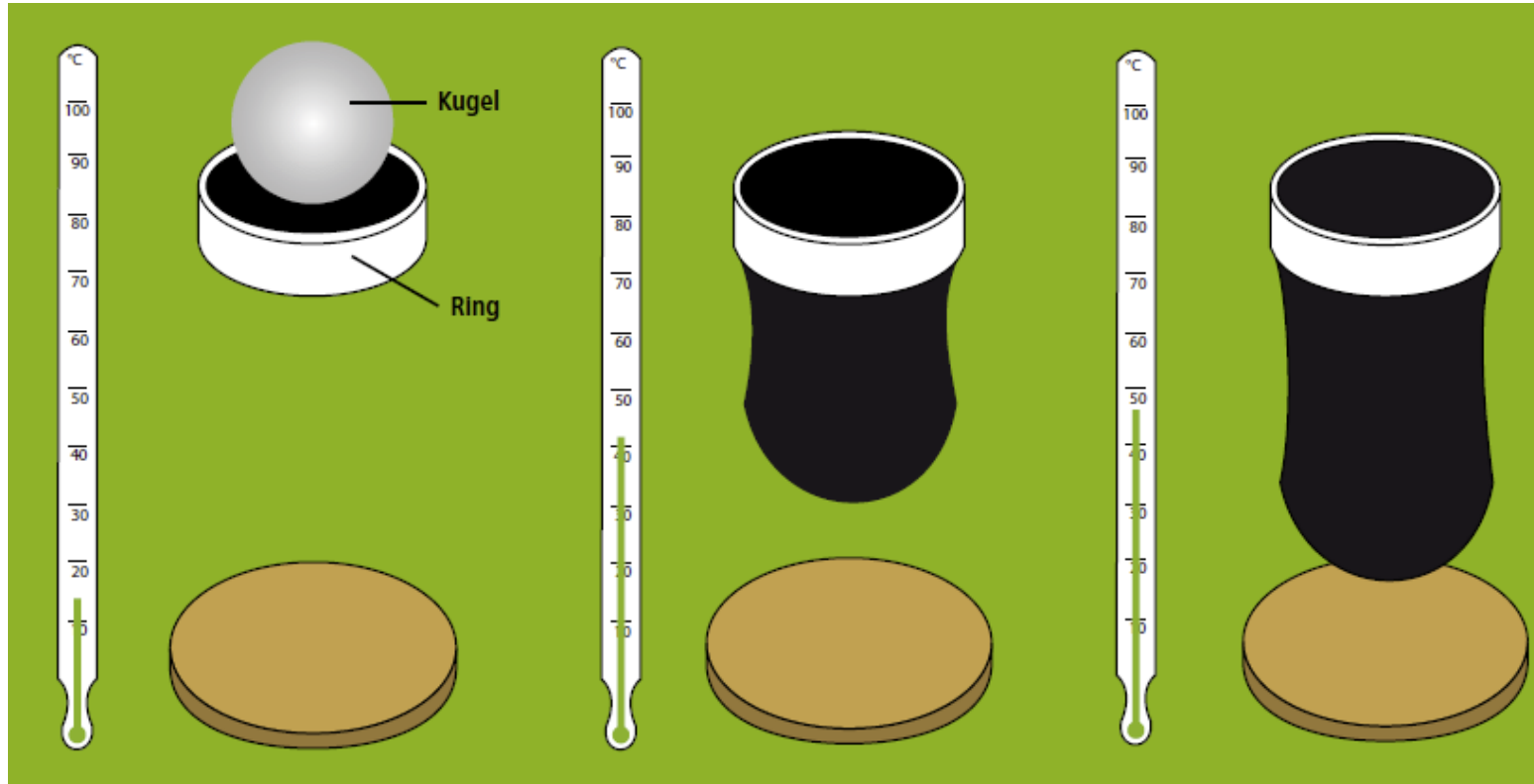
Essai de pénétrabilité



Point de ramollissement Anneau & Bille

- ▶ **Essai EN 1427**
- ▶ **Ramollissement du bitume en phase de transition**
 - ❑ Anneau de bitume situé à 25 mm au-dessus d'une plaque
 - ❑ Bille de 3,5 g
 - ❑ Température au début de l'essai : 5 °C
 - ❑ Chauffage : 5 °C / min
- ▶ **Température (°C) à laquelle la poche que forme le bitume en se déformant touche la plaque réceptrice**
- ▶ ***Ring and ball test***

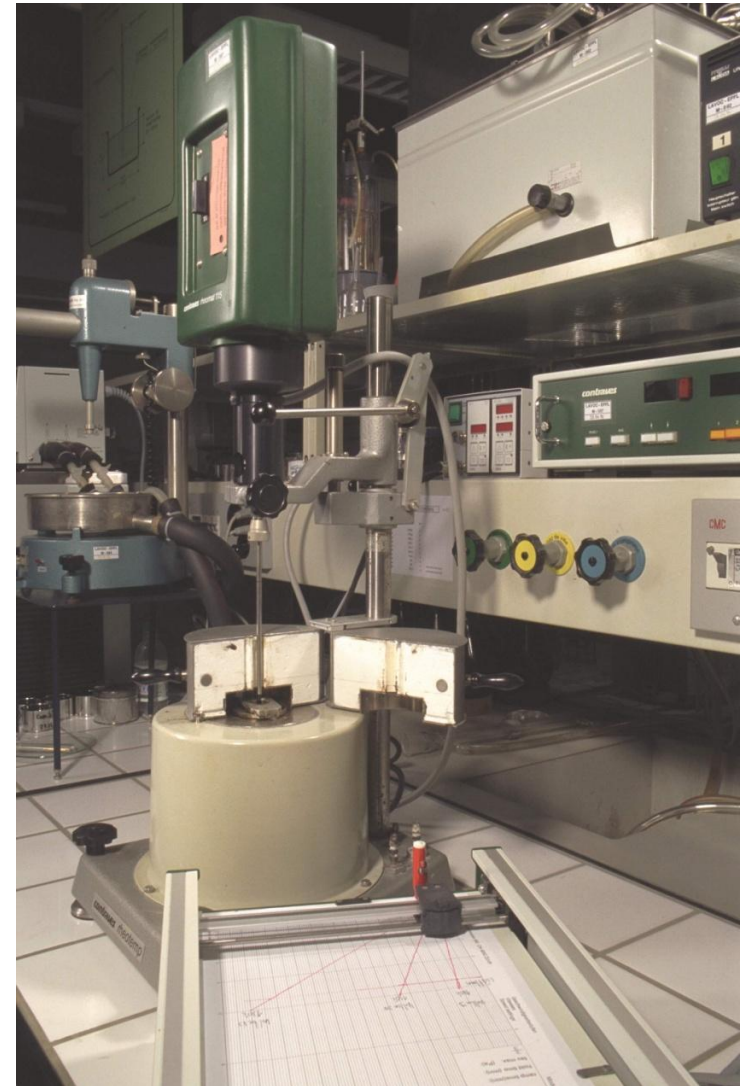
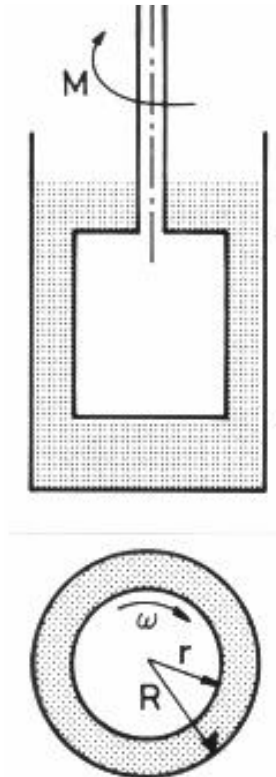
Point de ramollissement Anneau & Bille



Viscosité

► **Température élevée : liquide newtonien**

► **Viscosimètre à cylindres concentriques**



Indice de pénétration

▶ IP

▶ Caractérise la susceptibilité thermique des bitumes

▶ Modification de la consistance du bitume quand la température se modifie

$$IP = \frac{20(t_{AB} - t_p) - 500(\log 800 - \log P_t)}{(t_{AB} - t_p) + 50(\log 800 - \log P_t)}$$

t_{AB} température de ramollissement A + B (°C)

t_p température à laquelle est effectué l'essai de pénétrabilité (°C)

P_t pénétrabilité à la température t_p (10^{-1} mm)

▶▶ Eurocode

▶▶ Indice de pénétration ↗ Susceptibilité du bitume ↘

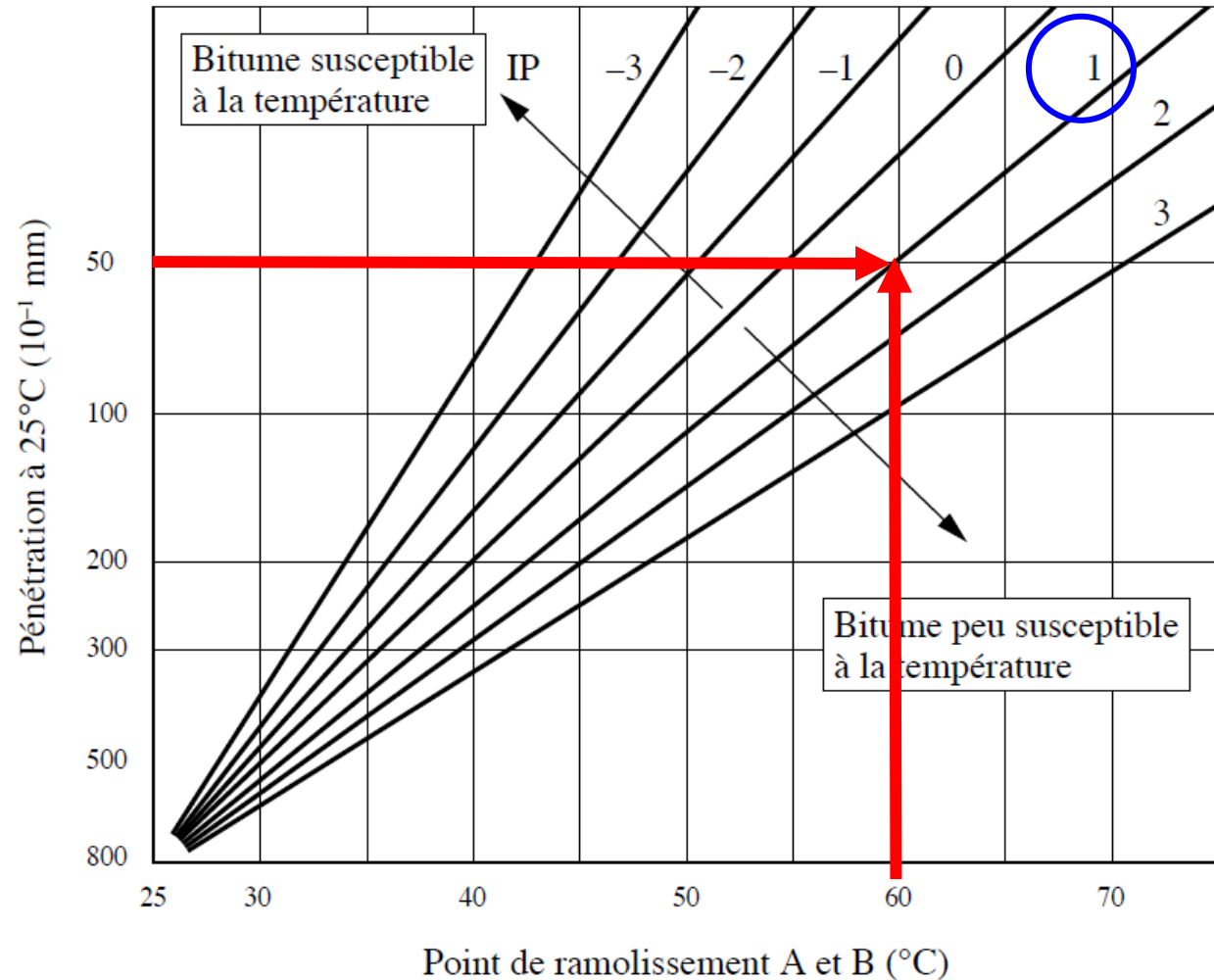
Indice de pénétration

► Exemple

► $P_t = 50$

► $t_{A+B} = 60^\circ$

$$IP = \frac{20(t_{AB} - t_p) - 500(\log_{10} 800 - \log_{10} P_t)}{(t_{AB} - t_p) + 50(\log_{10} 800 - \log_{10} P_t)}$$



Courbe de consistance

▶ Diagramme d'Heukelom

▶ Echelle de consistance

▶ Valeurs : 0 à 1000

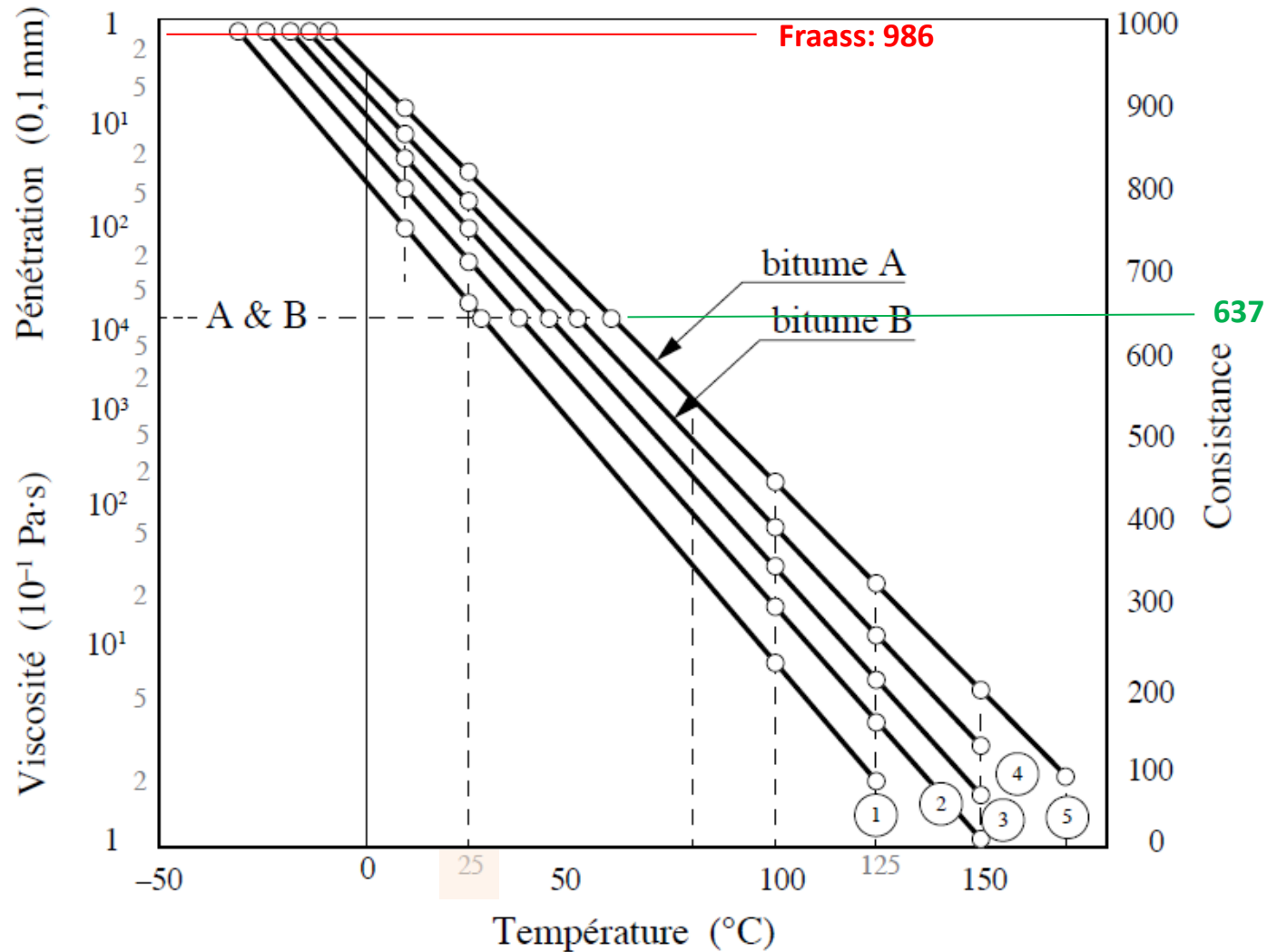
▶ Point de fragilité Fraass **C = 986**

▶ Température A + B **C = 637**

$$C = 1'000 - 125 \cdot P$$

$$C = 1'310 \cdot \frac{\log \eta}{4,35 + \log \eta}$$

Diagramme d'Heukelom



Adhésivité

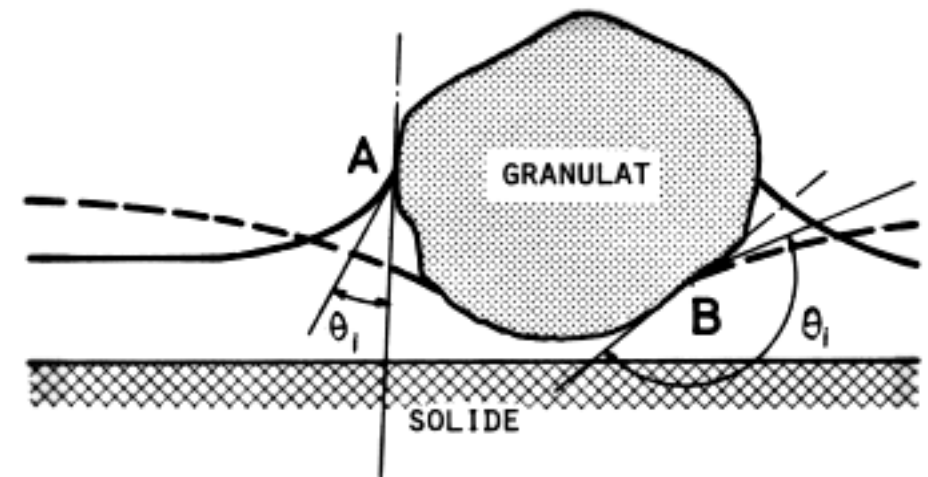
► Mouillage d'un granulat par un liant bitumineux

►► **A** : granulat sec, θ_i petit

☞ *le granulat résiste à l'action de l'eau*

►► **B** : granulat humide, θ_i grand

☞ *le granulat est facilement désenrobé*



Rhéologie du bitume

▶ Visco-Elasticité

- ▶▶ $E = \text{fonction (temps de charge, température)}$
- ▶▶ Notion d'équivalence temps - température

▶ Module de rigidité E

- ▶▶ Basse température + dynamique
 - $E = \text{cste (élastique)}$
- ▶▶ Haute température + statique
 - $E = 1/\text{temps}$

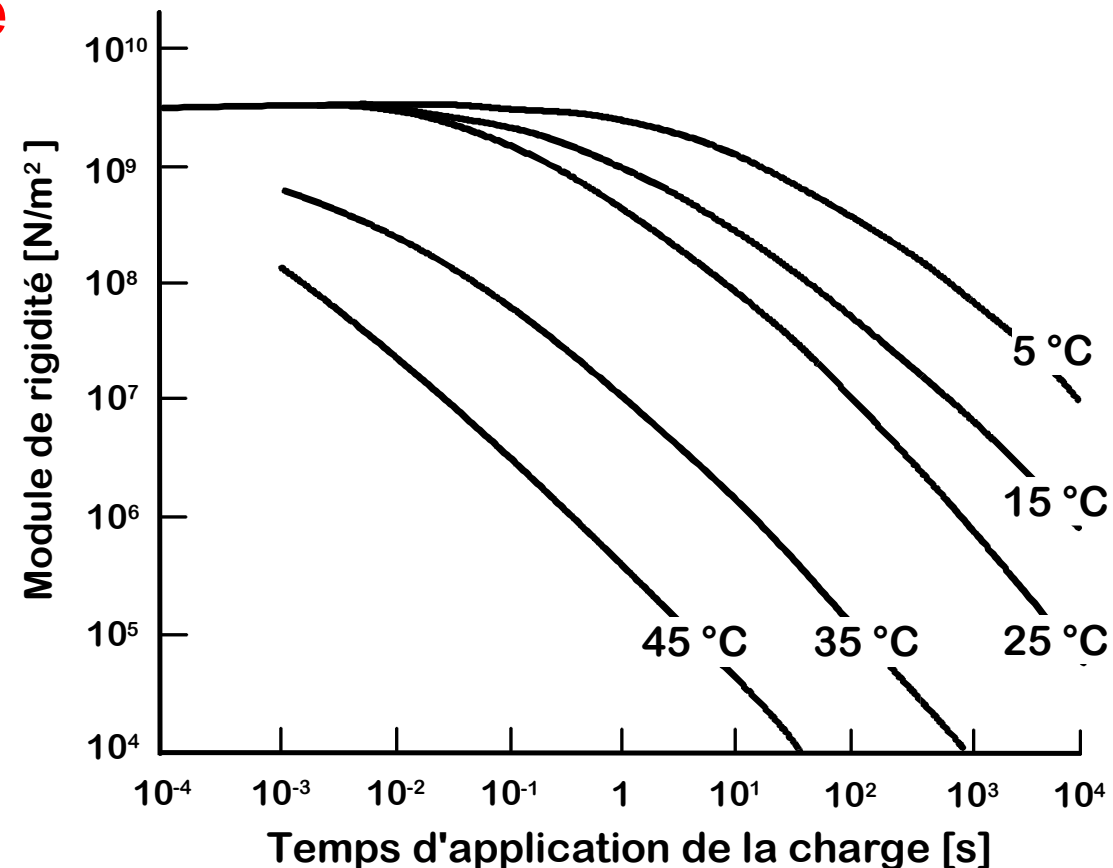
Comportement rhéologique

► Variation du module de rigidité

► **bitume très susceptible**

► $t_{A+B} = 66 \text{ °C}$

► $IP = -2,3$



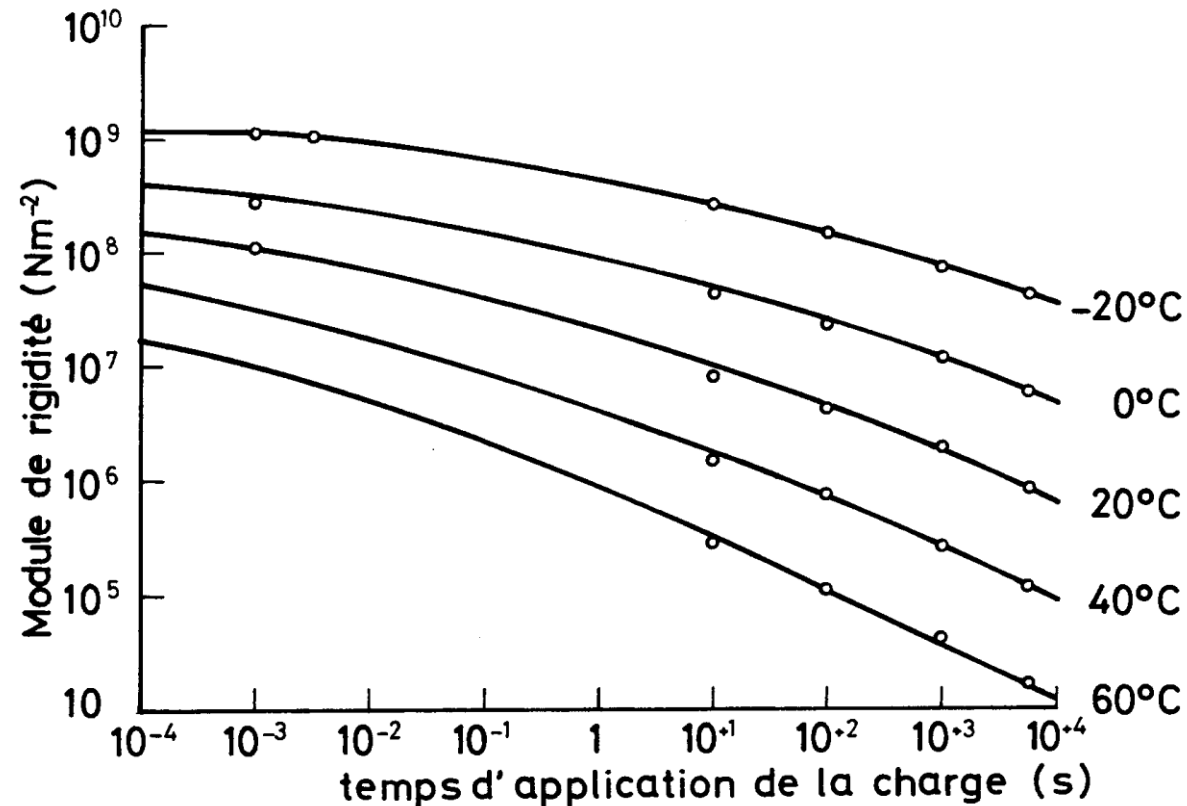
Comportement rhéologique

► Variation du module de rigidité

► **bitume peu susceptible**

► $t_{A+B} = 116 \text{ °C}$

► $IP = + 5,3$



Bitume : normalisation

▶ **En fonction des valeurs de pénétration à 25 °C**

▶ **9 classes**

▶▶ *250/330 160/220 100/150 70/100 50/70 40/60 35/50*
30/45 20/30

▶▶ **B 250 / 330**

très mou / Déformations / bonne adhérence

▶▶ **B 20 / 30**

Dur / température de pose élevée / fissuration

Bitumes normalisés en Suisse

Classe	20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	250/330
Pénétrabilité à 25 °C (10 ⁻¹ mm)	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
Point de ramollissement B + A (°C)	55-63	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51	39-47	35-43	30-38
Indice de pénétrabilité IP (-)	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7	Min. -1.5 Max. +0.7
Point de fragilité Fraass (°C)		- 5	- 5	- 7	- 8	- 10	- 12	- 15	- 16
Viscosité dynamique à 60°C (Pa·s)	440	260	225	175	145	90	55	30	18
Viscosité cinématique à 135°C (mm²/s)	530	400	370	325	295	230	175	135	100

Émulsions de bitume

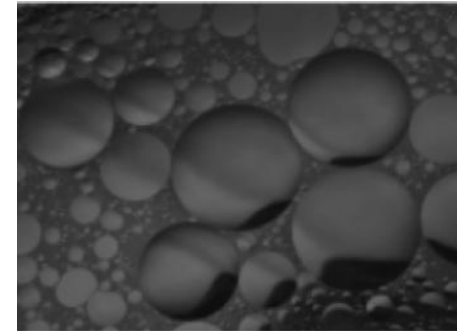
▶ Dispersion de gouttelettes de bitume dans une phase continue aqueuse

▶▶ Bitume 50 à 70 %

□ Gouttelettes de 1 à 5 μm

▶▶ Eau 30 à 50 %

▶▶ Emulsifiant max 2,5 %



▶ Emulsion

▶▶ Energie mécanique + stabilisation chimique

Fractionnement du bitume

- ▶ **Energie mécanique**

- ▶▶ Moulin colloïdal

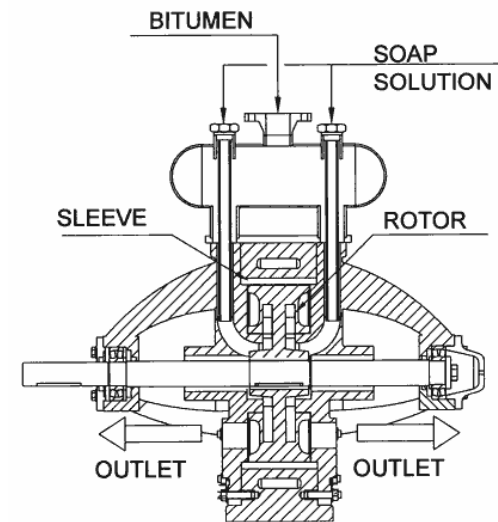
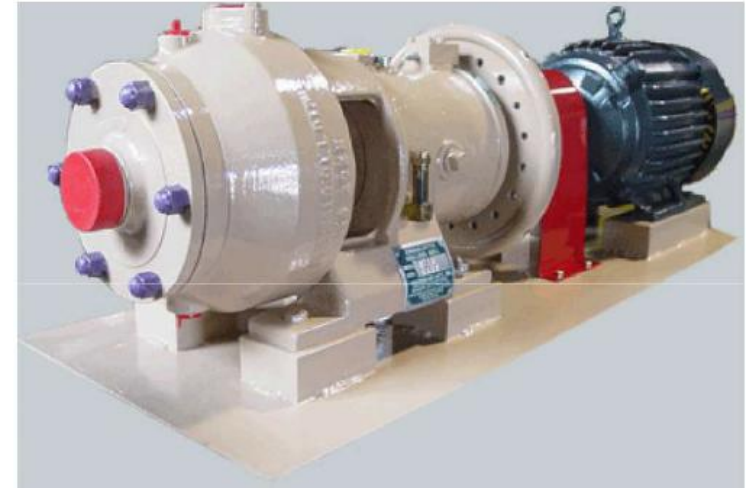
- ▶ **Energie chimique**

- ▶▶ Emulsifiant

- ▶ **1 gr de bitume**

- ▶▶ 10 milliards de gouttes

- ▶▶ 1 à 2 m² de surface de contact



Émulsions de bitume

▶ Avantages d'utilisation

- ▶ Pose à froid (moins de consommation d'énergie)
- ▶ Utilisation par temps humide
- ▶ Coûts plus faibles

▶ Mélange eau – bitume

- ▶ Gouttelettes de bitume en suspension dans l'eau
- ▶ Eviter la sédimentation + floculage
- ▶ Fabrication à 100°C

Epandage de l'émulsion



Émulsions de bitume



Enrobés bitumineux

- ▶ **Différentiation selon ...**
 - ▶ Type de liant
 - ▶ Courbe granulométrique
 - ▶ Pourcentage de vides
 - Compacité
 - Fermé / Semi-ouvert / Ouvert
 - ▶ Température de fabrication
 - À chaud / Tiède / A froid
 - ▶ Mode de mise en œuvre



Types d'enrobés

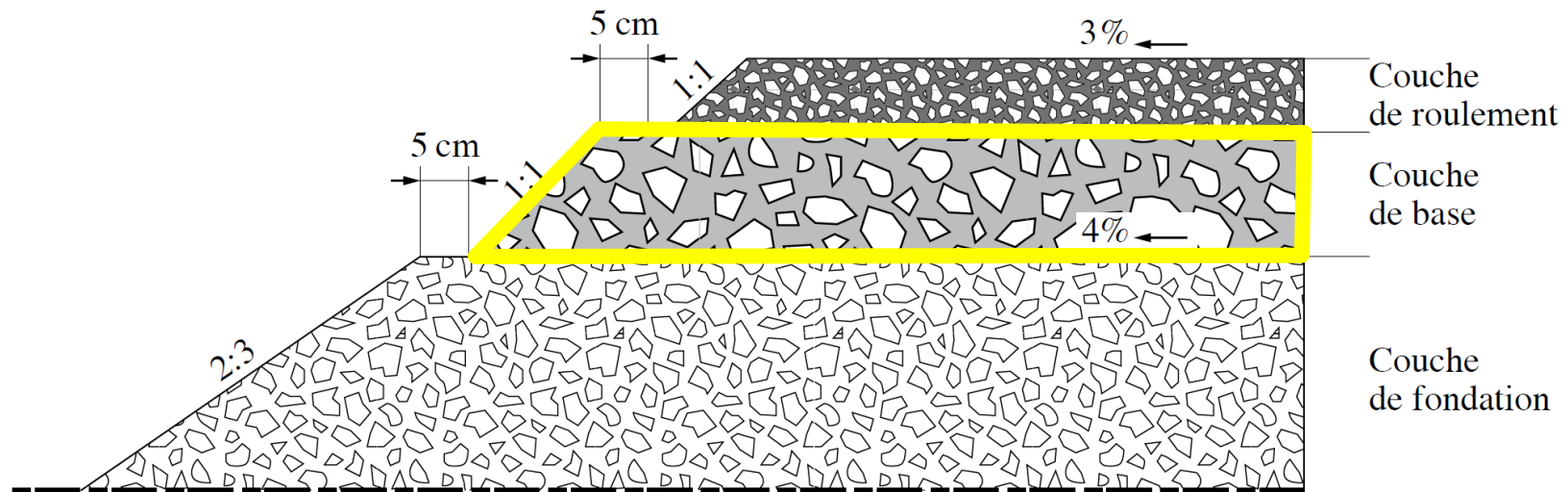
- ▶ **Béton bitumineux dense** *Asphalt Concrete* **AC**
- ▶ **Enrobé bitumineux à module élevé** **AC ME**
- ▶ **Macrorugueux** **AC MR**
- ▶ **Stone Mastic Asphalt** **SMA**
- ▶ **Enrobé semi-dense** **SDA**
- ▶ **Drainant** *Porous Asphalt* **PA**
- ▶ **Asphalte coulé** **MA**
- ▶ **Enrobé coulé à froid** **MBCF**

Béton bitumineux AC T



Couche de base en enrobé bitumineux AC T

- ▶ **Bonne répartition des charges (dalle)**
- ▶ **Peut servir de couche de roulement provisoire ou pour routes secondaires**
- ▶ **Norme EN 13108-1**



Couche de roulement AC

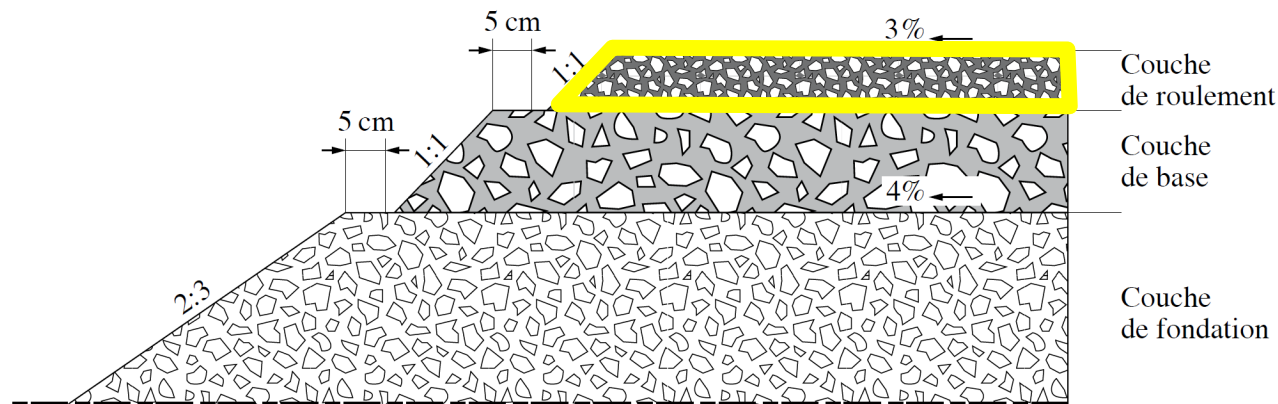
▶ Asphalt Concrete

▶▶ *AB Asphaltbeton*

▶ 4 sortes

▶▶ AC type d'enrobé

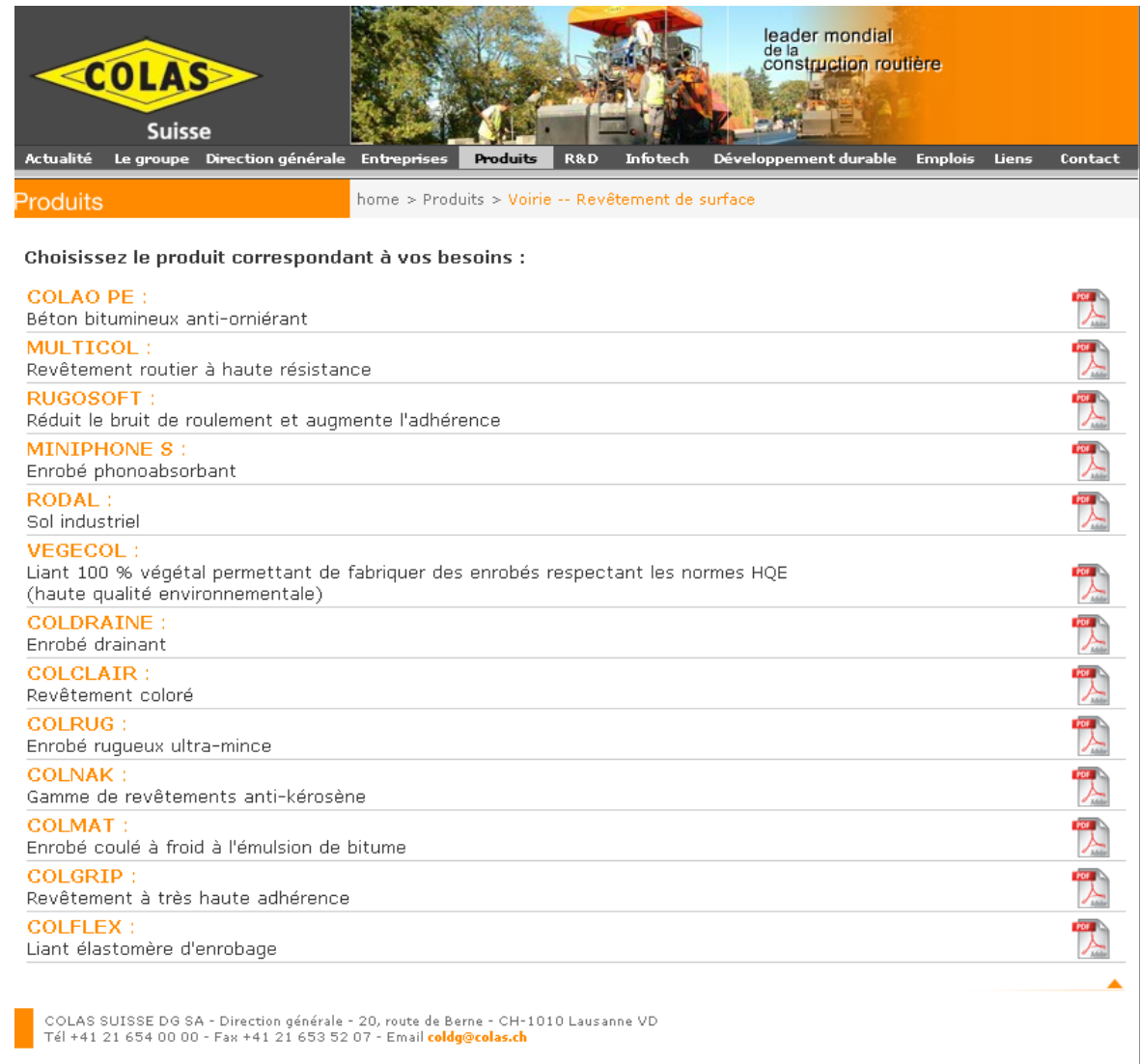
▶▶ 8 diamètre du plus gros grain (mm)
















Désignation	Granulats max (mm)	Teneur minimale en liant (%)	Epaisseur de couche (mm)
AC 4	0/4	7,2	15... 20
AC 8	4/8	5,8... 6,2	20... 35
AC 11	8/11	5,4... 5,8	35... 50
AC 16	11/16	5,2... 5,4	45... 70

Couches de roulement

- ▶ Grande variété
- ▶ Exemple : COLAS
 - ▶▶ Classique
 - ▶▶ Coloré
 - ▶▶ Haute adhérence
 - ▶▶ Végétal
 - ▶▶ Phonoabsorbant
 - ▶▶ Etc.



The screenshot shows the COLAS Suisse website. At the top, there is a navigation bar with links for 'Actualité', 'Le groupe', 'Direction générale', 'Entreprises', 'Produits', 'R&D', 'Infotech', 'Développement durable', 'Emplois', 'Liens', and 'Contact'. Below this, a 'Produits' section is highlighted in orange. The main content area is titled 'Choisissez le produit correspondant à vos besoins :'. It lists 12 different road surface products, each with a brief description and a PDF icon to the right. The products are: COLAO PE (Béton bitumineux anti-orniérant), MULTICOL (Revêtement routier à haute résistance), RUGOSOFT (Réduit le bruit de roulement et augmente l'adhérence), MINIPHON S (Enrobé phonoabsorbant), RODAL (Sol industriel), VEGETOL (Liant 100 % végétal permettant de fabriquer des enrobés respectant les normes HQE), COLDRAINE (Enrobé drainant), COLCLAIR (Revêtement coloré), COLRUG (Enrobé rugueux ultra-mince), COLNAK (Gamme de revêtements anti-kérosène), COLMAT (Enrobé coulé à froid à l'émulsion de bitume), COLGRIP (Revêtement à très haute adhérence), and COLFLEX (Liant élastomère d'enrobage). At the bottom of the page, contact information for COLAS SUISSE DG SA is provided: Direction générale - 20, route de Berne - CH-1010 Lausanne VD, Tél +41 21 654 00 00 - Fax +41 21 653 52 07 - Email coldg@colas.ch.

Produit	Description	Document
COLAO PE :	Béton bitumineux anti-orniérant	
MULTICOL :	Revêtement routier à haute résistance	
RUGOSOFT :	Réduit le bruit de roulement et augmente l'adhérence	
MINIPHON S :	Enrobé phonoabsorbant	
RODAL :	Sol industriel	
VEGETOL :	Liant 100 % végétal permettant de fabriquer des enrobés respectant les normes HQE (haute qualité environnementale)	
COLDRAINE :	Enrobé drainant	
COLCLAIR :	Revêtement coloré	
COLRUG :	Enrobé rugueux ultra-mince	
COLNAK :	Gamme de revêtements anti-kérosène	
COLMAT :	Enrobé coulé à froid à l'émulsion de bitume	
COLGRIP :	Revêtement à très haute adhérence	
COLFLEX :	Liant élastomère d'enrobage	

COLAS SUISSE DG SA - Direction générale - 20, route de Berne - CH-1010 Lausanne VD
Tél +41 21 654 00 00 - Fax +41 21 653 52 07 - Email coldg@colas.ch

Enrobé drainant PA



Couche de roulement enrobé drainant PA

▶ PA Porous Asphalt

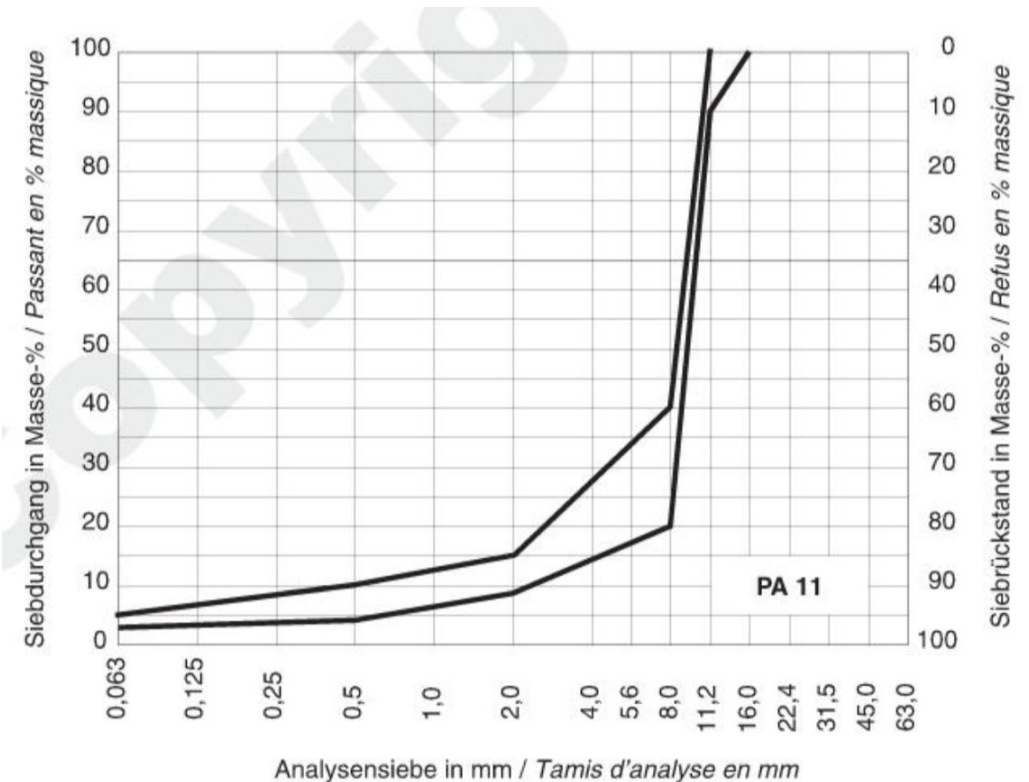
▶▶ *DRA Drainasphalt-Tragschicht*

▶ Teneur en vides élevée

▶ Courbe granulométrique discontinue

▶ SN 640 431-70-NA

▶ EN 13108-7:206



Exemples



Propriétés

▶ Drainabilité élevée

- ▶▶ Danger d'aquaplaning réduit
- ▶▶ Absence d'eau de surface
- ▶▶ Réduction des éclaboussures et des projection d'eau
- ▶▶ Diminution de la réflexion de la lumière des phares sur la chaussée mouillée

▶ Réduction du bruit de circulation

- ▶▶ Effet d'absorption acoustique de la couche de roulement
 - gain de 2 à 8 dB(A) **Principal avantage**

Enrobés macrorugueux AC MR

► Différence avec AC



Enrobés macrorugueux AC MR

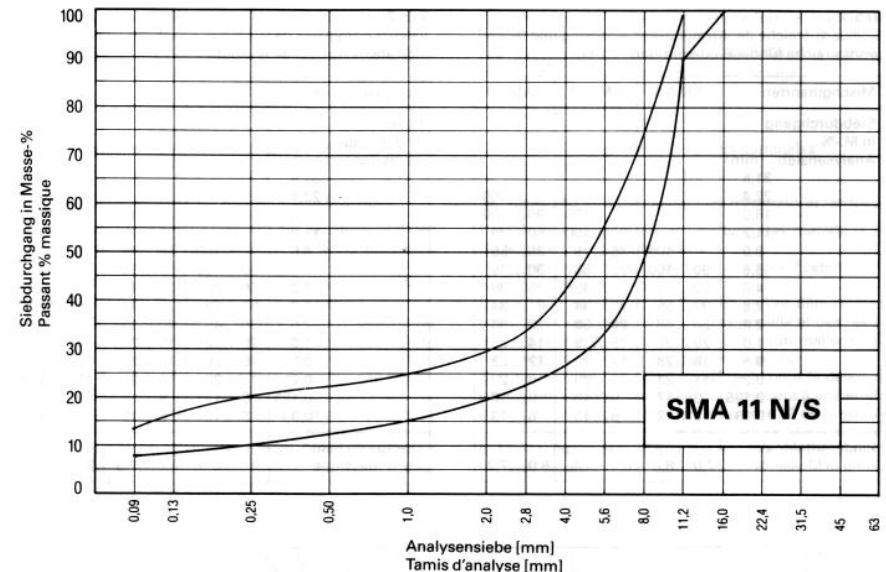
- ▶ **Vides remplis de mastic**
- ▶ **Teneur en vides**
 - ▶▶ 4 à 6 %
- ▶ **Utilisation de BmP** **5 à 7 %**
- ▶ **Résistance à la fatigue élevée**
- ▶ **2 sortes**
 - ▶▶ AC MR 8 2 à 3 cm
 - ▶▶ AC MR 11 2,5 à 4 cm

Splittmastixasphalt SMA



Splittmastixasphalt SMA

- ▶ **Chaussées fortement sollicitées**
- ▶ **Tenue du matériau par l'effet rigidifiant du mastic**
- ▶ **Teneur en vides**
 - ▶▶ 3 à 4 %
- ▶ **Teneur en bitume**
 - ▶▶ 6,5 à 7 %
- ▶ **Teneur en fines élevée**
 - ▶▶ **Importance du pouvoir rigidifiant du filler !**



Fuseaux granulométriques

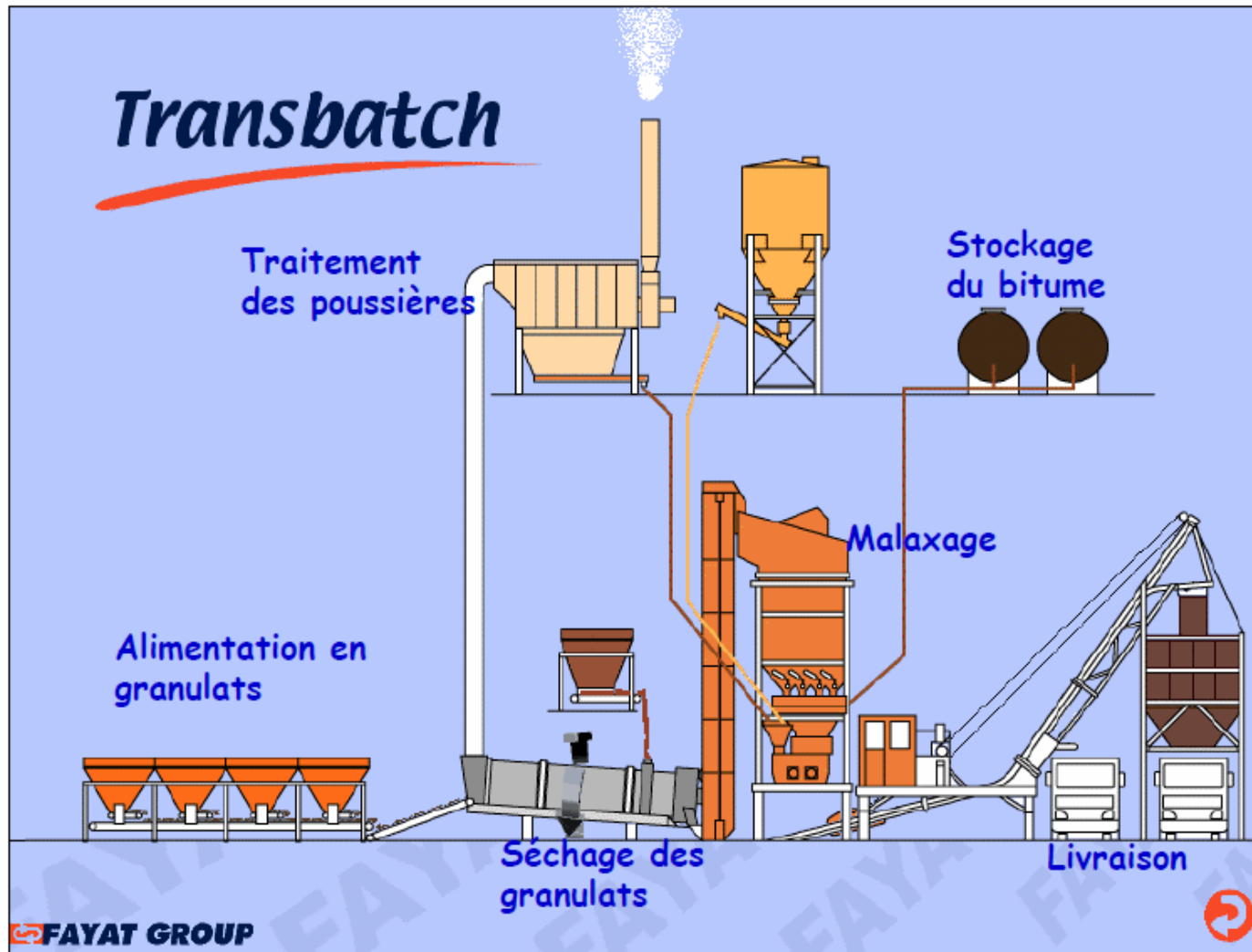
Tableau 13.10 Fuseaux granulométriques pour des enrobés de grains max. 8 mm.

Tamis (mm)	AC 8		AC MR 8		SMA 8		SDA 8		PA 8	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
11,2	100	–	100	–	100	–	100	–	100	–
8	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100
5,6	72	93	–	–	–	–	50	70	–	–
4	58	81	32	42	30	40	15	52	15	35
2	38	61	21	31	20	30	10	35	10	17
1	25	45	–	–	–	–	7	26	–	–
0,5	16	33	13	21	12	20	4	21	4	10
0,063	6	12	6	11	7	12	3	12	3	5
Classes	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Gravillons > 4,0	42	19	68	58	70	60	85	48	85	65
Sable: 0,063 à 4,0	52	69	26	31	23	28	12	40	12	30
Filler < 0,063	6	12	6	11	7	12	3	12	3	5

Fabrication des enrobés bitumineux

- ▶ **Fabrication en centrale**
- ▶ **Agrégats**
 - ▶▶ Séchage / Chauffage
- ▶ **Bitume**
 - ▶▶ Viscosité $< 3 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- ▶ **Températures à respecter**
 - ▶▶ Sortie de la centrale
 - 160°C bitume mou
 - 190 °C bitume dur

Fabrication des enrobés bitumineux



Stockage des granulats

► Sous abri



Transport & Pose

► Transport

- En camions bâchés
- Perte maximale de 20°C

► Pose

- Utiliser un finisseur
- Exigences pour l'enrobé lors de la pose
 - Viscosité $10 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - Température 110 à 140°C
- Ne pas poser d'enrobés si ...
 - Conditions hivernales ou pluie



Préparation du support

- ▶ **Nettoyage du support**
 - ▶ Feuilles, poussières, etc.
- ▶ **Séchage support**
- ▶ **Réglage des niveaux**
- ▶ **Pontage des fissures**
- ▶ **Rapiéçage**
- ▶ **Liant d'accrochage**
 - ▶ Émulsion



Finisseur



Mise en oeuvre



Compactage

- ▶ **Rouleau compacteur à pneumatiques**
- ▶ **Rouleau compacteur à cylindres statiques ou vibrants**
- ▶ **Rouleau compacteur mixte**
- ▶ **Rouleau compacteur à oscillations**



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

