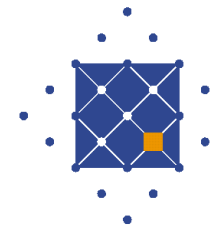


# Formation des Laboratoires départementaux Matériaux de chaussées



**Essais de laboratoire**  
**Contrôles de chantier**



Le CETE Méditerranée  
appartient au Réseau  
Scientifique et Technique  
de l'Équipement

## 0 – Rappels normatifs et réglementaires

---

### Les textes techniques réglementaires

- Les fascicules du CCTG
- Les normes
- Les circulaires
- Les recommandations
- Les guides

## Les fascicules du CCTG

- 23 : Fournitures de granulats
- 24 : Fournitures de liants hydrocarbonés
- 25 : Exécution des corps de chaussées
- 26 : Exécution des enduits superficiels
- 27 : Fabrication et mise en œuvre des enrobés
- 28 : Exécution des chaussées en béton

## Les normes d'exécution

---

- NF P 98 115: Exécution des corps de chaussées
- NF P 98 150-1 : Fabrication et mise en œuvre des enrobés à chaud
- NF P 98 150-2 : Fabrication et mise en œuvre des enrobés à froid
- NF P 98 160 : Exécution des enduits superficiels
- NF P 98 170 : Chaussées en béton de ciment
- NORMES «matériels d' exécution»

## Quelques guides ...

- Guides et manuels de dimensionnement
- Spécification des variantes
- Moyens et critères de réception des matériaux mis en œuvre en chaussée
- Application des normes «enrobés»
- Application des normes «assises traitées»
- Aide au Choix des Techniques d'Entretien
- Valorisation des matériaux locaux
- Retraitement en place
- Enduits Superficiels d'Usure
- Chaussées béton
- Etc.

## Circulaires et notes techniques

---

- **Circulaire «qualité de la route» DR.**
- **Circulaires «adhérence» et «uni»**
- **Notes d'information SETRA**
- **Avis techniques SETRA ou CFTR<sup>(1)</sup>**

*(1) Comité Français pour les Techniques Routières*

## Qu'est-ce qu'une norme ?

---

Une norme est un document :

- **de prescription**, qui est basé sur l'état de l'art et qui caractérise un produit ou une activité ;
- **de référence**, qui fournit des règles et des caractéristiques en vue des résultats à obtenir par un marché.

## Comment ?

---

- Les normes françaises sont éditées par l'AFAQ-AFNOR.
- Ce sont des documents établis sur la base d'un consensus entre tous les acteurs économiques d'un secteur.
- Avant approbation, les normes font l'objet d'une enquête nationale auprès de ces acteurs.



## Quelle origine ?

---

- **NF** = Norme Française
- **NF EN** = Norme Française issue d'une Norme Européenne
- **NF ISO** = Norme Française issue d'une Norme Internationale
- **NF EN ISO** = Norme Française issue d'une Norme Européenne issue d'une Norme Internationale

## Référentiel normatif

- Les granulats selon NF EN 13043 et la norme expérimentale XP P18545, qui constitue un guide d'application français de la NF EN 13043,
- Les agrégats d'enrobés selon NF EN 13108-8,
- Les bitumes selon NF EN 12591, NF EN 13924 et NF EN 14023,
- L'épreuve de formulation-type selon NF EN 13108-20,
- Les dispositions concernant la préparation des corps d'épreuve données dans les normes d'essai de la série NF EN 12697.

## Principales normes produits sur les enrobés à chaud

- BBSG : NF P 98-130
  - BBA : NF P 98-131
  - BBM : NF P 98-132
  - BBS : NF P 98-136
  - GB : NF P 98-138
  - EME : NF P 98-140
  - BBME : NF P 98-141
  - BBTM : XP P 98-137 → NF EN 13108-2
  - BBDr : NF P 98-134 → NF EN 13108-7
- EB : NF EN 13108-1

# La norme Enrobés Bitumineux NF EN 13108-1

- Avant-propos national :
  - ✓ Caractéristiques à déclarer dans le marquage (constituants, granulométrie et TL, température de fabrication)
  - ✓ Caractéristiques générales (granularité, % vides, tenue à l'eau, orniérage) et complémentaires (fuseaux et T<sub>min</sub>, module et fatigue)
  - ✓ Caractéristiques recommandées (tableaux pour CS, assises et autres)
- Corps de la norme européenne
- Partie harmonisée : annexe ZA :
  - ✓ ZA1 : Caractéristiques essentielles (DPC)
  - ✓ ZA2 : Attestation de conformité : 2+
  - ✓ ZA3 : marquage CE et étiquetage

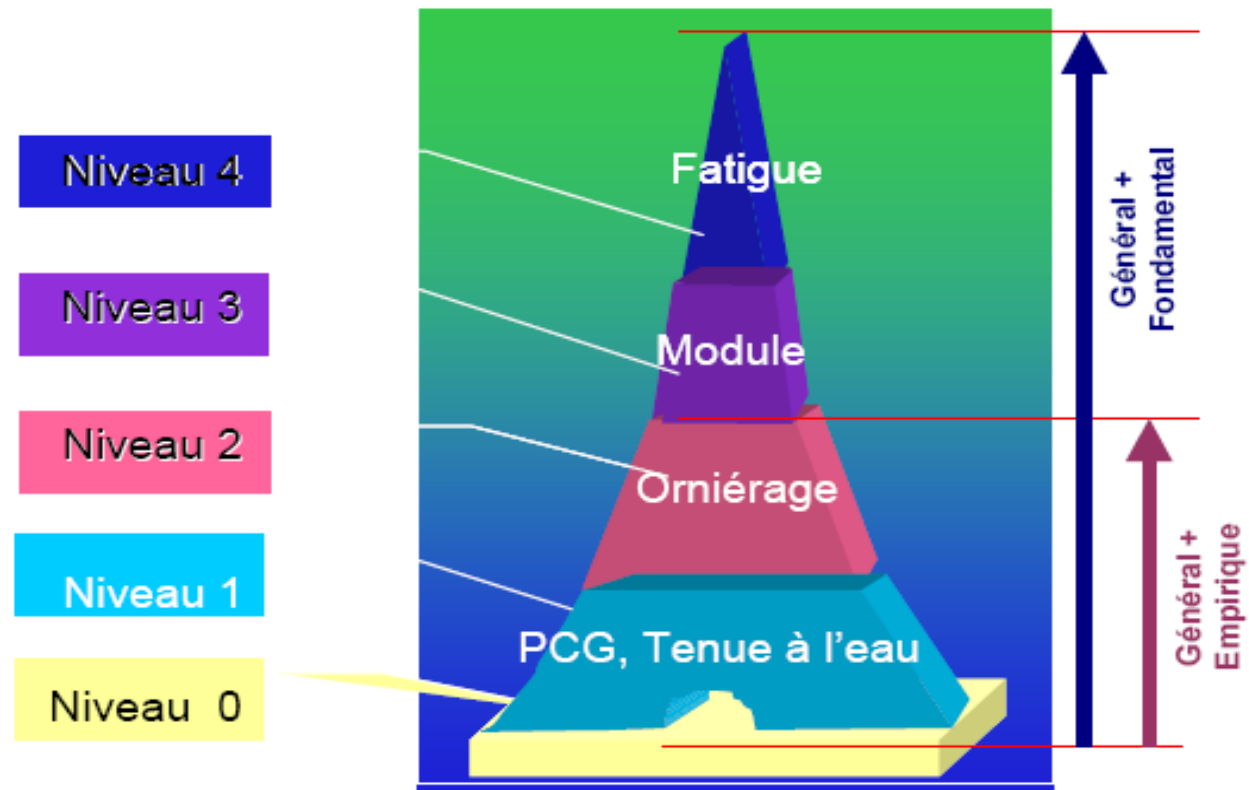
# Norme EB : l'avant propos national0 – Rappels normatifs et réglementaires

Tableau I.a — Enrobés pour couche de roulement et de liaison  
Caractéristiques et formules recommandées

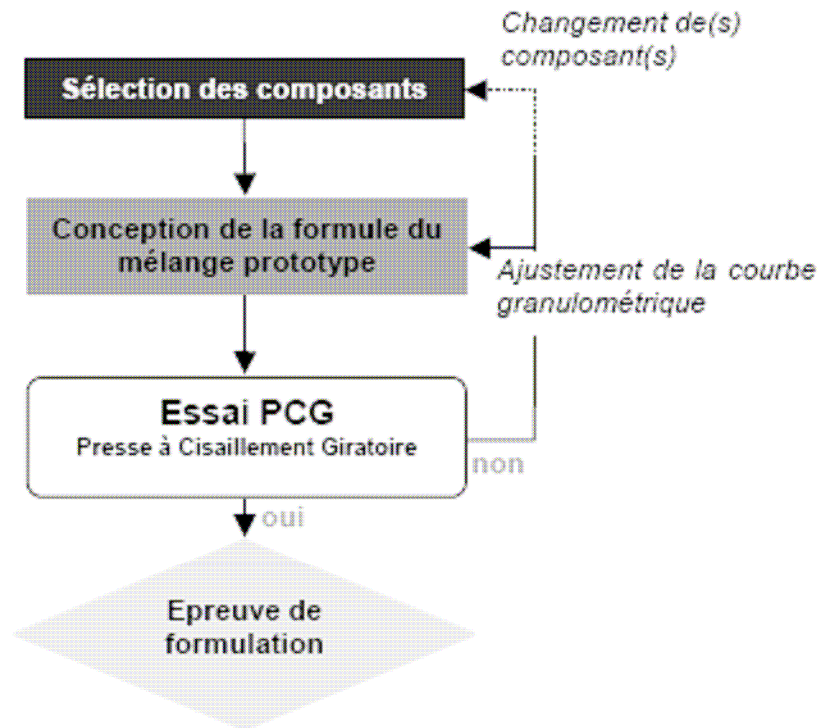
		Caractéristiques générales								Caractéristiques empiriques					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Article de la norme		4.2	5.2.1		5.2.2	5.2.4	5.2.6 tableau 7	5.2.10	5.3.1.2						5.3.1.3
Appellation Française de l'enrobé ****	Appellation européenne de l'enrobé	Liant*	Formule (composition et granulatié, y compris teneur en liant)	Tamis	D (mm)	Pourcentage de vides $V_{min} - V_{max}$ (%) (méthode compacteur giratoire)	Sensibilité à l'eau ITSR*****	- Résistance à la déformation permanente P**  - % vides éprouvette $V_i - V_s$ (méthode compacteur giratoire : cf. NF EN 13108-20 — annexe 3)	Température du mélange	Étendue (%) ***					Teneur en liant minimale $TL_{min}$
										0,063 mm	0,250 mm ou 1 mm (au choix du producteur)	2 mm	6 mm	D	
BBSG1 0/10	EB 10 roulement ou liaison	Type (pour le bitume modifié) et classe à déclarer	À déclarer	Série de base + série 2	10 mm	$V_{min 5}$ à $V_{max 10}$ (60 girations)	ITSR <sub>70</sub> (≥ 70 %)	- $P_{10}$ (≤ 10 % - 60 °C et 30 000 cycles) - $V_i = 5\%$ - $V_s = 8\%$	Selon le liant			20			$TL_{min 5,2}$ (≥ 5,2 %)
BBSG1 0/14	EB 14 roulement ou liaison	Type (pour le bitume modifié) et classe à déclarer			14 mm	$V_{min 4}$ à $V_{max 9}$ (80 girations)	ITSR <sub>70</sub> (≥ 70 %)	- $P_{10}$ (≤ 10 % - 60 °C et 30 000 cycles) - $V_i = 5\%$ - $V_s = 8\%$	Selon le liant			20			$TL_{min 5,0}$ (≥ 5,0 %)
BBSG2 0/10	EB 10 roulement ou liaison	Type (pour le bitume modifié) et classe à déclarer			10 mm	$V_{min 5}$ à $V_{max 10}$ (60 girations)	ITSR <sub>70</sub> (≥ 70 %)	- $P_{7,5}$ (≤ 7,5 % - 60 °C et 30 000 cycles) - $V_i = 5\%$ - $V_s = 8\%$	Selon le liant			20			$TL_{min 5,2}$ (≥ 5,2 %)
BBSG2 0/14	EB 14 roulement ou liaison	Type (pour le bitume modifié) et classe à déclarer			14 mm	$V_{min 4}$ à $V_{max 9}$ (80 girations)	ITSR <sub>70</sub> (≥ 70 %)	- $P_{7,5}$ (≤ 7,5 % - 60 °C et 30 000 cycles) - $V_i = 5\%$ - $V_s = 8\%$	Selon le liant			20			$TL_{min 5,0}$ (≥ 5,0 %)

(à suivre)

# 1- Essais de laboratoire – Étude de formulation



# Principe de démarrage d'une étude de formulation de mélange bitumineux



## La Presse à Cisaillement Giratoire (PCG)

### Principe:

Le mélange hydrocarboné préparé en laboratoire, est placé, foisonné et à la température d'essai (130 °C à 160 °C environ) dans un moule cylindrique de 150 mm ou 160 mm de diamètre. On applique sur le sommet de l'éprouvette une pression verticale de 0,6 MPa. En même temps, l'éprouvette est inclinée d'un angle faible de l'ordre de 1° (externe) ou 0,82° (interne) et soumise à un mouvement circulaire. Ces différentes actions exercent un compactage par pétrissage. On observe l'augmentation de compacité ( diminution du pourcentage de vides) en fonction du nombre de tours.



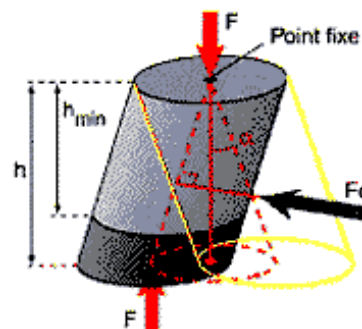
## La Presse à Cisaillement Giratoire (PCG)



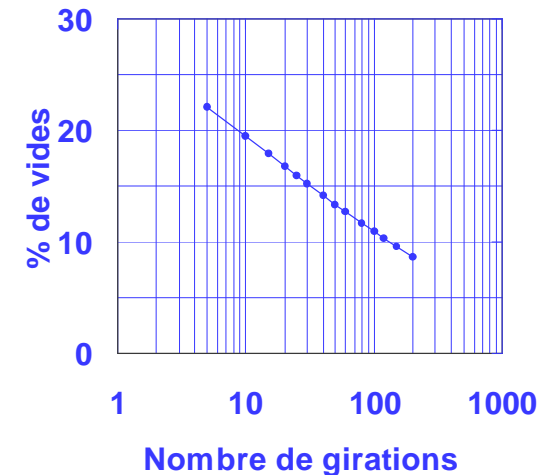
Diminution du % de vides sous force axiale + cisaillement giratoire :

- Optimisation de la composition granulaire
- Prédiction du % de vides chantier

Schéma de principe



$h_{min}$  : hauteur minimale pour 0% de vide  
 $h$  : hauteur apparente pour N girations  
 $F$  : force axiale  
 $F_c$  : force de cisaillement  
 $\alpha$  : angle d'inclinaison



## La Presse à Cisaillement Giratoire (PCG)

Interprétation: pour un nombre de girations donné, fonction du type d'enrobés, de la nature des granulats et de l'épaisseur de mise en oeuvre, le formulateur peut prévoir le pourcentage de vides sur le chantier. Dans le cas de couches de roulement très minces, il s'agit plutôt d'approcher la macro-texture que la compacité.

# Facteurs d'influences sur la maniabilité et les pourcentages de vides de l'enrobé

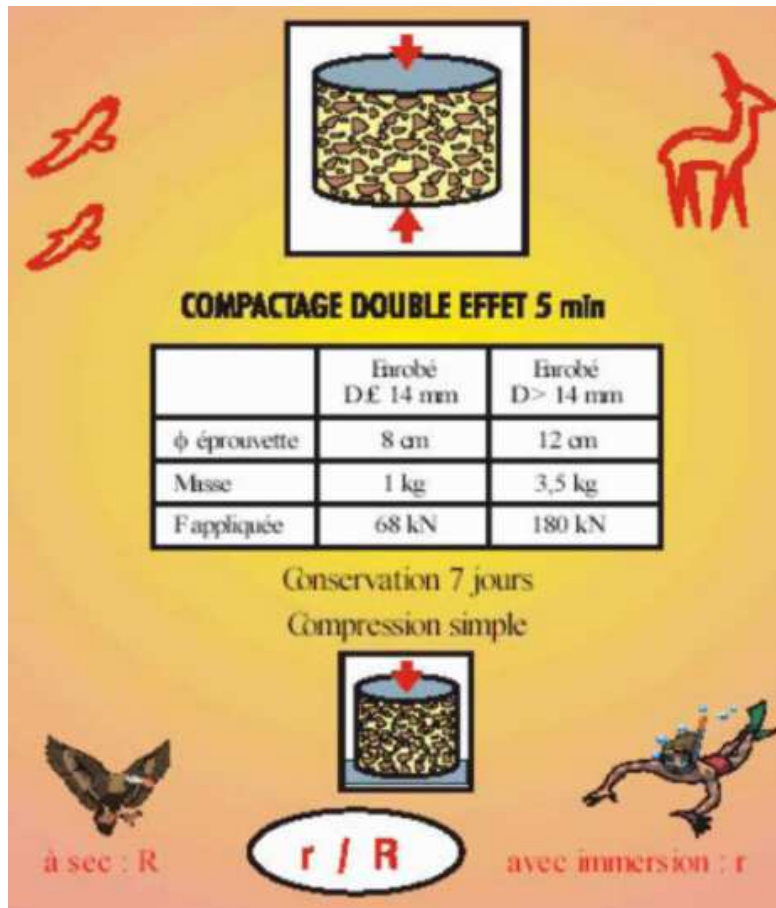
Ajustements sur la composition pour que les vides PCG soient situés dans la fenêtre visée			
Très inférieurs au % visé (> 5 %)	inférieurs au % visé (3 %)	supérieurs au % visé (3 %)	Très supérieurs au % visé (> 5 %)
diminuer le passant à 2 mm de ~ 5 points et augmenter la fraction 2/6,3	diminuer le % de bitume et diminuer le % de fines totales de 1,5 % à 2,5 %	diminuer la fraction 2/6,3 de l'ordre de 10 % et augmenter le 6,3/10	augmenter le passant à 2 mm de ~ 5 points et diminuer la fraction 2/6,3  apport d'un sable broyé à raison de 10 ou 15 % (attention à la résistance à l'orniérage)  ou sable roulé à raison de 10 % (attention à la résistance à l'orniérage)

## L'essai de tenue à l'eau DURIEZ

Principe: le mélange hydrocarboné est compacté dans un moule cylindrique par une pression statique à double effet. Une partie des éprouvettes est conservée sans immersion à température (18 °C) et hygrométrie contrôlées, l'autre partie est conservée immergée. Chaque groupe d'éprouvettes est écrasé en compression simple.

Interprétation: Le rapport de la résistance après immersion à la résistance à sec donne la tenue à l'eau du mélange. La résistance à sec est une approche des caractéristiques mécaniques, et la compacité constitue un indicateur complémentaire à l'essai de compactage à la PCG.

# Tenue à l'eau des enrobés : Essai DURIEZ



**COMPACTAGE DOUBLE EFFET 5 min**

	Enrobé D ≤ 14 mm	Enrobé D > 14 mm
φ éprouvette	8 cm	12 cm
Masse	1 kg	3,5 kg
F appliquée	68 kN	180 kN

Conservation 7 jours  
Compression simple

à sec : R

**r / R**

avec immersion : r

I/C (r/R) : tenue à l'eau =  
aptitude de l'enrobé à résister au  
désenrobage sous l'action de l'eau



# Facteurs d'influence sur la tenue à l'eau DURIEZ de l'enrobé

<i>Rapport I/C (r/R )</i> Duriez	
Inférieur à la valeur visée	Très inférieur à la valeur visée
<ul style="list-style-type: none"> <li>- dopage du bitume dans la masse (0,3 % à 0,6 % par rapport au bitume)</li> <li>- emploi de fines activées par 20 % de chaux vive ou éteinte</li> <li>- augmenter le module de richesse (et diminuer le passant à 2 mm)</li> <li>- employer un bitume plus dur</li> <li>- augmenter la compacité en diminuant le 2/6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apport de 1 % de chaux vive ou éteinte</li> <li>- remplacement de tout ou partie du sable par un sable d'une autre origine</li> </ul>

## L'essai d'orniérage

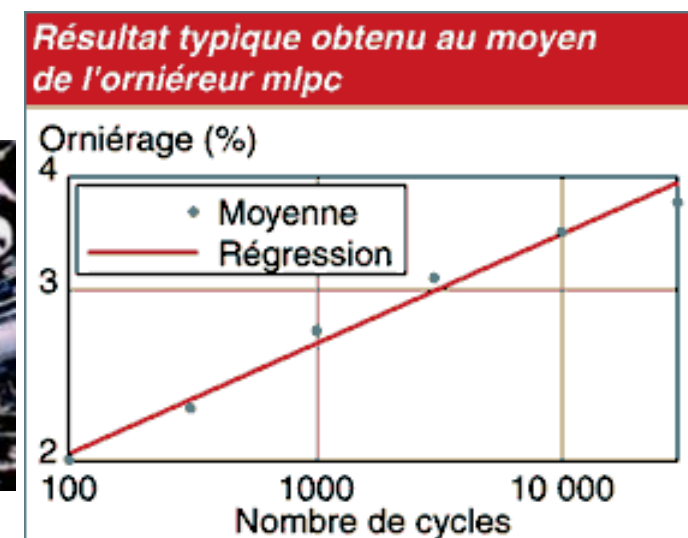
**Principe:** Le corps d'épreuve est une plaque parallélépipédique de 5 cm ou de 10 cm d'épaisseur, selon que l'épaisseur de mise en oeuvre de l'enrobé est inférieure ou supérieure à 5 cm. Cette plaque est soumise au trafic d'une roue équipée d'un pneumatique (fréquence: 1 Hz, charge: 5 kN, pression: 6 bars), dans des conditions sévères de température (60 °C).

**Interprétation:** La profondeur de la déformation produite dans le passage de roue, est notée en fonction du nombre de cycles. Les spécifications portent sur un pourcentage d'ornière à un nombre de cycles donné, qui dépend du type de matériau, et de sa classe.

## Sensibilité à l'orniérage : Orniéreur MLPC

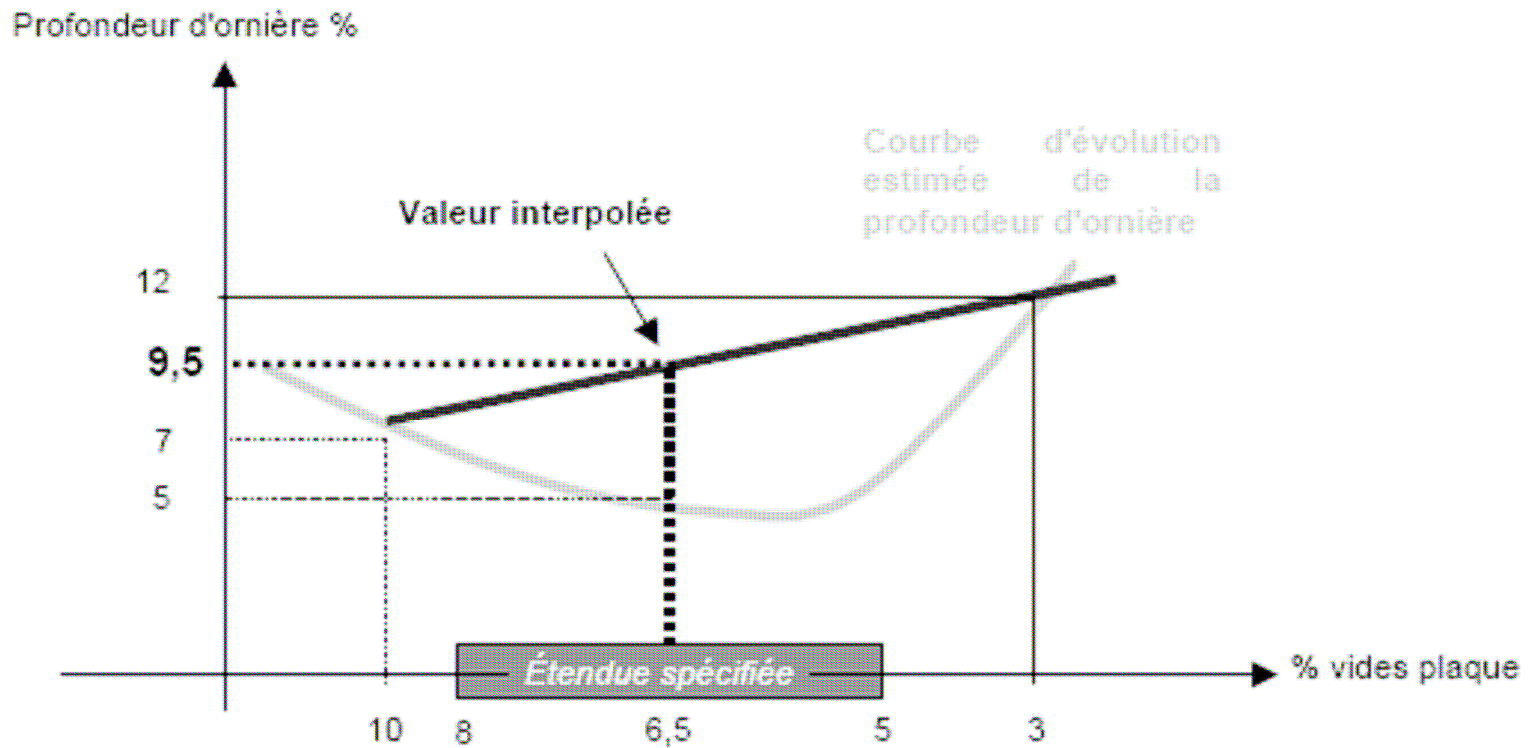


Mesure de la profondeur d'ornièr  
sur une plaque d'enrobé soumise à  
des cycles de passage d'une roue  
( $P_g=0.6$  MPa) à  $60^\circ\text{C}$





# Résultats d'orniérage: influence du pourcentage de vides de la couche d'enrobés



# Facteurs d'influence sur les résultats de résistance à l'orniérage de l'enrobé

Orniérage – Profondeur d'ornière		
Supérieure à la valeur visée	Plus de 2 % supérieure à la	Observations
<ul style="list-style-type: none"> <li>- « Creuser » la courbe</li> <li>- Abaisser la teneur en liant</li> <li>- Utilisation d'un bitume de température bille-anneau supérieure</li> <li>- Utilisation d'additifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation d'un bitume de température bille-anneau et emploi d'additifs, PE,...</li> <li>- Utilisation d'un bitume spécial à susceptibilité améliorée</li> <li>- Changer le sable</li> </ul>	Prendre garde au risque de fissuration par le haut, le cas échéant (grade dur + teneur en bitume faible)

## Essais de module

---

Principe: La rigidité du mélange est déterminée par un essai de traction uni-axial (sur éprouvette cylindrique ou parallélépipédique). La charge est appliquée dans un domaine de petites déformations, en contrôlant le temps ou la fréquence, la température, la loi de chargement.

## Essais de module

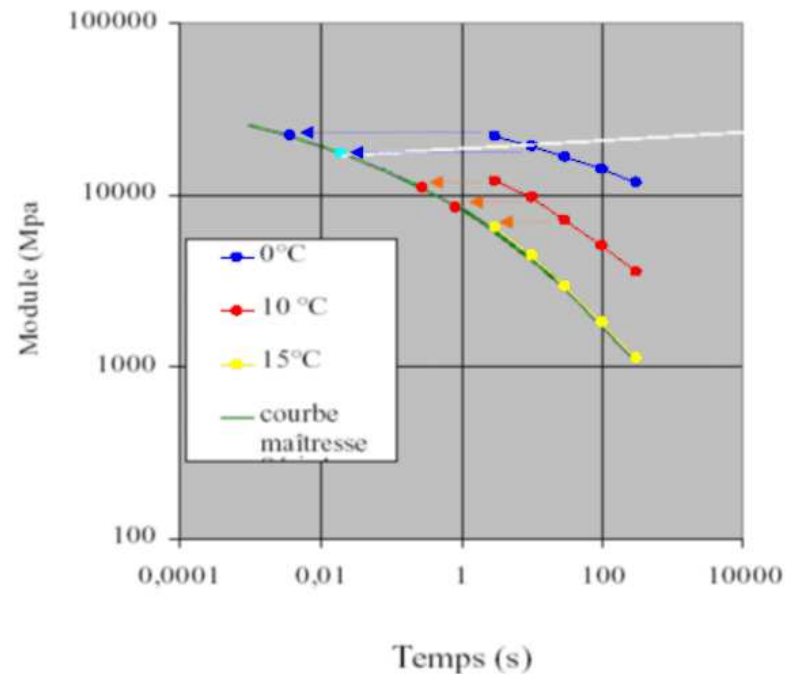
Interprétation: Le module (rapport de la contrainte à la déformation) est calculé pour chaque essai élémentaire. Grâce à l'équivalence temps-température, on trace la courbe maîtresse du module à une température donnée. Cette représentation permet de connaître le comportement du mélange sur un large spectre de temps de charge ou de fréquences.

La spécification porte sur le module à 15 °C et une fréquence de 10 Hz ou un temps de charge de 0,02 s.

# Mesure du module des EB en traction directe : essai MAER

Mesure du module de rigidité des enrobés à différentes vitesses de sollicitation et sous différentes températures

→  $E(15^{\circ}\text{C}, 10 \text{ Hz})$  utilisé pour le dimensionnement des c haussées



Construction  
de la courbe  
maîtresse

## Mesure du module des EB en traction directe : essai MAER



## Essai de Fatigue

Principe: Une éprouvette trapézoïdale est soumise, à une température et pour une fréquence de chargement fixées, à une déformation imposée. Lorsque la contrainte appliquée pour maintenir la déformation constante est diminuée de moitié, l'éprouvette est considérée comme endommagée au nombre de cycles considéré.

Interprétation: sur un graphique  $\lg/l_g$ , les différents couples (niveau de chargement, nombre de cycles jusqu'à l'endommagement), se placent sur une droite de fatigue.

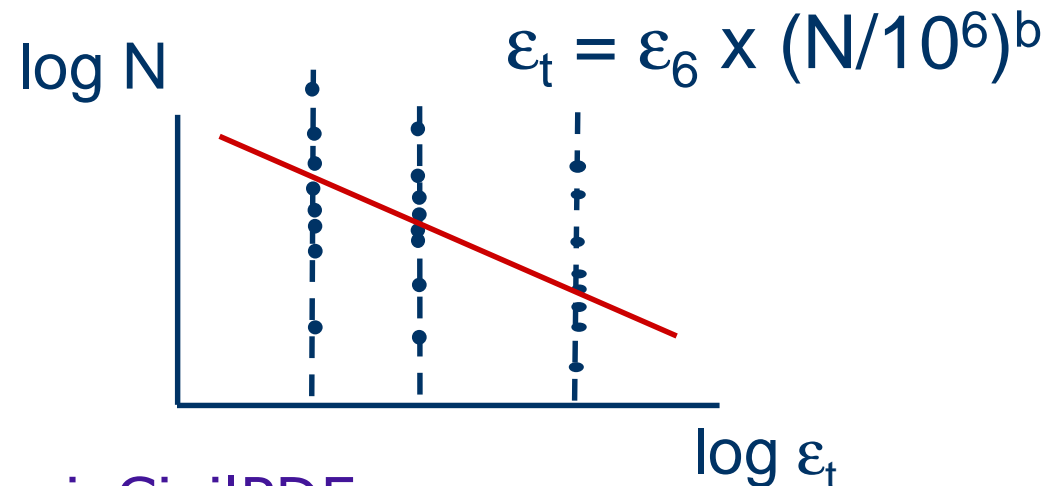
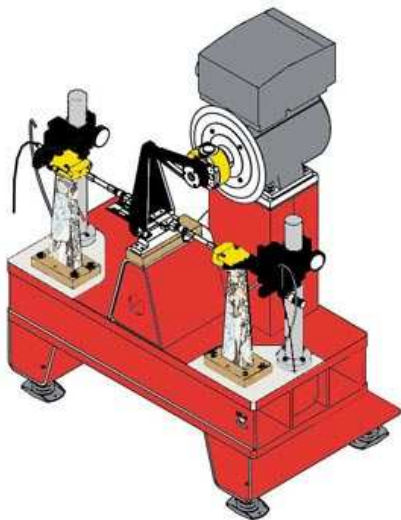
A  $10^6$  cycles, le seuil de chargement relevé sur la droite est la valeur caractéristique de la résistance en fatigue :  $\epsilon_6$ .

## Essai de fatigue



Détermination de la résistance en fatigue des matériaux de chaussée :

- sollicitation admissible sous  $10^6$  cycles
- pente de la droite de fatigue





# Facteurs d'influence des paramètres sur les résultats des essais de formulation

## Définitions et relations: rappels

Dans les normes de la série NF P 98-130 à 98-141, la teneur en liant  $TL_{ext}$  est le rapport de la masse de liant à la masse de granulats secs, exprimé en pourcent extérieur.

$$TL_{ext} = 100 \times \frac{\text{Masse de bitume}}{\text{Masse de granulats secs}}$$

## Rappel: teneur en liant

Les normes "produits" enrobés européennes de la série NF EN 13108 imposent la valeur  $TL_{int}$  qui est le rapport de la masse de liant à la masse de mélange total, exprimé en pour-cent intérieur.

$$t_{int} = 100 \times \frac{\text{Masse de bitume}}{\text{Masse de granulats secs} + \text{Masse de bitume}}$$

## Rappels: teneurs en liant

$TL_{int}$  et  $TL_{ext}$  sont reliées par les équations suivantes

$$TL_{ext} = \frac{100 \times t'_{int}}{100 - t'_{int}} \quad t'_{int} = \frac{100 \times TL_{ext}}{100 + TL_{ext}}$$

## Rappel: Masse Volumique Réelle

### Masse Volumique Réelle de l'enrobé

Elle peut être calculée à partir des masses volumiques des composants obtenues par diverses méthodes (eau, solvant, huile de paraffine) et est alors notée *MVRC*, à partir des formules suivantes :

$$MVRC = \frac{\text{Masse de granulats} + \text{Masse de bitume}}{Vg + Vb}$$

## Rappel: Masse Volumique Réelle

D'où:

$$MVRc = \frac{100}{\frac{\%G_1}{\rho_{g1}} + \frac{\%G_2}{\rho_{g2}} + \dots + \frac{\%G_n}{\rho_{gn}} + \frac{t_{int}}{\rho_b}}$$

Avec:

- %Gi = pourcentage des fractions granulaires
- $\rho_{gi}$  = leur masse volumique respective
- $\rho_b$  = masse volumique du bitume (1,03Mg/m<sup>3</sup>)

## Rappel: Masse Volumique Apparente

La compacité et le pourcentage de vides sont déterminés à partir des mesures de masse volumique réelle  $MVR$  et de masse volumique apparente  $MVA$  (ou  $MVa$  ou  $MV\alpha$ ) et par les relations suivantes :

$$C\% = 100 \times (MVA / MVR) \quad \Rightarrow \quad \text{compacité}$$

$$v\% = 100 [1 - (MVA) / MVR] \quad \Rightarrow \quad \% \text{ de vides}$$

## Rappel: Relation entre % de vides et compacité

---

### Teneur en vides et compacité

Compacité  $C$  % et pourcentage de vides  $v$ % sont reliés par l'équation suivante :

$$100 = C\% + v\%$$

## Facteurs d'influence : Synthèse (1/3)

	Facteurs/effet	Effet induit
<p>Pourcentage de vides</p> <p><i>Pour diminuer</i> ↘</p>	<p>Augmenter ↗ % sable +++</p> <p>Augmenter ↗ discontinuité ++</p> <p>Augmenter ↗ 10 % sable roulé ++</p> <p>augmenter ↗ teneur bitume +</p>	<p>Risque d'orniérage --</p> <p>Risque d'orniérage --</p> <p>Risque d'orniérage ---</p> <p>Risque d'orniérage --</p>
<p>Tenue à l'eau</p> <p>↗</p>	<p>augmenter ↗ dope +</p> <p>augmenter ↗ teneur en bitume +</p> <p>augmenter ↗ fines activées +</p> <p>↘ 2/6</p>	<p>-</p> <p>Risque d'orniérage -</p> <p>Diminue le pourcentage de vides-</p>



## Facteurs d'influence : Synthèse (2/3)

Résistance à l'orniérage	<p>∇ % sable +++</p>	Fatigue, étanchéité -
augmenter ↗	<p>augmenter ↗ angularité ++</p>	Vides -
	<p>diminuer ∇ teneur en bitume +</p>	Fatigue tenue à l'eau -
	<p>diminuer ∇ grade du bitume +</p>	Fissuration par le haut -
	<p>augmenter ↗ incorporation PE ++</p>	
	<p>augmenter ↗ bitume spécial ++</p>	

## Facteurs d'influence : Synthèse (3/3)

<p>Module</p> <p>Augmenter ↗</p>	<p>↗ dureté du bitume ↗ ++</p> <p>↗↘ teneur en liant ++ (le module croît puis décroît en fonction de la teneur en liant)</p> <p>augmenter ↗ incorporation de PE +</p>	<p>Fissuration par le haut -</p> <p>Orniérage/fatigue -</p>
<p>+++ effet très positif sur la caractéristique à corriger</p> <p>++ effet positif sur la caractéristique à corriger</p> <p>+ Effet moyen ou faible sur la caractéristique à corriger</p>	<p>--- effet très négatif sur une caractéristique autre</p> <p>-- effet négatif sur une caractéristique autre</p> <p>- Risque d'effet négatif sur une caractéristique autre</p>	

# LES CONTRÔLES DE CHANTIER

## 2 – Contrôles d'enrobés sur chantier

---

**CONTRÔLE DES CONSTITUANTS**

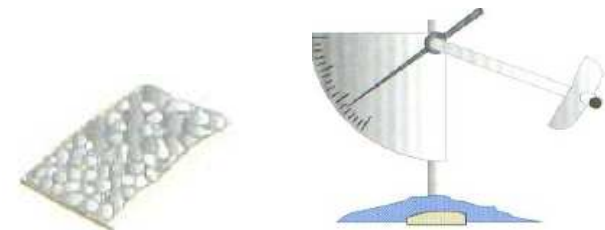
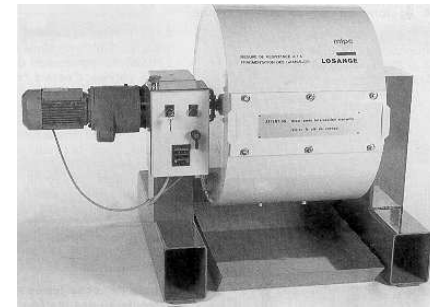
**FORMULATION DES MELANGES**

**CONTRÔLES D'EXECUTION**

# LES GRANULATS

## Caractéristiques intrinsèques

- Résistance à la fragmentation :  
essai Los Angeles
- Résistance à l'usure : essai Micro  
Deval
- Contribuent à l'intégrité des  
granulats (granulométrie, angularité,  
forme)
- Résistance au polissage : essai  
PSV ou essai RPA
- Maintien de la microtexture



## Caractéristiques de fabrication

Caractéristiques	Effet sur le comportement des mélanges
Dimension max	Risque de ségrégation à la mise en oeuvre
Granularité, forme, angularité	Maîtrise de la recombinaison des mélanges Compacité des mélanges
Régularité de la granularité	Régularité des propriétés des mélanges
Propreté des sables	Orniérage des GNT (présence d'eau) Défaut de prise avec LH Mauvaise tenue à l'eau des enrobés
Propreté des gravillons	Adhésion liant/granulat Régularité de dosage en centrale

## Maîtrise de la qualité des granulats

- Dans le cadre d'un marché : par application de l'article 6 de la norme XP P 18-545:
  - Elle permet d'obtenir un engagement du fournisseur par le biais des FTP
  - Elle fixe les règles du jeu entre fournisseur et acquéreur
- Marque NF Granulats : certification de produits, volontaire, avec audits par tierce partie sur le système qualité et les essais
- Marquage CE : obligatoire pour la mise sur le marché, avec (système 2+) ou sans (système 4) audit par organisme certificateur sur le système qualité

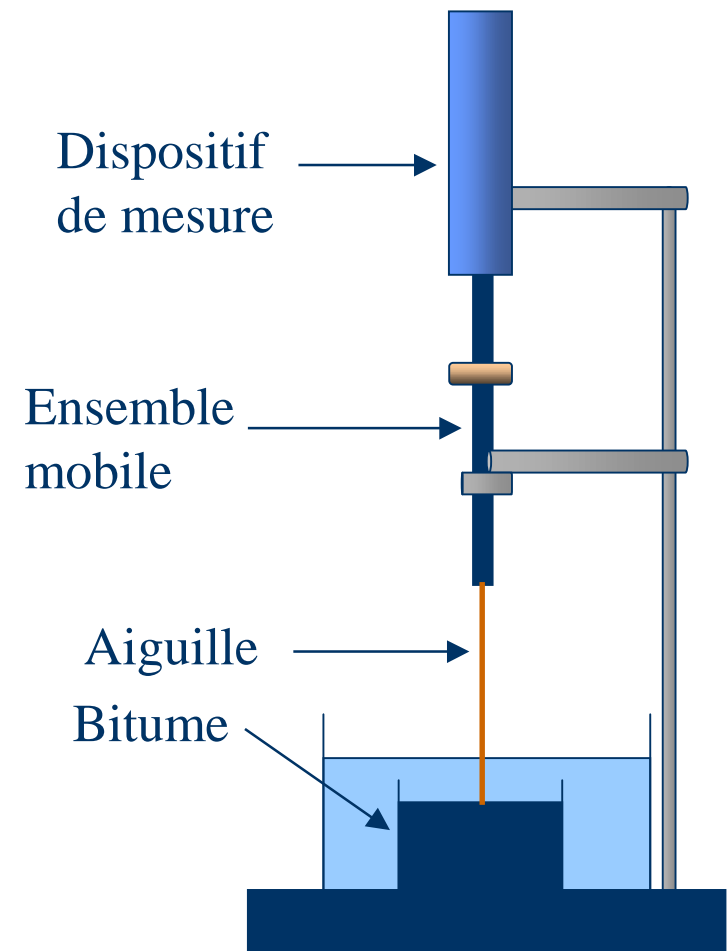


---

# LES LIANTS HYDROCARBONES

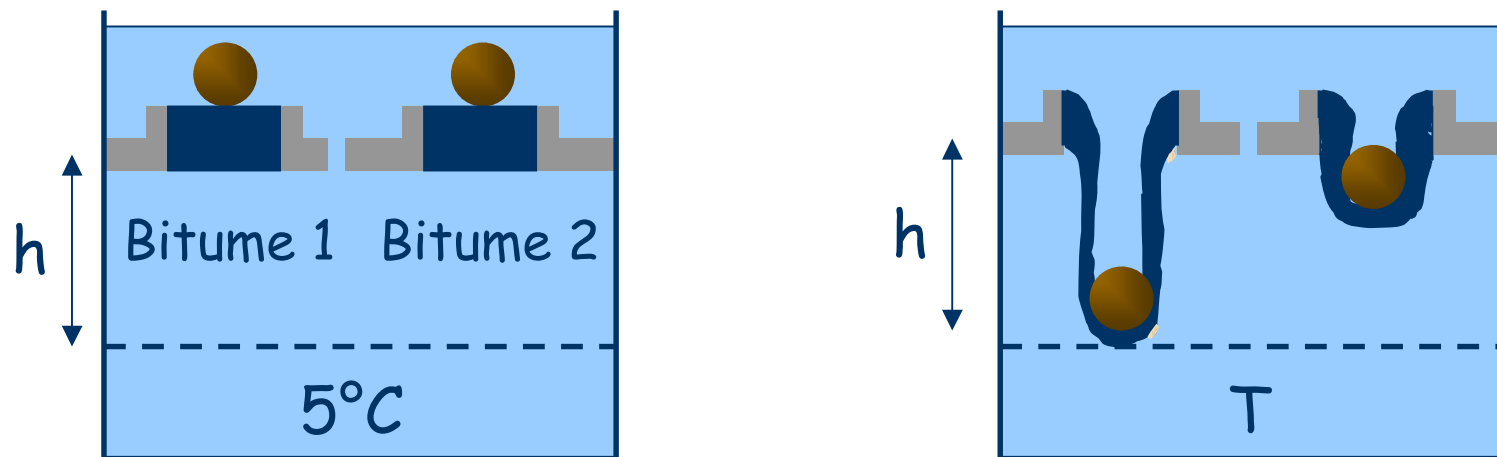
## Essai de pénétrabilité

- Mesure de la dureté des bitumes
- Pénétration, exprimée en 1/10 mm, d'une aiguille calibrée dans un échantillon de bitume maintenu à température constante sous une charge de 100 g pendant 5 secondes
- Les classes des bitumes sont définies par leur pénétrabilité à 25°C



## Température Bille Anneau (TBA)

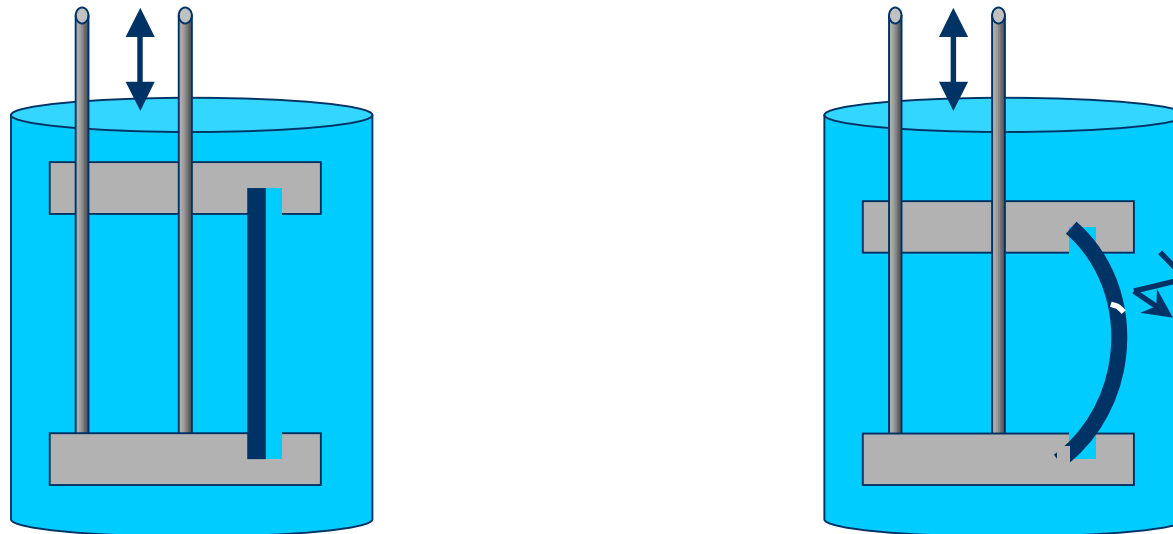
- Mesure du point de ramollissement (les bitumes n'ont pas de point de fusion franc)
- Température à laquelle une bille d'acier calibrée s'enfonce d'une hauteur définie (25 mm) dans un anneau de bitume



TBA bitume 1 < TBA bitume 2  
[www.GenieCivilPDF.com](http://www.GenieCivilPDF.com)

## Point de fragilité FRAASS

- Fragilité du bitume à basse température
- Température à laquelle une pellicule de bitume de 0.5 mm d'épaisseur déposée sur une lame d'acier se fissure lorsqu'elle est soumise à des flexions répétées avec une diminution de  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$

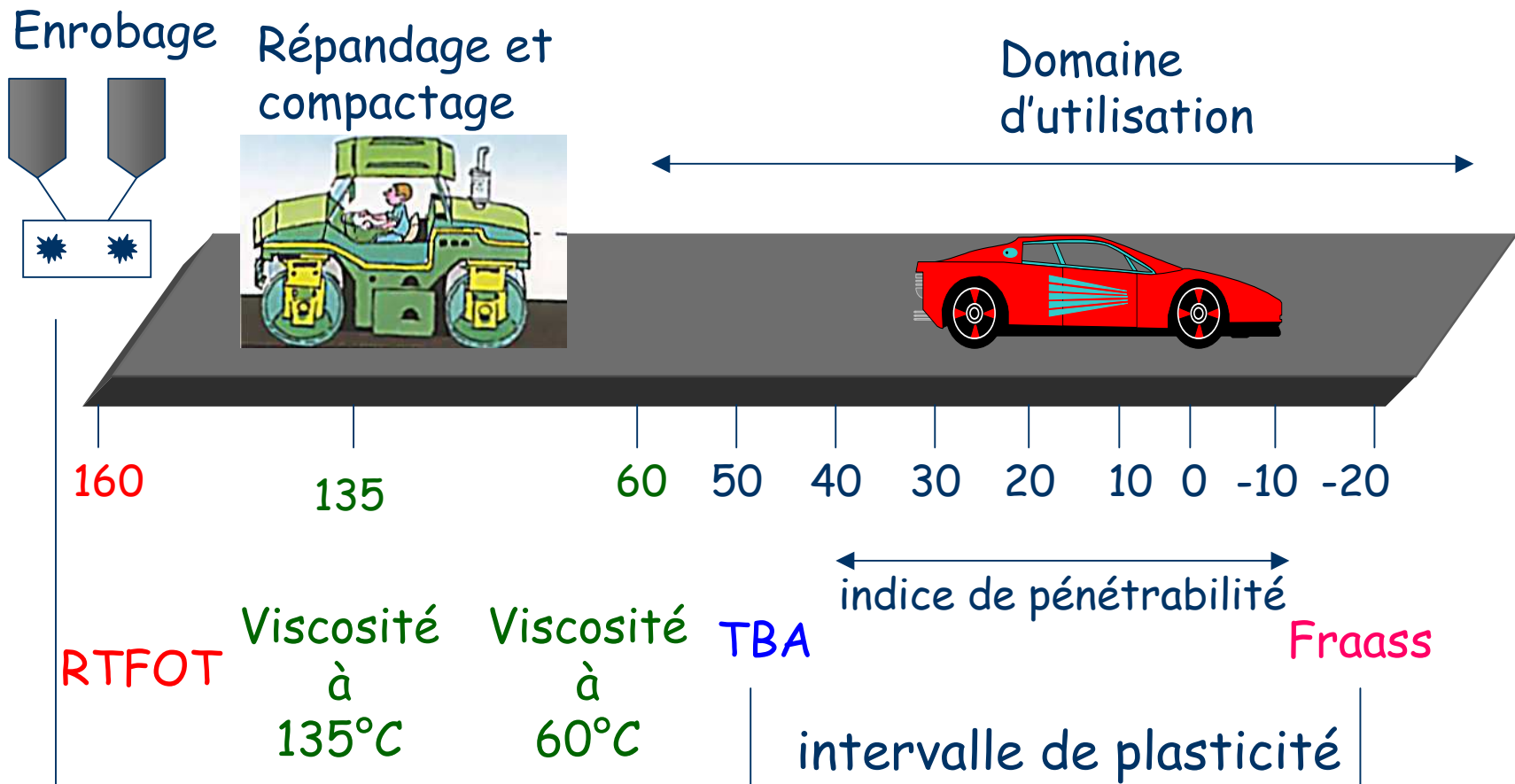


## Signification physique des essais

---

- Pénétrabilité → rigidité de l'enrobé (ex : EME, BBME)
- TBA → risque d'orniérage de l'enrobé
- FRAAS → risque de fissuration thermique (fissuration par le haut de la chaussée)

# Significations des essais bitume

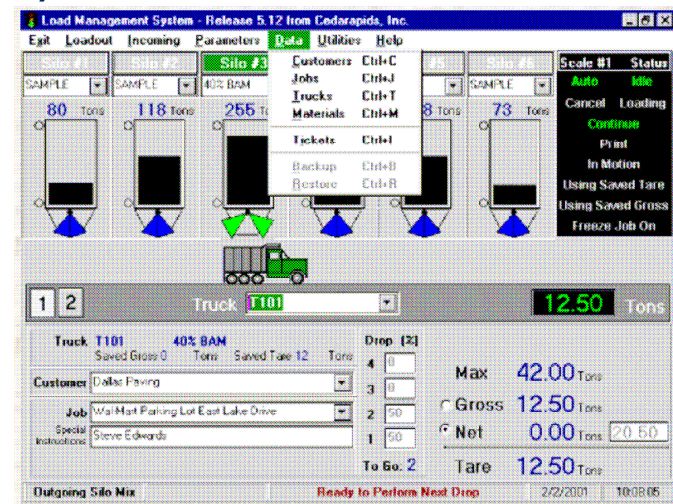


---

# La formulation des enrobés

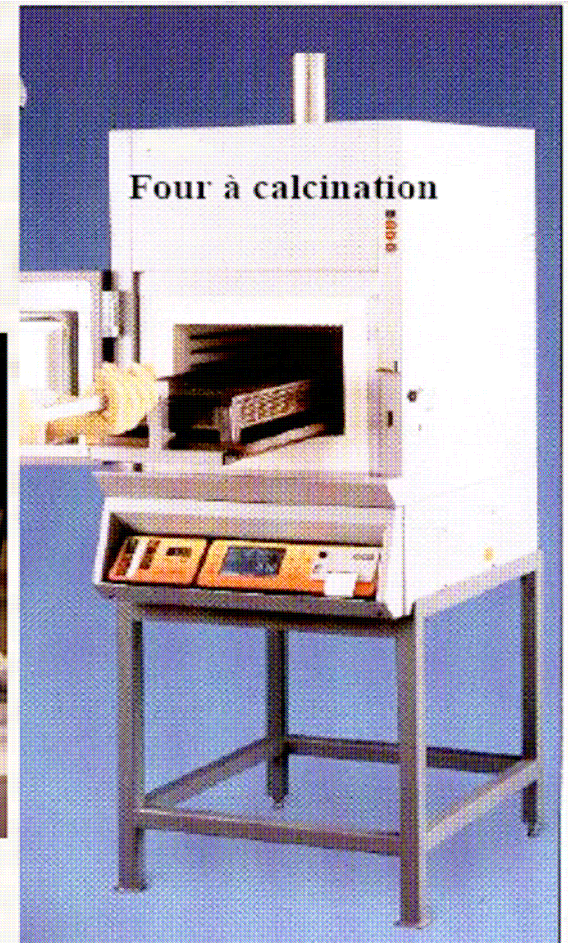
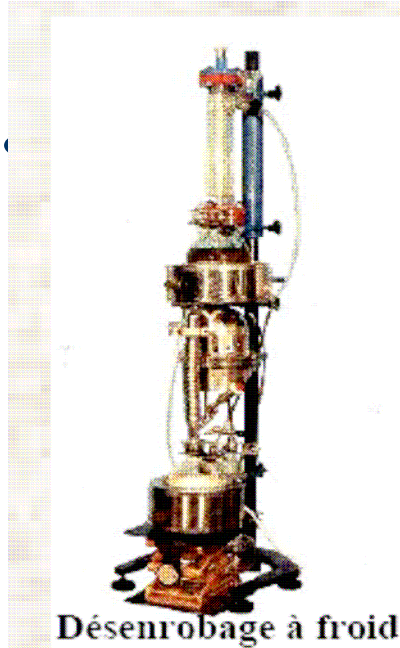
## Suivi de fabrication en centrale

Les centrales sont équipées d'asservissements et d'organes de contrôles qui doivent être tracés (NF EN 13108-21)





- **Acceptation de la centrale d'enrobage** : il existe des autorisations d'emploi
- **Vérification des divers réglages** : au moyen de listes d'aptitude (trémies doseuses, doseurs à pulvérulents, pompes et débit-mètre à bitume), calibration des doseurs (pesées matières), étalonnage des balances et des thermomètres,.....
- **Epreuve de convenance** avec vérification de l'homogénéité de malaxage.
- **Suivi du fonctionnement en direct de la centrale** : par acquisition automatique des données (débits des différentes classes granulaires, fines apport et récupération, bitume, débit global de fabrication sur un temps donné) permettant par combinaison d'obtenir les teneurs en liant et une estimation de la recombinaison.
- **Par prélèvements d'enrobés** : détermination selon différentes méthodes (désenrobage au solvant (f / c), calcination, neutronique) de la teneur en liant et de la courbe granulométrique (pb avec les BmP et étalonnage selon méthodes).
- **Respect des températures** : constituants et enrobés.
- **Cadre Européen** : contrôle en usine (NF EN 13108-21)



# Les contrôles d'exécution

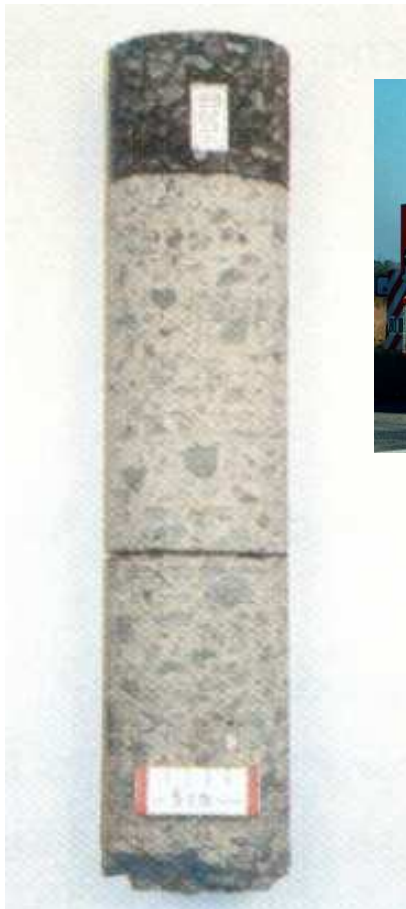
## Contrôles topographiques



Planimétrie, altimétrie, positionnement, implantation au fur et à mesure de l'exécution des couches avec les tolérances adaptées à chacune d'entre elles

(réception de chaque couche avant mise en œuvre de la suivante)

## Epaisseur – Collage des couches



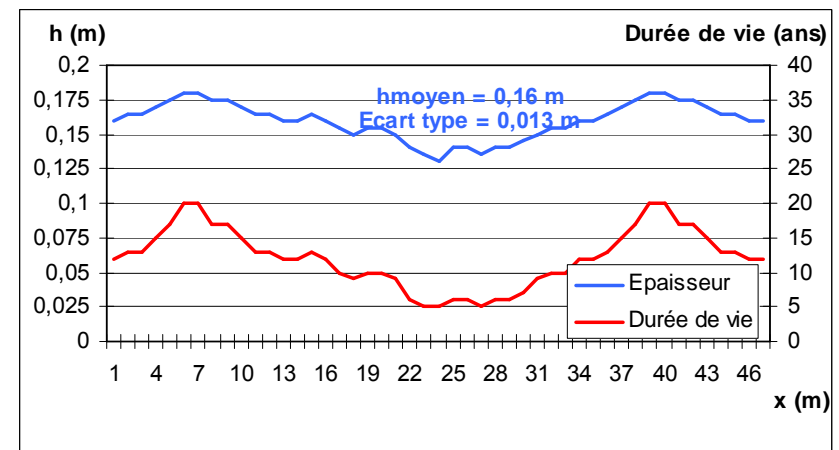
Vérification par carottage  
(mesure ponctuelle)



# Contrôle en continu de l'épaisseur : RADAR



La durée de vie de la chaussée dépend fortement de la qualité de la réalisation (collage et épaisseurs)



## Contrôle du compactage : Vérification du matériel



Vibromètre : fréquence et amplitude

Vérification des données de liste d'aptitude des compacteurs vibrants

# Contrôle de la compacité : Mesure au banc gamma



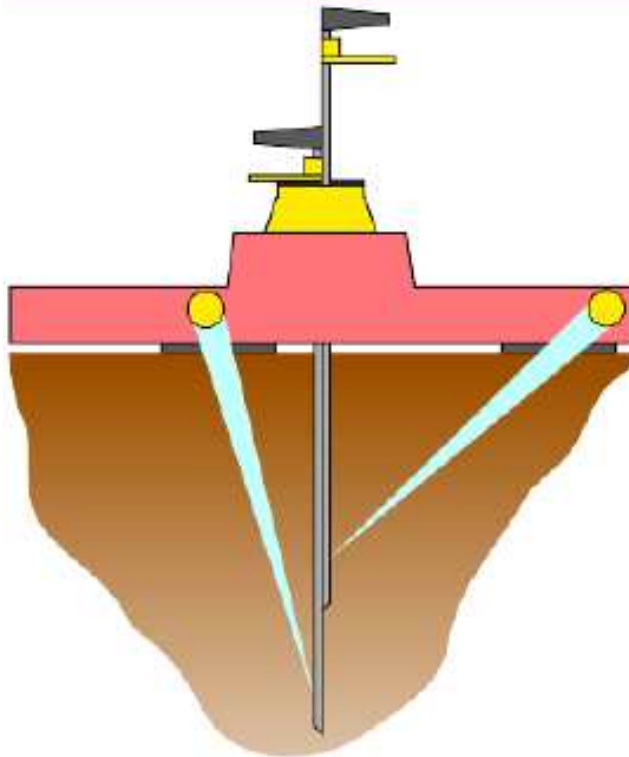
**Gradient de la masse volumique apparente au banc gamma**



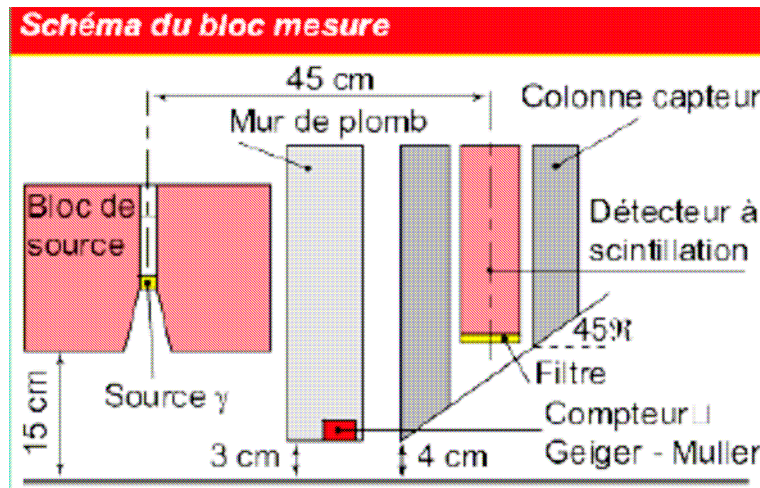


# Contrôle de la densité in situ : Mesure ponctuelle au GPV

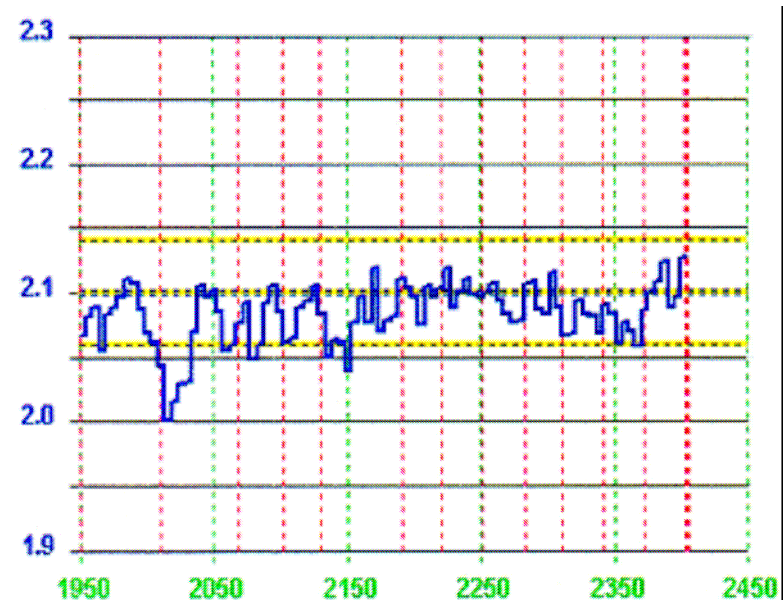
Schéma de principe



# Contrôle de la densité in situ : Mesure en continu au GDM 45



Mesure par diffusion de la densité sur les assises (jusqu'à 15 cm de profondeur)



## Contrôle de la densité in situ : Mesure en continu au GMPV



Gammadensimètre Mobile à  
Profondeur Variable : adapté aux  
couches de surface (de 5 à 7 cm) :

- Fonctionne par rétrodiffusion
  - Téléconduit à partir d'un  
véhicule  
d'accompagnement
- Influence  
de la compacité sur la  
durée de service de la  
chaussée

## Conformité des couches de roulement : Contrôle de la macrotexture



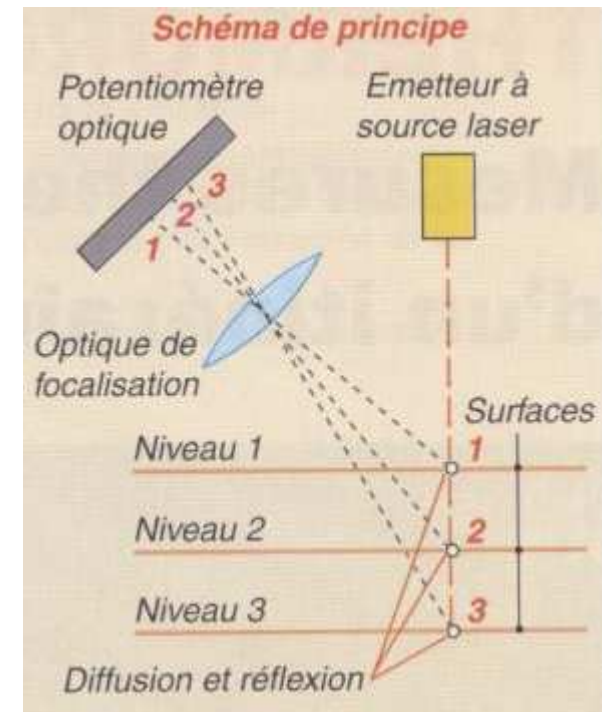
Profondeur Moyenne de  
Texture (PMT) : mesure  
ponctuelle à la tache  
(NF EN 13036-1) :

- Etalement de billes de verre en surface de la chaussée
- Mesure du diamètre de la tache



## Mesure de la macrotexture en continu : Le RUGOLASER

Mesure sans contact par laser  
Contrôle de l'uni  
longitudinal :



### 3- Organisation des contrôles et conformité Enrobés à froid

---

- Rappel : Le marquage CE donne :
  - Une conformité aux exigences essentielles définies dans les normes
  - Une maîtrise du procédé de fabrication

# Assurance qualité

## Contrôle de fabrication

- Le contrôle de fabrication est défini dans la norme NF P 98 150-1.
- Les essais réalisés dans le cadre du marquage CE peuvent être utilisés pour le contrôle intérieur de l'entreprise.
- Le maître d'ouvrage peut, s'il le souhaite, demander un contrôle extérieur :
  - Épreuve de convenance en sortie de centrale  
*et/ou*
  - Épreuve de contrôle sur prélèvement lors du chantier

# Assurance qualité Contrôle de fabrication

- Pour ces contrôles, la valeur retenue est la moyenne de celles obtenues sur 4 prélèvements avec les tolérances suivantes :

	Dimension D du plus gros granulat	
	< 16 mm	≥ 16 mm
- Pourcentage de passant à :		
D	± 4	± 5
D/2 ou tamis à Maille large **	± 4	± 4
2 mm	± 3	± 3
Tamis à maille fines **	± 2	± 2
0,063 mm	± 1	± 2
- Teneur en liant soluble	± 0,3	± 0,3

\*\* Il est recommandé de retenir les valeurs suivantes :

- "D/2 ou tamis à mailles larges"
  - enrobé 0/14 : D/2 = 6,3 mm
  - enrobé 0/10 : D/2 = 6,3 mm
  - enrobé 0/6 : D/2 = 4 mm
- "Tamis à mailles fines"
  - 0,5 mm



# Assurance qualité

## Contrôle de la mise en oeuvre

---

- La norme NF P 98150-1 reprend les éléments sur la mise en œuvre des enrobés contenus dans les anciennes normes NF à savoir :
  - épaisseur d'emploi
  - dosage et mise en œuvre de la couche d'accrochage
  - pourcentages de vides ou drainabilité sur chantier
  - macrotexture des couches de roulement non drainantes.
  - déformations acceptables du support

# Assurance qualité

## Contrôle de la mise en oeuvre

---

- Rappel, sur le Réseau Routier National, les circulaires de la Direction Générale des Routes restent en vigueur :
  - circulaire (2000-36) (UNI)
  - circulaire 2002-39 (Adhérence)

# Marché pluriannuels

- Il n'y a pas de problème de compatibilité technique des produits
- Les seules différences sont dans les références.
- Si le producteur et/ou le client le souhaite(nt)
  - Rédaction d'un avenant technique donnant les équivalents