

Introduction aux enrobés



Pierre Langlois, M. ing.



Composition des enrobés

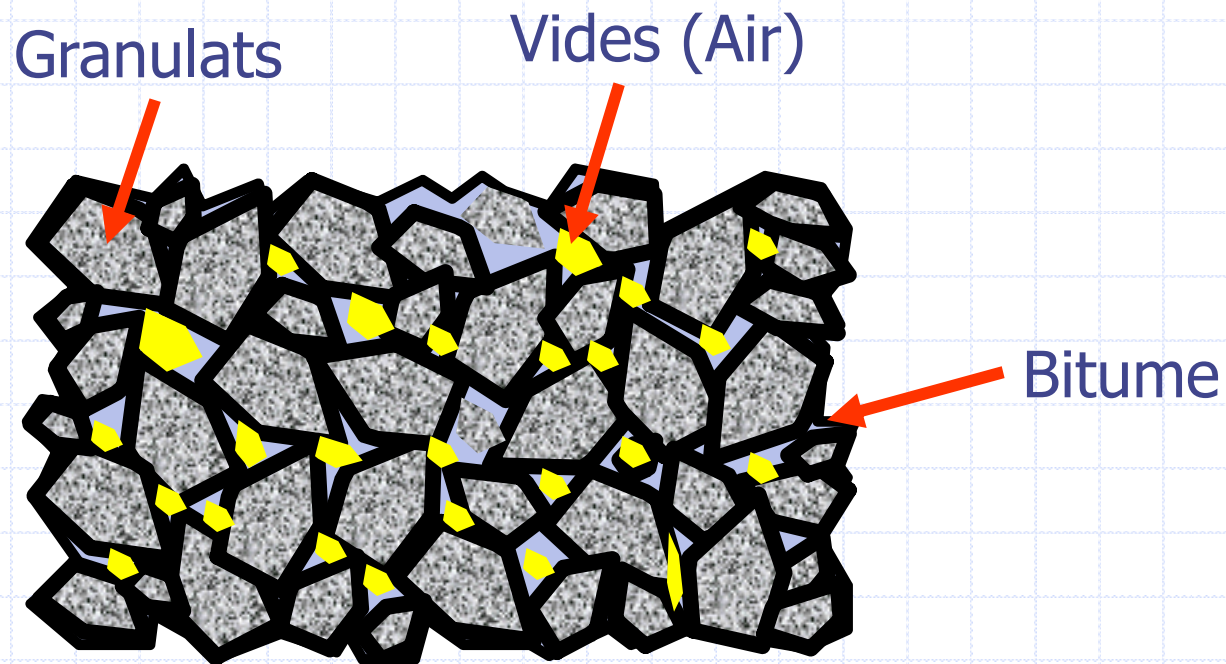


Composition des enrobés

- ◆ Les granulats sont enrobés d'un mince film ou feuil de bitume.



Composition des enrobés



Composition des enrobés

◆ Bitume

- Sert à lier les granulats



Les PG au Québec

T max de l'enrobé
20 mm sous la surface*
(moy. de 7 jours)

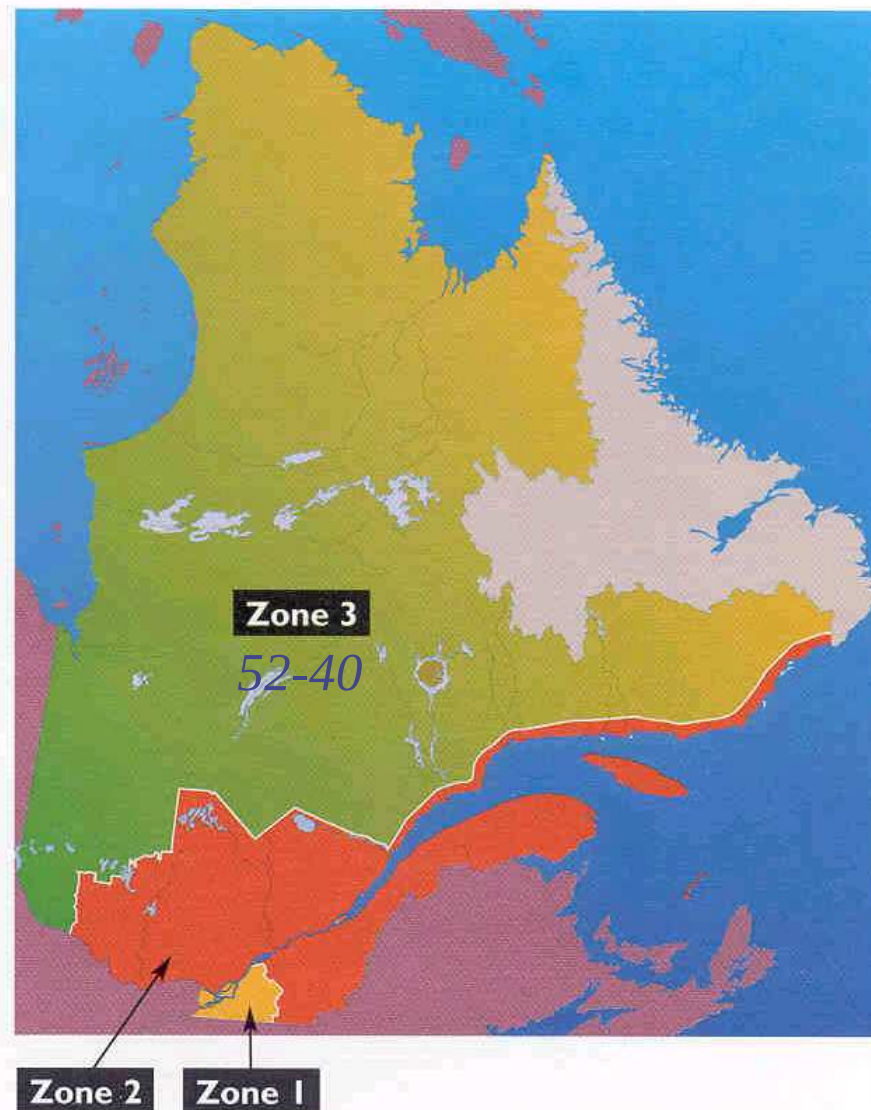
Classe de
performance

PG 58-28

T min de l'enrobé
à la surface*

* niveau de confiance de 98%

Régions pour type de liant



Quelques classes de bitume utilisées au Québec

PG 52–34,

PG 52–40

PG 58–28

PG 58–34

PG 58–40

PG 64–28

PG 64–34

PG 70–28

PG 70–34

Types d 'enrobés bitumineux

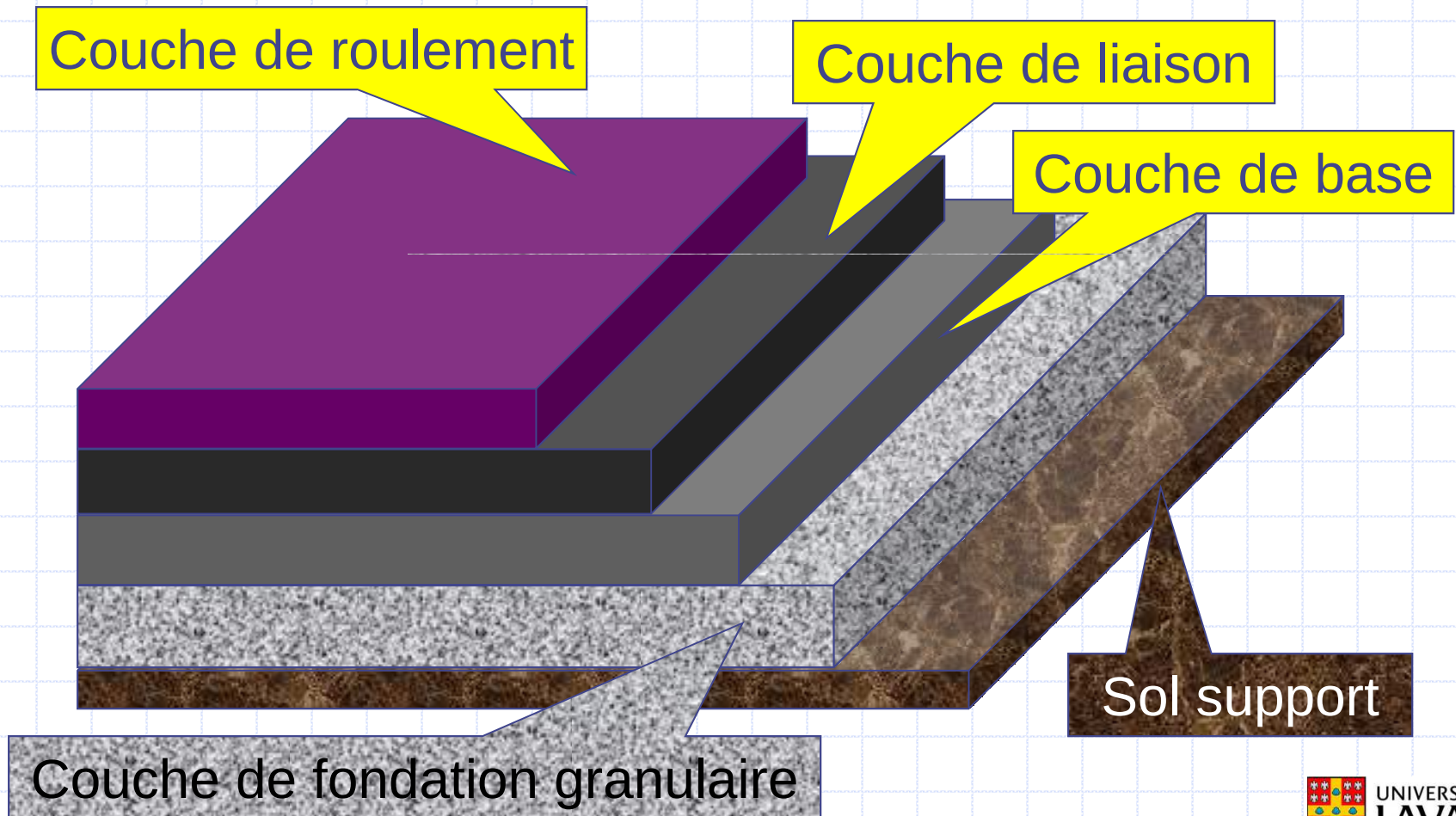
- ◆ Il existe plusieurs types d'enrobés
 - granularités différentes;
 - classes de bitume différentes;
 - diverses proportions granulats / bitume.

Types d'enrobés bitumineux

◆ Chaque type d'enrobé a un usage spécifique. On considère les enrobés suivants:

- les graves-bitume;
- les enrobés de liaison;
- les enrobés de surface.

Types d 'enrobés bitumineux



Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ Les enrobés doivent subir l'accroissement de l'intensité du trafic tout en résistant aux assauts des intempéries (froid, chaleur, pluie, produits déglacants, pollution diverse, etc.) et des déformations des fondations de la chaussée causées par divers facteurs dont les cycles de gel/dégel. Les enrobés doivent donc :
 - Supporter les charges dues au trafic ;
 - Être confortables et sécuritaires ;
 - Protéger les diverses couches de la fondation contre les charges et les agents atmosphériques.

Les propriétés essentielles des enrobés

◆ Les propriétés mécaniques essentielles des enrobés seront alors :

- Maniabilité;
- Résistance à l'orniérage ;
- Résistance au ressuage;
- Résistance à la fissuration par fatigue ;
- Résistance à la fissuration par retrait thermique ;
- Résistance à l'eau (déshébergement) ;
- Résistance au vieillissement (oxydation) ;
- Résistance à la perte de granulats (arrachement) ;
- Posséder une surface adhérente (macrorugosité et microrugosité).

Maniabilité

La capacité à être placé et compacté avec un effort raisonnable et sans ségrégation des gros granulats.

Trop de bitume rend l'enrobé trop maniable. Peu de bitume rend difficile le compactage de l'enrobé. Trop de sable naturel peut aussi rendre mélange trop maniable parce que le sable naturel a des grains ronds et lisses.

Maniabilité



Résistance à l'orniérage (Stabilité)

L'orniérage correspond à l'apparition de déformations permanentes au niveau des couches supérieures de la chaussée. Il provient souvent de déformations irréversibles au sein des couches bitumineuses supérieures. Des situations de trafic lourd intense et lent ainsi que des températures élevées favorisent ce type de dégradation.

Pour obtenir une bonne stabilité, Une granulométrie dense favorise une bonne stabilité , des granulats angulaires, juste assez de bitume pour enrober les particules. Du bitume en excès lubrifie les granulats et leur permettant de glisser les uns sur les autres plus facilement (ce qui réduit la stabilité). Par contre un film de bitume trop élevé permet de mieux résister à la fissuration, ce qui est souhaitable.

Résistance à l'orniérage



Ressuage

La migration du bitume sur la surface de la chaussée sous l'effet des charges, en particulier à des températures élevées.

Pour prévenir le ressuage, incorporer suffisamment de vides dans l'enrobé lui permettant d'être compressé en réduisant les vides plutôt que déplacer le bitume entre les particules vers la surface du revêtement.

Ressuage



La fissuration par fatigue

Apparition de microfissures sur les faces supérieure et inférieure de la couche de revêtement, qui se propagent et se rejoignent pour former des macrofissures sous l'effet des contraintes de charge imposées par la circulation.

Pour minimiser la fissuration par fatigue, utiliser la bonne classe de bitume et s'assurer d'avoir un film de bitume élevé qui rend le revêtement moins sensible aux effets de la déformation. Par contre, la stabilité sera amoindrie.

Résistance à la fissuration par fatigue



La fissuration thermique

Mécanismes de fissuration par le haut des chaussées attribuable à une chute marquée de température ou à la fatigue engendrée par de multiples cycles de variation de température au cours desquels le seuil de résistance à la tension de l'enrobé est dépassé.

Pour minimiser la fissuration par fatigue, utiliser la bonne classe de bitume et s'assurer d'avoir un film de bitume élevé qui rend le revêtement moins sensible aux effets de la déformation. Par contre, la stabilité sera amoindrie.

Fissuration par retrait thermique

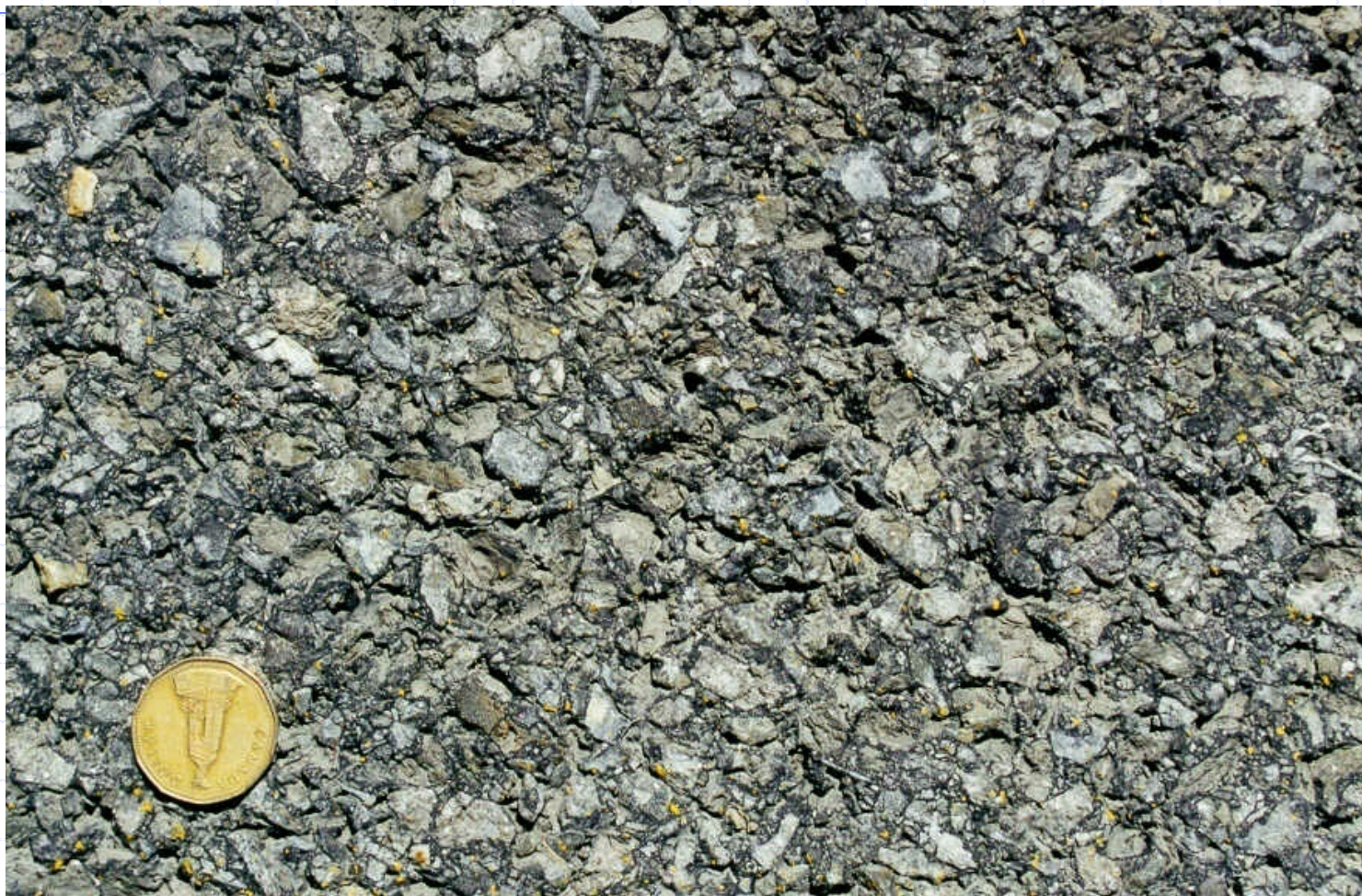


Le désenrobage

Le désenrobage se produit lorsque le lien physique entre le bitume et le granulat s'affaiblit, généralement en conséquence d'une mauvaise tenue à l'eau (adhésivité passive déficiente).

Pour réduire le désenrobage, utiliser des granulats propre rugueux, hydrophobe et incorporer suffisamment de bitume pour obtenir un film de bitume élevé. Cela améliore la durabilité, mais diminue la stabilité.

Désenrobage

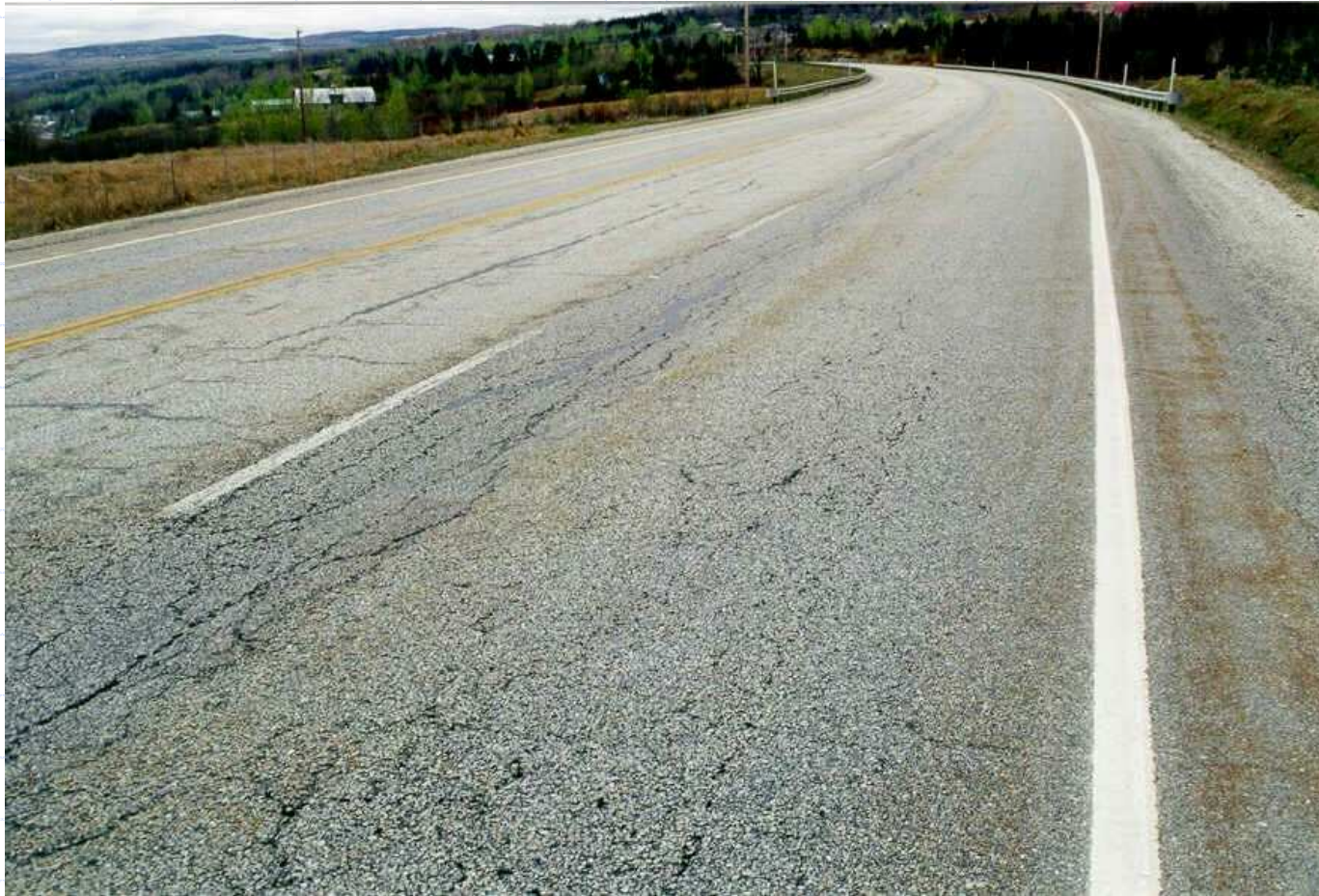


Résistance au vieillissement ou durabilité

La capacité à résister à la dégradation en raison du mouillage et du séchage, congélation et décongélation, ou des forces inter-particulaires excessives et à l'oxydation du bitume.

Pour obtenir une bonne durabilité, utilisez des granulats non friables, dur, non poreux et suffisamment de bitume pour recouvrir complètement toutes les particules (pour les garder au sec) et de remplir tous les vides entre les particules (pour ralentir l'oxydation du bitume). Mais peut réduire la stabilité.

Revêtement vieilli prématurément (oxydation)



Arrachement

La désintégration progressive d'une couche de revêtement bitumineux a partir de la surface vers le bas à la suite du délogement des granulats.

Résistance à la perte de granulats (arrachement)



Adhérence

Propriété de la surface d'un revêtement qui assure le contact pneu-chaussée. Elle est liée à la qualité des granulats et est conditionnée par deux paramètres du revêtement. La macrotexture et la microtexture.

Des granulats résistants au polissage et des textures ouvertes améliorent l'adhérence. Les enrobés grenus et ceux à granulométries discontinues comme les SMA sont particulièrement efficace pour l'obtention d'une bonne adhérence.

Adhérence



Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ Ces propriétés sont parfois incompatibles et de plus, elles ne doivent pas avoir d'incidences négatives sur la maniabilité à la mise en œuvre;
- ◆ Plus spécifiquement, les enrobés doivent dans les limites des spécifications du contrat avoir un bon rapport qualité/prix et des qualités de granulats et de bitume qui permettent de fabriquer un enrobé ayant :

Les propriétés essentielles des enrobés

- Suffisamment de bitume pour assurer une bonne durabilité du revêtement;
- Suffisamment de stabilité pour résister à la déformation causée par les charges lourdes.

Les propriétés essentielles des enrobés

- Suffisamment de vides pour que l'enrobé lorsque compacté par les charges lourdes, puisse absorber l'expansion du bitume due aux variations de la température tout en résistant au fluage, ressuage et perte de stabilité;
- Une limite maximale de vides pour être imperméable et empêcher la rétention d'eau dans le revêtement.

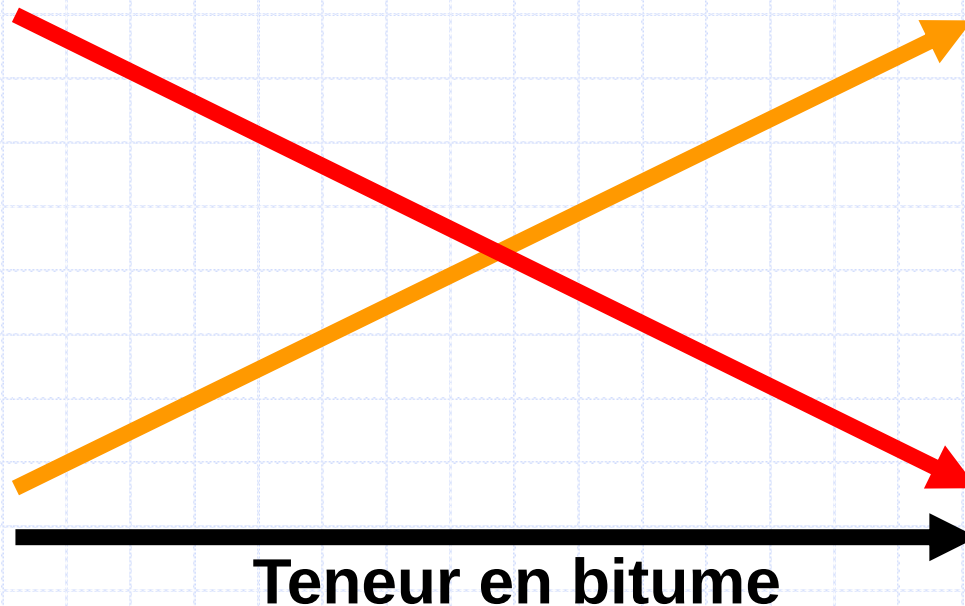
Les propriétés essentielles des enrobés

- Suffisamment de maniabilité pour faciliter la mise en œuvre sans ségrégation et sans sacrifier la stabilité et la performance;
- Pour les enrobés de surface, des propriétés du squelette granulaire (granularité et caractéristiques des granulats) assurant une surface sécuritaire sous toutes les températures;
- Un rapport qualité/prix avantageux.

Les propriétés essentielles des enrobés

Résistance à l'orniérage

Résistance à la fissuration, désenrobage, arrachement



Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ La résistance à l'orniérage sera élevée plus:
 - L'angularité des granulats est forte (usage de sable concassé, gros granulats concassés) ;
 - La fraction sable (<5 mm) est faible ;
 - Les vides interstitiels (V_i) dans l'enrobé sont élevés et les vides comblés par le bitume (VCB) sont faibles ;
 - Le liant possède une consistance élevée ('H' élevé) et une susceptibilité thermique faible (H-L élevé).

Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ La résistance à la fissuration par fatigue sera élevée plus :
 - Le volume de bitume effectif (V_{be}) est élevé ;
 - Le bitume possède une susceptibilité thermique faible (H-L élevé) ;
 - Les vides comblés par le bitume (VCB) sont élevés ;
 - La teneur en vides interstitiels (V_i) dans l'enrobé est faible.

Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ La résistance à la fissuration thermique sera élevée plus :
 - Le volume de bitume effectif (V_{be}) est élevé ;
 - Le bitume possède une consistance faible ($'L'$ faible) et une susceptibilité thermique faible ($H-L$ élevé) ;
 - Les vides comblés par le bitume (VCB) sont élevés ;
 - La teneur en vides interstitiels (V_i) dans l'enrobé est faible.

Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ La résistance au désenrobage et à l'arrachement seront plus élevées plus :
 - Le volume de bitume effectif (V_{be}) est élevé ;
 - Le bitume possède une susceptibilité thermique faible (H-L élevé) ;
 - Les vides comblés par le bitume (VCB) sont élevés ;
 - La teneur en vides interstitiels (V_i) dans l'enrobé est faible.

Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ L'équilibre entre la résistance à l'orniérage et la résistance à la fissuration des enrobés est difficile à obtenir. Les quatre paramètres suivants régissent la performance globale des enrobés :
 - La quantité de pierre dans l'enrobé (retenu au tamis 5 mm) ;
 - La susceptibilité thermique du bitume ;
 - La teneur en vides interstitiels (V_i) dans l'enrobé et la teneur en vides comblés par le bitume (VCB) ;
 - L'angularité des granulats.

Les propriétés essentielles des enrobés

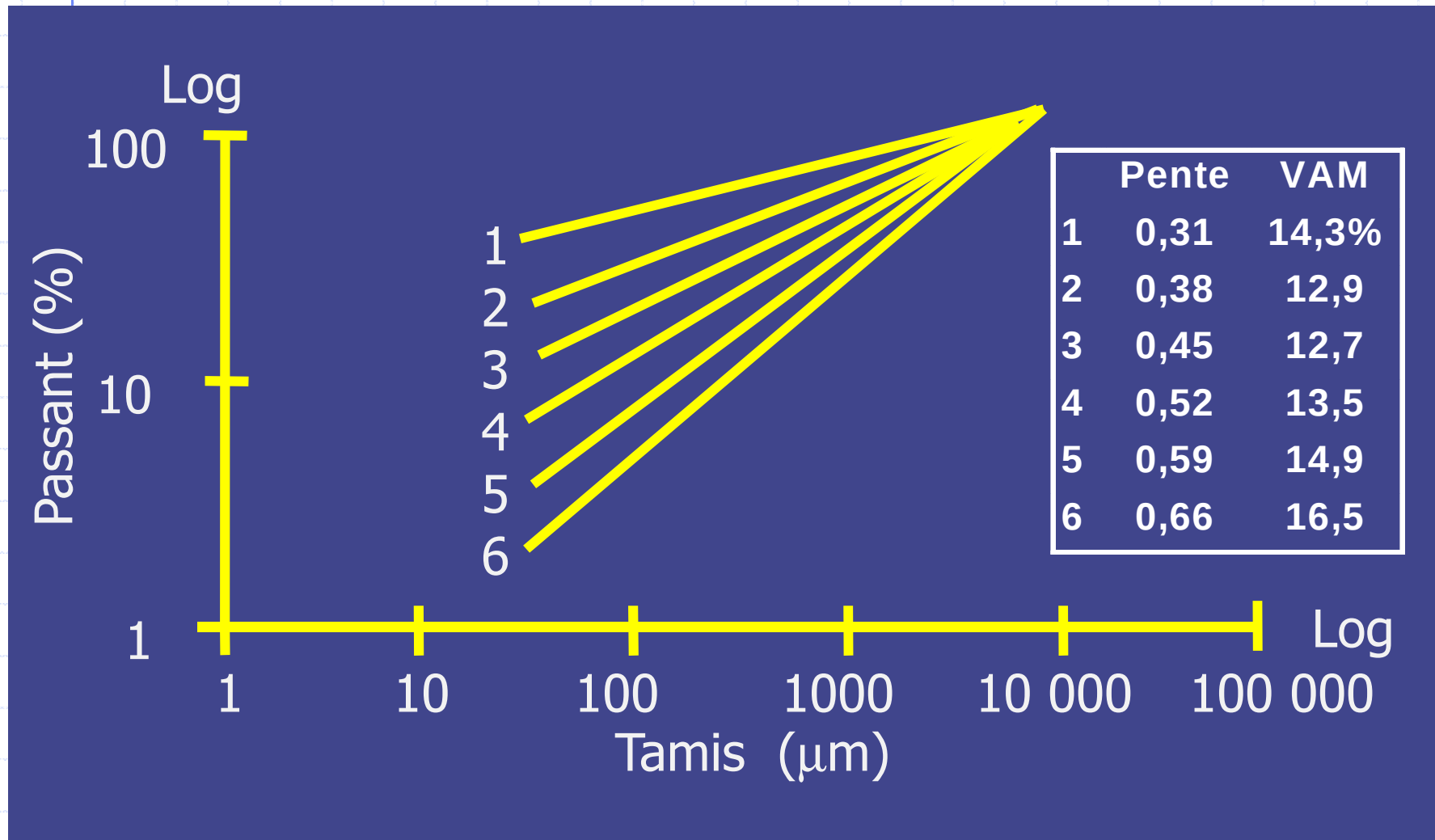
◆ Performance:

- squelette minéral qui favorisera la résistance à l'orniérage;
- angularité des granulats élevée;
- pourcentage de pierre optimum;
- vides moyens (pour assurer un équilibre entre la résistance à la fissuration et à l'orniérage);
- teneur en bitume effectif élevée pour assurer une bonne résistance au désenrobage et arrachement, mais pas trop élevée pour assurer une surface de contact pneus/chaussée sécuritaire.

Les propriétés essentielles des enrobés

- ◆ Maniabilité adéquate pour s'assurer que sa mise en œuvre soit réalisable et conduise à un revêtement sans ségrégation et avec un uni respectant les critères requis.

VAM vs Granulométrie



Granulométrie

Passant (%)

100

80

60

40

20

0

0

1

2

3

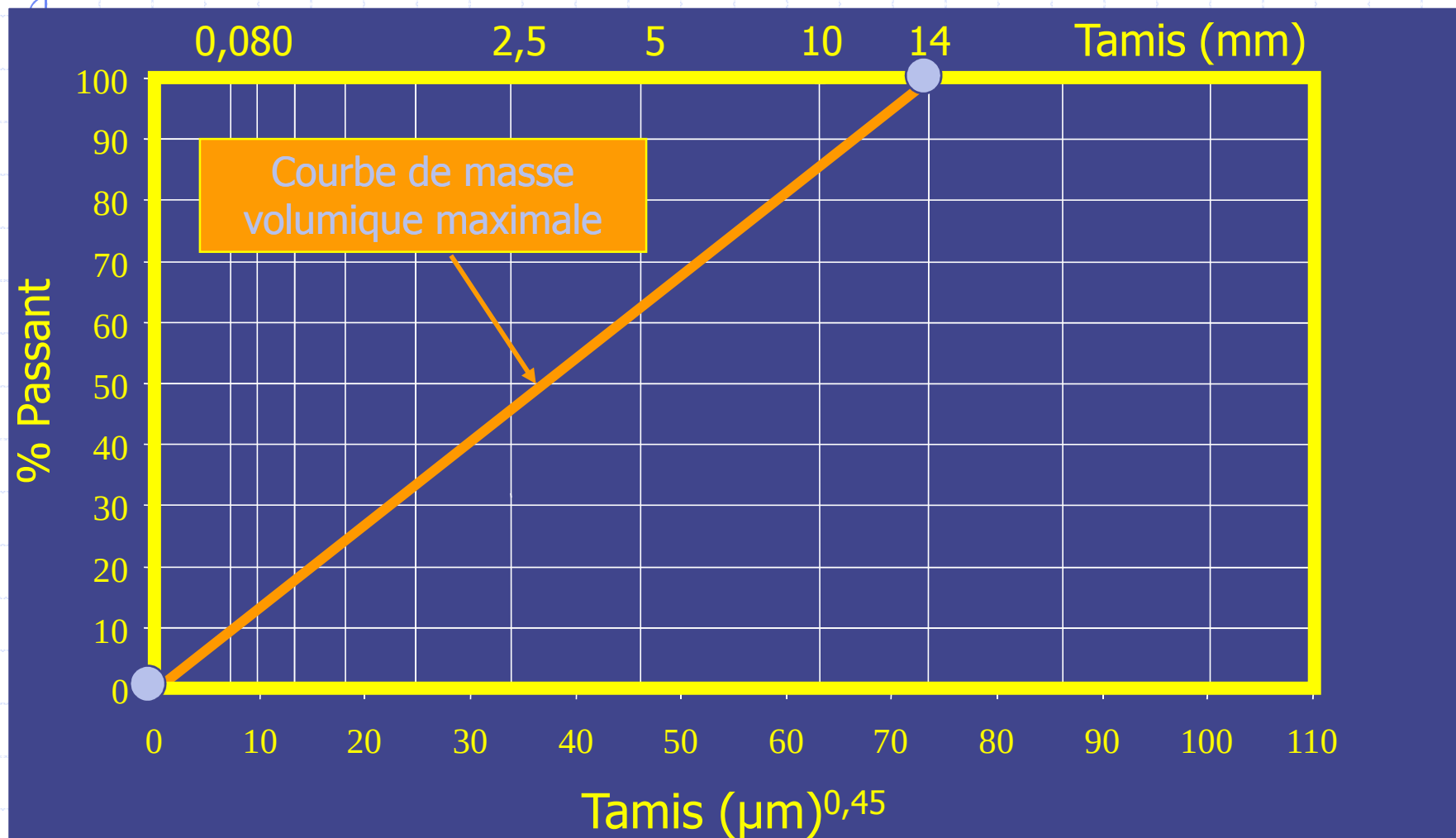
4

Tamis élevés à la puissance de 0,45

Exemple

Tamis 5 mm à la puissance $0,45 = 2,06$

Courbe de masse volumique maximale



Granulométrie

◆ Grosseur nominale maximale

- C'est la dimension du plus petit tamis de la série normalisée qui est supérieur au premier tamis ayant un retenu plus grand que 10%.

Granulométrie

◆ Grosseur maximale

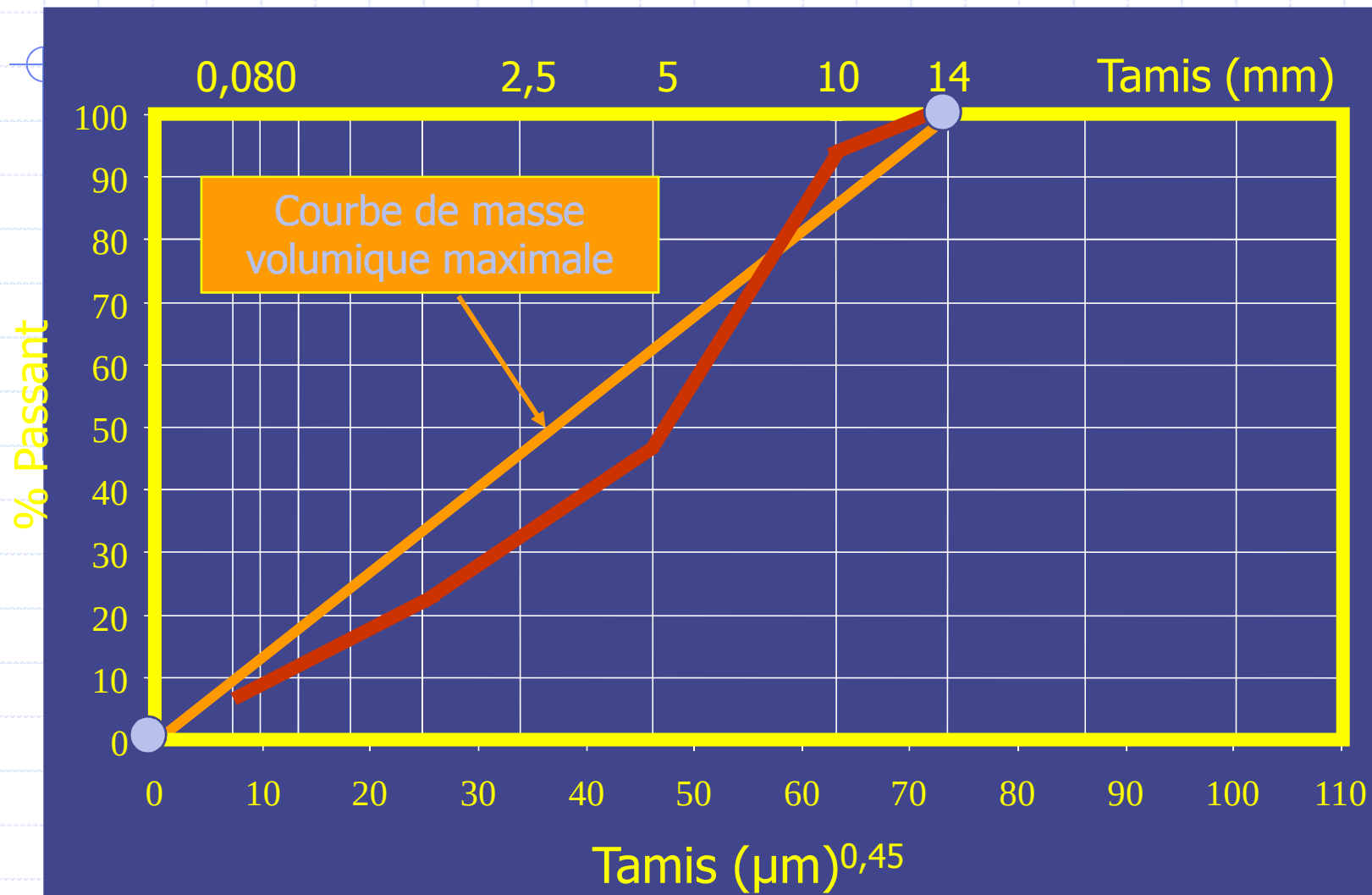
- C'est la dimension du tamis de la série normalisée correspondant au tamis de rang supérieure à celui de la grosseur nominale maximale.

Granulométrie

◆ Courbe de masse volumique maximale

- Sur un graphique dont les ouvertures de tamis sont exprimés à la puissance de 0,45, c'est la droite reliant l'origine (0,0) à la valeur de 100% au tamis de grosseur maximale.

Enrobés 10mm



Granulométrie

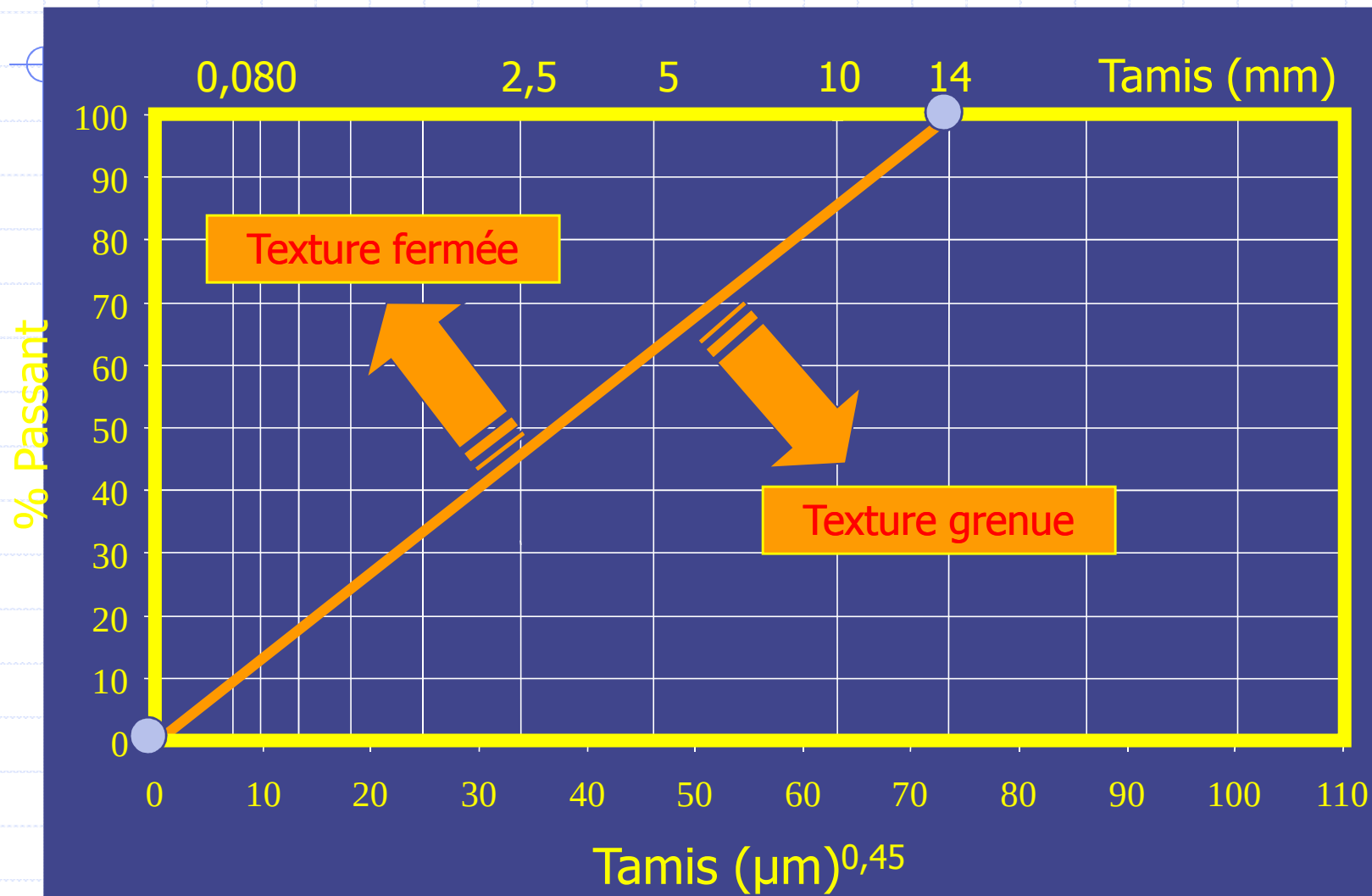
Tamis	Passant %	
	Cas no :1	Cas no :2
20 mm	100	100
14 mm	97	100
10 mm	91	86
5 mm	45	45
80 μ m	8,0	8,0

Granulométrie

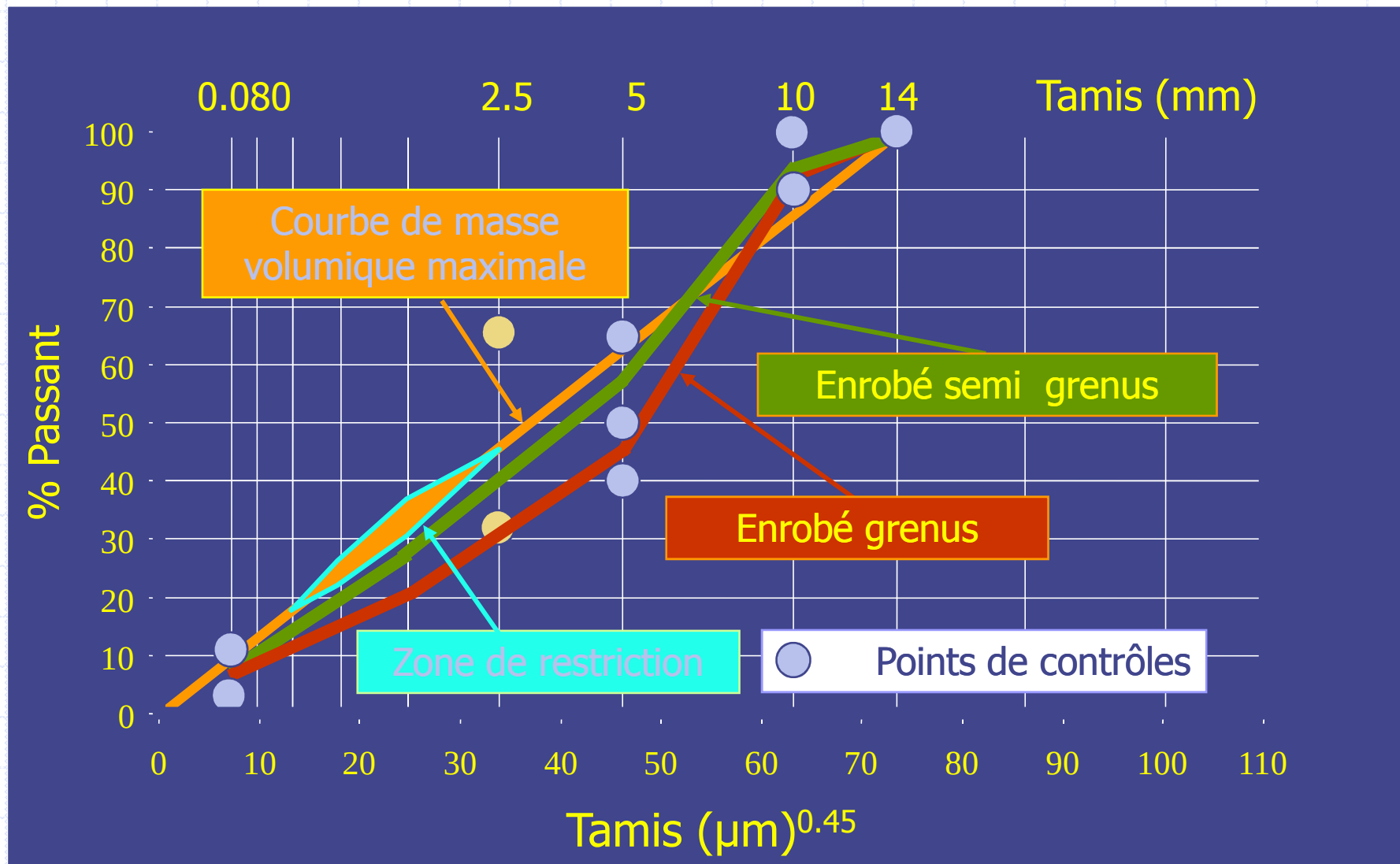
Tamis	Passant %	
	Cas no :1	Cas no :2
20 mm	100	100*
14 mm	97*	100**
10 mm	91**	86
5 mm	45	45
80 μ m	8,0	8,0

* Grosseur maximale ** Grosseur nominale maximale

Caractéristiques des enrobés

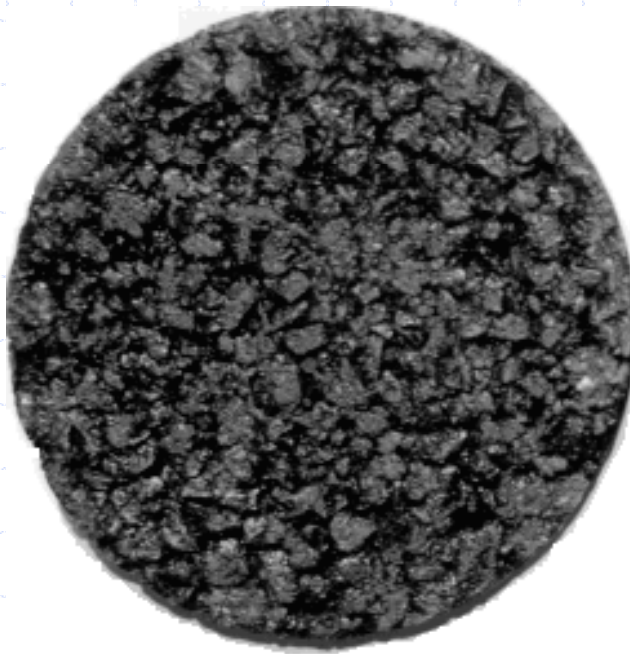


Enrobés 10mm

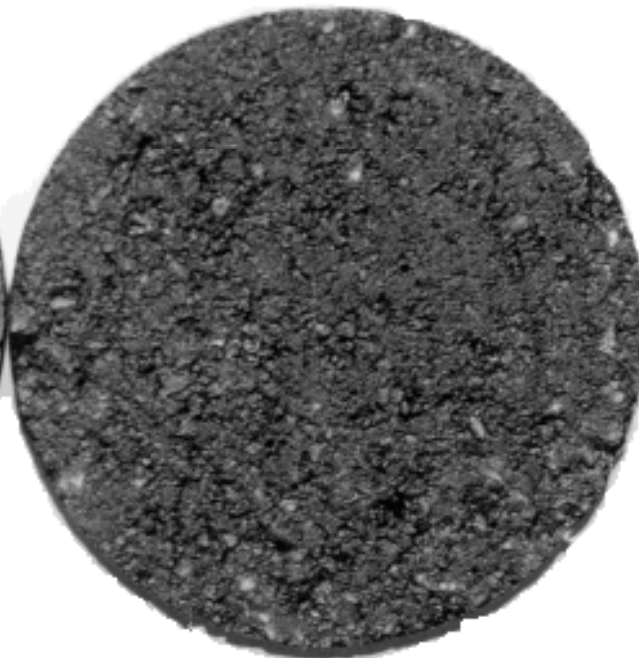


Enrobés 10mm

Grenu



Semi-grenu

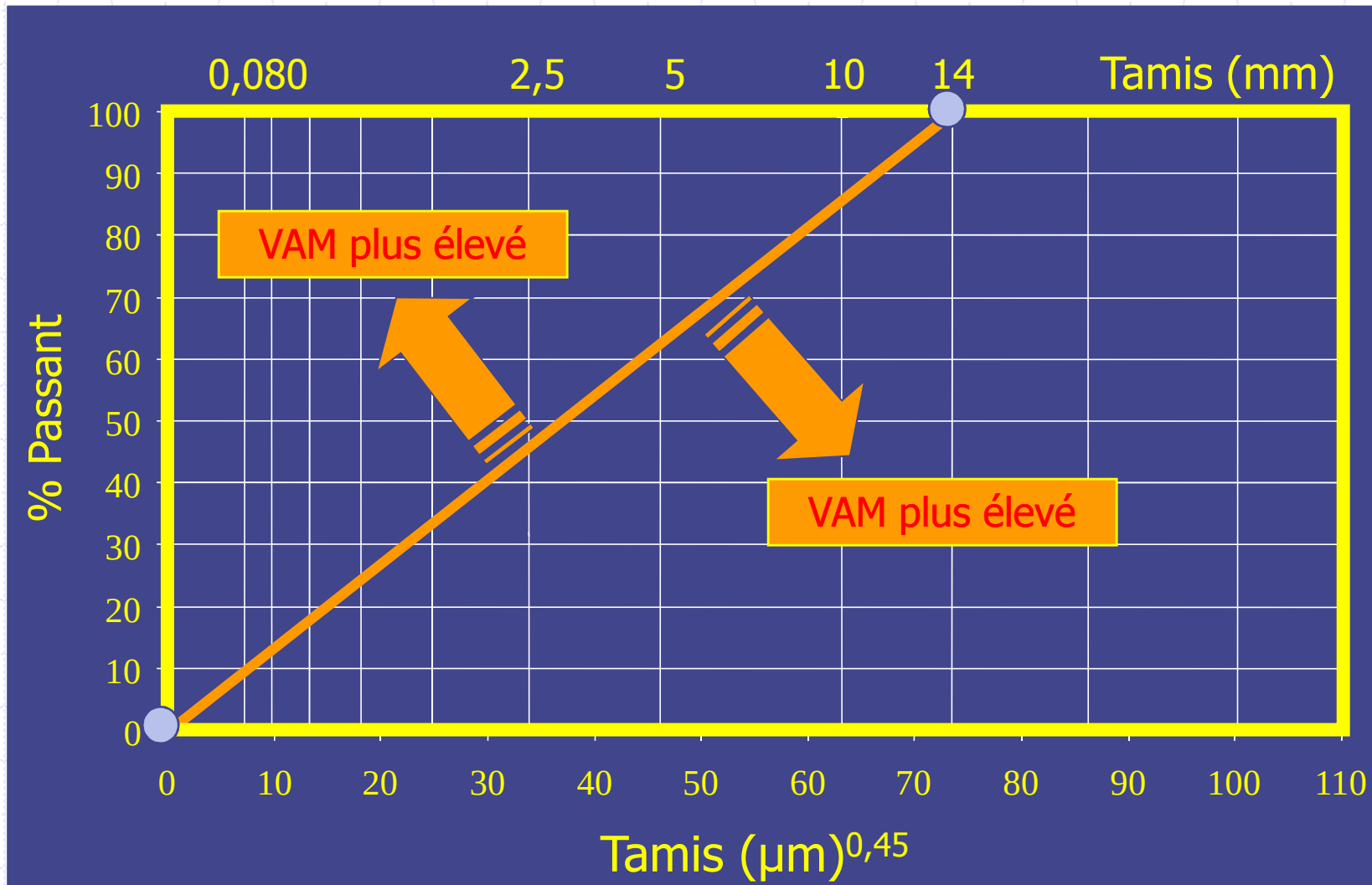




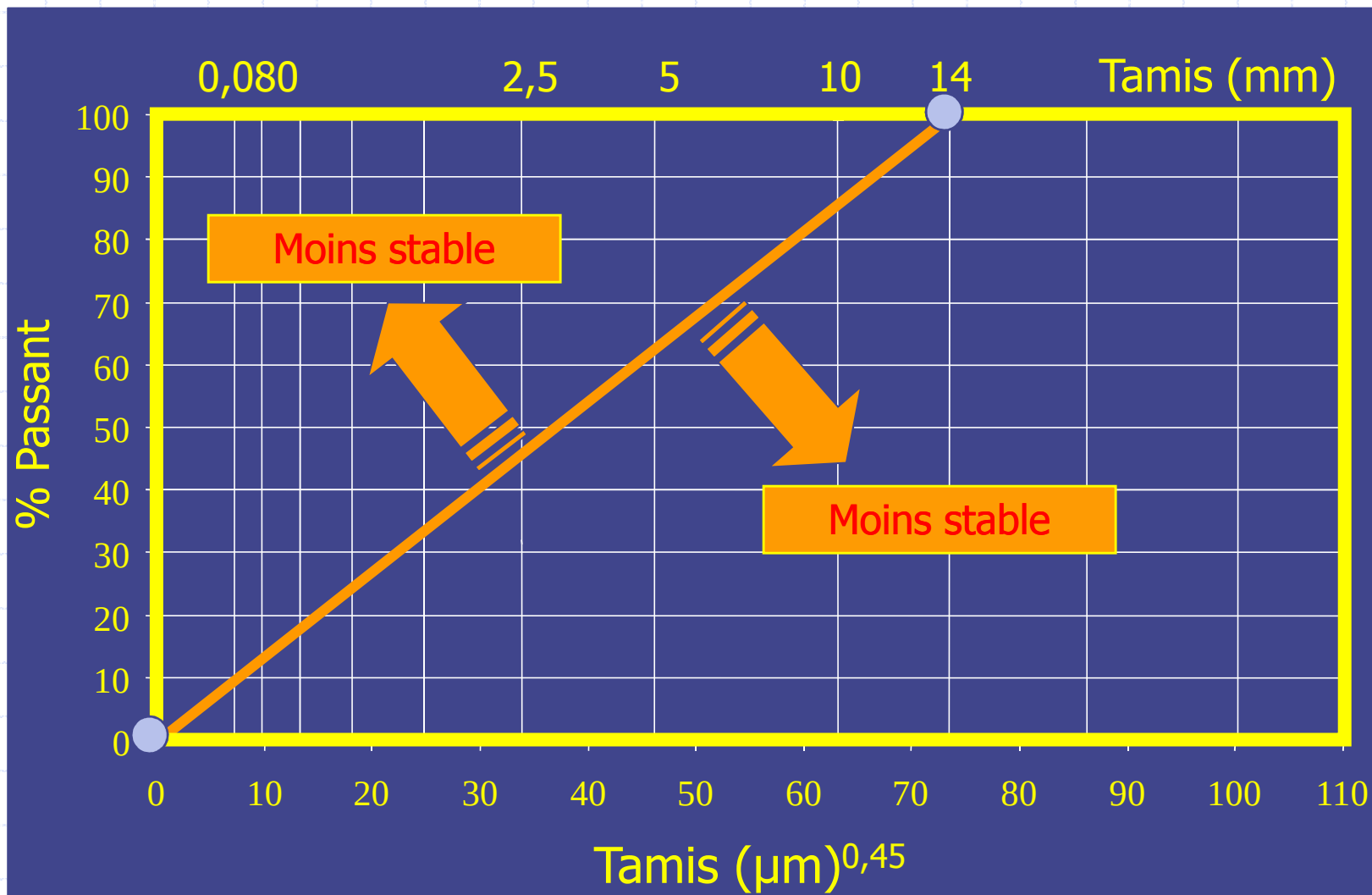




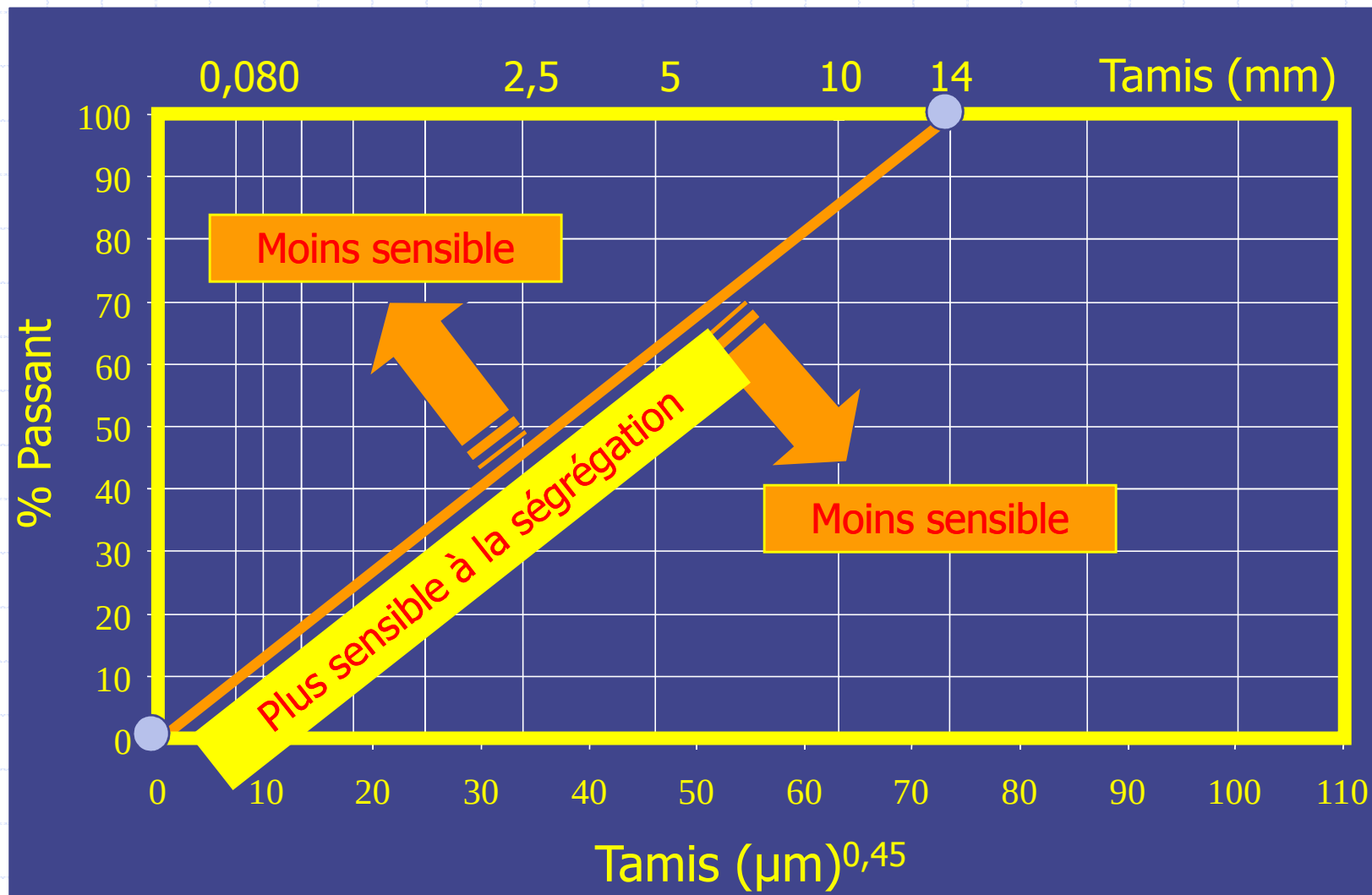
Caractéristiques des enrobés



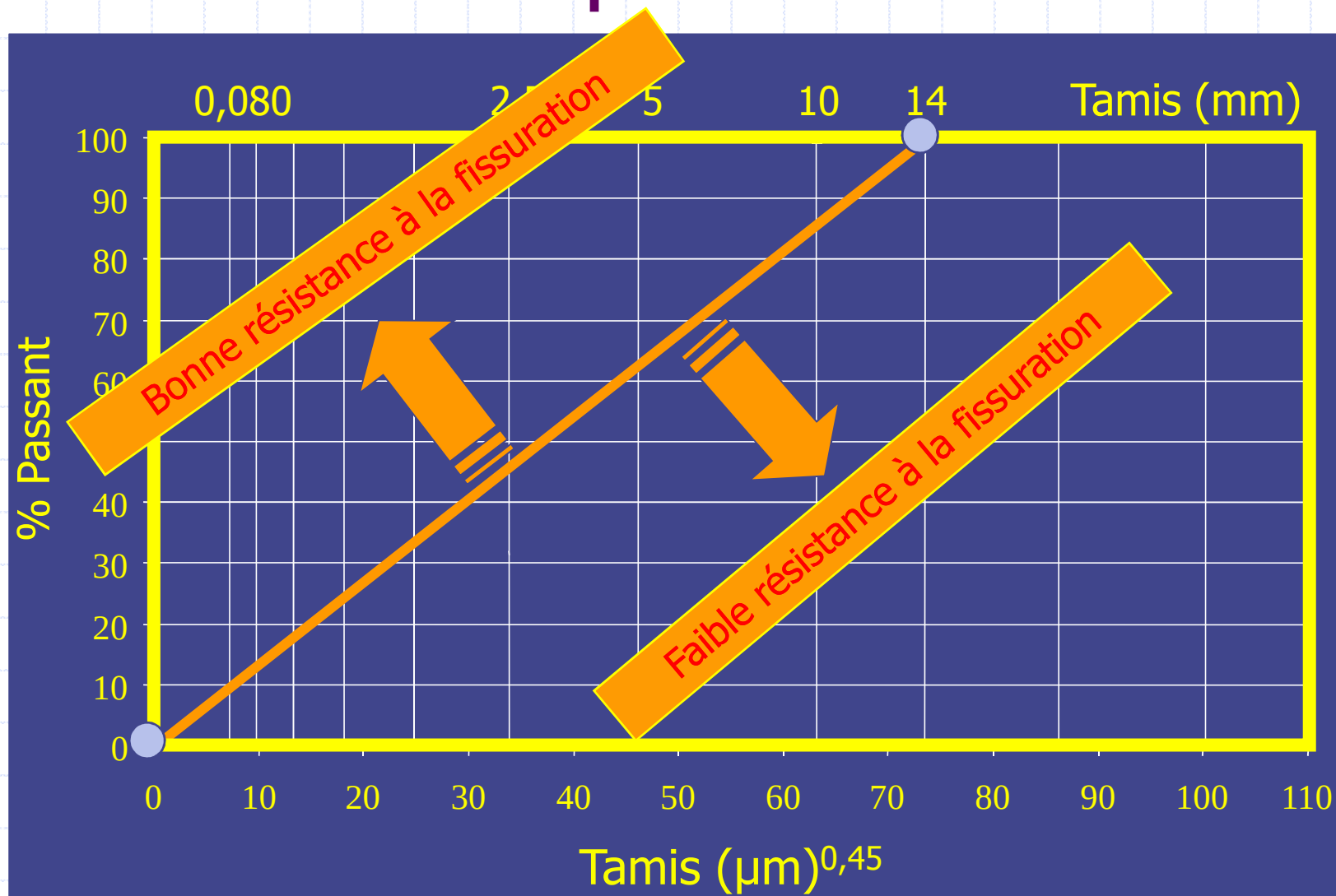
Caractéristiques des enrobés



Caractéristiques des enrobés



Caractéristiques des enrobés



Questions

