

Principes



Didier Lesueur

Retraitement à Froid
Montréal – 04-06/12/07



Una sociedad de  **EUROVIA**



Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



Objectifs du Retraitement

☐ Renforcement structurel

- Propriétés mécaniques
- Durabilité

☐ Confort / sécurité

- Correction IRI / défauts
- Couche de roulement ?





L'étude doit évaluer les propriétés mécaniques

□ Propriétés mécaniques évolutives

- Compactage – post-compactage
- Rupture de l'émulsion (prise)
- (Régénération du liant)
- Collage des couches



L'étude doit évaluer le confort / sécurité

❑ Risque d'arrachement

- Enduit de scellement
- Couche de roulement définitive ?





L'étude doit aider à la réalisation pratique

❑ Mise en oeuvre

- **Fraisage**
- **Malaxage**
- **Compactage**

❑ Protection superficielle

- **Si provisoire que faire et quand ?**
- **Si définitive que faire et quand ?**



Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



Limitations des études

- ☐ Paramètres pris en compte par l'étude
- ☐ Représentativité des matériaux
- ☐ Représentativité des essais



Limitations des études Paramètres de la LC 26-002

❑ Formulation

- Teneur en eau
- Teneur en liant

❑ Mécaniques

- Densité Marshall 50 coups
- Stabilité après maturation
 - 24 h ambiante + 24 h étuve 38°C
 - Immersion 2 h à 22°C



Limitations des études Paramètres de la LC 26-002

❑ Propriétés mécaniques

- Représentativité Marshall ?
- Maturation
 - Propriétés à court / long terme ?
 - Quid de l'évolution ?



Limitations des études Représentativité des matériaux

☐ Fraisat réel ou éprouvette décohesionnée

- Constance du gisement
- Granulométrie
- Réactivité

☐ Criblage à 28 mm

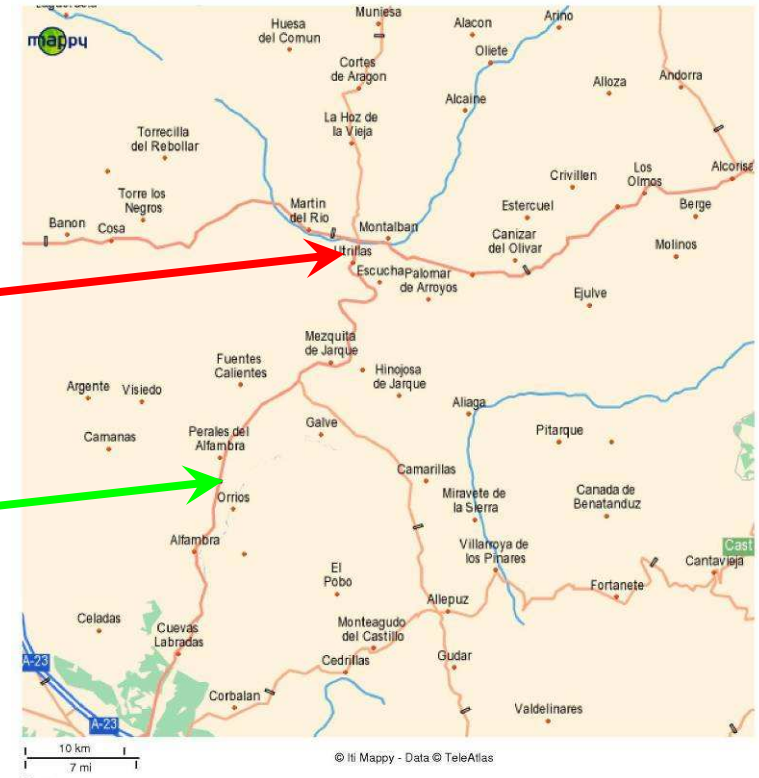
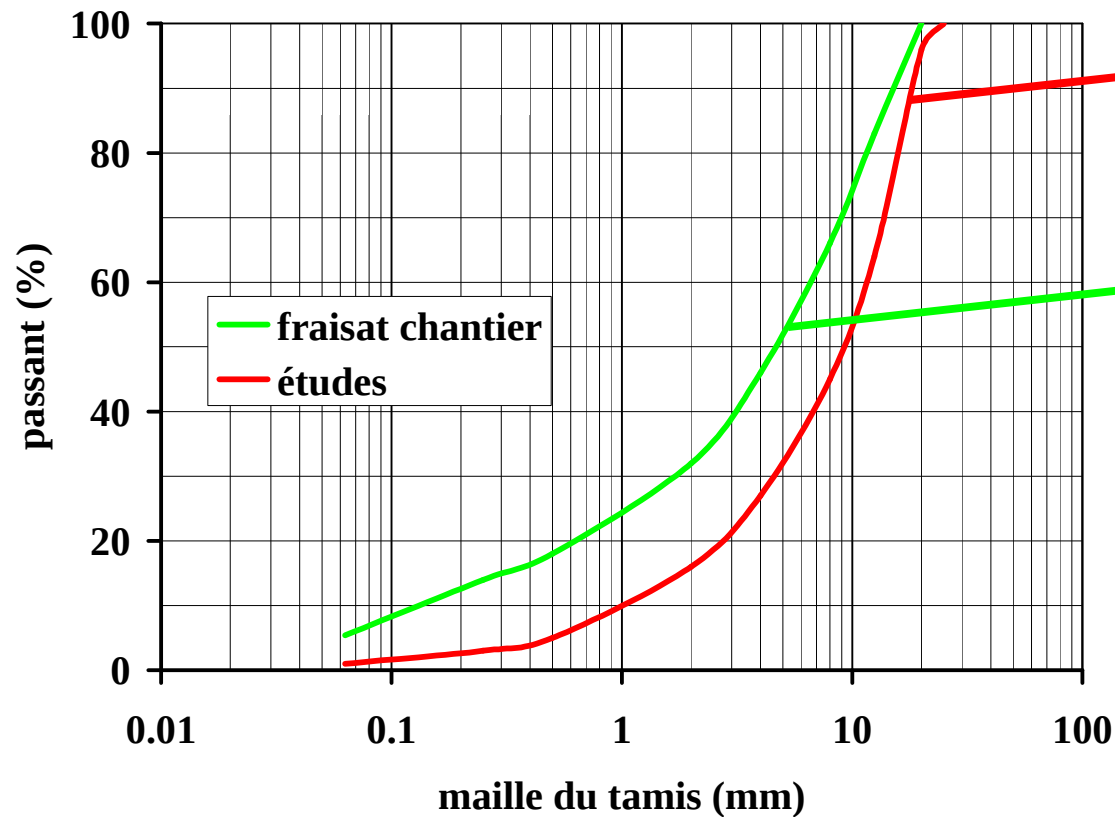
- Difficile in-situ
- Possible en centrale





Limitations des études Représentativité des matériaux

□ Chantier Teruel (2007)



al – 04-06/12/07

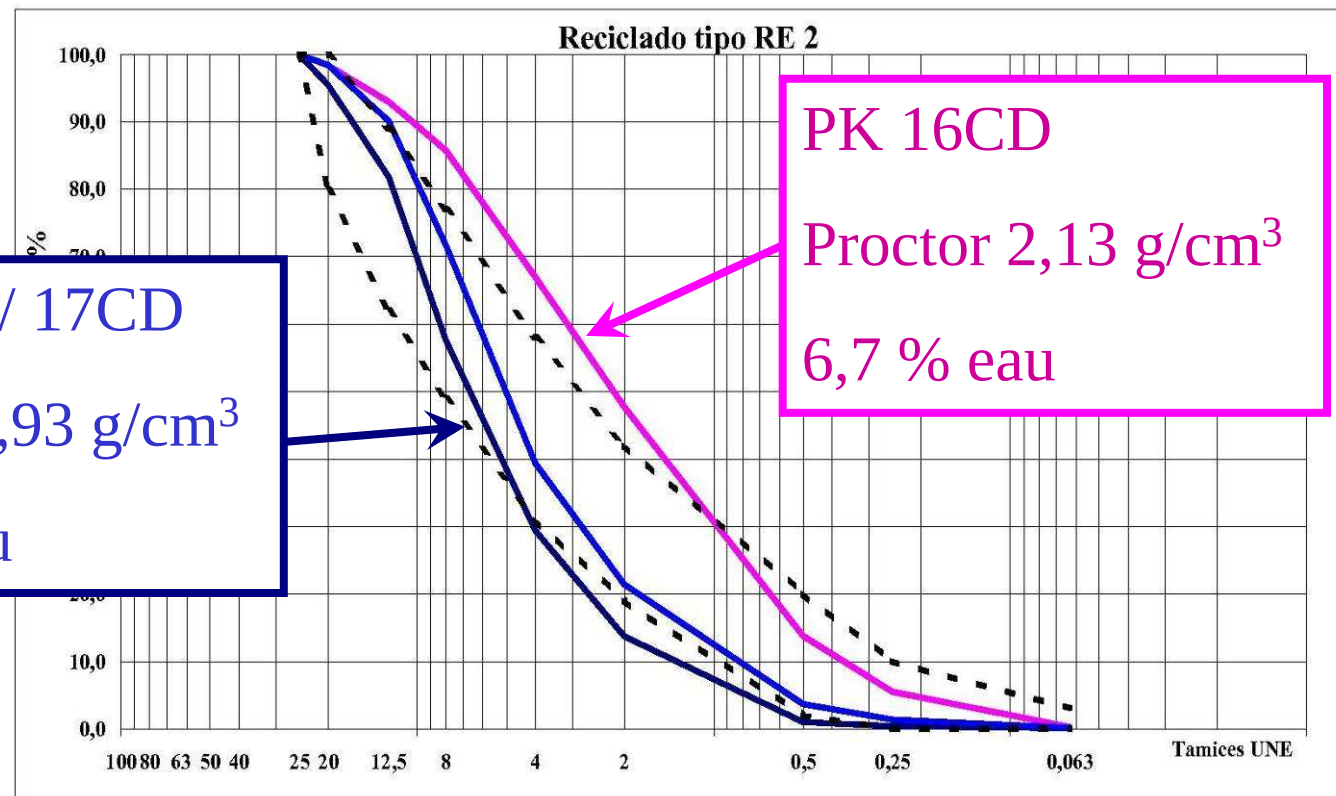


Limitations des études Représentativité des matériaux

❑ Fraisats A494 – mai 2005

PK 11CI / 17CD
Proctor 1,93 g/cm³
4,5 % eau

PK 16CD
Proctor 2,13 g/cm³
6,7 % eau



PROBISA

12/07





Limitations des études Représentativité des essais

❑ Chantier A494 – mai 2005

- Densité Proctor : $1,93 \text{ g/cm}^3$ – 4,5 % eau
- Densité In-Situ : $2,10$ – $2,16 \text{ g/cm}^3$

❑ Solutions

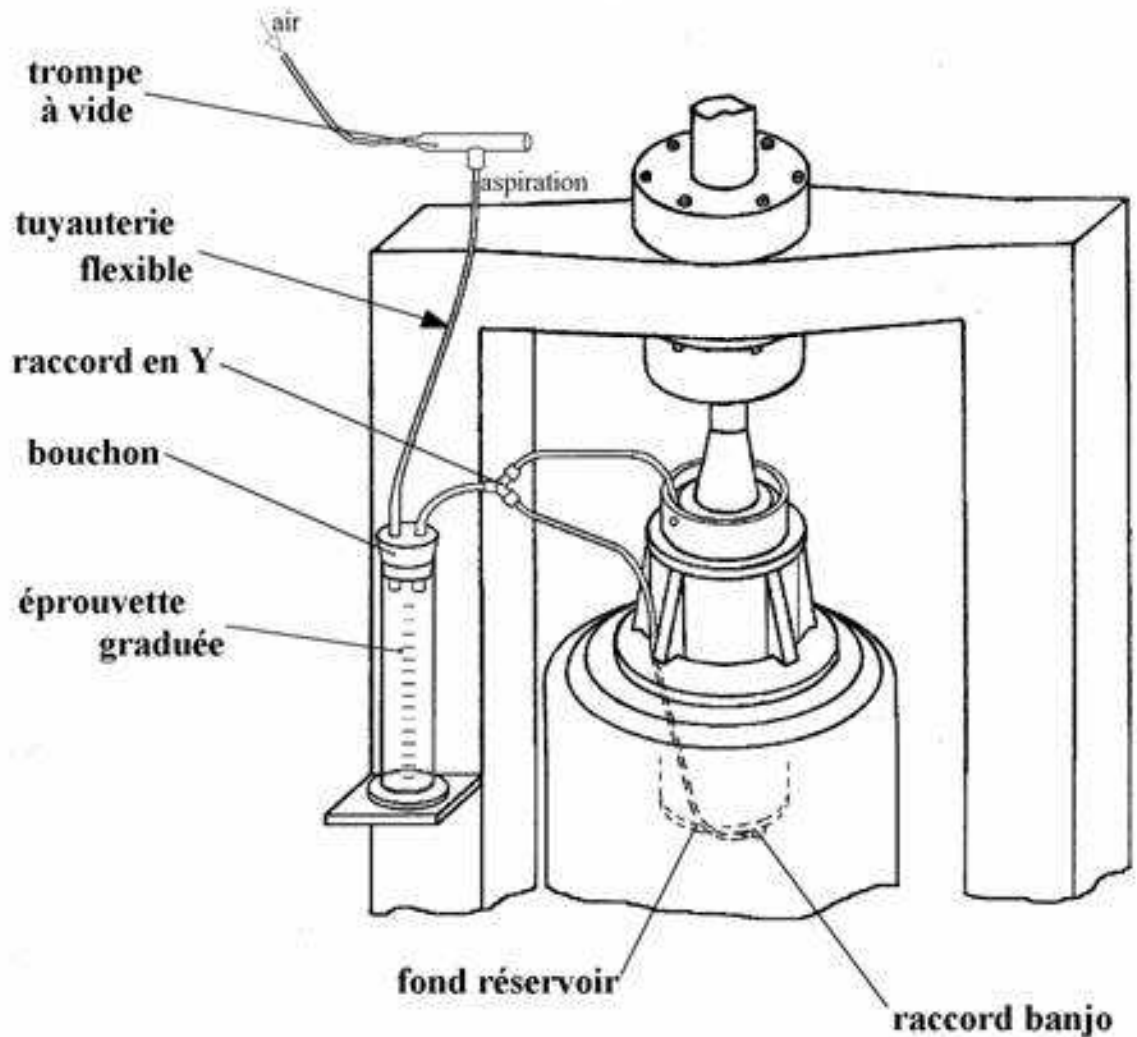
- Autres essais ?



Limitations des études Représentativité des essais

❑ PCG pour enrobés à froid

- système de
suction d'eau



PROBISA

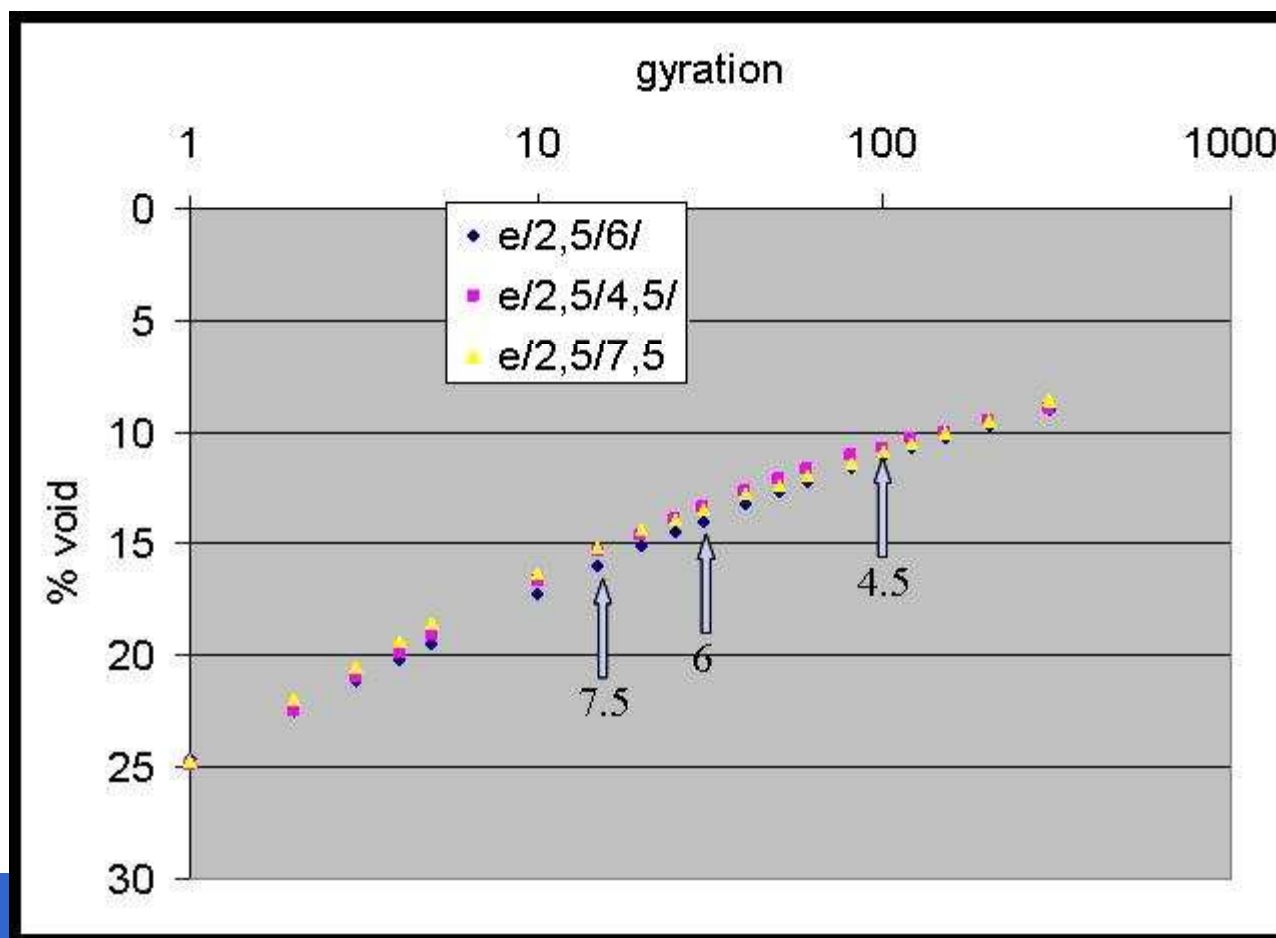


Limitations des études Représentativité des essais

□ PCG SCORE LCPC

- RAP1
(Espagne)
- Pas
d'influence
de l'eau sur
compacité

PROBISA





Limitations des études Représentativité des essais

❑ Maturation LC 26-002

- 24 h ambiante + 24 h étuve 38°C

❑ Maturation accélérée

- Étude Colas (Serfass et al., RILEM 2003)
- 14 jours, 35°C, 20 % HR
- Équivalent 1-3 ans sur site

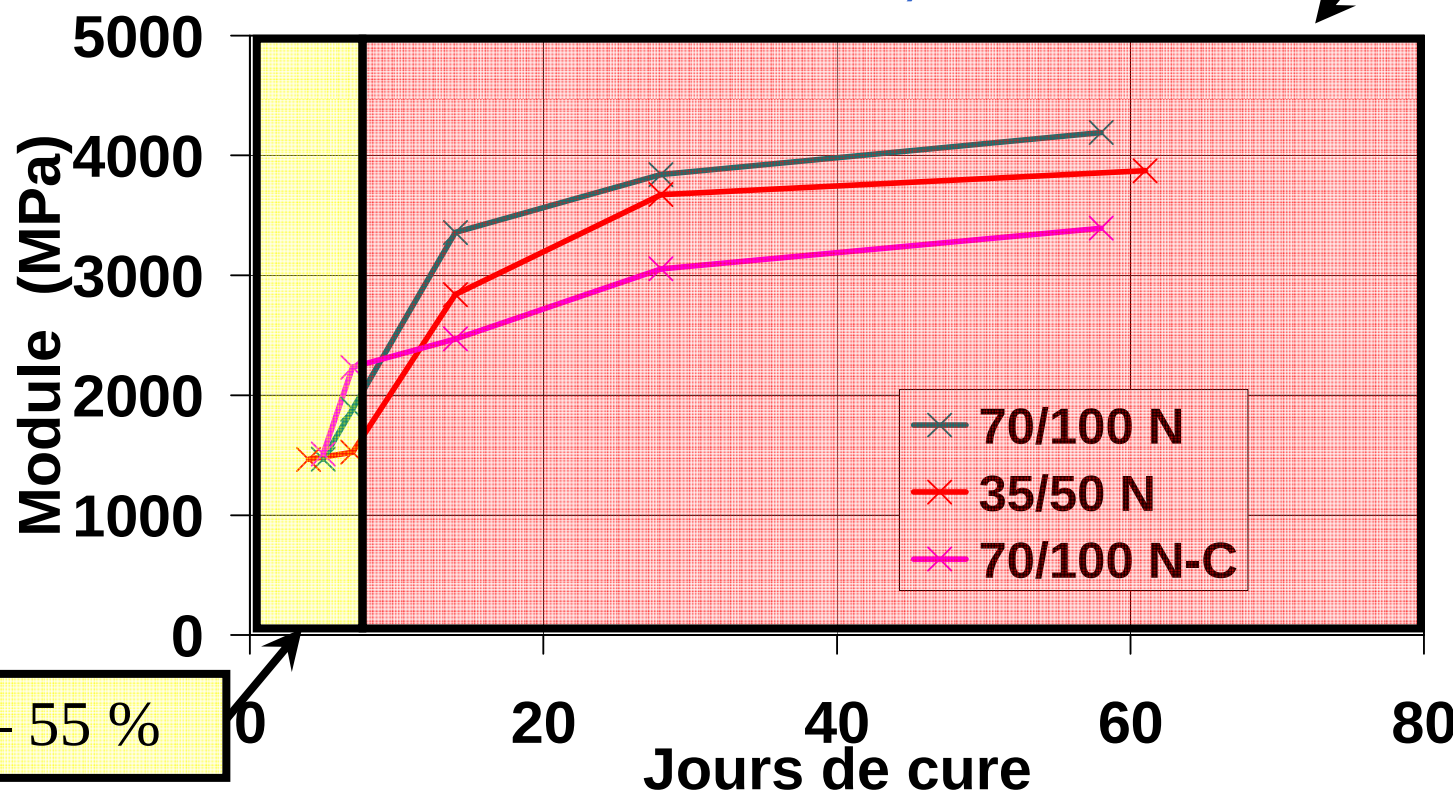


Limitations des études Représentativité des essais

SCORE CEDEX

- Module 18°C - 10 Hz / RAP1 / 2 % BR / 4,5 % eau

35°C – 20 %



PRORISA

18°C – 55 %

12/07



Limitations des études avec LC 26-002

□ Paramètres étudiés

- Pérennité des propriétés mécaniques (déshébergement)
- Propriétés superficielles : qualité enrobage ?

□ Représentativité des matériaux

- Fraisat / carottes et lieu de prélèvement



Limitations des études avec LC 26-002

❑ Représentativité des essais

- Densité Marshall peu représentative
- Essais mécaniques plutôt moyen terme (qqs mois sur site ?)
- Perennité des propriétés mécaniques vis-à-vis de l'action de l'eau
- Qualité d'enrobage / arrachement



Limitations des études avec LC 26-002

☐ Phénomènes non pris en compte

- Conditions de fraisage
- Essais mécaniques court terme (formulation d'enrobé à montée en cohésion rapide)
- Essais mécaniques pour le dimensionnement
- Collage au support ?



Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ **Explication des phénomènes**
- ☐ Conclusions



Explication des Phénomènes

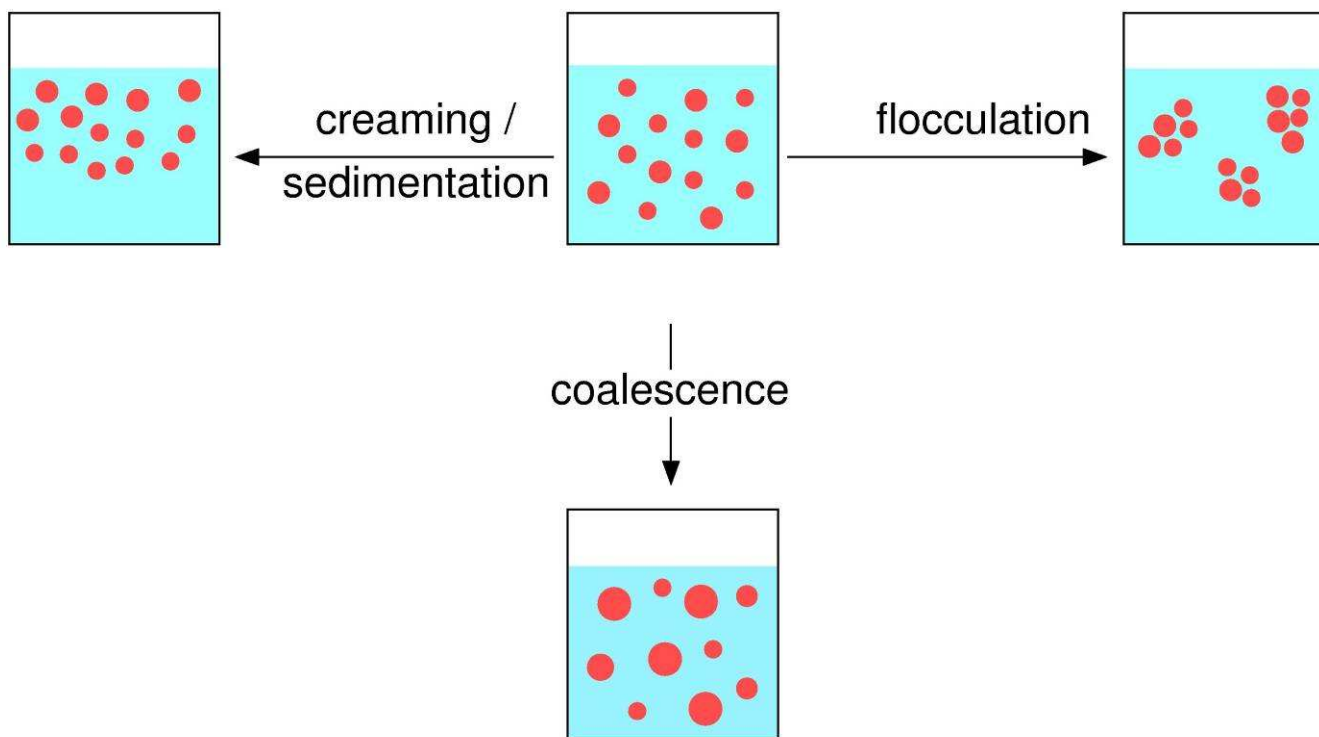
□ D'où viennent les phénomènes de maturation

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant



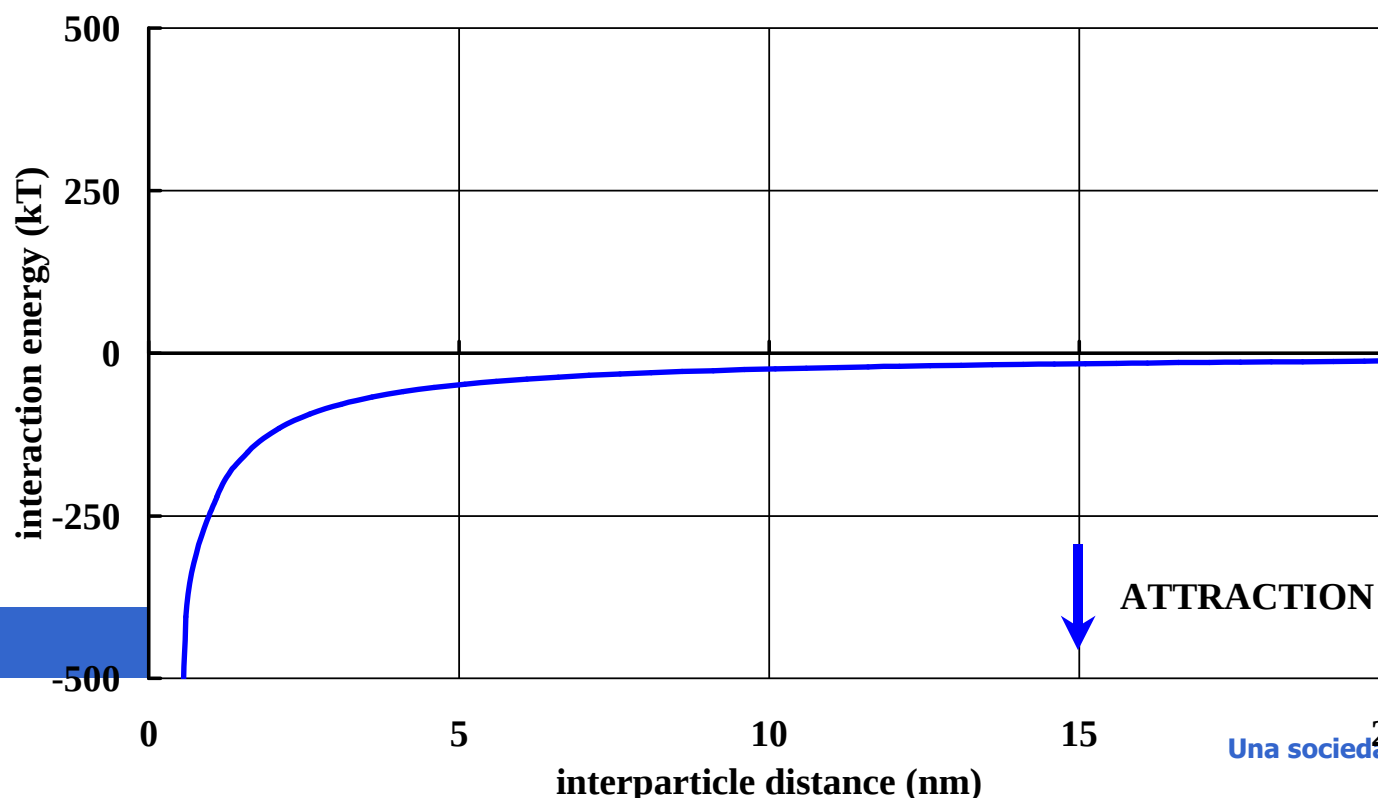
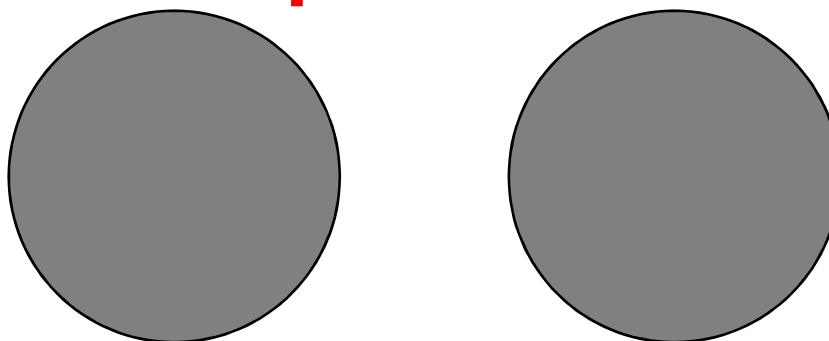
Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

□ La stabilité des émulsions (Schubert, AIChE 2000)





Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

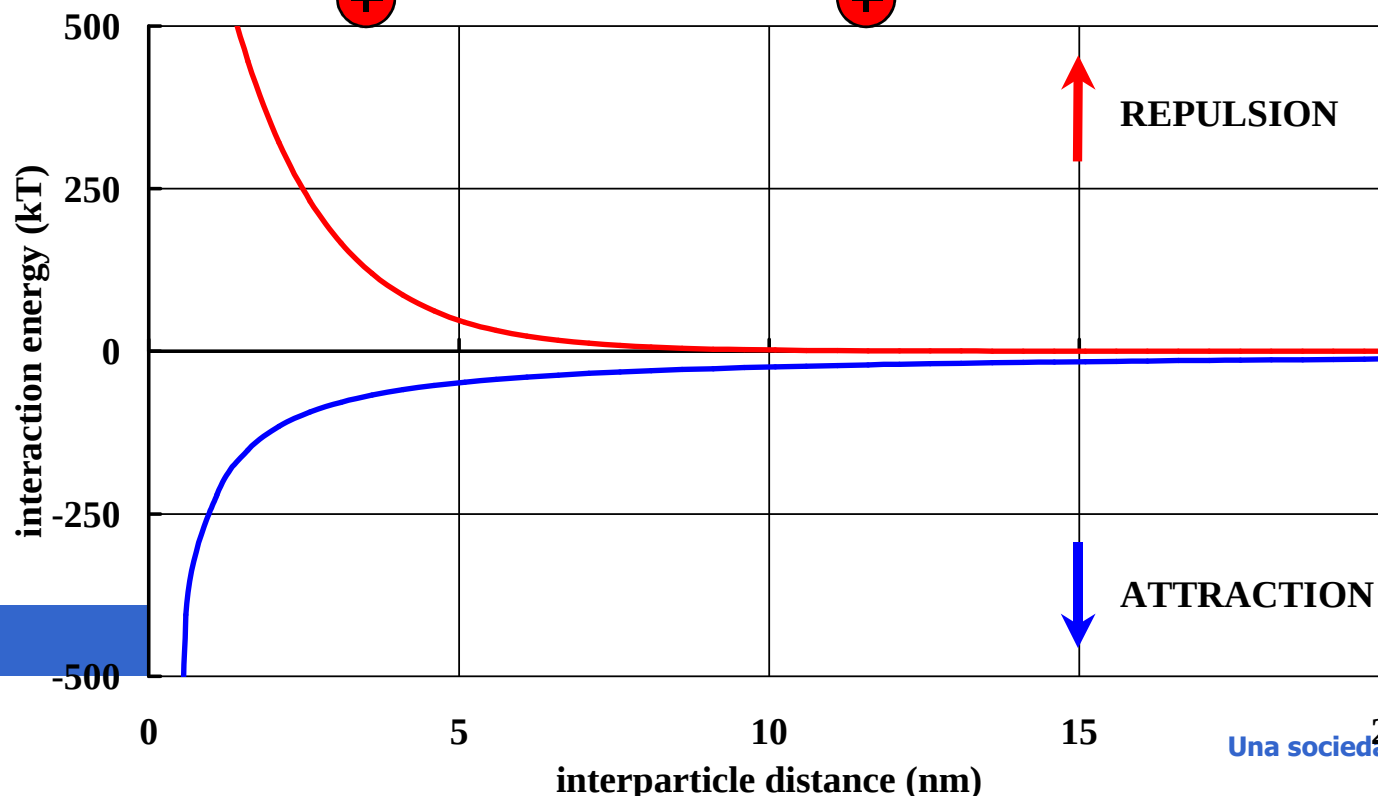
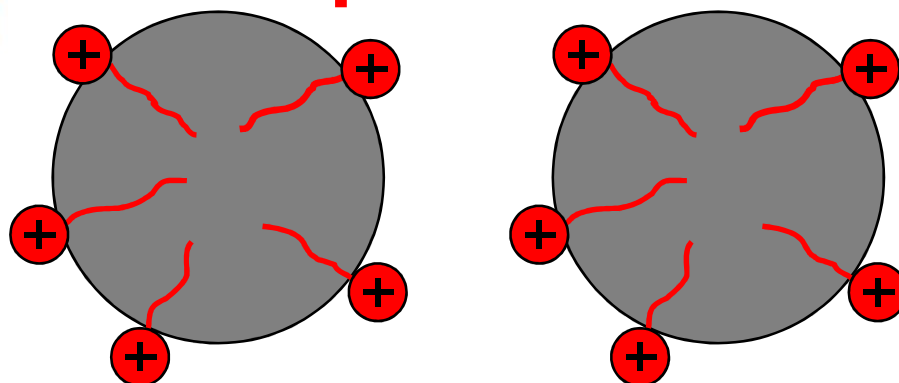


PROBISA

4-06/12/07



Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

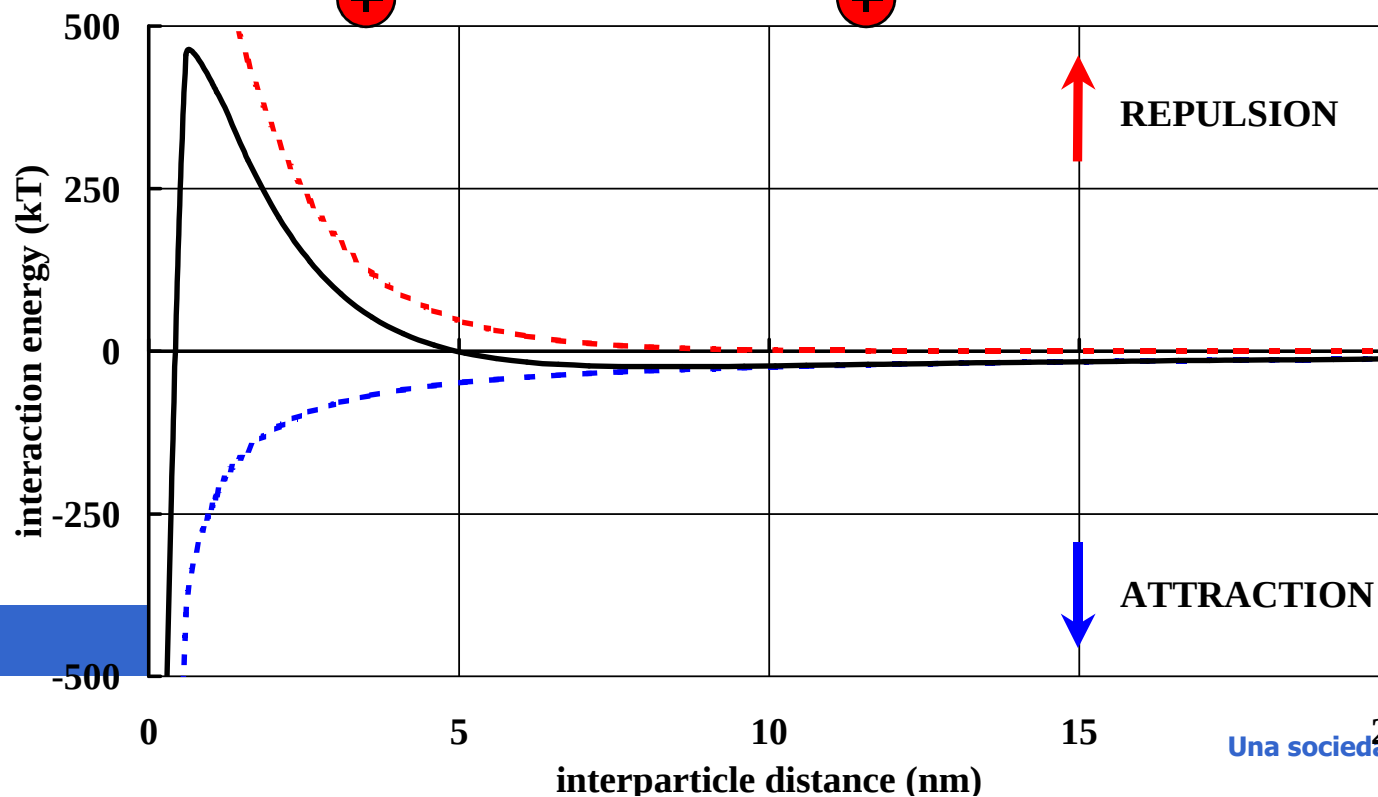
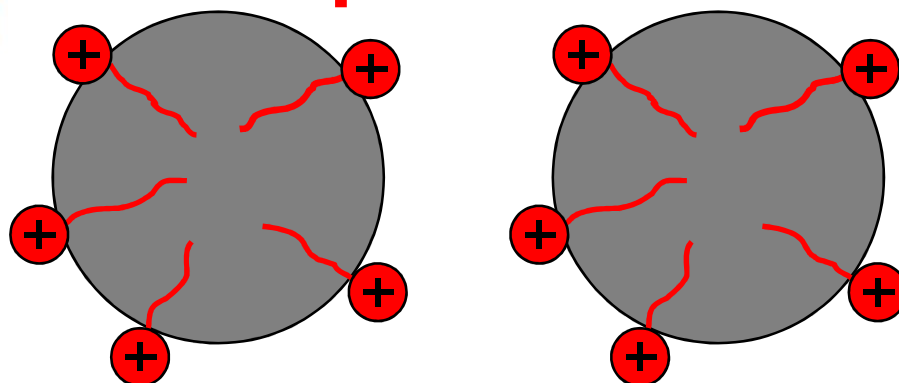


PROBISA

4-06/12/07



Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion



PROBISA

4-06/12/07



Explication des Phénomènes

❑ Attraction entre gouttes

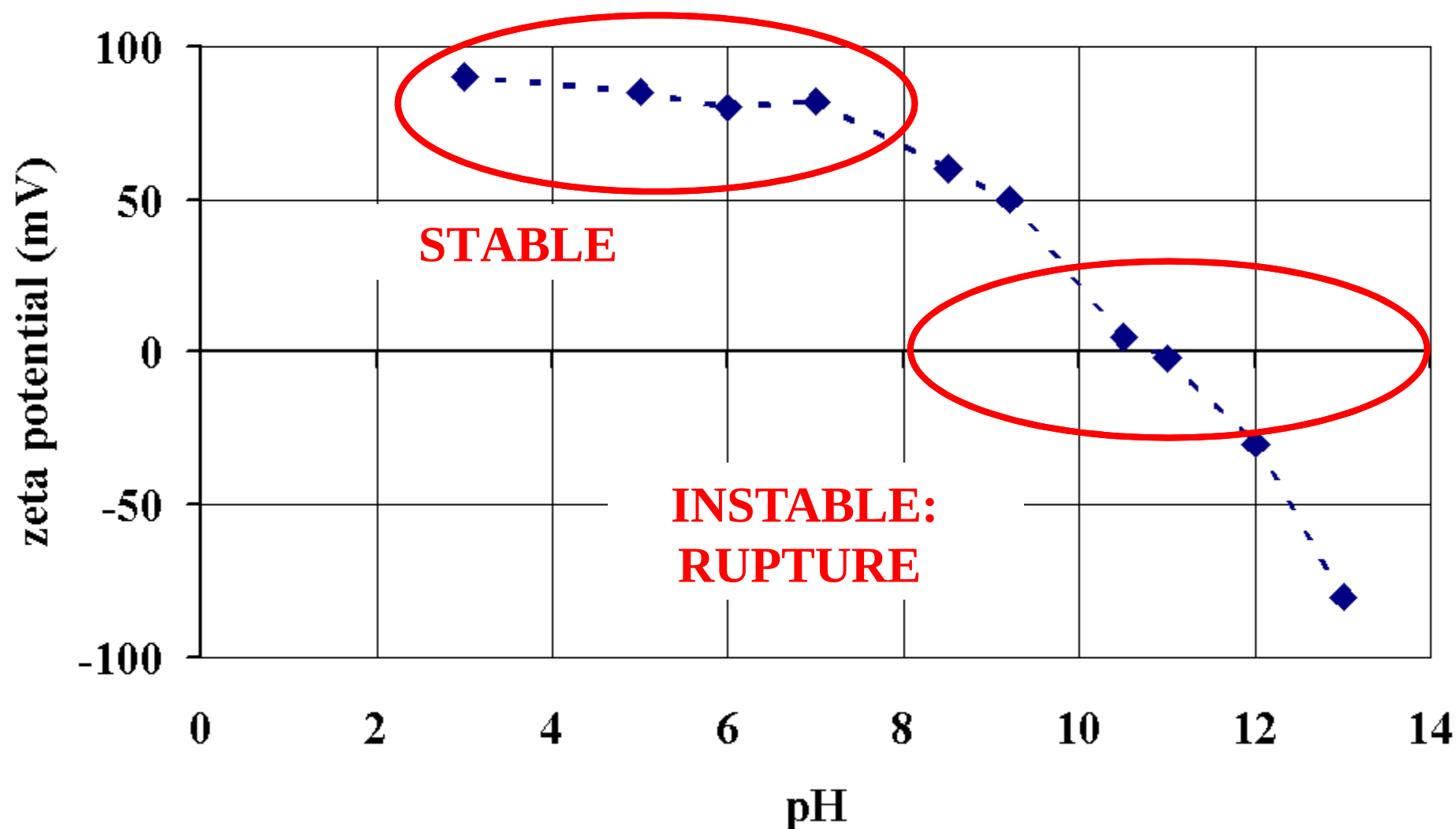
- Inévitable : émulsion instable

❑ Répulsion entre gouttes

- Dépend de la nature et teneur en émulsifiant
- Dépend de l'environnement ionique (pH, autres ions)
- Mesurable (potentiel zêta)



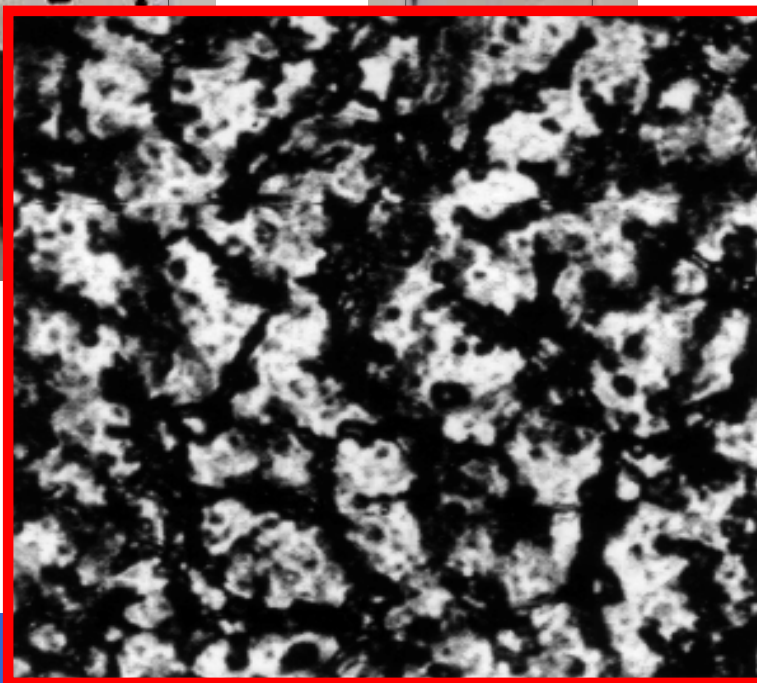
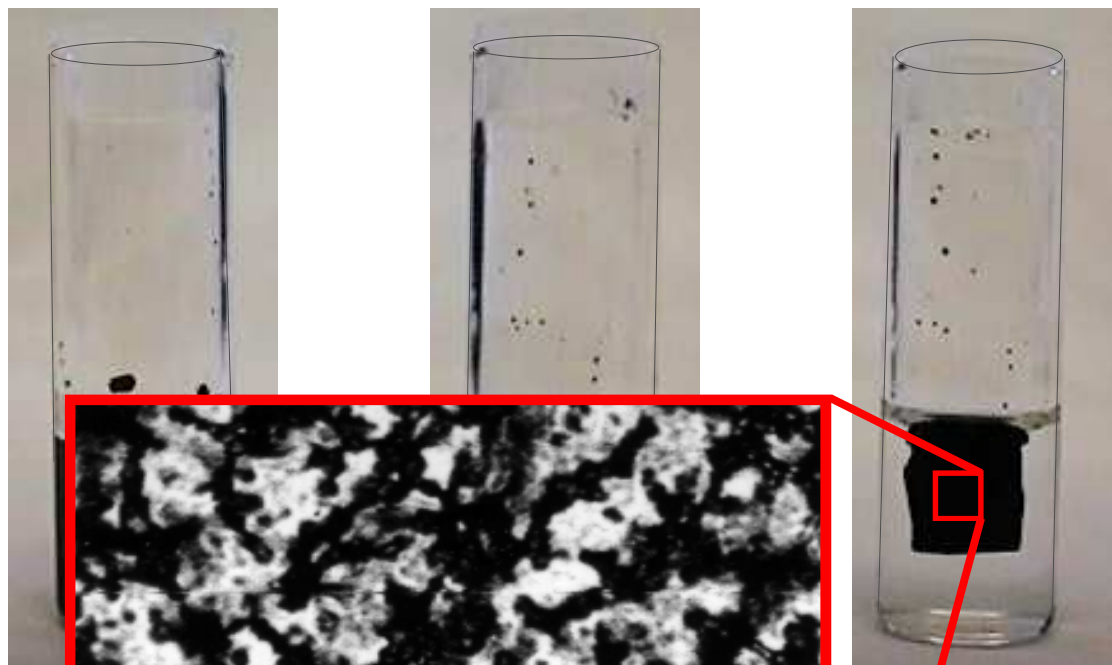
Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion





Explication des Phénomènes

- Rupture provoquée d'une émulsion de bitume (Bonakdar et al., CSA176, 2001)



t=2 heures

PROBISA

04-06/12/07

10 μ m

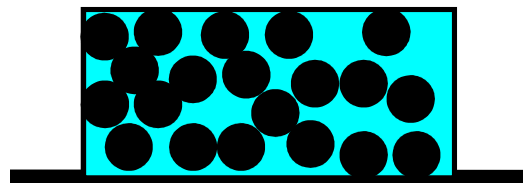
ciudad de EUROVIA



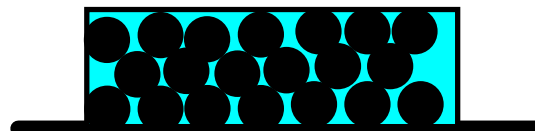
Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

No emulsion
destabilisation (non-
reactive aggregates)

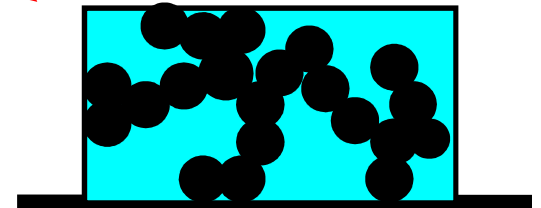
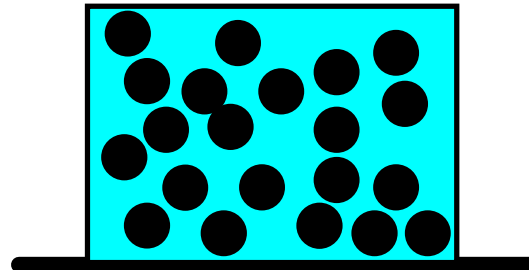
Emulsion
destabilisation (reactive
aggregates): gelling



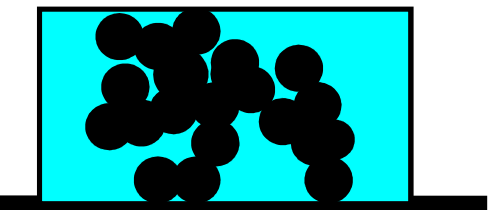
Evaporation
kinetics
(days)



A. FILM FORMING



Contraction
kinetics (min)



B. GEL CONTRACTION

Retraitement à F



Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

❑ Contrôle de la cinétique de rupture

- Granulat réactif (nature pétrographique)
- Ajout de rupteur (ciment, chaux...)

❑ Après rupture

- Réarrangement lent du liant (gouttelettes / filaments / film continu)
- Évacuation de l'eau



Explication des Phénomènes

❑ Les phénomènes de maturation peuvent provenir de :

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant

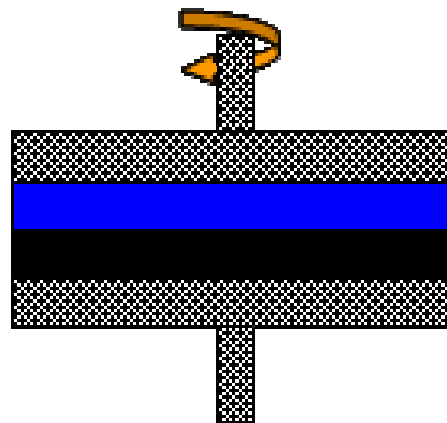


Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

□ Étude diffusion SCORE UJF / Nynas

■ Bitume mou dans bitume ancien

Configuration Initiale



bitume mou, $\approx 0,1$ mm

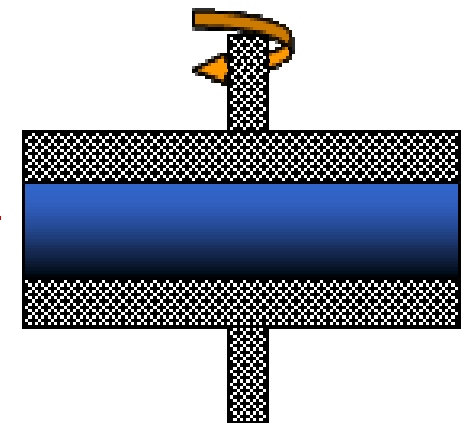
Bitume dur, $\approx 0,2$ mm

plateau DSR 25 mm Ø

0.16 Hz

T: 40 à 80°C

Configuration après
100 heures

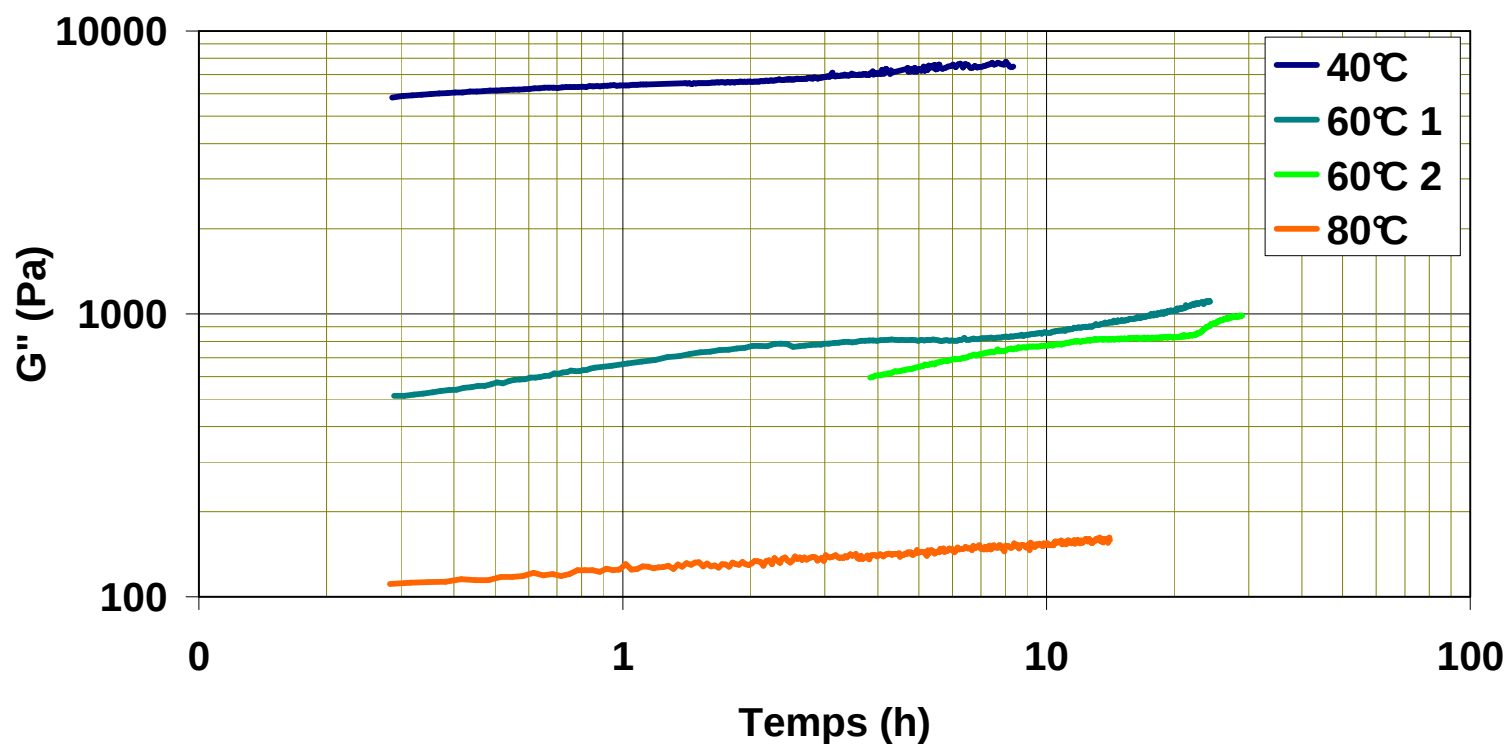




Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

- Bitume mou / bitume ancien : plus d'un an à 60°C !

Bicouche 400 Pen (0,1mm) + 15 Pen (0,2mm)



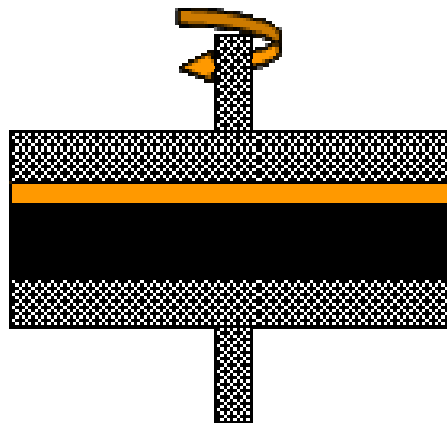


Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

□ Étude diffusion SCORE UJF / Nynas

■ Huile dans bitume ancien

Configuration initiale

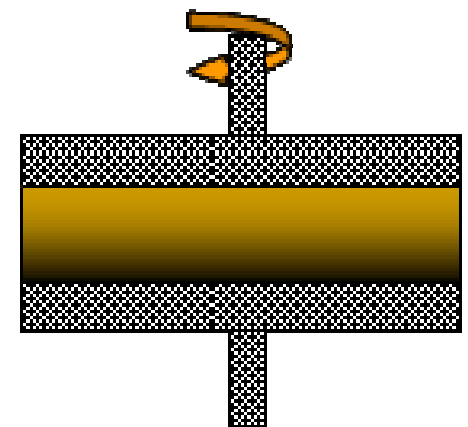


plateau DSR 25 mm Ø
0,16 Hz
T: 40 à 80°C

huile, $\approx 0,10$ mm

Bitume dur, $\approx 1,00$ mm

Configuration après
100 heures



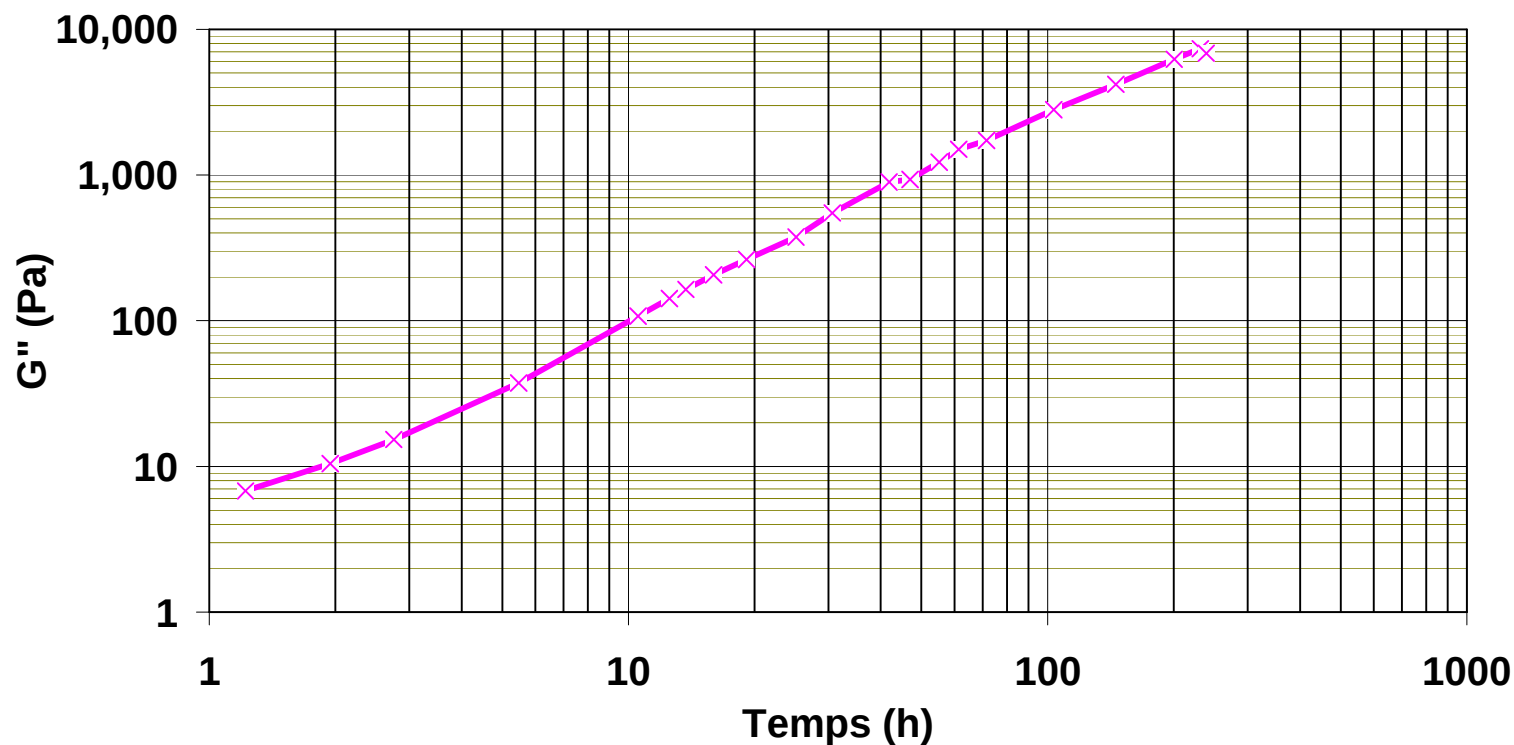
Una sociedad de EUROVIA



Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

- Huile / bitume ancien : quelques jours à 40°C

Bicouche T9 (0,1 mm) / 15 Pen (1 mm) à 40°C





Explication des Phénomènes

❑ Phénomènes de maturation

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant

❑ Transition granulaire / enrobé

- Faible module / cisaillement et post-compactage
- Module plus élevé / fatigue ?
- Cinétique ?



Principes et Commentaires

- ❑ Objectifs du retraitement
- ❑ Limitations pratiques des études
- ❑ Explication des phénomènes
- ❑ **Conclusions**



Conclusions

❑ L'étude doit permettre d'évaluer

- le renforcement structurel (propriétés mécaniques) et sa durabilité
- Le confort / sécurité





Conclusions

❑ La méthode LC 26-002

- Renforcement : pérennité des propriétés mécaniques vis-à-vis de l'eau
- Propriétés superficielles : qualité enrobage

❑ Comment la mettre en oeuvre ?

- Assurer la représentativité des matériaux



Conclusions

□ Comment la compléter ?

- Essai de compactage plus réaliste
- Incorporer des essais mécaniques à court ET moyen / long terme
- Valeurs de module pour le dimensionnement
- Mode de rupture autre que désenrobage (fatigue ?)
- Relation claire qualité enrobage / risque d'arrachement ?