

Workshop « Soft Material Models »

Les 01 et 02 juin 2023 à l'Ecole Centrale Casablanca, Maroc Modélisation aux éléments finis des enrobés bitumineux à forte teneur en RAP avec ajouts

Ilhem Borcheni^{1,a}, Mohamed Boudabbous^{1,b}, Jamel Neji^{1,c}

¹Laboratoire des Matériaux, Optimisation et Energie pour la Durabilité (LA-MOED), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, ENIT, BP 37, 1002 Tunis Belvédère, Tunisia,

ilhem.borcheni@gmail.com mbouda4383@gmail.com jamel.neji@enit.utm.tn

Résumé

L'objectif est le développement d'un modèle tridimensionnel en éléments finis (EF) simulant un essai flexion 2-point afin de prédire le comportement viscoélastique d'un nouveau matériau bitumineux, incorporant une forte teneur en Revêtement d'Asphalte Recyclé (RAP), de sable de dune et de chaux et d'un matériaux de référence, sous la charge du trafic à des plages de températures et de fréquences non-accessibles expérimentalement. Les propriétés viscoélastiques des matériaux caractérisées par le modèle de Maxwell généralisé sont incorporées par la suite dans le modèle FE par le biais de la série de Prony.

Matériaux

Formulation expérimentale

Composition (%)	BBREF_5,3%	BBRAP_3,7%	
Sable 0/4	45	6,3	
Gravier 4/8	30	17	
Gravier 8/14	25	22	
Bitume pur 35/50	5,3	3,7	
Fraisât	Agrégat	40	38,4
	Bitume	-	1,6
Sable des dunes	-	10	
Chaux	-	1	

Tableau 1. Constituants des formules expérimentales

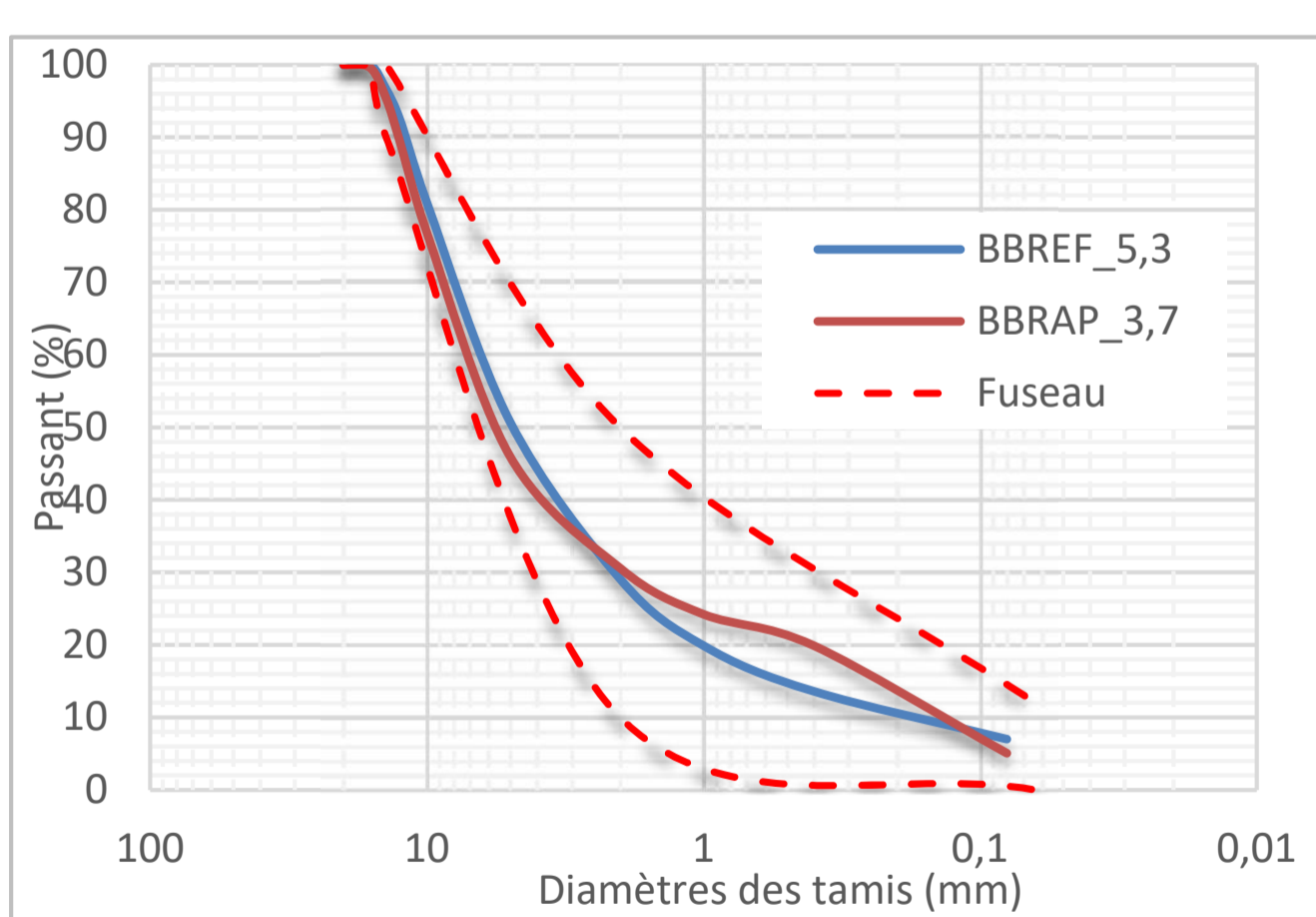


Figure 1. Courbes granulométriques des mélanges granulaires

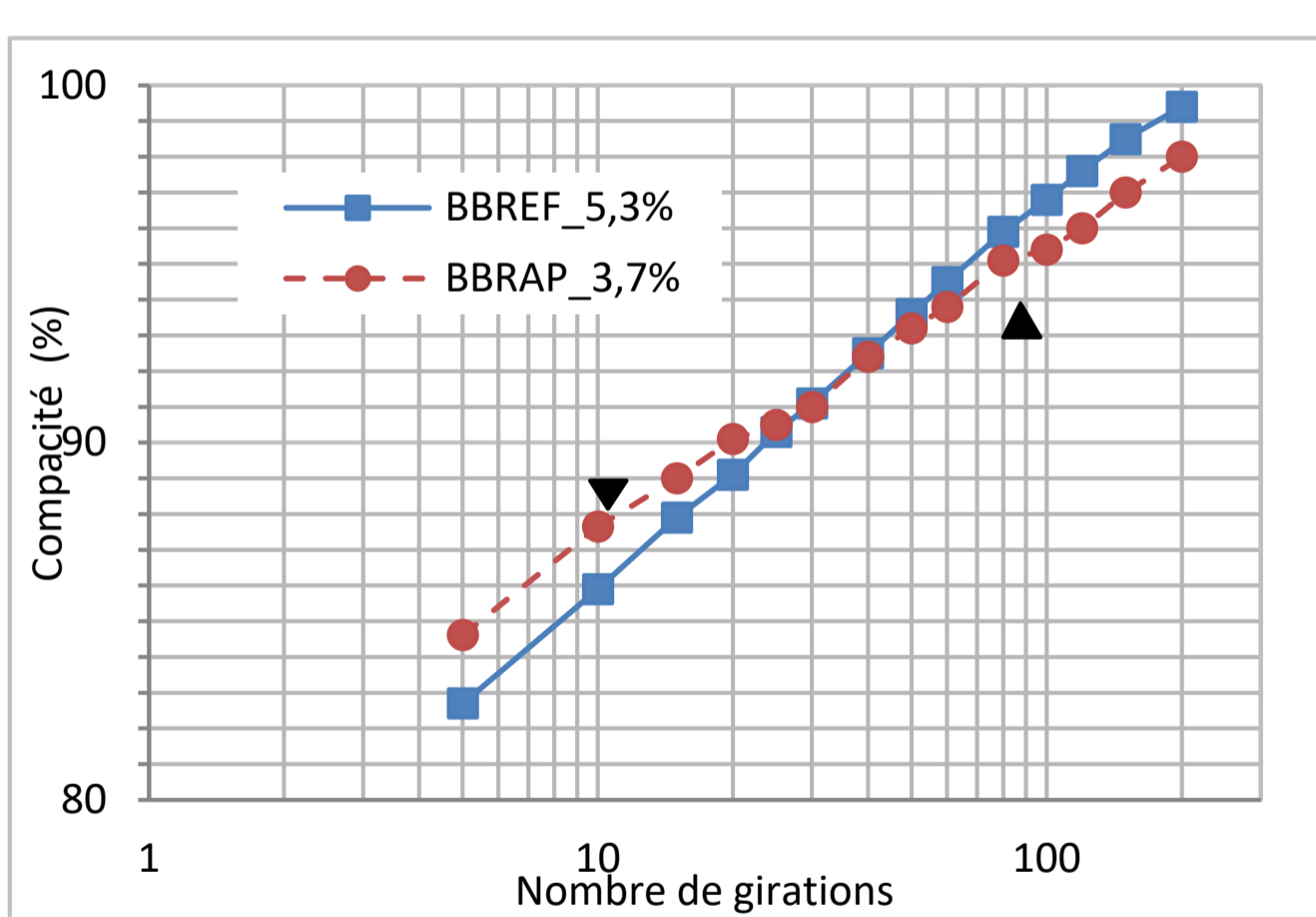


Figure 2. Évolution de la compacité PCG des deux formules

Méthodologie

Essai expérimental de module complexe (EN 12697-26)

Mise au point d'un dispositif expérimental d'essai de flexion 2-point au laboratoire LAMOED de l'ENIT.



Figure 3. Principe de l'essai flexion 2-points

Module complexe :

- σ : Contrainte maximale
- ϵ : Déformation maximale
- ω : Vitesse angulaire
- δ : Angle de phase

Modélisation analytique du comportement viscoélastique (Maxwell Généralisé)

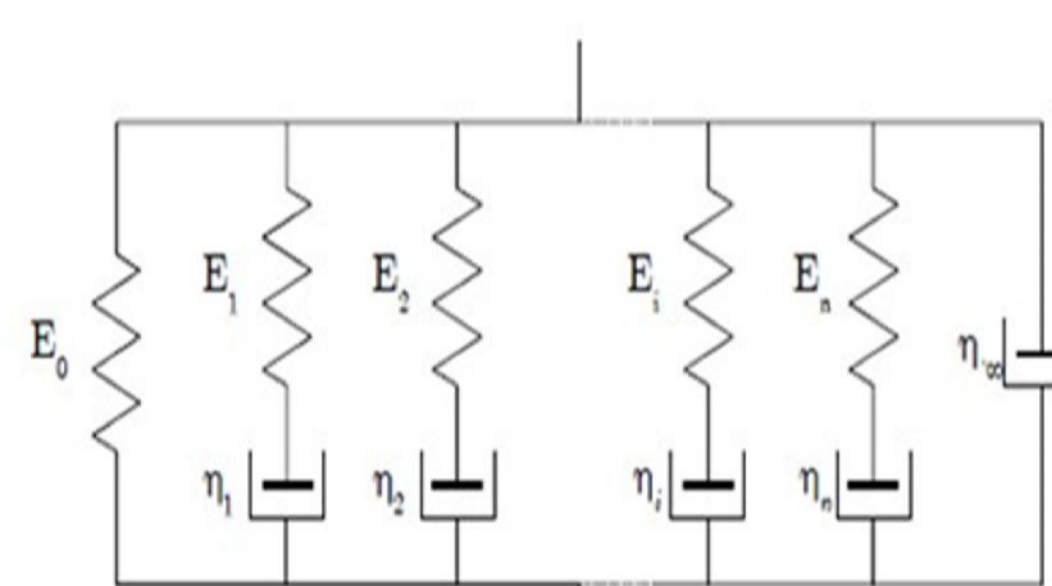


Figure 4. Maxwell Généralisé

Module complexe :

$$E^*(i\omega) = E_0 + i\omega\eta_1 + \sum_{n=1}^N \frac{E_n}{1 + i\omega\tau_n}$$

- E_0 : module quand $\dot{\epsilon}$ tend vers 0
- η_n : viscosité quand $\dot{\epsilon}$ tend vers ∞
- τ_n : module et viscosité

Temps de relaxation : $\tau_n = \eta_n / E_n$

Modélisation numérique de module complexe

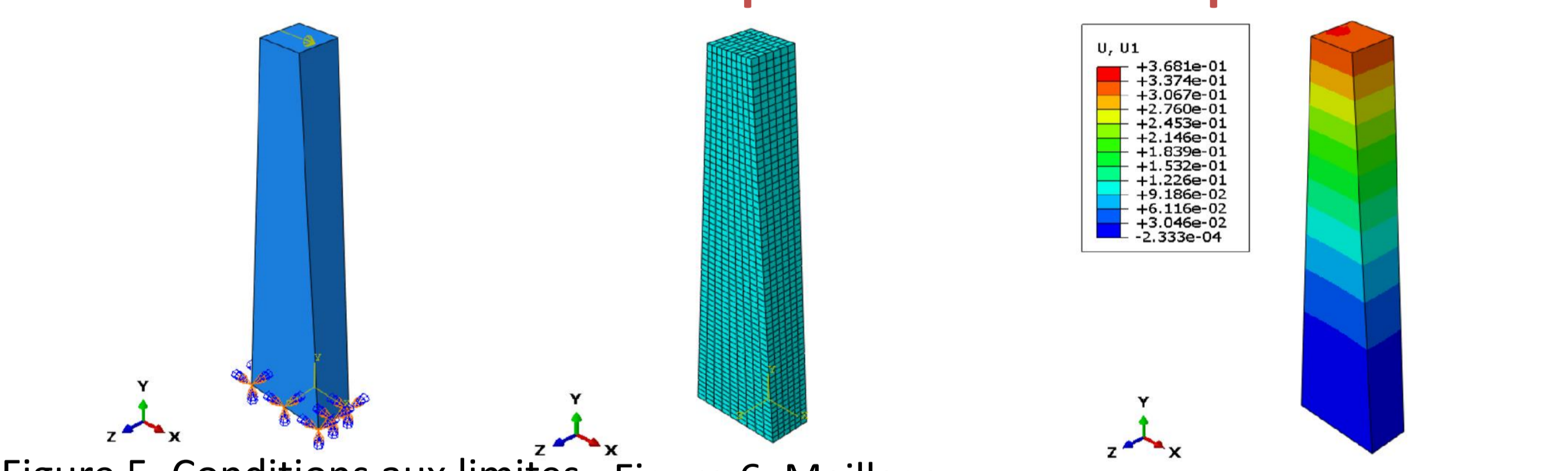


Figure 5. Conditions aux limites et chargement de l'éprouvette
Figure 6. Maillage du modèle
Figure 7. Déplacement (mm)

Résultats

-Module complexe du BBRAP_3,7 est plus élevé que celui du BBREF_5,3

-Validation du modèle EF VEL développé

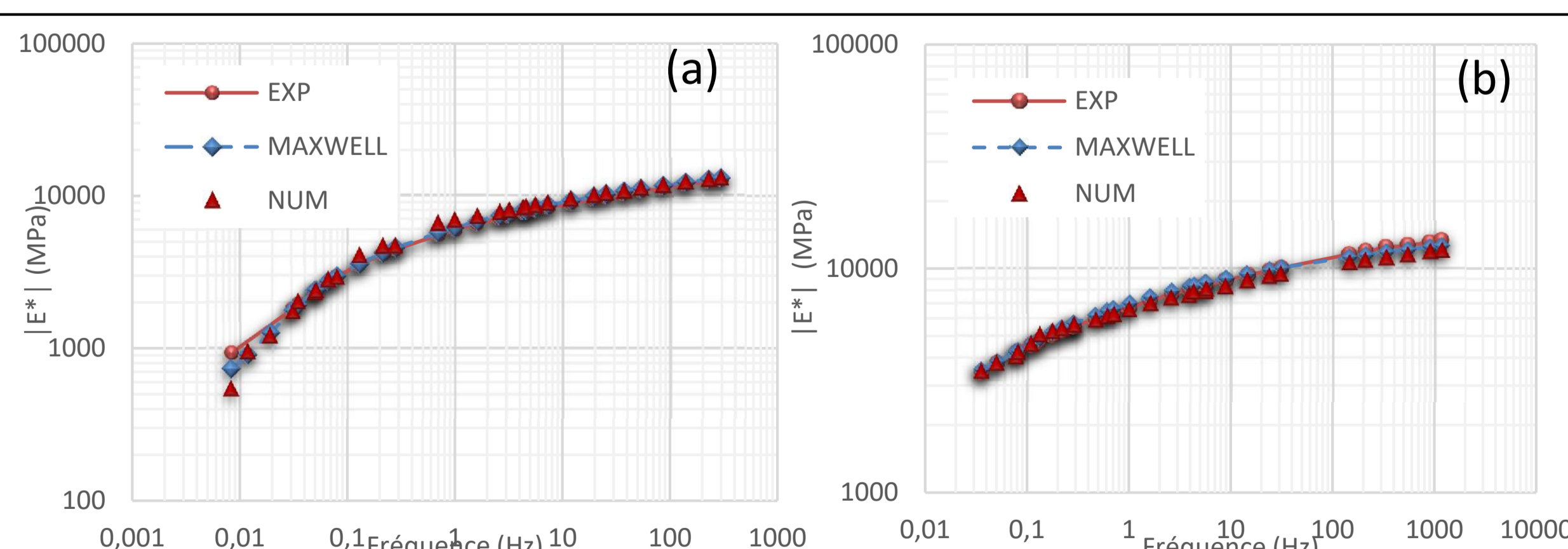


Figure 8. Courbes maitresses expérimentales, analytiques et numériques du module complexe à 15°C pour (a) BBREF_5,3 (b) BBRAP_3,7

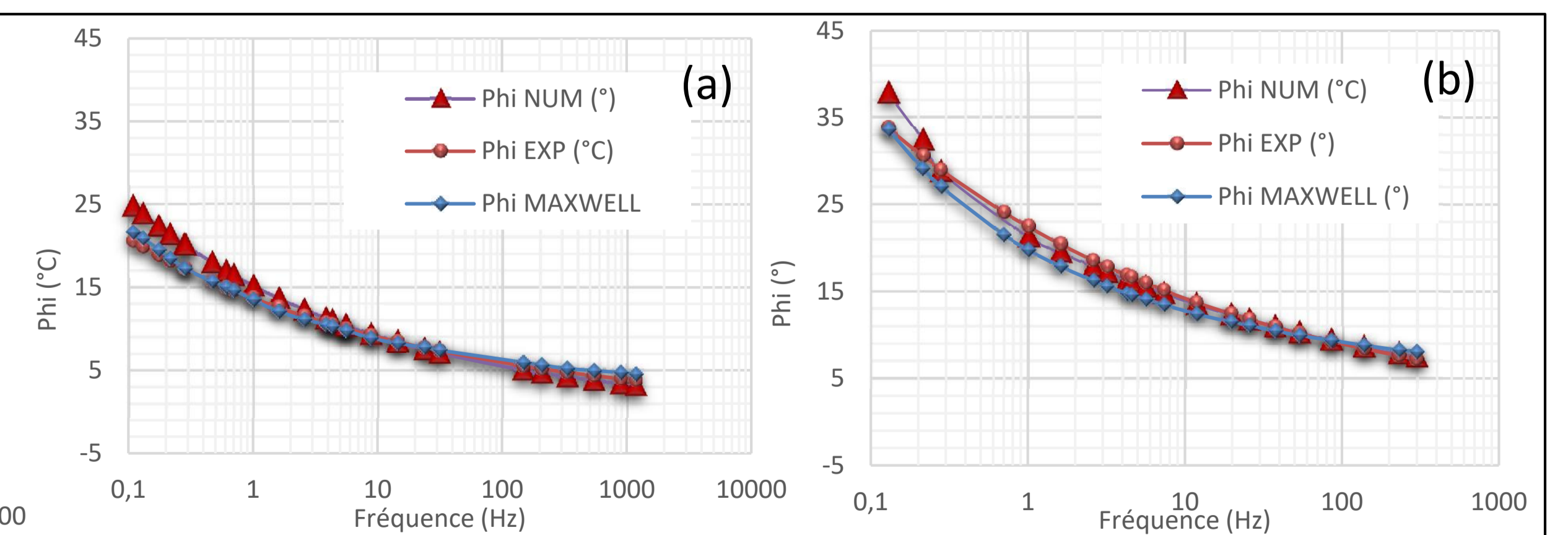


Figure 9. Courbes maitresses expérimentales, analytiques et numériques d'angle de phase à 15°C pour (a) BBREF_5,3 (b) BBRAP_3,7

Conclusion et perspectives

L'objectif est de développer un modèle EF VEL visant à déterminer le module complexe des enrobés bitumineux. Les résultats numériques calés et validés par ceux expérimentaux et analytiques ont révélé une rigidité du nouveau matériau incorporant du RAP, de sable de dune et de chaux meilleure que celle de référence. Une étude de la résistance à l'orniérage est recommandée.