

**Planche d'essais du STAC en matériaux  
recyclés : vers une augmentation des taux  
d'agrégats d'enrobés dans les chaussées  
aéronautiques**

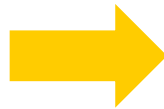
**Pierre QUÉLEN**  
**Service Technique de l'Aviation Civile**

# Plan de la présentation

- **Contexte**
- **Objectifs**
- **Construction**
- **Caractérisation de la structure**
- **Fatigue de la chaussée**
- **Conclusion**

# Contexte

- Décarbonation des méthodes de construction
  - Economie des ressources
- Action portée par le STAC : mise à jour des guides matériaux



# Contexte

## Travail sur les taux d'agrégats d'enrobés recyclés

Nature de la couche et aire de circulation		Taux d'AE (%)	Classes			
			TL	B	G	R
Couche de roulement	Piste et DGV	]10 ; 20]	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
	Voies de circulation	]10 ; 20]	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>
	Accotements	]20 ; 30]	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>
Couches de liaison et d'assise		]10 ; 20]	TL <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>NS</sub>
		]20 ; 30]	TL <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>NS</sub>
		]30 ; 40]	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>

Guide 2009

→ Aller plus loin ?

Nature couche & aire		Taux d'AE	Restriction en CT	Classes				
				TL	B	G	R	F
Couche de roulement	Piste et DGV	]0 ; 10]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	F
		]10 ; 20]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	
		]20 ; 30]	CT1, CT2 et CT3 pour un trafic d'avions du groupe 1 à 3 uniquement	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	
	Circulation	]0 ; 20]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> ou R <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	
		]20 ; 30]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	
		]0 ; 20]	-	TL <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> ou R <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	
	Accotements	]20 ; 30]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	
		]30 ; 40]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	
		]0 ; 20]	-	TL <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>NS</sub> <sup>(1)</sup>	
		]20 ; 30]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	
Couches de liaison & assise	]30 ; 40]	-	TL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>		
	]40 ; 50]	Jusqu'à CT4	TL <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>		

Guide 2024

## Objectifs

**But :** augmentation des taux d'agrégats recyclés recommandés si la durabilité et la sécurité sont assurées

**Frein :** peu de REX sur des chaussées aéronautiques avec de forts taux d'AE dans les couches supérieures

**Solution retenue :**  
réalisation d'une  
planche d'essais  
par le STAC sur le  
site de Bonneuil







# Construction

## Composition de la chaussée

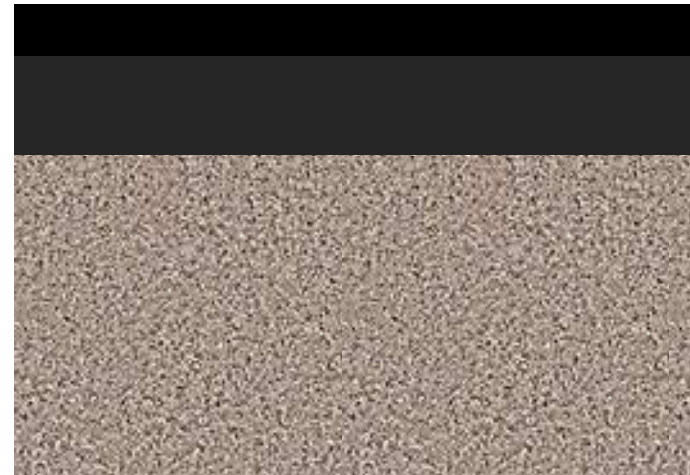
- Structure classique issue de la documentation ADP
- Roulement : BBA3 0/14D
- Base : GB3 0/14 EB
- Fondation GNT 0/31,5
- PST : GNT1 0/63



BBA 6cm

GB3 14cm

GB3 50cm

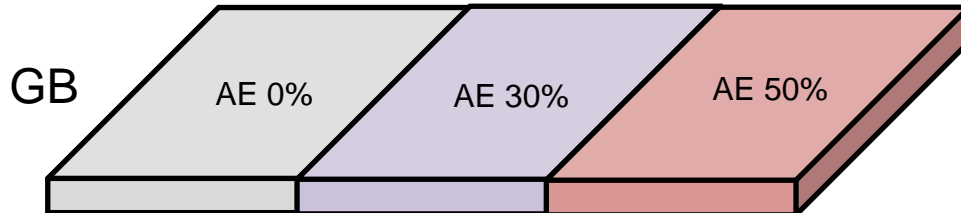
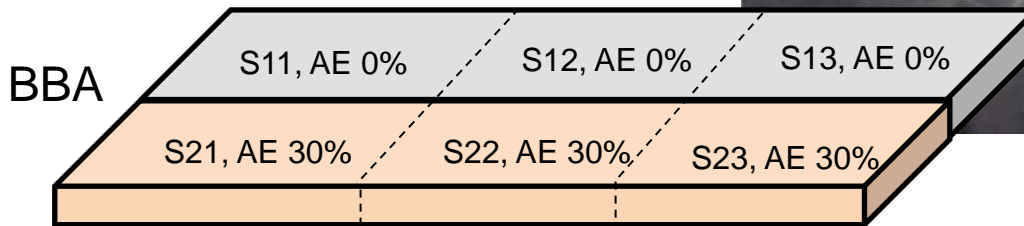
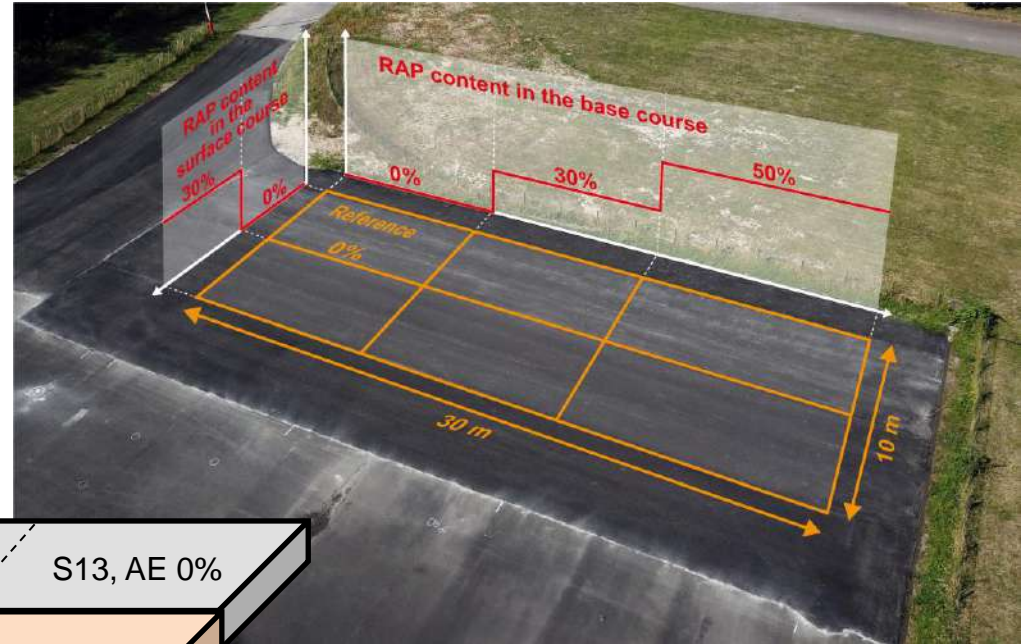


**Plate-forme  
PF2**

# Construction

## Taux d'agrégats

- 6 sous planches qui seront comparées
- Taux d'AE différenciés selon sous-planches





# Construction

## Déroulement des travaux

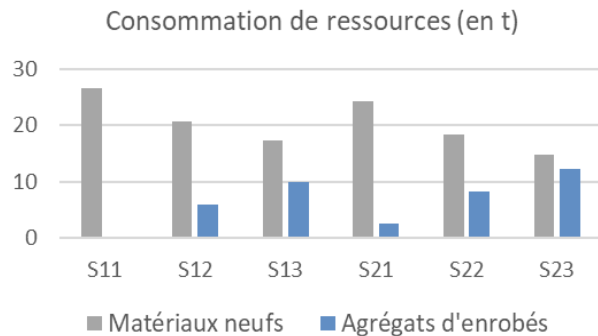
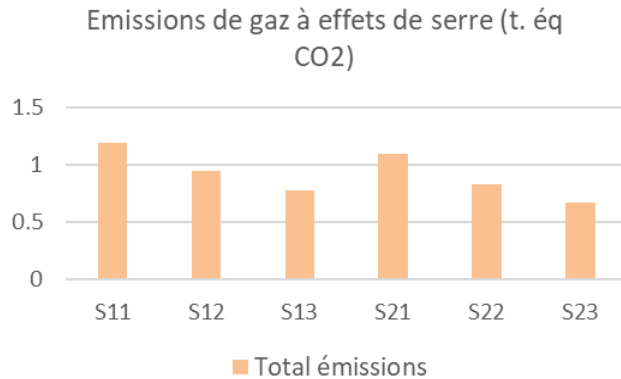
- Génie civil débuté en novembre 2021
- Réalisé par l'entreprise Eiffage Route
- Matériaux bitumineux produits à la centrale Bonneuil Enrobés
- Réception par le STAC au premier trimestre 2022.



# Caractérisation de la structure

## Analyse de l'impact environnemental

Faite avec l'Eco-comparateur SEVE-TP



### Emissions de gaz à effets de serre (comparaison / base)

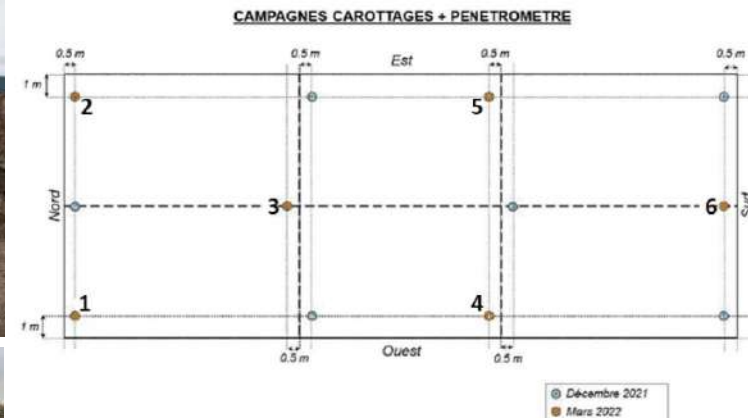
Planche S11	/
Planche S12	- 21,37 %
Planche S13	- 35,54 %
Planche S21	- 8,63 %
Planche S22	- 30,76 %
Planche S23	- 44,17 %

# Caractérisation de la structure

## Essais sur la chaussée

Nombreux essais effectués... à différents stades de la construction

- Dynaplaque
- Pénétromètre
- LWD
- Gammadensimètre
- Carottages
- Géoradar
- HWD
- Caractérisation de la surface



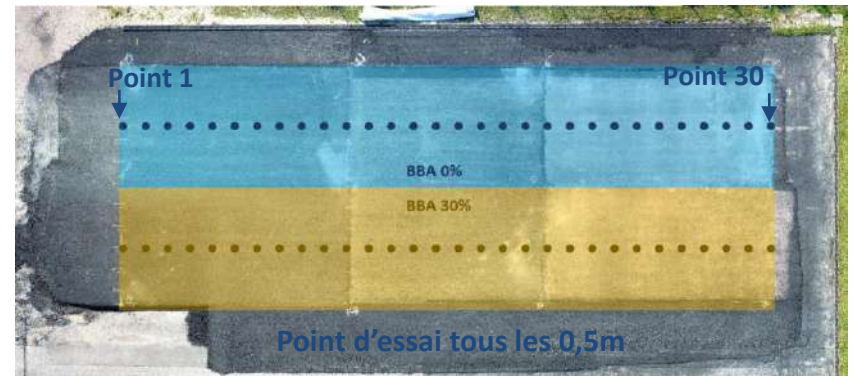


# Caractérisation de la structure

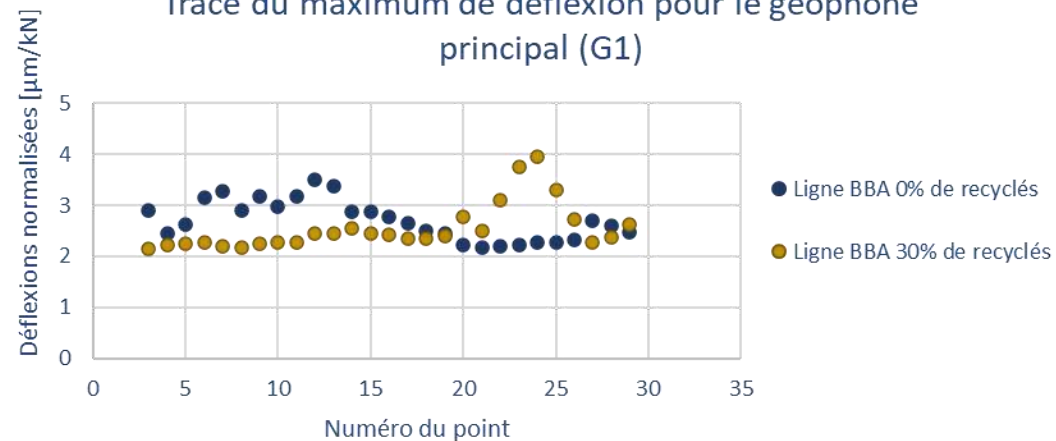
## Exemple de résultats de caractérisation : HWD (1/2)

Mesures de déflexion au HWD

**Objectif** : connaître l'état « à  $t_0$  » de la planche



Tracé du maximum de déflexion pour le géophone principal (G1)



# Caractérisation de la structure

## Exemple de résultats de caractérisation : HWD (2/2)

Suite : utilisation de PREDIWARE pour remonter aux modules de matériaux

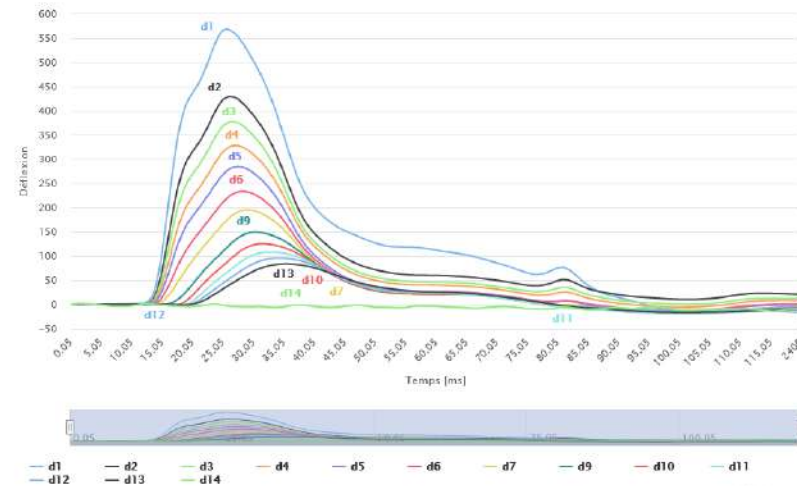
→ Voir présentation dédiée (par Lucy Travailleur)



Nom de la chaussée :   
 Code de la chaussée :

### Caractéristiques des couches des matériaux :

#	Interfaces	Nature	Matériaux	Masse Volumique (Kg/m³)	Module d'Young (MPa)	Coef. Poisson	Amortissement (%)	Epaisseur (cm)	Libellé (optionnel)
☰		Matériau bitumineux	BBA	2300	5400	0.3	15	6	Roulement
	collée ▼								
☰		Matériau bitumineux	GB3	2300	9300	0.3	15	14	Base
	collée ▼								
☰		Matériau non traité	GNT2	2100	400	0.35	3	50	Fondation
	collée ▼								
☰		Sol	Sol PF2	1800	50	0.35	3	∞	



**Déflexions mesurées pour le point 6 de ligne BBA 0% de recyclés**



# Caractérisation de la structure

## Réponse à l'appel à projet FEREC

FONDATION D'ENTREPRISE



Collaboration STAC / Eiffage



Projet AERICA (Agrégats d'Enrobés Recyclés Introduits) lauréat 2022

### Objectifs :

- Augmenter les taux d'AE actuellement recommandés dans les guides STAC
- Promouvoir les structures à fort taux d'AE et inciter à l'emploi de solutions innovantes
- Permettre une réduction des coûts à la fois économiques et environnementaux

### Caractérisation des matériaux :

- Essais de fatigue → EIFFAGE
- Essais de module → STAC

# Caractérisation de la structure

## Essais de caractérisation de la GB

**Objectif** : obtenir une caractérisation des enrobés (ex. module) par différentes méthodologies

- Echantillons envoyés à :



ENTPE



University of  
New Hampshire



UNIVERSITÀ  
DI PARMA



Federal Aviation  
Administration

- Réalisé dans le cadre du RILEM Technical Committee on Performance-based Asphalt Recycling (TC 308-PAR)



**Avancement actuel** : attente de retour des différents laboratoires

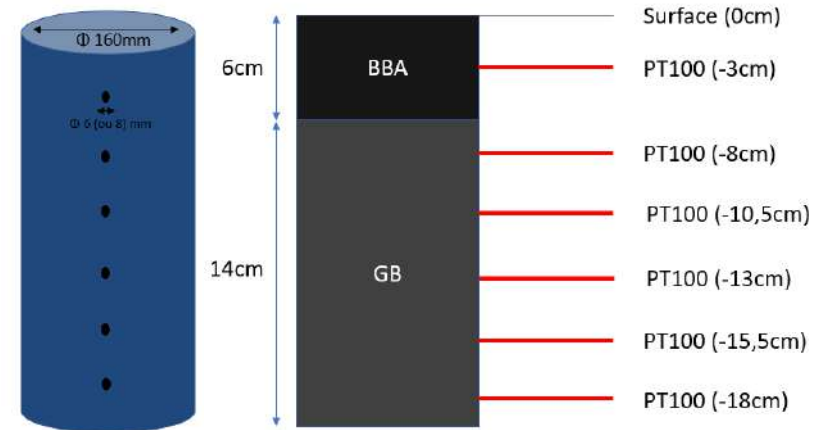
**A venir aussi** : essais de désenrobage séquencé (en développement à l'UGE)

# Caractérisation de la structure

## Instrumentation en température

**Objectif :** suivi dans les différentes couches d'enrobé de ce paramètre

→ cf. comportement viscoélastique des enrobés bitumineux



# Fatigue de la chaussée

**Objectif :** caractériser le comportement des enrobés en fatigue jusqu'à la rupture

- Cycles de chargement/déchargement pour fatiguer la chaussée
- Comparaison des différentes sous planches
- Utilisation de la remorque de portance du STAC





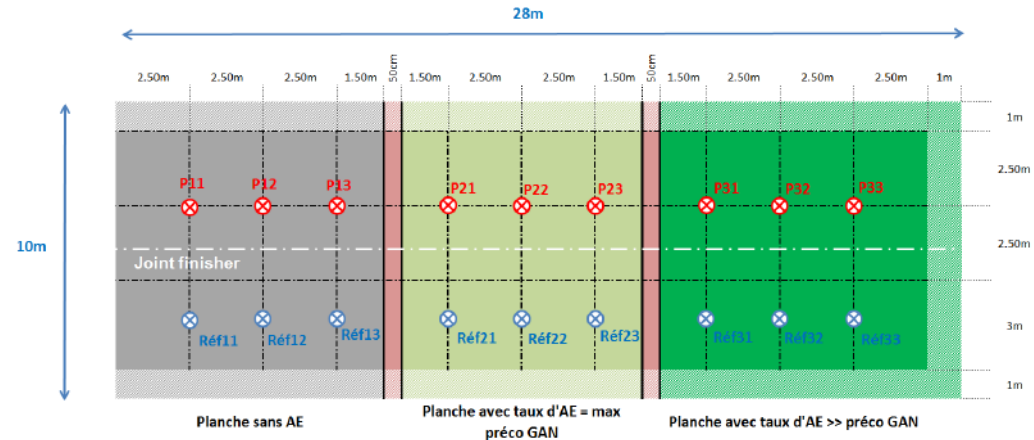
# Conclusion

## Temporalité

- Essais sur 6 mois à 1 an pour couvrir toutes les saisons
- Début des essais automne 2024

## Caractérisation structurelle

- **But :** Evaluation régulière de l'évolution de la déflexion et des déformations
- Cycles de fatigue entrecoupés d'essais HWD et relevés de dégradation
- Suivi en température





# Conclusion

## Prochaines étapes

- Début des essais de fatigue sur la planche
- Retour de essais de caractérisation des matériaux en laboratoire

## Conséquences au long terme

→ Possibles évolutions des recommandations du STAC en matière d'utilisation de granulats recyclés (taux recommandés, mise en œuvre, suivi des stocks, ...)

# Merci de votre attention

**Pierre Quélen**

Service Technique de l'Aviation Civile

31 avenue du Maréchal Leclerc

94380 Bonneuil-sur-Marne

0149568166

[pierre.quellen@aviation-civile.gouv.fr](mailto:pierre.quellen@aviation-civile.gouv.fr)

La planche d'essais en matériaux  
recyclés du STAC pour des chaussées  
aéronautiques plus durables (vidéo)

<https://dai.ly/x8ihoqf>

