

Coopération Franco-Allemande WG7 : Comparaison Padesto/Alizé

Hugues ODEON
Cerema

Sommaire

- **Objectifs et enjeux**
- **Protocole d'essais**
 - **Sélection des matériaux**
 - **Présentation des essais**
- **Comparaison des performances**
 - **Module**
 - **Fatigue**
- **Dimensionnement**
 - **Scenario retenu**
 - **Calcul du nombre de cycles admissibles**
 - **Selon la méthode allemande**
 - **Selon la méthode française**

Objectifs et enjeux

- Comparer les méthodes de dimensionnement allemande et française
- Inclure des observations quant aux méthodes d'acquisition des performances mécaniques de module et de fatigue
- Participaient au projet :
 - Allemagne: BAST, Eurovia Germany, Université de Bochum
 - France: IFSTTAR, Cerema Strasbourg, Nancy, Angers

Protocole de confection et de test des matériaux

Allemagne	France
Collecte des constituants A	Collecte des constituants F
Confection d'éprouvettes A	Confection d'éprouvettes F
Confection d'éprouvettes F	Confection d'éprouvettes A
Caractérisation des matériaux A et F avec les tests A	Caractérisation des matériaux F et A avec les tests F
Dimensionnement A avec les matériaux A et F	Dimensionnement F avec les matériaux F et A

Sélection des matériaux A et F

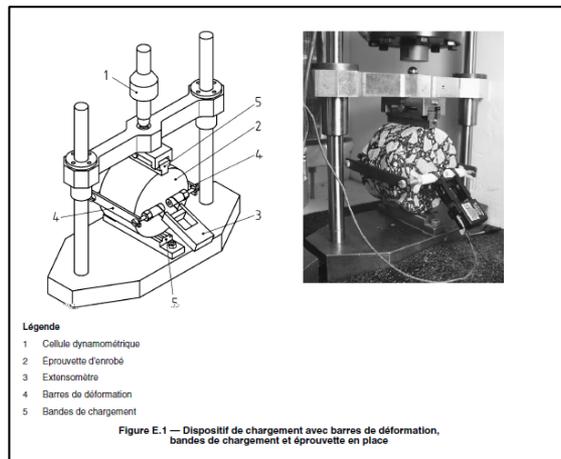
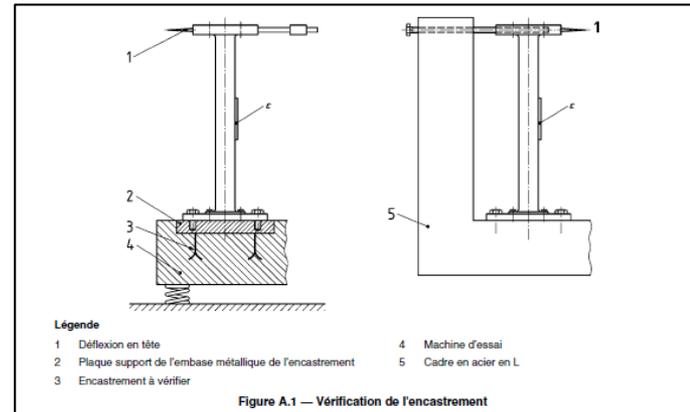
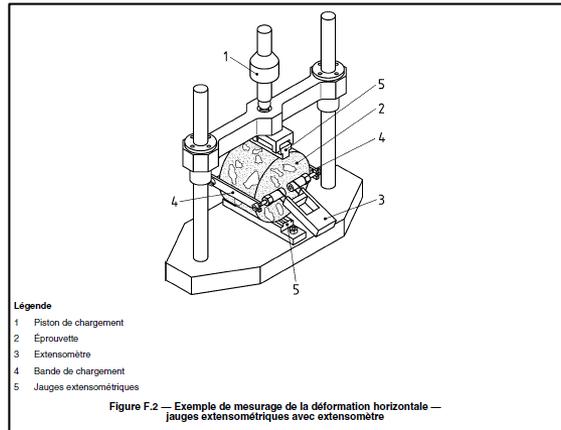
	Allemagne	France
Couche de roulement	SMA8S	BBSG3
Couche de liaison	AC16BS	
Couche d'assise	AC22TS	GB3 EME2

Essais allemands et français de module et de fatigue

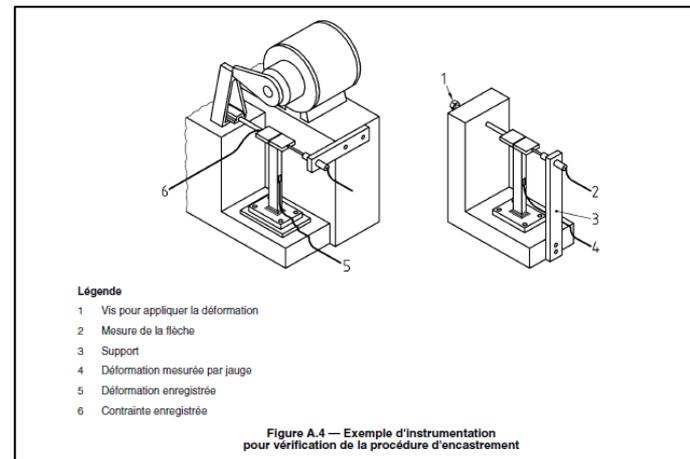
Allemagne

France

Module

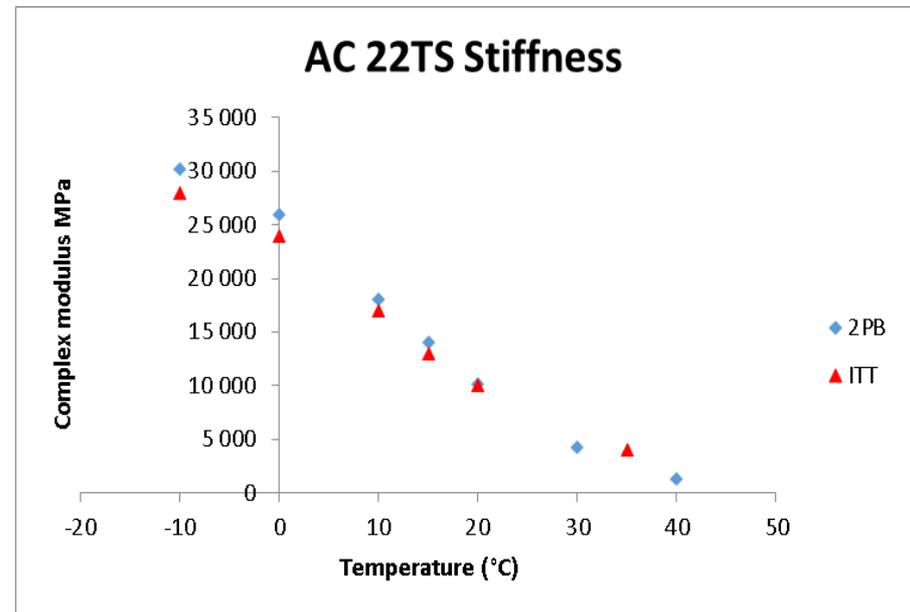
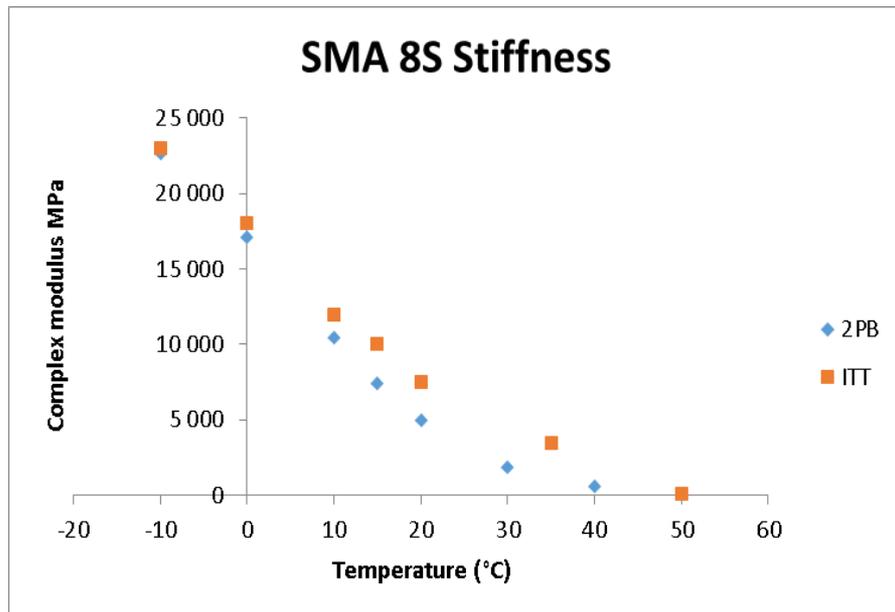


Fatigue



Comparaison des performances des matériaux - Module

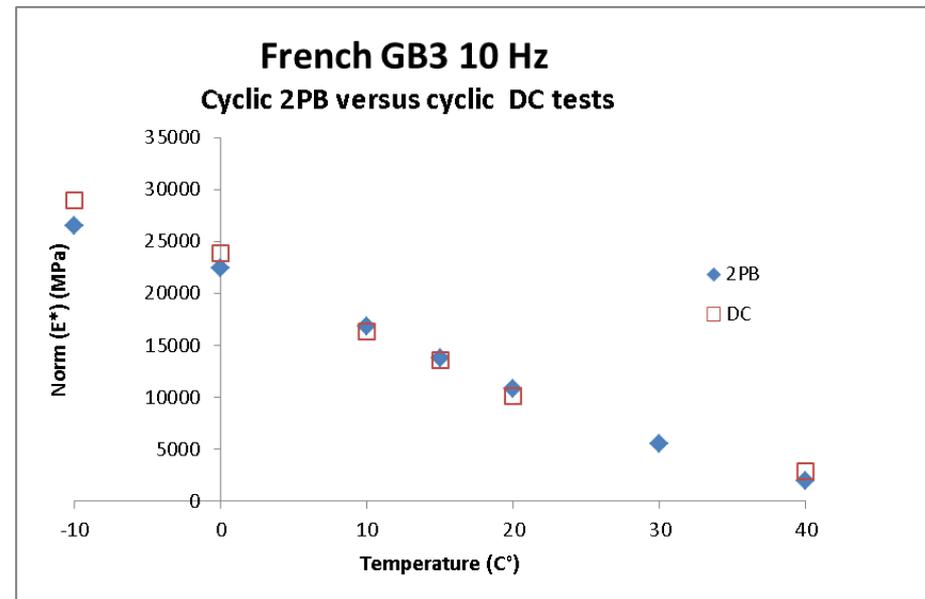
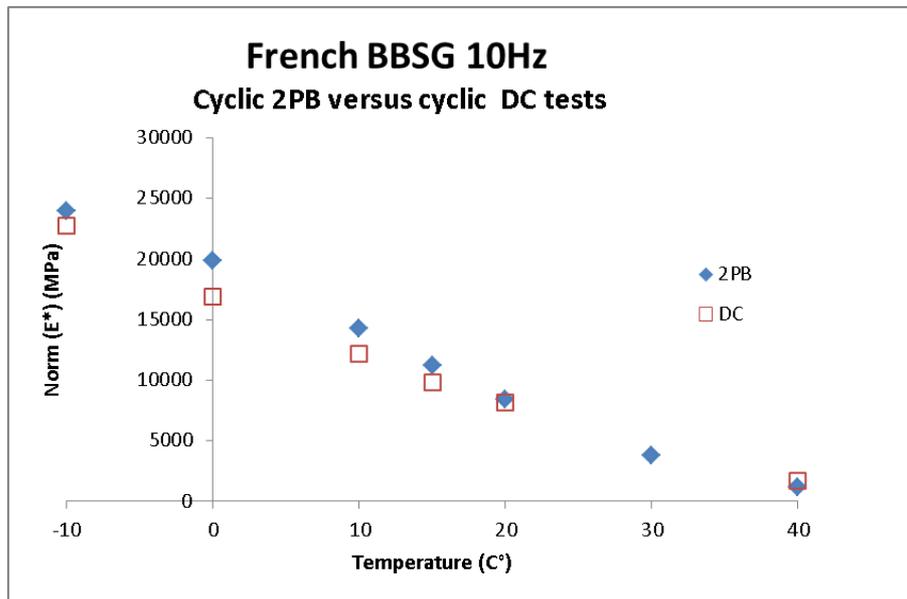
Résultats à 10 Hz



- Apparente corrélation des résultats issus des deux essais

Comparaison des performances des matériaux - Module

Résultats à 10 Hz



- Apparente corrélation des résultats issus des deux essais

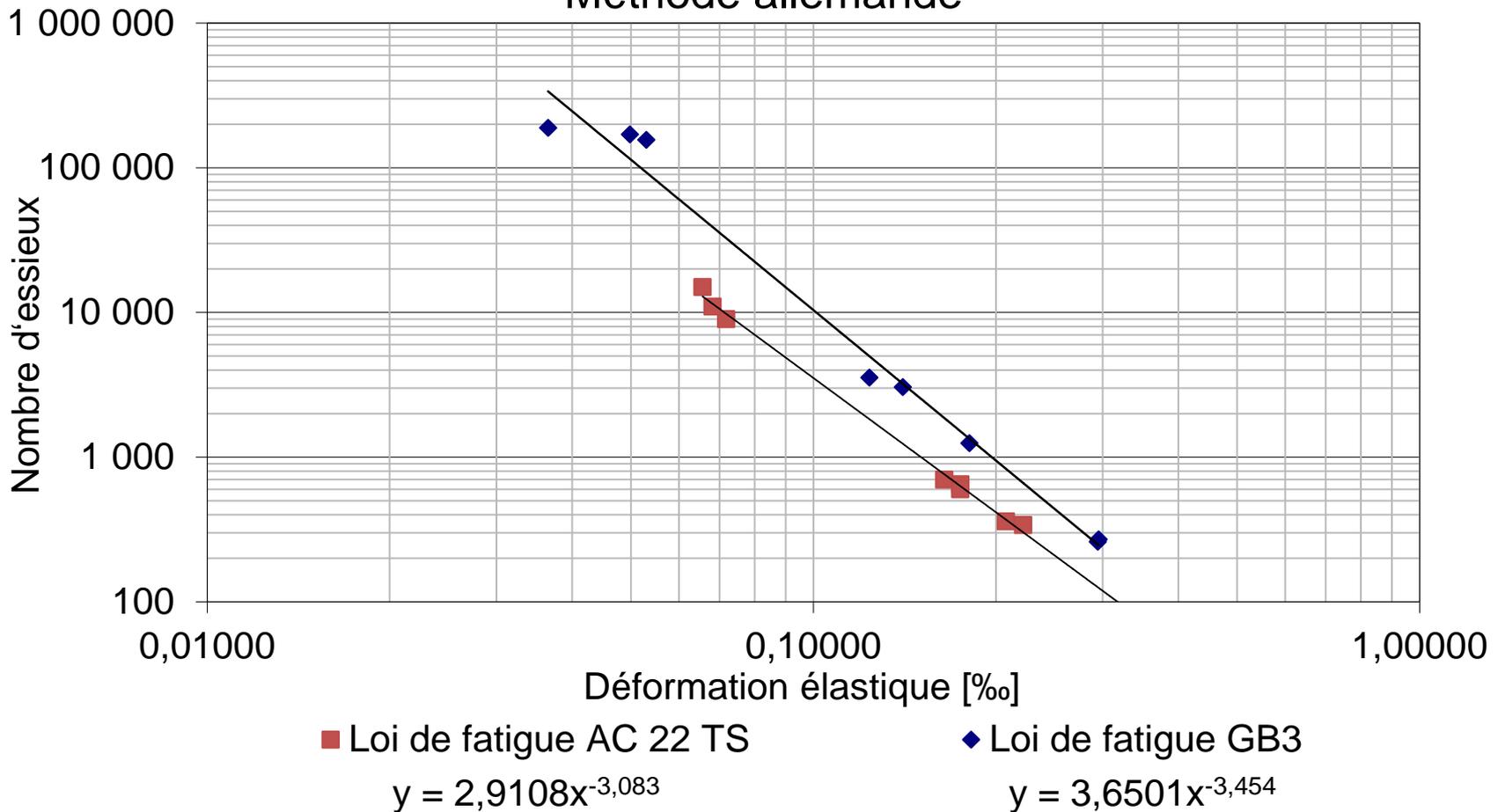
Comparaison des performances des matériaux - Fatigue

Essais F	Module à 15°C, 10 Hz (MPa)	ϵ_6 (μdef)	Pente -1/b
BBSG	11 229	123	5,65
GB	13 802	108	7,12
EME	16 048	133	4,85
SMA8S	7 429	208	5,26
AC16BS	10 867	150	6,41
AC22TS	14 004	104	4,72

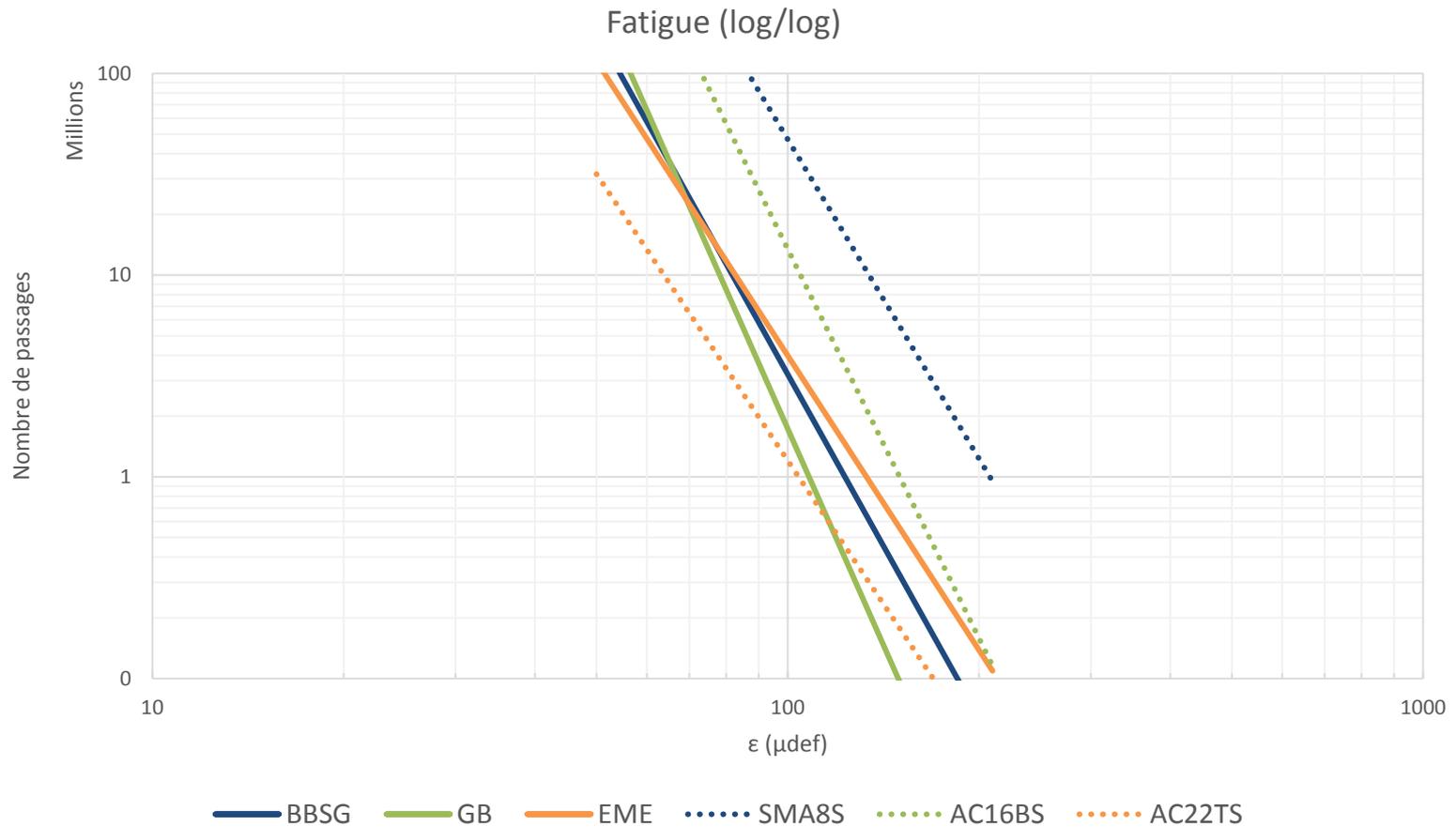
Essais A	Module à 15°C, 10 Hz (MPa)	ϵ_6 (μdef)	Pente -1/b
BBSG	11 700		
GB	12 638	27	3,454
EME	19 934		
SMA8S	9 776		
AC16BS	11 018		
AC22TS	13 600	16	3,083

Comparaison des performances des matériaux - Fatigue

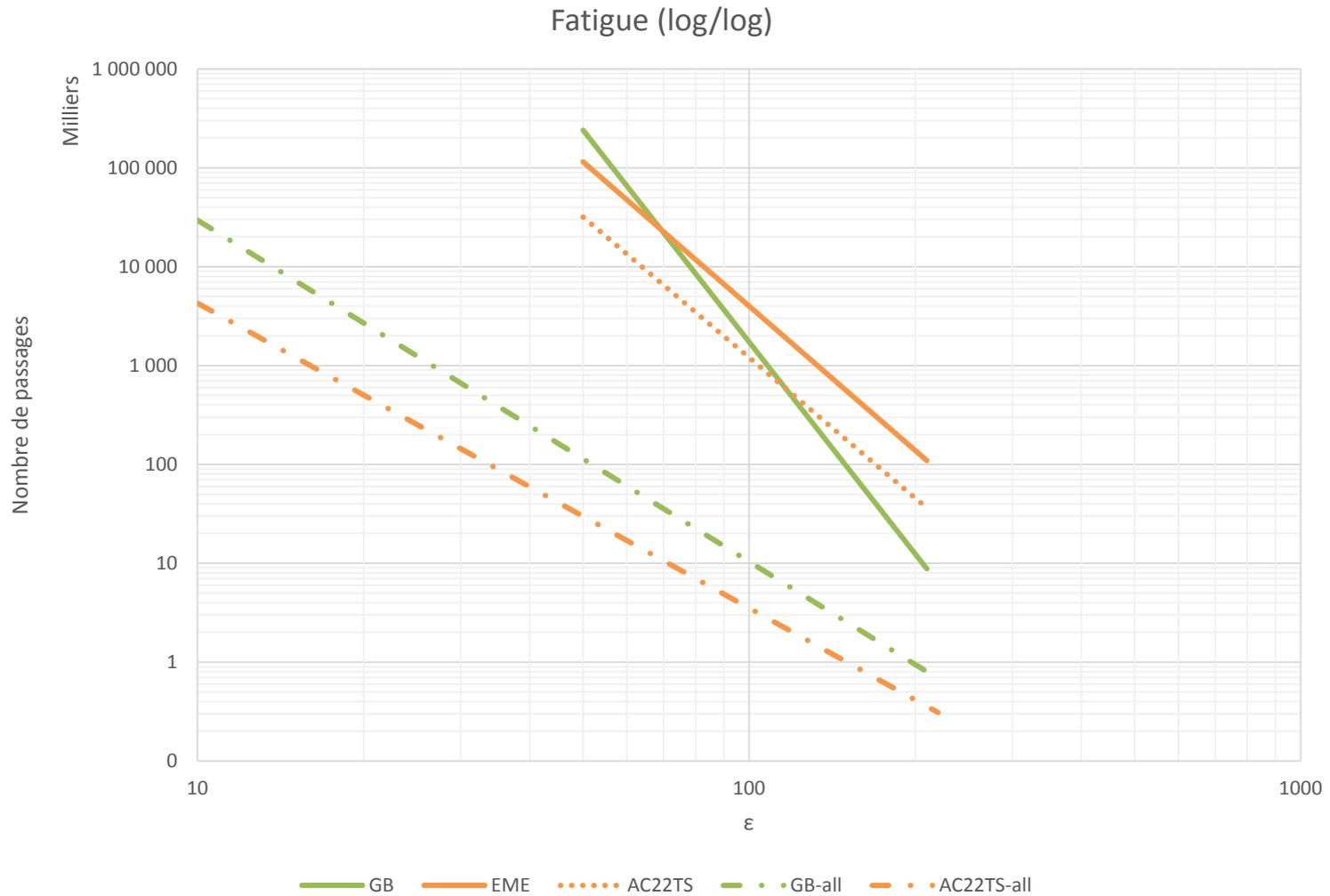
Lois de fatigue des matériaux d'assise
Méthode allemande



Comparaison des performances des matériaux - Fatigue



Comparaison des performances des matériaux - Fatigue

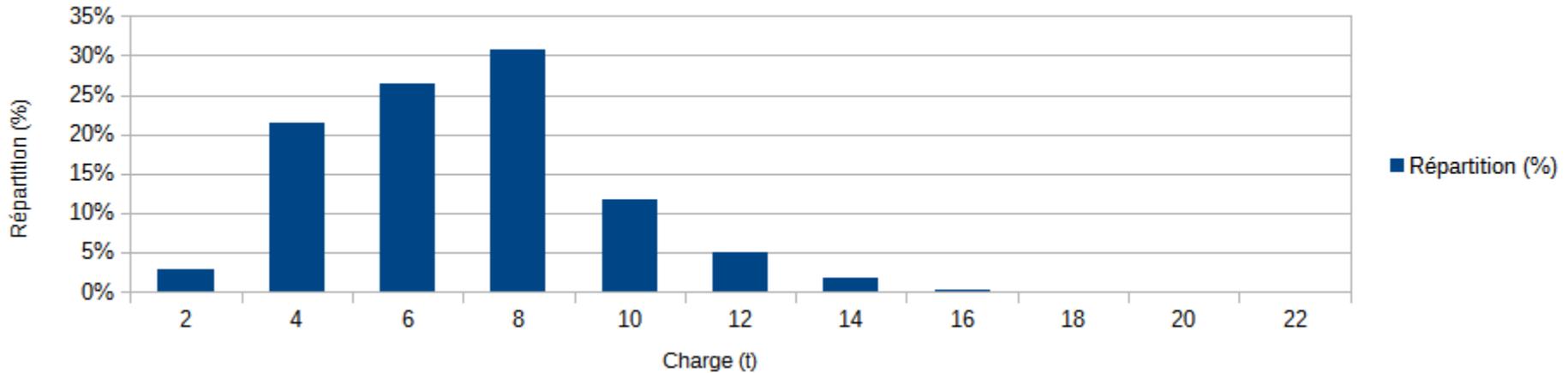


Quelques remarques

- **Deux approches très différentes**
 - **A : géométrie cylindrique, contrainte en traction indirecte, contrôlé en force, critère de rupture énergétique, essai réalisé sur peu de cycles**
 - **F: géométrie trapézoïdale, contrainte de traction directe, contrôlé en déplacement, critère basé sur une division par deux de la rigidité, grand nombre de cycles**
- **En comparant les ε_6 et les pentes obtenus, on constate de gros écarts entre les lois de fatigue.**
- **Les coefficients présents dans le calage des modèles de dimensionnements doivent donc en tenir compte.**

Scenario de trafic retenu pour le dimensionnement

Histogramme des charges par essieu



Hypothèses de trafic

- **TMJA : 4463 PL/j/sens**
- **Croissance : 3% arithmétique**
- **Durée de service : 30 ans**
- **Risque : 1%**
- **CAM = 0,8 (norme NF P98-086) ou CAM = 0,13 (d'après l'histogramme)**

Calcul du nombre de cycles admissibles

Méthode allemande

- Calcul de $N = \frac{SF}{F} \cdot a \cdot \varepsilon^k$
- SF caractérise le passage des caractéristiques obtenues en laboratoire à celles obtenues *in situ* et vaut 1500 environ
- F est le coefficient de sécurité et vaut 2,10 ici (fonction du type de structure)
- $a \cdot \varepsilon^k$ est l'équation de la courbe de fatigue

Méthode française

- Calcul de $N = \left(\frac{1}{k_r k_c k_s}\right)^{1/b} \cdot \left(\frac{10^{6b}}{\varepsilon_6} \cdot \sqrt{\frac{E(\theta_{eq})}{E(10^\circ C)}}\right)^{1/b} \cdot \varepsilon_t^{1/b}$
- k_r, k_c, k_s sont les coefficient de risque, de calage et de sécurité
- ε_6 et $1/b$ sont issus de l'essai de fatigue et représentent la déformation admissible pour 1 million de cycles et la pente de la régression linéaire dans un graphe log/log

Dimensionnement selon la méthode allemande

	D1 - HGT	D2 - HGT	D3 - HGT	D4 - HGT	D5 - HGT	D6 - HGT
Beanspruchung						
Daily traffic[Kfz/24 h]	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500
Heavy vehicles [%]	21	21	21	21	21	21
Lane number [-]	2	2	2	2	2	2
Lane width [-]	3,25 - 3,75	3,25 - 3,75	3,25 - 3,75	3,75 und mehr	3,75 und mehr	3,75 und mehr
Maximum gradient [%]	unter 2	4 bis unter 5	6 bis unter 7	unter 2	4 bis unter 5	6 bis unter 7
B-Zahl [Mio. AÜ]	167,549	175,926	191,006	152,317	159,933	173,642
Summe der Achsübergänge [Mio. AÜ]	644,419	676,64	734,637	585,835	615,127	667,852
Schichtenaufbau						
Ausgangsdicke SMA 8 S [cm]	4	4	4	4	4	4
Ausgangsdicke AC 16 BS [cm]	8	8	8	8	8	8
Ausgangsdicke AC 22 TS [cm]	22	22	22	22	22	22
Dicke HGT [cm]	15	15	15	15	15	15
Dicke Frostschuttschicht [cm]	41	41	41	48	41	41
Ermüdungsstatus Asphaltpaket [%]	265	282	306	242	253	275
Ermüdungsstatuts HGT [%]	0	0	0	0	0	0
Angepasste Dicken:						
Ausgangsdicke SMA 8 S [cm]	4	4	4	4	4	4
Ausgangsdicke AC 16 BS [cm]	8	8	8	8	8	8
Ausgangsdicke AC 22 TS [cm]	29	29	30	28	28	29
Dicke HGT [cm]	15	15	15	15	15	15
Dicke Frostschuttschicht [cm]	34	34	33	35	35	44
Ermüdungsstatus Asphaltpaket [%]	88	93	87	93	97	91
Ermüdungsstatuts HGT [%]	0	0	0	0	0	0

Dimensionnement selon la méthode française

Valeurs usuelles	Module	Fatigue	Pente
Matériau	(MPa)	ϵ_6 (μdef)	-1/b
BBSG	7000	100	5
GB	9000	90	5
EME	14000	130	5

Valeurs « corrigées »	Module	Fatigue	Pente
Matériau	(MPa)	ϵ_6 (μdef)	-1/b
BBSG	11229	123	5
GB	13802	108	5
EME	16048	133	5

Dimensionnement selon la méthode française

	Valeurs exprimées en μ def	PF		120 MPa		120 MPa
		Trafic		GB	EME	AC22TS
Valeurs standards Standard values	Arithmétique 70,13 MPL	CAM Unique = 0,8 As in NF P98-086	6 cm BB 33 cm GB	6 cm BB 25 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 18 cm AC22	
	Arithmetic	CAM à partir de l'histogramme = 0,13 According to load distribution	6 cm BB 25 cm GB	6 cm BB 18 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 11 cm AC22	

	Valeurs exprimées en μ def	PF		120 MPa		120 MPa
		Trafic		GB	EME	AC22TS
Valeurs issues des essais Test values	Arithmétique 70,13 MPL	CAM Unique = 0,8 As in NF P98-086	6 cm BB 18 cm GB	6 cm BB 22 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 18 cm AC22	
	Arithmetic	CAM à partir de l'histogramme = 0,13 According to load distribution	6 cm BB 14 cm GB	6 cm BB 16 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 11 cm AC22	

	Valeurs exprimées en μ def	PF		120 MPa		120 MPa
		Trafic		GB	EME	AC22TS
Valeurs corrigées issues des essais Module et fatigue issues des essais Pente de fatigue usuelle	Arithmétique 70,13 MPL	CAM Unique = 0,8 As in NF P98-086	6 cm BB 23 cm GB	6 cm BB 22 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 18 cm AC22	
	Arithmetic	CAM à partir de l'histogramme = 0,13 According to load distribution	6 cm BB 17 cm GB	6 cm BB 16 cm EME	4 cm SMA 8 cm AC16 11 cm AC22	

Conclusions

- **Projet pré-normatif de connaissance mutuelle très intéressant ;**
- **Modules : consolider les données relatives aux éprouvettes testées (formules, compacité, ...) ;**
- **Fatigue : combiner les résultats avec les coefficients de correction ;**
- **Dimensionnement : retracer finement les étapes de la méthode allemande.**