

# Module complexe et résistance en fatigue

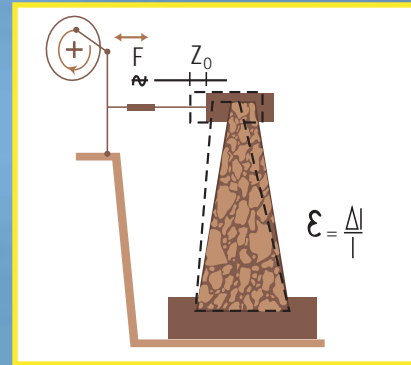
## Principe : points communs

- Flèche sinusoïdale appliquée en tête d'une éprouvette trapézoïdale collée à sa base sur un socle fixé sur un bâti rigide :  $Z = Z_0 \sin \omega t$

- Mesure de  $F$ ,  $Z_0$  et l'angle de déphasage entre  $F$  et  $d$  ( $\Psi$ )
- Calcul du module dynamique  $|E^*|$  (MPa) avec :  
 $E^*$  module complexe =  $E1 + E2i = \sigma^* / \epsilon^*$  où :  
 $\epsilon^* = \epsilon e^{i\omega t}$  ;  $\sigma^* = \sigma e^{i\omega t + \phi}$  ;  $|E^*| = (E1^2 + E2^2)^{0.5}$  ;  $\phi = \arctg(E2/E1)$

- $E1$  et  $E2$  fonction :
  - de  $F$ ,  $Z_0$ ,  $\Psi$ ,  $\omega$
  - de la masse de l'éprouvette
  - de la masse de l'équipage mobile entre la tête de l'éprouvette et le capteur de force
  - de facteurs dépendant de la géométrie de l'éprouvette.

déformations imposées



Réalisation dans enceinte thermostatique ventilée  
Possibilité de réalisation avec deux types d'appareillage :

Excentrique

Pot vibrant



confection des éprouvettes

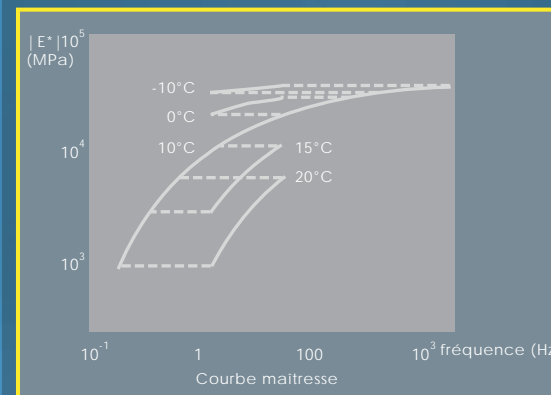


géométrie des éprouvettes

Dimensions en $10^{-3}$ m	Type de mélange		
	D<14	14<D<=20 ou TL<4,5%	20<D<=40
L	56 ± 1	70 ± 1	70 ± 1
l	25 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
e	25 ± 1	25 ± 1	50 ± 1
h	250 ± 1	250 ± 1	250 ± 1

## Module complexe : NF EN 12697-26

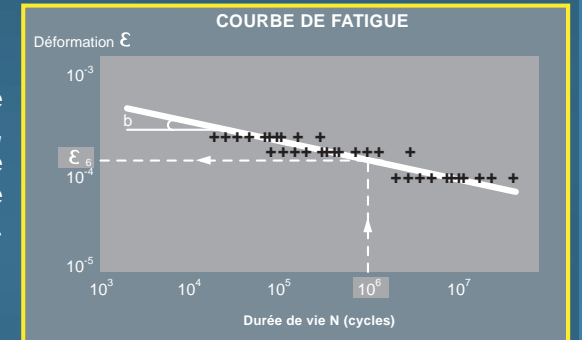
- Flèche imposée conduisant à  $\epsilon \leq 50$  10<sup>-6</sup> pour ne pas fatiguer l'enrobé : essai non destructif.
- Minimum : 4 éprouvettes testées.
- Minimum : 4 températures espacées d'au plus 10 °C.
- Minimum : 3 fréquences régulièrement réparties sur une échelle log avec un rapport minimal de 10 entre les fréquences extrêmes.
- Pour chaque couple (T,f) :
  - sollicitation de l'éprouvette pendant un temps minimal de 30 s et maximal de 2 min
  - mesure de  $F$ ,  $Z_0$ , et  $\Psi$  pendant les 10 dernières secondes de l'essai
  - calcul de  $|E^*|$  et  $\phi$ .
- Obtention de valeurs de module utiles pour des études de dimensionnement ou de vérification effectuées dans des conditions de sollicitation différant des conditions standard (15 °C ; 10 Hz).



## Résistance en fatigue : NF EN 12697-24

- Fréquence : 25 Hz.
- Température : 10 °C.
- Minimum de 3 niveaux de déformation d'amplitude nettement supérieure à celle imposée lors de l'essai de module, de manière à fatiguer l'enrobé, c'est-à-dire provoquer la baisse de son module dans le temps sous l'effet de déformation répétée.
- 6 éprouvettes au minimum testées par niveau.
- Entre 100 et 500 cycles :
  - Calcul de :  
 La force de réaction moyenne = valeur initiale de la force de réaction.  
 La déformation  $\epsilon_i$
  - Mesure du :  
 Déplacement  $Z_i$
- Essai arrêté lorsque le critère de rupture est atteint, soit par définition, lorsque la valeur du module complexe de rigidité ne représente plus que la moitié de sa valeur initiale.

- 1/3 des essais doivent avoir une durée de vie  $\leq$  à 10<sup>6</sup> cycles.
- 1/3 des essais doivent avoir une durée de vie  $\geq$  à 10<sup>6</sup> cycles.
- La droite de fatigue établie en faisant une régression linéaire entre les log décimaux de  $N_i$  et les log décimaux de  $\epsilon_i$  :  
 $\text{Log} N = a + 1/b \text{ Log } \epsilon$   
 avec  $1/b =$  pente de la droite (négative).
- À partir de la formule de la régression, calcul de la déformation relative à 10<sup>6</sup> cycles, notée  $\epsilon_6$ , paramètre fondamental rentrant dans le calcul de dimensionnement.



EXEMPLES DE SPÉCIFICATIONS POUR ENROBÉS

Type d'enrobés	$ E^* $ à (15°C;10Hz) MPa	$\epsilon_6$ à (10°C;25Hz) MPa
BBSG cl2 ou cl3	$\geq 7\ 000$	$\geq 100$
BBA cl3	$\geq 8\ 000$	$\geq 100$
BBME cl3	$\geq 12\ 000$	$\geq 100$
GB cl2	$\geq 9\ 000$	$\geq 80$
GB cl3	$\geq 9\ 000$	$\geq 90$
GB cl4	$\geq 11\ 000$	$\geq 100$
EME cl1	$\geq 14\ 000$	$\geq 100$
EME cl2	$\geq 14\ 000$	$\geq 130$

INFLUENCE DES PARAMÈTRES D'ESSAIS		
Paramètres d'essais	$ E^* $ à (15°C;10Hz) MPa	$\epsilon_6$ à (10°C;25Hz) MPa
Température	↓	↑
Fréquence	↑	-