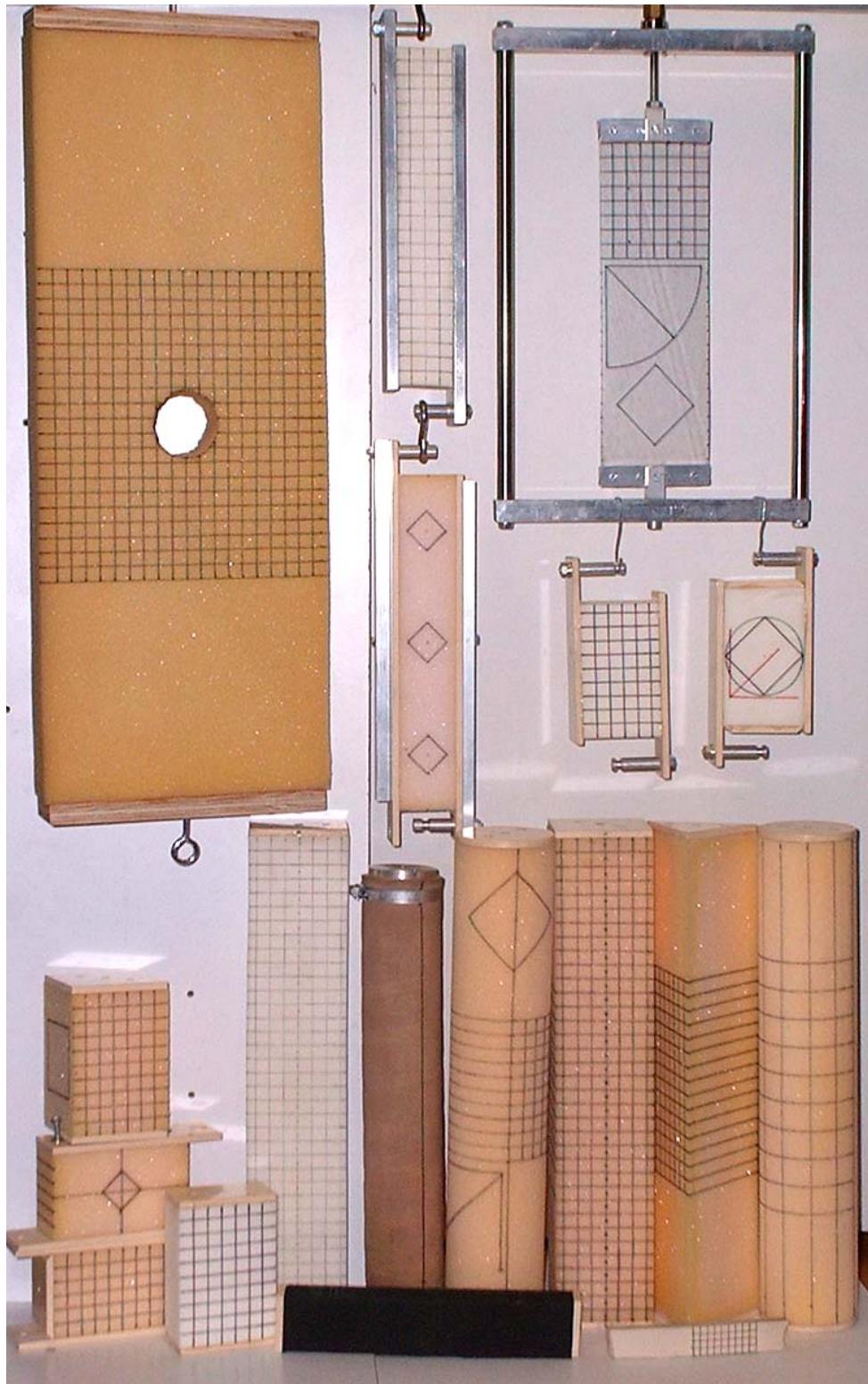


POUTRES EN MOUSSE : « LE RETOUR ! »



La famille mousse au complet

Introduction :

Je vais reprendre et développer ici, les travaux sur les mousses qui avaient été publiés dans le N°40 de la revue Technologie et Formation (janvier février 1992). Le but étant de fournir des TPs « clefs en main » pour illustrer les différentes parties du cours de RDM.

Les mousses qui étaient utilisées depuis très longtemps pour leur aspect qualitatif, seront aussi utilisées ici d'un point de vue quantitatif (relations contraintes/ déformations) dans la mesure du possible.

Le but est de présenter la RDM sous un aspect plus visuel et de faciliter ainsi la formation initiale quelque soit le niveau des élèves concernés.

Rappel des avantages et inconvénients des mousses:

Le principal avantage est d'avoir une déformation de l'ordre de 10% (on peut davantage, mais en perdant la linéarité) ce qui permet de faire de l'extensométrie en utilisant un réglét comme instrument de mesure (coefficient multiplicateur des déformations de 200 à 250 par rapport aux pièces métalliques). Ceci au prix de quelques inconvénients :

- Le « fluage élastique » : la mousse se déformant lentement sous charge constante et ne reprenant que lentement sa forme initiale après déchargement. Ce défaut qui était gênant avec les mousses de polyéther, devient acceptable avec les mousses de polyuréthane dites « résilientes » (ce terme n'a pas ici le sens que nous lui attribuons habituellement).

Remarque :

Cet inconvénient intervient quand on manipule des mousses réelles, mais bien sûr pas sur les TPs figés, les résultats d'essai étant donnés par l'énoncé.

- Les grands déplacements : le problème se pose en flexion où les déplacements modifient le chargement ; il suffit de rechercher les efforts intérieurs dans la position déformée.
- Le comportement élastique « curieux », en effet le module d'élasticité Longitudinal (E) et le coefficient de Poisson (ν) peuvent être 2 fois plus grands en traction qu'en compression (je pense que c'est dû au flambage des parois des alvéoles), ν devient nul en compression pour les grandes déformations (écrasement sans gonflement transversal) il peut atteindre la valeur de 0.7 (en principe $0 < \nu < 0.5$) ce qui veut dire que le volume de la mousse a diminué lors de la traction. En conséquence E_{flexion} est plus petit que E_{traction} mais heureusement il n'y a pas de déplacement notable de l'axe neutre. Par contre il sera impossible d'exploiter les résultats de l'essai de traction + torsion, seul l'aspect qualitatif du dispositif de chargement sera utilisé.

Utilisation pratique :

Si on ne possède pas les mousses, il sera facile de voir la mise en situation sur les photos, puis de faire les mesures sur des calcages ou photos de mousses déformées (TPs figés).

Il est beaucoup plus intéressant de pouvoir manipuler les mousses, ce qui permet de faire des TPs plus complets (ex : relevé de la courbe $N/\Delta l$ en traction) et de voir les problèmes plus concrètement.

Domaines du cours de RDM abordés :

- * Traction simple, principe de Saint Venant (liaison mousse/plaque de chargement), concentrations de contraintes en traction.
- * Cisaillement.
- * Compression simple.
- * Flexion pure , flexion simple, influence des déplacements sur le chargement, flexion déviée, contrainte d'incurvation.
- * Torsion, section circulaire, carrée, triangulaire (importance de l'Hypothèse de Bernouilli)
- * Effet de L'effort tranchant en flexion.
- * Flambement (aspect qualitatif des conditions de liaison aux extrémités).
- * Elasticité plane. Cercle de Mohr des σ et des ε , extensométrie (3 jauges à 45°).
- * Enveloppe cylindrique mince.
- * Instabilités (aspect qualitatif) tube en flexion, torsion, flambement.

Présentation des TPs :

Pour chaque domaine il sera proposé :

- * Une feuille de présentation comportant :
 - Une mise en situation sur un mécanisme réel.
 - Une description de l'expérience, des photos et documents disponibles.
 - Un plan du ou des TPs .
- * Un document de travail comportant :
 - Le modèle du chargement.
 - Le calage ou photo ou développement de la mousse déformée.
- * Un ou des documents réponse, questionnaires et supports des résultats.
- * Un corrigé des documents réponse.
- * Des commentaires et compléments.

Les matériaux utilisés :

Remarque : tout matériau pouvant supporter une déformation de 10% au minimum en restant dans le domaine élastique pourra convenir, c'est pourquoi j'ai essayé certains élastomères et polymères.

La photo « la famille mousse au complet » montre des pièces que j'ai utilisées et/ou essayées.

Les mousses de polyuréthane (roses ou jaunes) ont une masse volumique de 40 kg/m³. Elles existent de 26 à 60 kg/m³ les caractéristiques mécaniques augmentant avec la densité . La « résilience » est bonne pour les roses (Bultex), mais pas toujours pour les autres. Ces mousses jaunissent assez rapidement à la lumière mais sans perdre leur caractéristiques mécaniques.

La mousses de PVC blanche à cellules fermées, mais malheureusement impossible à obtenir en grandes dimensions (épaisseur 60 mm Maxi) et difficile à découper . Elle résiste très bien à la lumière, la surface est lisse sans bulles..

Le caoutchouc mousse (noir , en bas de la photo) est plus dense (96 kg/m³) et plus rigide, mais avec les mêmes défauts et une épaisseur de 40mm au maximum.

Pour éviter les défauts des mousses, le caoutchouc blanc a été essayé (au premier plan à droite sur la photo) mais il est difficile à mettre en œuvre, d'épaisseur 15 mm Maxi, et le collage des plaques de chargement a une mauvaise tenue (boulonnage nécessaire) ; vous l'avez peut être déjà utilisé sous la formeD'une gomme de dessinateur ! Qui constitue une excellente pièce d'essai de compression.

Le caoutchouc naturel non armé (tube épais brun au centre de la photo) mais il nécessite des charges beaucoup plus importantes que les mousses plus le problème de la liaison mécanique aux extrémités. Son comportement élastique est plus normal : relation cohérente entre E, G, et ν .

Le PVC souple qui est un polymère transparent, en haut à droite sur la photo (poutre de traction dans son cadre de chargement métallique) pour utiliser sur un rétroprojecteur.

Le polyéthylène téréphtalate extrudé (bouteille pour liquide alimentaire sous pression).beaucoup plus rigide que les matériaux précédents, utilisé comme enveloppe mince.

Caractéristiques des principaux matériaux essayés :

	Mousse PU40	Mousse PVC	Caoutch mousse	Caoutch naturel	Caoutch blanc	PVC souple	PET
$E_{\text{trac}}(\text{N/cm}^2)$	7,8	14,5	36	160	490	1436	375000
ν_{trac}	0,519	0,58	0,416	0,486	0,446	0,409	0,4
$G(\text{N/cm}^2)$	2,1	4,38	-	52			
$E_{\text{comp}}(\text{N/cm}^2)$	5,1	7,17	14,75				
ν_{comp}	0,357	0,6	0,189				
$\rho(\text{kg/m}^3)$	40	50	96				

PU 40 = Polyuréthane (rose) ; PVC = Polychlorure de vinyle à cellules fermées (blanc)

PET = Polyéthylène téréphtalate extrudé (bouteille pour liquide alimentaire sous pression).