

DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE  
HLME501 — Résistance des matériaux  
Travaux Pratiques

Les comptes-rendus (1 compte-rendu par TP et par groupe) doivent être rédigés pendant la séance.

**Préambule :** L'appréciation de votre travail tiendra compte de la clarté et de la lisibilité de vos réponses aux différentes questions. En particulier, les commentaires et réflexions personnelles sur les résultats obtenus sont d'une grande importance.

---

## Flexion hyperstatique

Objectif : déterminer la flèche d'une poutre droite en flexion pour un problème hyperstatique.

On dispose d'une poutre en alliage d'aluminium soumise à une flexion de la manière suivante (figure 1) :

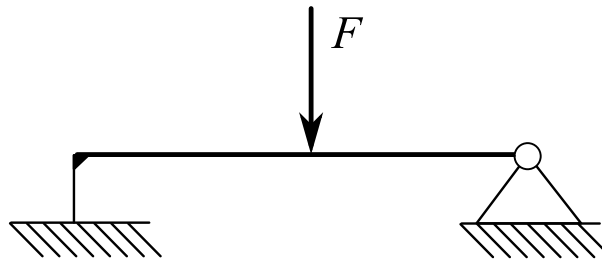


FIGURE 1 – Principe de l'essai

1°) Essai préliminaire sur une poutre isostatique.

En enlevant l'appui sur la droite, et avec un essai de montée en charge puis décharge, en sollicitant la poutre d'abord en son milieu (comme sur la figure précédente), puis en bout, déterminer le module d'Young du matériau constituant la poutre.

2°) Étude expérimentale sur la poutre hyperstatique.

En mettant en place l'appui sur la droite, tracer la courbe : flèche au centre de la poutre en fonction de la charge appliquée au centre de la poutre.

3°) Étude théorique.

Déterminer tous les efforts de liaison (il faut déterminer l'inconnue hyperstatique) puis la flèche au centre de la poutre.

4°) Comparer les résultats expérimentaux et théoriques.

---

## Poutres courbes

Objectif : déterminer les déplacements de certains points d'une poutre courbe en acier S235.

On dispose de deux poutres en arc de cercle, encastées à une extrémité et chargées à l'autre (figure 2).

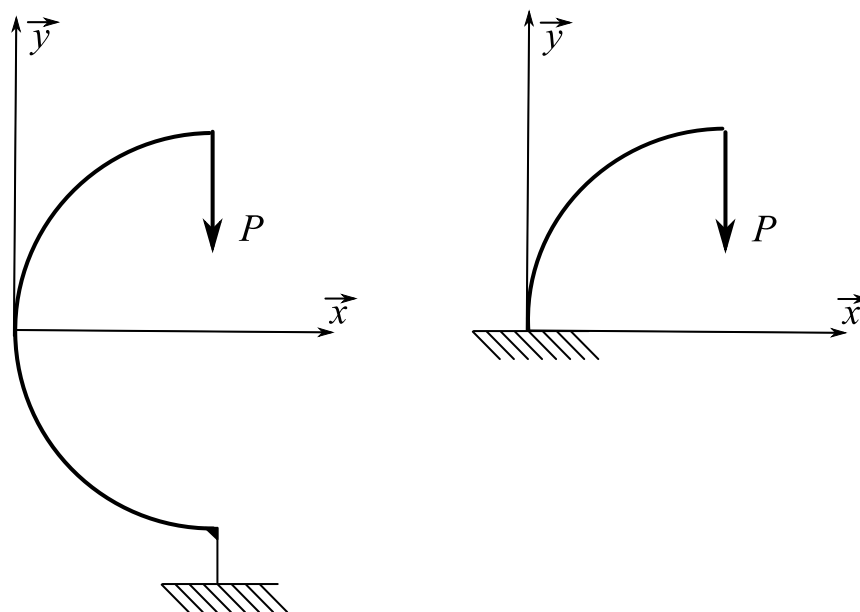


FIGURE 2 – Principe des deux essais

1°) Charger chaque poutre de façon progressive et tracer la courbe des déplacements du point extrémité en fonction de la charge.

**Attention :** la charge maximale est de 0.5 kg pour la poutre en demi-cercle, et 1,2 kg pour celle en quart de cercle!

2°) Étude théorique.

Pour la poutre en quart de cercle, montrer que

$$u_x = \frac{PR^3}{2EI} \quad \text{et} \quad u_y = -\pi \frac{PR^3}{4EI}$$

Pour la poutre en demi-cercle, montrer que

$$u_y = -\pi \frac{PR^3}{2EI}$$

3°) Comparer les résultats expérimentaux et théoriques.

4°) Question subsidiaire : pouvait-on déduire les résultats de la demi-poutre avec ceux de la poutre en quart de cercle (ou réciproquement) ?

Matériau (caractéristiques à 20°C)	masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	module d'Young $E$ (GPa)	coefficient de Poisson $\nu$	limite d'élasticité en traction $\sigma_y$ (ou $R_e$ ) (MPa)	limite de résistance en traction $\sigma_u$ (ou $R_m$ ) (MPa)	ténacité $K_{Ic}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	limite d'endurance $\sigma_D$ (MPa)	conductivité thermique $\lambda$ W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	capacité calorifique $C_p$ (J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	température de fusion $T_f$ (°C)	coefficient de dilatation $\alpha$ (K <sup>-1</sup> ) ( $T_0=20^\circ\text{C}$ )	résistivité électrique $r$ ( $\mu\Omega$ .cm)
Diamant (C)	3500	1000	0,2	3000 (compression 16000)	idem	3,4	(2500)	2000	471	4000	1,18 10 <sup>-6</sup>	très élevée
Or (Au)	19320	80	0,42	100	200	50	(90)	300	130	1065	14,4 10 <sup>-6</sup>	2,2
Uranium	18900	175	0,22	200	400	(120)	(150)	27	116	1132	19 10 <sup>-6</sup>	30
Cuivre (Cu)	8900	120	0,36	150	350	70	100	380	380	1080	16,5 10 <sup>-6</sup>	1,7
Bronze CW460K (alliage de cuivre CuSn8PbP)	8800	110	0,34	200	400	(60)	(150)	60	380	1025	18,5 10 <sup>-6</sup>	16
Laiton CW612N (alliage de cuivre CuZn39Pb2)	8100	100	0,34	100	310	(75)	80	120	380	930	19,8 10 <sup>-6</sup>	6,4
Aluminium EN-AW 1050-O (ex A5)	2700	69	0,33	35	80	(35)	(25)	231	900	650	23,6 10 <sup>-6</sup>	2,8
Alliage d'aluminium EN-AW 2017-T4 (ex AU4G, duralumin)	2800	72	0,32	270	430	(35)	125	134	(880)	640	23,6 10 <sup>-6</sup>	5,15
Corindon (oxyde d'aluminium, dit alumine, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3960	370	0,25	250 (compression 3000)	idem	4	(200)	30	850	2054	7,4 10 <sup>-6</sup>	très élevée
Titane (Ti)	4500	116	0,34	200	300	60	(170)	17	530	1670	8,9 10 <sup>-6</sup>	55,4
Alliage de titane Ti6Al4V (TA6V)	4430	114	0,34	970	1040	(70)	700	6,7	526	1660	8,6 10 <sup>-6</sup>	178
Fer (Fe)	7900	196	0,29	50	300	(130)	x	76,2	440	1535	12,2 10 <sup>-6</sup>	8,9
Acier d'usage général S235 (ex A24)	7900	210	0,25	165	350	x	x	x	x	x	x	x
Acier non allié C35 (ex XC38)	7850	205	0,29	370	590	(100)	(180)	51,9	486	1450	11 10 <sup>-6</sup>	16,3
Acier faiblement allié 30CrNiMo8 (ex 30CND8)	(7800)	(210)	(0,3)	1000	1300	120	550	x	x	x	x	x

Acier 100Cr6 (ex 100C6) (acier à roulement)	7810	210	0,3	590	750	x	(300)	46,6	475	(1500)	$11,6 \cdot 10^{-6}$	21,9
Acier fortement allié Acier inoxydable A316L (X 30 CrNiMo 18-12)	7990	193	0,27	290	560	(200)	(250)	16,2	500	1370	$16 \cdot 10^{-6}$	74
Matériau (caractéristiques à 20°)	masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	module d'Young $E$ (GPa)	coefficient de Poisson $\nu$	limite d'élasticité en traction $\sigma_y$ (ou $R_e$ ) (MPa)	limite de résistance en traction $\sigma_r$ (ou $R_m$ ) (MPa)	ténacité $K_{Ic}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	limite d'endurance $\sigma_D$ (MPa)	conductivité thermique $\lambda$ W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	capacité calorifique $C_p$ (J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	température de fusion $T_f$ (°C)	coefficient de dilatation $\alpha$ (K <sup>-1</sup> ) ( $T_0=20^\circ\text{C}$ )	résistivité électrique $r$ ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )
Inconel 718 (superalliage base Ni)	8190	205	0,3	1100	1375	(130)	(600)	11,4	435	1336	$13 \cdot 10^{-6}$	125
Fonte grise	7150	110	0,26	180	275 (compression 1000)	(15)	100	55	(380)	1377	$12 \cdot 10^{-6}$	75
Fonte à graphite sphéroïdal (EN-GJS-450)	7100	170	0,27	310	450	30	190	35	480	1250	$11 \cdot 10^{-6}$	54
Zamak2 (Z- A4 U3)	6700	(90)	(0,27)	250	285	12,3	59	104,7	418,7	387	$27 \cdot 10^{-6}$	6,4
Plexiglas PMMA (polyméthacrylate de méthyle)	1180	3,2	(0,4)	60	110	1	16	0,19	1500	215 ( $T_g = 120$ )	$80 \cdot 10^{-6}$	très élevée
PVC rigide (polychlorure de vinyle)	1390	2,6	0,35 (souple 0,5)	40	55	(2,7)	(20)	0,16	(1400)	215 ( $T_g = 80$ souple -30)	$70 \cdot 10^{-6}$	très élevée
Téflon PTFE (polytétrafluoréthylène)	2160	0,55	0,4	20	30	1,3	7	0,45	1000	330 ( $T_g = 123$ )	$150 \cdot 10^{-6}$	très élevée
Béton (densité moyenne)	2400	21	0,15	2 (compression 25)	idem	0,4	(1,2)	1,6	1000	> 900	$8,5 \cdot 10^{-6}$	très élevée
Granit	2600	60	0,27	30 (compression 2500)	idem	1,5	(24)	2,8	850	(1400)	$13 \cdot 10^{-6}$	très élevée

Pin sylvestre (humidité 12%) sens des fibres sens transverse	400	9,8	0,4	(30)	(50)	(3)	(15)	(0,2)	1700	$x$ ( $T_g = 90$ )	(6 10 <sup>5</sup> )	très élevée
		1	0,6									

**Remarques importantes:** les valeurs données dans le tableau correspondent à une valeur moyenne pour chaque type de matériau. Ces valeurs peuvent énormément varier (en particulier la limite d'élasticité, la limite de résistance en traction, la ténacité et la limite d'endurance) suivant le procédé d'obtention et les traitements subits. Les valeurs entre parenthèse ne correspondent qu'à une estimation et pas à une mesure effective. La mention « très élevée » pour la résistivité électrique indique des valeurs de  $r$  supérieures à 10<sup>10</sup> μΩ.cm.

Désignation: anciennes normes NF A 02-205 et suivantes, nouvelles normes NF EN 10-020 et suivantes

Caractéristiques d'après:

J. Lemaître et J.-L. Chaboche, *Mécanique des matériaux solides*, Dunod, 1988 ; M.F. Ashby et D.R.H. Jones, *Matériaux*, Dunod, 1996 ; J.-P. Troignon et coll., *Précis de Matières Plastiques*, Nathan, 1997 ; D. Guitard, *Mécanique du matériau bois et composites*, Cépadués éditions, 1987.

Sites internet : [www.matweb.com](http://www.matweb.com), [www.steelforge.com](http://www.steelforge.com), [www.copper.org](http://www.copper.org), [www.funmak.com/ZAMAK/zamak\\_prop.htm](http://www.funmak.com/ZAMAK/zamak_prop.htm) et logiciel *CES Selector* (Granta Limited Design).