

## PARTIEL MC 51 du 18/4/2007

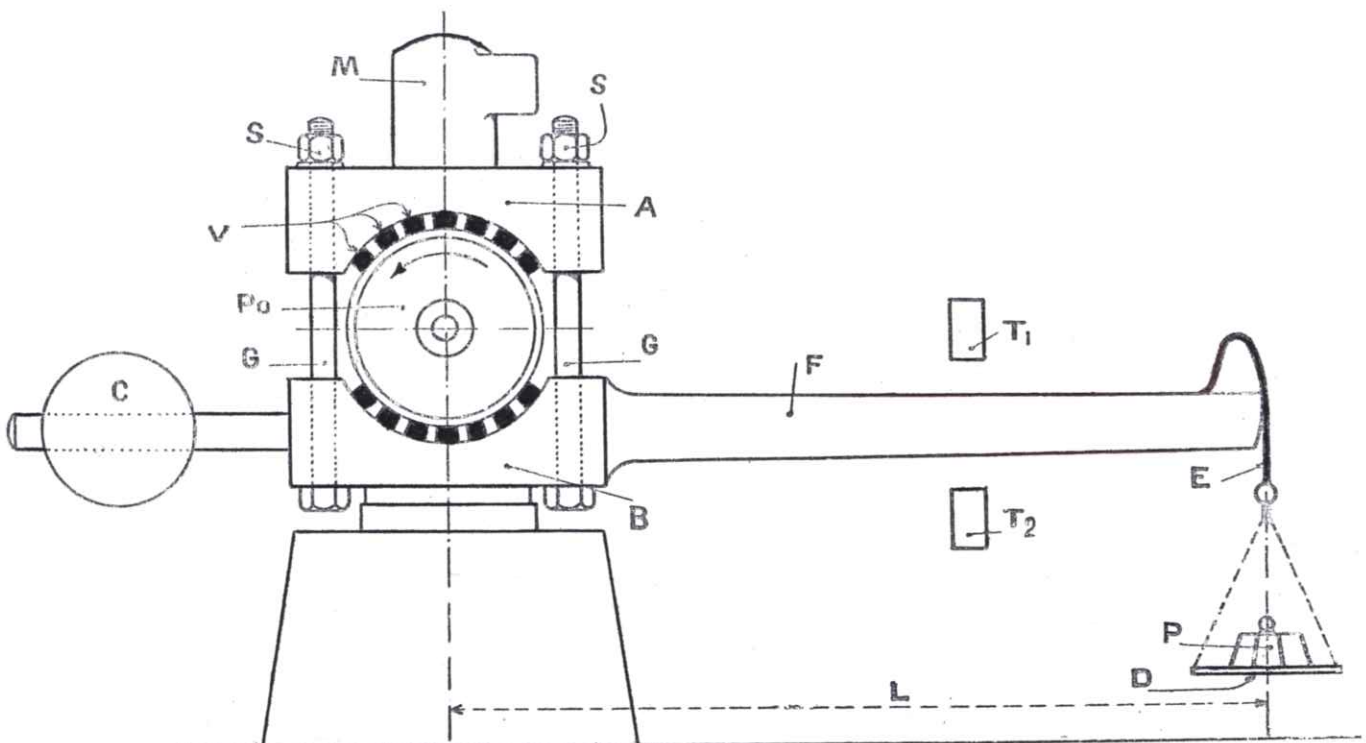
### MESURE DE LA PUISSANCE D'UN MOTEUR THERMIQUE

La puissance d'un moteur thermique et son couple sont fonction de sa vitesse de rotation. Il est important de connaître la valeur maximale de chacun afin d'optimiser les rapports de la boîte de vitesses montée avec ce moteur. La simple mesure du couple en fonction de la vitesse de rotation permet de déterminer la puissance puisque  $P = C \cdot \omega$ .

#### Mesure du couple moteur avec frein de PRONY.

##### Description.

Le frein de PRONY a longtemps permis de mesurer le couple des machines tournantes notamment des moteurs thermiques. Il se compose d'un bras solide de deux mâchoires **A** et **B** qui viennent frotter sur une poulie fixée en bout de vilebrequin du moteur **M**. A l'aide d'écrous de serrage **S**, on serre plus ou moins les mâchoires sur la poulie **Po**. Pour connaître la variation du couple en fonction du régime moteur, il est nécessaire de réaliser plusieurs essais à différentes vitesses de rotation du moteur. Chaque essai consiste pour une vitesse de rotation imposée du moteur de mettre le bras **F** en équilibre en chargeant plus ou moins le plateau **D** de masses. Le bras est en équilibre lorsqu'il n'appuie ni sur la butée du haut **T<sub>1</sub>** ni sur celle du bas **T<sub>2</sub>**.



### Mode opératoire.

Le poids **P** étant enlevé, les mâchoires serrées, on réalise l'équilibre de l'appareil à l'aide du contrepoids **C**, le moteur à l'arrêt.

Pour la mesure, on met le moteur en marche après avoir desserré les mâchoires du frein. Le moteur tournant à vide a tendance à s'emballer. On presse donc les garnitures **V** solidaires des mâchoires sur la poulie en serrant les écrous **S** jusqu'à ce que le moteur tourne à la vitesse de régime désirée.

Le bras de levier du frein vient se plaquer sur le taquet **T<sub>1</sub>** pendant le serrage.

Le plateau **D** est alors chargé avec des poids **P** jusqu'à ce que le bras de levier se retrouve horizontal en équilibre entre les deux butées (**E** est un ruban d'acier souple).

### Remarques.

Pour qu'il y ait toujours glissement, les surfaces de contact entre mâchoires et poulie doivent être constamment lubrifiées et refroidies. Le frein de PRONY permet d'effectuer des mesures de couple sur des moteurs ne tournant pas trop vite.

### Hypothèses.

Les garnitures sont montées parfaitement symétriques suivant les axes vertical et horizontal et on admet que la répartition de pression entre garnitures et poulie est parfaitement homogène.

a) Isolez le bras **F** avec les mâchoires et précisez les forces qui s'exercent sur cet équipement durant un essai (au niveau des actions poulie sur garnitures ne considérez que les forces résultantes autrement dit considérez les contacts mâchoires/poulie simplement ponctuels et situés sur l'axe vertical).

b) Montrez qu'il n'est pas nécessaire de connaître le coefficient de frottement entre les mâchoires et la poulie pour mesurer le couple.

c) Donnez l'équation du couple moteur en fonction des caractéristiques du dispositif.

d) Montrez que quelle que soit la force de serrage des mâchoires sur la poulie et à condition que le moteur tourne, la mesure du couple est toujours possible.

### **Caractéristiques frein :**

$$f_{\text{garnitures/poulie}} = 0,2$$

$$R_{\text{poulie } P_0} = 400 \text{ mm}$$

$$L_{\text{bras } F} = 1,2 \pm 0,001 \text{ m}$$

$$\text{Masses d'équilibrage} = X \pm 10\text{g}$$

### Mesure de la vitesse angulaire du moteur

Les mesures de couple s'effectuent pour des vitesses de rotation comprises entre 1000 et 4500 trs/min.

e) Proposez une solution pour mesurer la vitesse du moteur.

### Mesure du couple avec un dynamomètre

La mise à l'équilibre du bras étant assez délicate à réaliser, on souhaite utiliser un dynamomètre (capteur de force à grand déplacement) pour accéder à la mesure de l'évolution du couple moteur en fonction de la vitesse.

f) A l'aide d'un schéma simple, montrez comment doit être installé ce dynamomètre par rapport au bras **F** et indiquez les précautions à prendre.

Ce dynamomètre est composé d'un ressort de raideur  $K = 1,2 \pm 0,01$  N/mm couplé à un capteur de déplacement. On souhaite mesurer un couple moteur compris entre 10 et 17 daN.m.

g) Quelle doit être l'étendue de mesure du capteur de déplacement ? Quel type de capteur de déplacement préconisez-vous ? Justifiez votre choix.

h) En supposant que l'incertitude du capteur de déplacement soit de  $\pm 0,1$  mm, calculez l'incertitude sur la valeur du couple moteur.

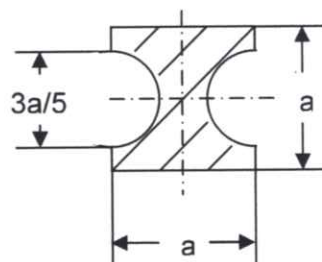
### Mesure avec une poutre en flexion

La solution avec dynamomètre présente un léger défaut de linéarité aussi envisage-t-on utiliser une petite poutre en flexion sur laquelle seront collées deux jauges de déformations. On ne peut coller ces jauges directement sur le bras de levier **F** car celui-ci est de trop forte section et ne permettrait pas d'avoir des déformations suffisantes.

### Caractéristiques de la poutre en flexion :

Longueur poutre = 100 mm      distance jauge/encastrement = 30 mm  
 $E_{\text{poutre}} = 21000$  daN/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{\text{é}} = 45$  daN/mm<sup>2</sup>

Section poutre (constante):



### Caractéristiques des jauges :

$R = 120 \Omega$        $\varepsilon_{\text{max}} = 2 \cdot 10^{-3}$

i) Précisez comment pourrait être installée cette poutre sollicitée en flexion par le bras du frein et comment la protéger d'éventuelles surcharges.

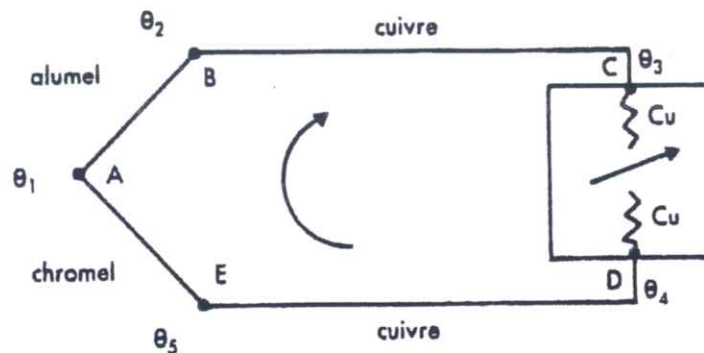
j) Recherchez l'expression de la dimension  $a$  (voir section poutre) en fonction des caractéristiques du dispositif et notamment du couple à mesurer.

k) Calculez la valeur minimale de  $a$  pour la mesure d'un couple moteur maximal de 25 daN.m sans endommagement de la jauge ni de la poutre.

l) Proposez une solution très simple permettant de générer un couple précis quand on dispose d'une masse étalon. Expliquez comment adapter cette solution à l'appareil de mesure de couple type frein de PRONY et décrivez la procédure d'étalonnage qui permettrait de vérifier que le couple déduit à partir de la déformation des jauges correspond bien au couple résistant moteur.

## MESURE DE TEMPERATURE AVEC THERMOCOUPLE.

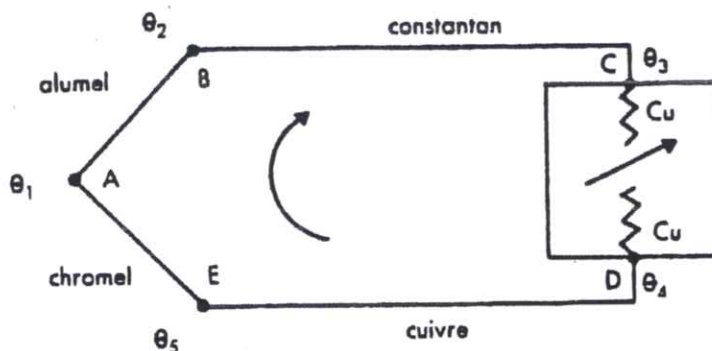
A partir du montage suivant composé d'un thermocouple de type K, on effectue une première mesure connaissant très précisément la température  $\theta_1$  égale à  $100^\circ\text{C}$  avec  $\theta_2 = \theta_5$  et  $\theta_3 = \theta_4$ . La f.é.m. mesurée par l'appareil est égale à  $3,216\text{ mV}$ .



En conservant rigoureusement le même montage, on effectue alors une seconde mesure de température inconnue  $\theta'_1$ . La nouvelle f.é.m. est alors de  $10,625\text{ mV}$ .

- Indiquez où se situe dans les deux cas la température de référence. Déterminez sa valeur.
- Déterminez la température  $\theta'_1$ .

Les fils de cuivre entre le thermocouple et l'appareil de mesure sont remplacés par des fils de compensation adaptés au thermocouple.



- Précisez, dans ce nouveau montage, les conditions à respecter pour mesurer correctement la température au point A.

Les températures  $\theta_1, \theta_2, \theta_5$  n'ont pas changé par rapport au premier montage et on sait que  $\theta_3 = \theta_4 = 5\theta_2/4$

- Déterminez la valeur de la f.é.m. mesurée dans le circuit.
- Déterminez la température  $\theta''_1$  lorsque la f.é.m. vaut  $18,963\text{ mV}$ .

# Tables de Référence Internationales pour Thermocouples au NICKEL-CHROME/NICKEL-ALUMINIUM

## Jonction de Référence à 0°C

C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6458	-6444	-6446	-6448	-6450	-6452	-6453	-6455	-6456	-6457
-260	-6404	-6408	-6413	-6417	-6421	-6425	-6429	-6432	-6435	-6438
-250	-6344	-6351	-6358	-6364	-6371	-6377	-6382	-6388	-6394	-6399
-240	-6282	-6271	-6280	-6289	-6297	-6306	-6314	-6322	-6329	-6337
-230	-6158	-6170	-6181	-6192	-6202	-6213	-6223	-6233	-6243	-6253
-220	-6035	-6048	-6061	-6074	-6087	-6101	-6114	-6128	-6141	-6154
-210	-5891	-5907	-5922	-5936	-5951	-5965	-5980	-5994	-6007	-6021
-200	-5730	-5747	-5763	-5780	-5796	-5813	-5829	-5845	-5860	-5876
-190	-5550	-5569	-5587	-5606	-5624	-5642	-5660	-5678	-5695	-5712
-180	-5354	-5374	-5394	-5414	-5434	-5454	-5474	-5493	-5512	-5531
-170	-5141	-5163	-5185	-5207	-5228	-5249	-5271	-5292	-5313	-5333
-160	-4912	-4936	-4959	-4983	-5006	-5029	-5051	-5074	-5097	-5119
-150	-4669	-4694	-4719	-4743	-4768	-4792	-4817	-4841	-4865	-4889
-140	-4410	-4437	-4463	-4489	-4515	-4541	-4567	-4593	-4618	-4644
-130	-4138	-4166	-4193	-4221	-4248	-4276	-4303	-4330	-4358	-4384
-120	-3852	-3881	-3910	-3939	-3968	-3997	-4025	-4053	-4082	-4110
-110	-3553	-3584	-3614	-3644	-3674	-3704	-3734	-3764	-3793	-3823
-100	-3242	-3274	-3305	-3337	-3368	-3399	-3430	-3461	-3492	-3523
-90	-2920	-2953	-2985	-3018	-3050	-3082	-3115	-3147	-3179	-3211
-80	-2586	-2620	-2654	-2687	-2721	-2754	-2788	-2821	-2854	-2887
-70	-2243	-2277	-2312	-2347	-2381	-2416	-2450	-2484	-2518	-2552
-60	-1889	-1925	-1961	-1996	-2032	-2067	-2102	-2137	-2173	-2208
-50	-1527	-1563	-1600	-1636	-1673	-1709	-1745	-1781	-1817	-1853
-40	-1156	-1193	-1231	-1268	-1305	-1342	-1379	-1416	-1453	-1490
-30	-777	-816	-854	-892	-930	-968	-1005	-1043	-1081	-1118
-20	-392	-431	-469	-508	-547	-585	-624	-662	-701	-739
-10	0	-39	-79	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353
0	0	39	79	119	158	198	238	277	317	357
10	397	437	477	517	557	597	637	677	717	758
20	798	838	879	919	960	1000	1041	1081	1122	1162
30	1203	1244	1285	1325	1366	1407	1448	1489	1529	1570
40	1611	1652	1693	1734	1776	1817	1858	1899	1940	1981
50	2022	2064	2105	2146	2188	2229	2270	2312	2353	2394
60	2436	2477	2519	2560	2601	2643	2684	2726	2767	2809
70	2850	2892	2933	2975	3016	3058	3100	3141	3183	3224
80	3266	3307	3349	3390	3432	3473	3515	3556	3598	3639
90	3681	3722	3764	3805	3847	3888	3930	3971	4012	4054
100	4095	4137	4178	4219	4261	4302	4343	4384	4426	4467
110	4508	4549	4590	4632	4673	4714	4755	4796	4837	4878
120	4919	4960	5001	5042	5083	5124	5164	5205	5246	5287
130	5327	5368	5409	5450	5490	5531	5571	5612	5652	5693
140	5733	5774	5815	5855	5895	5936	5976	6016	6057	6097
150	6137	6177	6218	6258	6298	6338	6378	6419	6459	6499
160	6539	6579	6619	6659	6699	6739	6779	6819	6859	6899
170	6939	6979	7019	7059	7099	7139	7179	7219	7259	7299
180	7338	7378	7418	7458	7498	7538	7578	7618	7658	7697
190	7737	7777	7817	7857	7897	7937	7977	8017	8057	8097
200	8137	8177	8216	8256	8296	8336	8376	8416	8456	8497
210	8537	8577	8617	8657	8697	8737	8777	8817	8857	8898
220	8938	8978	9018	9058	9099	9139	9179	9220	9260	9300
230	9341	9381	9421	9462	9502	9543	9583	9624	9664	9705
240	9745	9786	9826	9867	9907	9948	9989	10029	10070	10111
250	10151	10192	10233	10274	10315	10355	10396	10437	10478	10519
260	10560	10600	10641	10682	10723	10764	10805	10846	10887	10928
270	10969	11010	11051	11092	11134	11175	11216	11257	11298	11339
280	11381	11422	11463	11504	11546	11587	11628	11669	11711	11752
290	11793	11835	11876	11918	11959	12000	12042	12083	12125	12166

FEM absolue du thermocouple, en microvolts

FEM absolue du thermocouple, en microvolts

