Mesures des pressions.
Utilisation d'un cathétomètre de précision.
Etalonnage d'un capteur de pression.

I Travail préliminaire

Pour calculer la pression 15 mètres au-dessus de notre niveau de référence, commençons par calculer la pression atmosphérique au niveau ou nous la mesurons.

On a : $P = \rho\ g\ h$

- Regardons d'abord l'effet de la température sur la mesure de h :

$\Delta h/h = \alpha\ (t - 20) = 9.9\ 10^{-6}$

$\underline{h = h_{sup} - h_{inf} = 759.68mm}$ et donc $\Delta h = 7.52\ 10^{-3}$ mm

- L'erreur de lecture est $\Delta h = 0.02$ mm

d'ou $\underline{\Delta h_{total} = 2.752\ 10^{-2}\ mm}$ $\underline{\Delta h_{total}/h = 3.622\ 10^{-5}}$

- Calculons ensuite la valeur de g au niveau de la mesure :

La latitude du CNAM est 48°52'12'', soit Φ = 48,87°,

d'ou $g_{cnam\ à\ 0m} = 980.616\ (1- 2.637\ 10^{-3} \cos 2\Phi + 5.9\ 10^{-6} \cos^2 2\Phi\ )$

$g_{cnam\ à\ 0m} = 980.959\ cm/s^2$

on a donc $g_{cnam\ à\ 40m} = g_{cnam\ à\ 0m} - 3.86\ 10^{-4}$ altitude

$\underline{g_{cnam\ à\ 40m} = 980.95\ cm/s^2}$

- Il nous faut ensuite calculer la masse volumique du mercure dans les conditions de la mesure.

On a : $\rho = \rho 0 / [(1 + A\ \Delta t + B\ \Delta t^2)(1 - X\ (p/2 - p_0))]$

$\rho = 13545.87/ [(1 + 1.81\ 10^{-4}\ 3.3 + 0.8\ 10^{-8}\ 3.3^2) (1 - 4\ 10^{-11}\ (p/2 - p_0))]$

p étant proche de p_0, on approximera le terme $(p/2 - p_0)$ par $p_0/2$

$\rho = 13537.80\ kg/m^3$ avec $\Delta\rho\ /\rho = 0.5\ 10^{-6}$

- Regardons ensuite la correction due aux ménisques, on trouve :

$\Delta p = 0.07\ \ \Delta h = 0.07$ mmHg pour le ménisque supérieur

et $\Delta p = -0.091$ mmHg pour le ménisque inférieur.

soit, $\underline{\Delta p = -2.8\ Pa}$ de correction à faire sur la mesure de P_0

On a donc finalement : $P_0 = \rho\ \ g\ \ h\ + \Delta p$

$\underline{P_0 = 100882\ Pa}$

d'ou la pression 15 mètres au dessus : $P = P_0 - \rho_{air}\ g\ \Delta H$

$\underline{P = 100705.7\ Pa}$

Comme on a $\Delta P/P = \Delta\rho\ /\rho + \Delta h_{total}/h$

$\Delta P/P = 3.67\ 10^{-5}$ et donc $\underline{\Delta P = 3.7\ Pa}$

II Partie expérimentale.

1) Zéro du manomètre

Après avoir fait le vide dans les deux branches du manomètre, on trouve comme valeur de zéro
sur la branche haute pression : 399.5 mm pour le haut du ménisque
398.7 mm pour le bas
d'ou H (hp) = 399.1 mm et Δh = -0.8 mm
basse pression : 399.5 mm pour le haut
397.7 mm pour le bas
d'ou H (bp) = 398.6 mm et Δh = 1.8 mm

on a donc une erreur de zéro $\delta h = H(bp) - H(hp) = -0.5$ mm

2) Mesure de la pression atmosphérique

Après avoir réaliser l'entrée d'air dans la branche HP du manomètre, on trouve :
Sur la BP, en bas 771.1 mm
en haut 771.5 mm d'ou H bp = 771.3 mm

Sur la HP, en bas 22.45 mm
en haut 24.65 mm d'ou H hp = 23.55 mm

on a donc $\underline{\Delta H = H\ bp - H\ hp - \delta h = 748.25\ mm}$

La température de la pièce étant de 20.5°C, on a un facteur de dilatation de la régle de 1.5 10^{-6} que l'on négligera devant l'erreur de lecture, d'ou :

$$\delta h / \Delta h = 0.02 / 748.25 = 2.7\ 10^{-5}$$

Lors des mesures, on trouve $V_\theta = 108.524$ mV, d'ou $\theta_{Hg} = 21.88$°C

comme les termes X (p/2-p_0) et B Δt^2 sont très petit devant 1, on en déduit

$$\underline{\rho = 13541\ kg/m3}$$

et on a toujours $\Delta\rho / \rho = 0.5\ 10^{-6}$

connaissant $g_{cnam\ à\ 0m}$, on calcule $\underline{g_{cnam\ à\ 30.5m} = 980.95\ cm/s^2}$

On peut donc calculer $P = \rho\ g_{cnam\ à\ 30.5m}\ \Delta H$

$P = 99385$ Pa

que l'on corrige de $\Delta P = (\Delta Hbp - \Delta Hhp)*0.07 = -0.098$ mmHg = - 13 Pa

On a donc, Patm = 99372 Pa

Avec $\Delta P/P = \Delta\rho/\rho + \delta h/\Delta h = 2.8\ 10^{-5}$ d'ou $\Delta P = 3$ Pa

Pour cette pression, la mesure du zéro du capteur nous donne $\underline{V_0 = -0.5038\ mV}$

3) Etalonnage du capteur de pression

a) Mesures

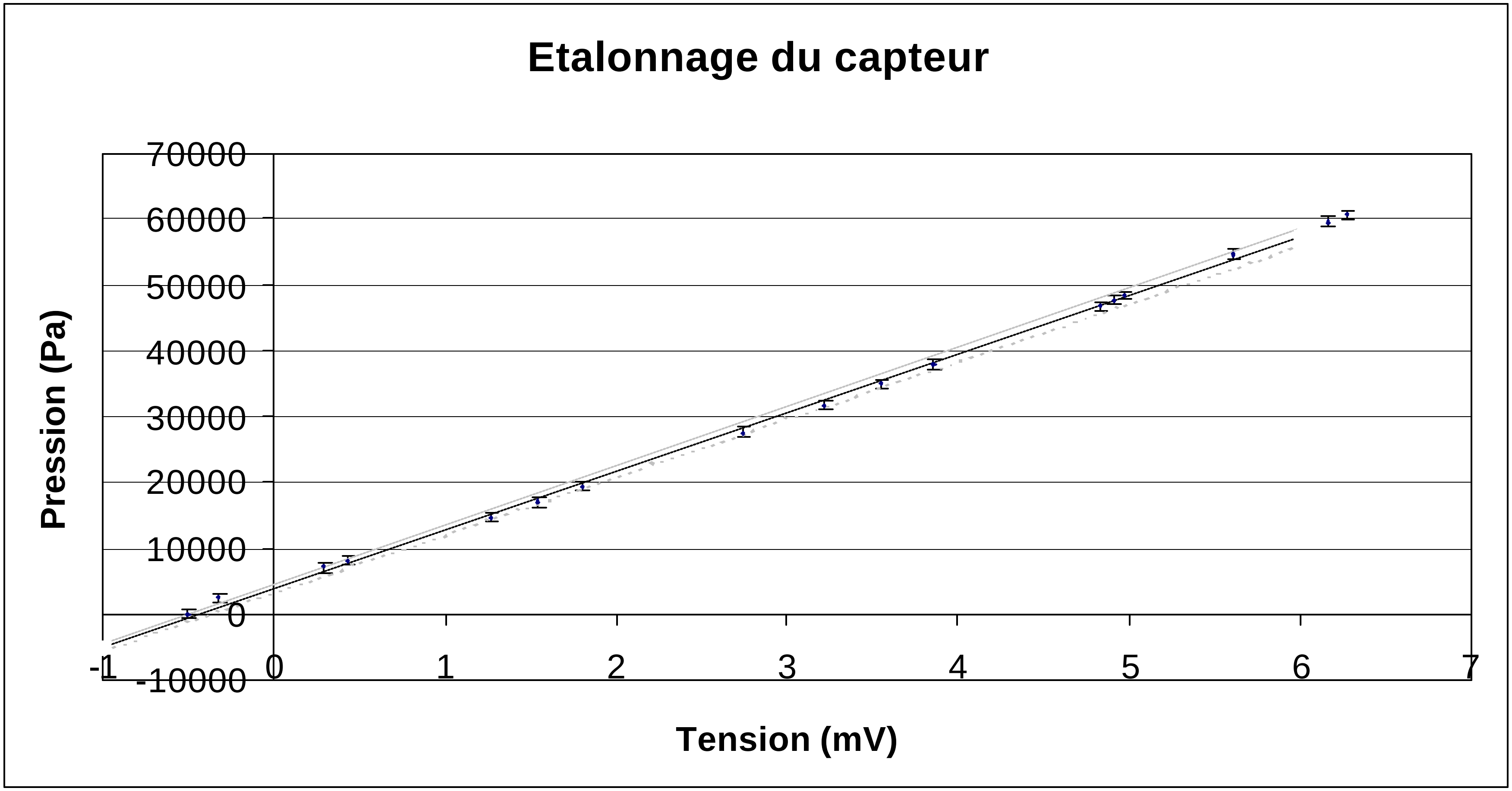
Après avoir mis la branche BP à la pression atmosphérique, on réalise 4 séries de mesures, 2 en faisant croître la pression dans la branche HP et 2 en la faisant décroître petit à petit.

On réalise les mesures de la même manière que précédemment afin d'obtenir pour chaque valeur de ΔP une valeur de ΔV.

On obtient le tableau suivant :

	HP			BP			DeltaH	Erreur de zéro	DeltaH/1000	**Jauge (mV)**	T° (°c)	Valeurs de ro	**Pression**
	Bas	Haut	Moy	bas	haut	Moy		+0.5					
PA + vide	22,45	24,65	23,55	771,1	771,5	771,3	747,75	748,25	0,74825	**-0,5038**	22,32	13540,31	
1	216,3	217	216,65	580,8	581,6	581,2	364,55	365,05	0,36505	**4,9715**	22,25	13540,49	**48487,91**
2	267,6	268,2	267,9	529,55	530,2	529,875	261,975	262,475	0,262475	**3,552**	22,35	13540,24	**34862,71**
3	335,2	335,65	335,425	462,25	462,95	462,6	127,175	127,675	0,127675	**1,5464**	22,31	13540,34	**16958,3**
4	368,6	369,4	369	428,3	429,3	428,8	59,8	60,3	0,0603	**0,4306**	22,35	13540,24	**8009,226**
5	389,5	390,6	390,05	406,4	408	407,2	17,15	17,65	0,01765	**-0,317**		13595,21	**2353,844**
1	326,4	327,1	326,75	470,9	471,6	471,25	144,5	145	0,145	**1,8002**	22,23	13540,53	**19259,75**
2	295,3	296	295,65	502,3	503,3	502,8	207,15	207,65	0,20765	**2,7405**	22,25	13540,49	**27581,19**
3	255,9	256,6	256,25	541,3	541,7	541,5	285,25	285,75	0,28575	**3,861**	22,16	13540,71	**37955,47**
4	192,9	193,5	193,2	603,7	604,3	604	410,8	411,3	0,4113	**5,6149**	22,16	13540,71	**54631,97**
1	170,4	171,7	171,05	626,2	626,1	626,15	455,1	455,6	0,4556	**6,2765**	22	13541,1	**60517,99**
2	223,05	223,3	223,175	574,4	575,25	574,825	351,65	352,15	0,35215	**4,831**	22,21	13540,58	**46774,8**
3	279,15	279,7	279,425	517,7	518,4	518,05	238,625	239,125	0,239125	**3,2244**	22,31	13540,34	**31761,53**
4	343,75	344,3	344,025	453,3	454,05	453,675	109,65	110,15	0,11015	**1,2706**	22,33	13540,29	**14630,51**
1	372,4	373,1	372,75	424,2	425,5	424,85	52,1	52,6	0,0526	**0,2912**	22,19	13540,63	**6986,692**
2	256,2	256,9	256,55	541	541,35	541,175	284,625	285,125	0,285125	**3,858**	22,11	13540,83	**37872,8**
3	219,2	220,1	219,65	578,5	578,4	578,45	358,8	359,3	0,3593	**4,9075**	22,13	13540,78	**47725,2**
4	173,9	174,6	174,25	622,6	622,8	622,7	448,45	448,95	0,44895	**6,166**	22,08	13540,9	**59633,79**

De ces mesures, on peut tracer le graphe suivant,



b) Analyse des résultats

On peut constater sur ce graphe que la courbe d'étalonnage de ce capteur est linéaire dans la gamme de différentielle de pression observée (0 à 60000 Pa).
Des données expérimentales, on peut déduire les caractéristiques de la droite de régression linéaires ainsi que l'erreur type sur cette régression linéaire :

$$S_{y-x} = [(1/ (n(n-2))) (n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 - (n\Sigma xy - \Sigma x\Sigma y)^2 / (n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)]^{1/2}$$

$\underline{S_{y-x} = 680 \text{ Pa}}$

Et l'équation de la droite de régression linéaire est :

<u>Pression (Pa) = 8917 x Tension (mV) + 3879</u>

Calcul de l'incertitude sur la pente de la droite :

L'erreur sur le calcul de la pression dans la plage observée nous donne :	$\Delta P/P = S_{y-x} / (Pmax - Pmin) = 0.011$
En estimant l'erreur de lecture sur la tension à +/-0.01 mV, on a :	$\Delta V/V = 0.002 / (Vmax - Vmin) = 0.001$
D'ou l'incertitude sur la pente :	$\Delta A/A = \Delta P/P + \Delta V/V = 0.012$

Et donc, comme A = 8917 Pa / mV

<u>ΔA = 107 Pa / mV</u>

De ces valeurs, on déduira les équations des deux droites délimitant la « zone d'erreur » autour de la droite de régression linéaire :

Y = 9024 X + 4605

Et Y = 8812 X + 3153