

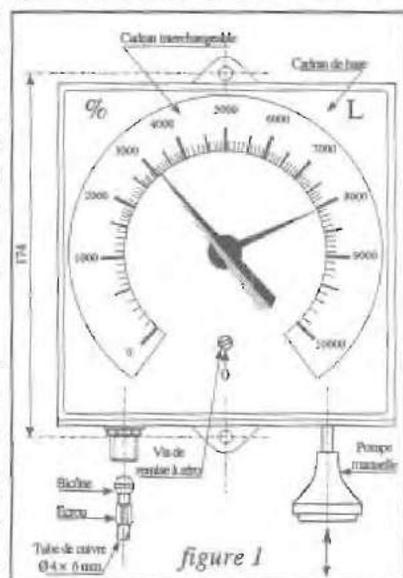
CONSTRUIRE UNE JAUGE INDÉRÉGLABLE

Daniel Mansion
Nice

Il y a, dans ma résidence, comme partout, une jauge pour la cuve à mazout. La jauge d'origine est de type pneumatique à manomètre (figure 1). Elle fonctionne sur le principe suivant : en actionnant la pompe à ressort, disposée sous le boîtier, on crée une pression d'air qui chasse le mazout contenu dans la canne plongée dans la cuve. Cette pression P est proportionnelle à la hauteur h de mazout dans la cuve et à la densité d du mazout :

$$P = h \times d.$$

Cette pression est transmise par une canalisation jusqu'au manomètre dont le cadran est gradué en pourcentage de hauteur de mazout. Pour obtenir directement la lecture de la quantité de mazout restant dans la cuve, le constructeur a placé, devant ce cadran,



un cadran interchangeable gradué en litres. Le maximum de lecture correspond à la capacité de la cuve, soit ici 10 000 litres. Le rapport entre les deux cadrans n'est pas linéaire, vu que la section de la cuve est circulaire.

En pratique le manomètre se dérègle et nécessite des réglages périodiques, à l'aide d'étalons. Pour le zéro, c'est facile, mais pour le maximum, on n'est jamais sûr. D'où la nécessité d'une jauge indérèglable.

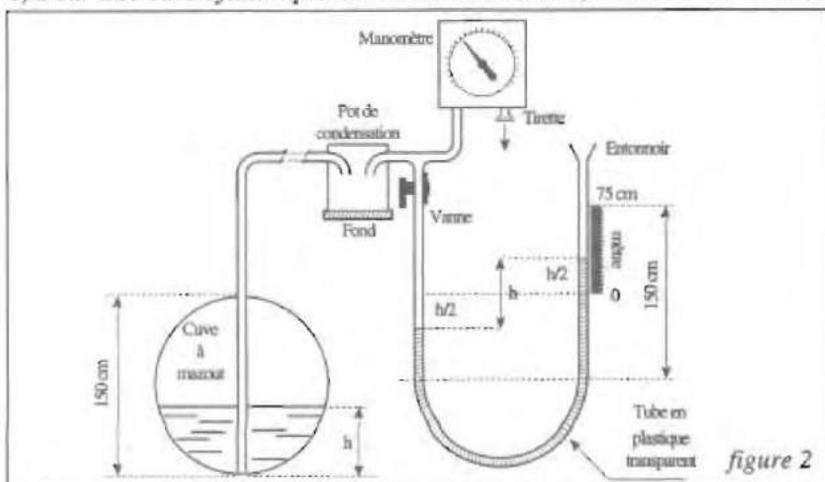
Principe de la jauge indérèglable. (figure 2)

Cette jauge est constituée par un tube en plastique transparent, replié en U. Il est rempli de mazout de la même origine et de la même densité que celui de la cuve. Ce tube est relié, d'un côté à une vanne branchée en dérivation sur la canalisation du manomètre précédent et, de l'autre côté, à un entonnoir facilitant son remplissage, donc ouvert à l'air libre.

a) Lorsque la pression est nulle (par exemple en dévissant le fond du pot de condensation), le niveau du mazout est le même dans les deux branches du tube en plastique en U. On repère ce niveau sur la branche de droite à côté de laquelle on a fixé un ruban de mètre métallique. La graduation 0 de ce ruban correspond à ce niveau.

b) Après avoir refermé le fond du pot de condensation on active la tirette de la pompe du manomètre. Le niveau de mazout baisse d'une hauteur $h/2$ dans la branche de gauche sous l'effet de la pression, et monte dans la branche de droite de la même hauteur $h/2$. Donc l'écart entre les niveaux du mazout dans les deux branches du U est h . Cet écart représente la hauteur du mazout dans la cuve.

c) Pour une cuve cylindrique de 150 cm de diamètre, il suffit d'un ruban de



Bulletin APMEP - n° 403 - Avril-Mai 1996

75 cm fixé à côté de la branche droite du U. On obtient la hauteur h du mazout dans la cuve en multipliant par 2 la hauteur $h/2$ lue sur le ruban métallique.

d) La relation entre le volume V restant dans la cuve et la hauteur h du mazout dépend de la forme de la cuve, et c'est surtout là qu'interviennent les mathématiques. Pour une section circulaire, on calcule la courbe théorique de la figure 4, comme l'indique la suite.

Lien théorique entre hauteur et volume de mazout

Si L désigne la longueur de la cuve cylindrique (supposée à fond plat), h la hauteur du mazout restant dans la cuve, R le rayon intérieur de celle-ci, S l'aire hachurée, comme $V = L \times S$, nous choisissons de faire le lien graphique entre S et h , ou plutôt, pour pouvoir le généraliser à d'autres cuves,

entre $\frac{S}{R^2}$ et $\frac{h}{R}$.

• Calcul de $\frac{h}{R}$

Que la cuve soit remplie à moins ou à plus de la moitié, on a toujours:

$$\frac{h}{R} = 1 - \cos \alpha$$

• Calcul de $\frac{S}{R^2}$:

De même, on a toujours

$$\frac{S}{R^2} = \alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha.$$

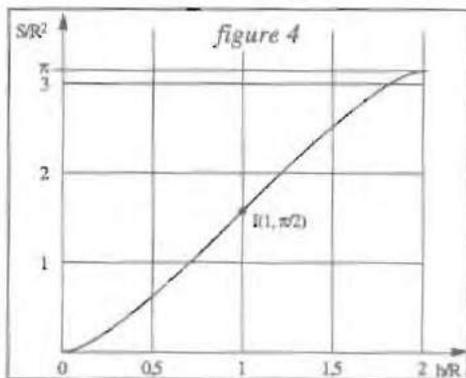
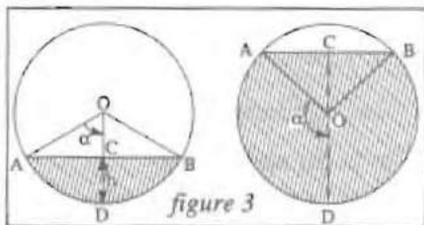
• Représentation graphique :

La courbe d'équations paramétriques

$$\begin{cases} x(\alpha) = 1 - \cos \alpha \\ y(\alpha) = \alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha \end{cases} \text{ pour } 0 \leq \alpha \leq \pi.$$

présente une symétrie de centre I de coordonnées $(1, \pi/2)$ et se trace aisément sur écran graphique.

Elle permet de lire $\frac{S}{R^2}$, donc de connaître V , pour toute valeur de $\frac{h}{R}$.



La cuve de mon immeuble.

Elle contient 10 000 litres, et son diamètre intérieur est 1,50 m. D'après ce qui précède :

$V = R^2 \cdot y(\alpha) \cdot L$ avec $L = \frac{10\,000}{\pi R^2}$, donc $V = \frac{10\,000}{\pi} y(\alpha)$, ce qui donne, par

exemple avec une calculatrice capable de construire un tableau de valeurs :

h (dm)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
V (l)	0	103	286	520	792	1095	1424	1773	2140	2523

h (dm)	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
V (l)	2918	3323	3735	4153	4576	5000	5425	5847	6265	6677

h (dm)	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5
V (l)	7082	7477	7859	8227	8576	8905	9207	9479	9713	9898

h (dm)	15
V (l)	10000

Les mathématiques permettent donc un étalonnage "théorique".

L'avis du spécialiste

Dans la pratique, il est inutile de faire tous ces calculs. Il suffit de profiter du nettoyage de la cuve à mazout pour noter les hauteurs $h/2$ tous les 1000 litres de mazout lors du remplissage. A cet effet, on demande au livreur d'arrêter le remplissage tous les 1000 litres et de noter $h/2$. On obtient une courbe semblable à celle de la figure 4, mais plus exacte, car elle tient compte des fonds bombés de la cuve.

On peut refaire le zéro en dévissant le fond du pot de condensation, et en faisant coulisser légèrement le tuyau plastique transparent dans ses supports, jusqu'à ce que le niveau du mazout dans le tuyau soit en face du zéro du ruban de mètre métallique fixé au mur.

Pour ce qui est de la construction de la jauge elle-même, sur une installation comportant déjà un manomètre à pompe - car celle-ci est utilisée pour refouler l'air dans le tuyau trempant dans la cuve - le coût a été, fin 1989, inférieur à 500 F. Cette jauge a été inaugurée le jeudi 7 septembre 1989 et fonctionne aujourd'hui encore parfaitement.

Elle n'est pas brevetable, car ce n'est qu'une application de la théorie des vases communicants, mais son principe même la rend indéréglable, ce qui n'est pas sa moindre qualité.