

Un abaque des essais grisoumétriques

PAR LA

Méthode de la limite d'inflammabilité

PAR

ALEX. DUPRET

Ingénieur des Mines, à Mons

Le principe de la méthode consiste dans la recherche des proportions d'un mélange d'air grisouteux et d'un gaz inflammable auxiliaire (le plus souvent du gaz d'éclairage), proportions telles que le mélange atteigne la limite inférieure d'inflammabilité. L'essai se fait directement dans une burette graduée. Supposons que 100 centimètres cubes du mélange, à limite inférieure, comportent n centimètres cubes de gaz auxiliaire et $100 - n$ centimètres cubes d'air grisouteux.

La limite inférieure d'inflammabilité du gaz auxiliaire, constante spécifique de ce gaz, se détermine de la même manière. Si 100 centimètres cubes de mélange de gaz auxiliaire et d'air pur, atteignant la limite inférieure d'inflammabilité, comportent N centimètres cubes de gaz auxiliaire et $100 - N$ centimètres cubes d'air pur, cette constante est égale à N .

Dans ces conditions, on démontre aisément que la teneur en grisou (exprimée en volume et en %) de l'air grisouteux essayé, est donnée par la relation (*).

$$x = 5,8 \frac{N - n}{N} \frac{100}{100 - n} \quad (1)$$

(*) En assignant, à la limite inférieure d'inflammabilité du méthane pur, la valeur, fixée par l'expérience, de 5,8 %.

Une série de transformations simples permet de mettre cette formule sous la forme

$$x = 5,8 \left[1 - \frac{\frac{100}{N} - 1}{\frac{100}{n} - 1} \right] \quad (2)$$

Sous cette forme, les variables sont séparées; les méthodes ordinaires du calcul des abaques deviennent donc applicables.

Il y a lieu de noter que, dans la pratique, n pourra varier dans d'assez grandes limites. La fonction $\frac{100}{n} - 1$, traduite en échelle graphique, donnera des résultats peu satisfaisants, n pouvant varier de 2 à 15 et même à 20, et $\frac{100}{n} - 1$ variant, dans ces conditions, de 49 à 4. De plus, la graduation de l'échelle sera très irrégulière, en raison de la forme même de la fonction $\frac{100}{n} - 1$.

On est évidemment conduit à introduire les logarithmes, pour corriger ces disproportions.

La formule (2) peut s'écrire

$$\frac{\frac{100}{N} - 1}{\frac{100}{n} - 1} = \frac{5,8 - x}{5,8}$$

D'où

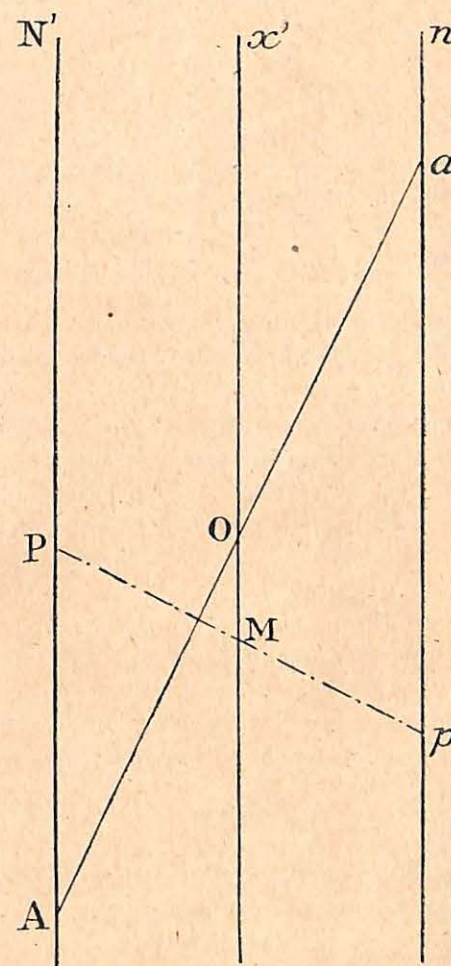
$$\log. \left(\frac{100}{N} - 1 \right) - \log. \left(\frac{100}{n} - 1 \right) = \log. (5,8 - x) - \log. 5,8 \quad (3)$$

Soit (N, n, x) une solution de l'équation (1).

Traçons des parallèles N' et n' , et une troisième parallèle x' à égale distance des deux premières. Menons une transversale quelconque Aoa . Portons, a étant une constante :

$$AP = 2a \log. \left(\frac{100}{N} - 1 \right) \quad (4)$$

La position du point P est uniquement définie par la valeur de N . La parallèle N' peut donc être cotée en fonction de N .



Portons aussi

$$ap = 2a \log. \left(\frac{100}{n} - 1 \right) \quad (5)$$

La parallèle n' peut, pour la même raison, être cotée en fonction de n .

Joignons Pp et marquons l'intersection M de Pp et de la parallèle x' . On a :

$$oM = \frac{ap - AP}{2}$$

$$= a \left\{ \log. \left(\frac{100}{n} - 1 \right) - \log. \left(\frac{100}{N} - 1 \right) \right\}$$

Tenant compte de l'équation (1) ou mieux de sa transformée (3), il vient

$$oM = a \{ \log. 5,8 - \log. (5,8 - x) \} \quad (6)$$

La position de M étant définie par la valeur de x , il est possible de coter, d'après cette relation, la parallèle x' en fonction de x .

D'où conclusion :

Les parallèles N' , n' et x' étant cotées d'après les relations 4, 5 et 6, les points P, p et M correspondant à un système de valeurs de N, n et x satisfaisant à l'équation 1, sont en ligne droite. Le mode d'emploi de l'abaque est dès lors évident : Joindre les points cotés N et n, et lire la cote x de l'intersection de la droite ainsi déterminée avec l'échelle médiane.

En pratique, on tend un fil entre N et n. On peut aussi employer une droite gravée sur transparent. Il est possible, enfin, de graver l'abaque sur celluloïd transparent, et de s'en servir en le déplaçant sur une feuille de papier blanc, barrée d'une droite noire.

L'abaque ci-joint a été construit en prenant

$$a = 100 \text{ mm}$$

L'inclinaison de la droite Aoa est choisie de façon à rendre les transversales Pp aussi normales que possible aux échelles, pour les lectures usuelles.

L'intervalle des échelles est arbitraire. Les points de cote entière sont calculés, les autres sont obtenus par interpolation.

Mode Opératoire.

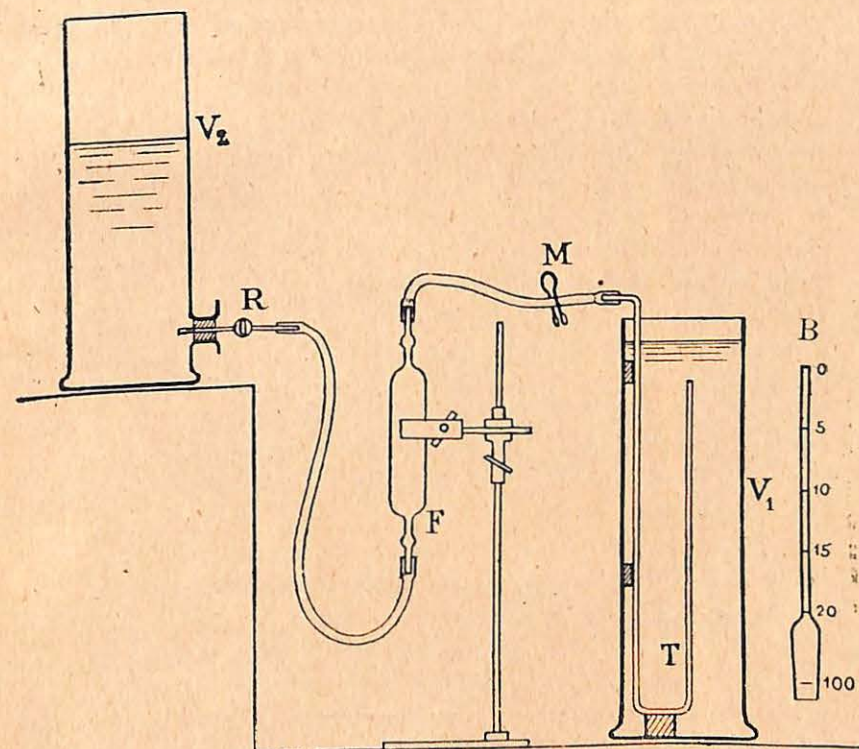
A) *Prises d'essai.* — Le dispositif le plus pratique comporte l'emploi de flacons à deux tubulures et robinets, d'une capacité de 250 à 500 cm³.



Le prélèvement de l'air au fond se fait en vidant le flacon, préalablement rempli d'eau. Ce prélèvement peut se faire aisément à la couronne des galeries.

Pour l'essai du gaz-type, si l'on recourt au gaz d'éclairage, il importe de purger préalablement les conduites en les faisant débiter pendant quelques instants, de manière à éviter l'emploi de gaz hétérogène ou appauvri.

B) *Mesure d'une limite inférieure d'inflammabilité.* — On pro-



cède à la combustion dans la burette B. Celle-ci consiste en une éprouvette de verre fermée à un bout. Le fond, à petit diamètre, gradué de 0 à 20 % du volume total, permet d'effectuer aisément les mesures volumétriques. La capacité de l'éprouvette varie de 50 à 100 cm³.

La mesure s'effectue au moyen du dispositif figuré ci-contre, réalisable dans tout laboratoire :

1° Le flacon F à 2 tubulures, contenant le gaz à essayer, est inséré entre le tube T et le récipient V₂ au moyen de deux caoutchoucs de petit diamètre. On ouvre les 2 robinets du flacon, puis le robinet R, ce qui met le gaz en pression. Ce gaz s'échappe dans l'eau du récipient V, par le tube T. Ce débit est réglé au moyen d'une pince de Mohr M. On purge le tuyau T de l'air qui s'y trouve, puis on referme la pince M.

2° On remplit d'eau la burette B en la plongeant, l'orifice par dessus, dans le récipient V₁ ;

3° On l'obture au moyen du ponce, on la retourne, on la plonge dans l'eau et on en coiffe l'extrémité du tube T, en veillant à éviter toute rentrée d'air ;

4° En agissant avec précaution sur la pince M, on fait pénétrer dans la burette un volume déterminé de gaz. On lit directement le volume introduit dans la partie graduée de la burette. Toutefois, la lecture doit se faire à la pression atmosphérique. Il faut donc, avant de lire, soulever la burette, de façon à ce que l'eau soit au même niveau dans la burette et le vase V₁ ;

5° Un certain volume de gaz ayant été introduit dans la burette, il reste à introduire de l'air pour réaliser le volume 100. On soulève la burette, on en obture, sous eau, l'orifice au moyen du ponce ; on la soulève hors de l'eau ; on laisse échapper l'eau et entrer l'air ambiant, jusqu'à ce que l'eau, dans la burette, affleure au trait inférieur. On brasse le mélange, puis on essaie de l'enflammer au moyen d'un tison allumé ;

6° On introduit des volumes croissants de gaz à essayer, jusqu'à obtention, par tâtonnement, d'un mélange inflammable.

Mons, 8 juillet 1920.

ALEX DUPRET.

Calcul de la surface de chauffe

DES

FOYERS ONDULÉS

PAR

ALEX. DUPRET

Ingénieur des Mines, à Mons.

La présente note a pour but de généraliser les conclusions de l'étude de M. Noël DESSARD, Directeur Gérant des Charbonnages de Wérister, parue aux *Annales des Mines de Belgique de 1911*, 4^e livraison, p. 931.

Nous étudierons la surface de chauffe correspondant à un élément d'ondulation du profil du foyer. Nos conclusions s'étendront immédiatement à l'ensemble des ondulations constituant le tube foyer.

La surface de chauffe d'un foyer ondulé est une surface de révolution, engendrée par la rotation d'une ligne méridienne connue, autour de l'axe du foyer. D'après le théorème classique de *Guldin*, nous pourrions dire que :

La surface de chauffe d'un élément de foyer ondulé est égale au produit de la longueur de la ligne méridienne, génératrice de cette surface, par la circonférence que le centre de gravité de cette ligne méridienne décrit dans sa rotation autour de l'axe du foyer.

Soient (fig. 1) :

ACB le profil d'un élément de méridienne.

G le centre de gravité de la ligne ACB.

De et d les diamètres maximum et minimum du foyer.

Dg le diamètre du cercle décrit par le point G.

L la longueur de l'élément du foyer, soit la corde de l'arc ACB.

S sa surface de chauffe.

Le théorème rappelé ci-dessus permet d'écrire immédiatement

$$S = \pi Dg (ACB)$$

ou encore

$$S = \pi Dg L \frac{ACB}{AB}$$

1^{er} Cas. (fig. 2). — La ligne méridienne admet des centres. (C'est le cas des profils en sinusoïde, ou en arcs de cercle alternés, rencontrés dans les foyers du type Fox).

On voit immédiatement que

$$Dg = \frac{D + d}{2}$$

Dès lors

$$S = \pi L \frac{D + d}{2} \frac{ACB}{AB}$$

Dans le cas où la ligne méridienne admet des centres, la surface de chauffe est égale au produit de la surface du cylindre moyen par le rapport de l'arc de méridienne à sa corde.

Dans le cas particulier d'un profil constitué d'arcs de cercle alternés, le coefficient $\frac{ACB}{AB}$ est visiblement égal au coefficient K calculé par M. Noël Dessard.

2^e cas. (fig. 3). — La ligne méridienne n'admet pas de centres. (C'est le cas des profils en arc de cercle non alternés, rencontrés dans les foyers du type Morison).

On peut, sans grande erreur, substituer à la méridienne ACB un arc de cercle passant par les points A, C et B. On démontre (voir la note en annexe) que, moyennant cette hypothèse, une position très approchée du point G est obtenue en prenant G tel que

$$GC = \frac{1}{3} CC'$$

Dès lors

$$\frac{Dg}{2} = \frac{d}{2} + \frac{1}{3} \frac{D - d}{2}$$

et

$$Dg = \frac{D + 2d}{3}$$

De sorte que

$$S = \pi L \frac{D + 2d}{3} \frac{ACB}{AB}$$

formule donnant la solution du problème.

Dans ce cas, le coefficient $\frac{ACB}{AB}$ affecte, non plus le cylindre moyen, mais un cylindre d'un diamètre un peu plus faible, ce qui était évident a priori.

En résumé, on peut écrire, suivant le type du foyer :

$$S = \pi L \frac{D + d}{2} \frac{ACB}{AB}$$

$$S = \pi L \frac{D + 2d}{3} \frac{ACB}{AB}$$

D et d sont connus. En donnant, pour L, la longueur totale du foyer, supposé constitué d'un nombre entier d'éléments, on obtient la valeur de la surface de chauffe totale du foyer.

Dans les cas, le rapport $\frac{ACB}{AB}$ s'évaluera par le procédé graphique direct, en traçant à grande échelle $\left(\frac{1}{2} \text{ ou } \frac{1}{1}\right)$ la ligne ACB, et en la rectifiant au compas.

Mons, 30 juillet 1920.

ALEX. DUPRET.

ANNEXE

Détermination approchée de la position
du centre de gravité d'un arc de circonférence.

Soient (fig. 4). — Deux axes coordonnés $x o y$.

Un arc de circonférence ACB, de centre o , de rayon r , dont l'angle au centre est 2α .

Proposons-nous de rechercher le centre de gravité G de l'arc ACB. Ce point se trouve sur l'axe $o x$, et son abscisse X satisfait à l'équation de définition du centre de gravité.

$$X \int_{-\alpha}^{+\alpha} r d\theta = \int_{-\alpha}^{+\alpha} r x d\theta$$

où l'on considère des éléments de ligne de longueur $r d\theta$ et d'abscisse x .

Or

$$x = r \cos \theta$$

Dès lors, en intégrant,

$$2 \alpha X r = \int_{-\alpha}^{+\alpha} r^2 \cos \theta d\theta = 2r^2 \sin \alpha$$

et

$$X = r \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

Pour définir la position du point G par rapport aux points C et C' , remarquons que

$$C G = r - X$$

$$= r \frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha}$$

$$C C' = r - r \cos \alpha = r (1 - \cos \alpha)$$

Dans ces conditions

$$\frac{G C}{C C'} = \frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha - \alpha \cos \alpha}$$

Dans l'application qui nous occupe, l'arc ACB ne dépasse guère $\frac{1}{3}$ de circonférence, et α n'est pas, dans ces conditions, supérieur à l'unité. Cette remarque permet d'écrire, avec une approximation suffisante

$$\sin \alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{6} + \frac{\alpha^5}{120} - \frac{\alpha^7}{5040}$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24} - \frac{\alpha^6}{720}$$

En introduisant ces valeurs dans l'expression du rapport $\frac{G C}{C C'}$, on trouve, après réduction

$$\frac{G C}{C C'} = \frac{1}{3} \frac{1 - \frac{\alpha^2}{20} + \frac{\alpha^4}{840}}{1 - \frac{\alpha^2}{12} + \frac{\alpha^4}{360}}$$

Pour des valeurs de α n'excédant pas 60° environ, on pourra écrire sans grande erreur

$$\frac{G C}{C C'} = \frac{1}{3}$$

Le centre de gravité d'un arc de circonférence ne dépassant pas 120° se trouve sensiblement au tiers de la flèche, du côté du sommet de cet arc.

Mons, 30 juillet 1920.

ALEX. DUPRET.