

ABAQUE POUR LE CALCUL DES OUVRAGES VOUTÉS EN MAÇONNERIE ET EN BÉTON ⁽¹⁾

par F. CAMPUS,
Professeur à l'Université de Liège

I. — GÉNÉRALITÉS

L'abaque ci-contre donne la solution $\frac{e_o}{r}$ de l'équation $\frac{\sigma'}{4\Delta r} = K \left(k' + \frac{H}{r} \right)$ dans laquelle

$$K = \frac{3}{8} \frac{\left(1 - \frac{2e_o}{3r} \right) \left(1 + \frac{2e_o}{r} \right)}{\frac{e_o}{r} \left(1 + \frac{2e_a}{3r} \right)}$$

et $k' = 0,25 + \frac{e_o}{r}$, dans le système d'unités-mètre et kilogramme-poids.

r = rayon de la courbe circulaire d'intrados (m) ;

e_o = épaisseur de la voûte à la clef (m) ;

Δ = poids spécifique de la maçonnerie (kg/m³) ;

σ' = tension de compression admissible de la maçonnerie (kg/m²) ;

H = hauteur de la surcharge de terre (ou autre) au-dessus de la tangente à l'extrados à la clef, réduite au poids spécifique de la maçonnerie (m).

On limitera H à 8 m pour $r < 1$ m, à 10 m pour $1 < r < 2,5$ et à 4 r pour $r > 2,50$ m.

Valeurs usuelles de Δ :

maçonnerie de briques 2000 kg/m³ ;

maçonnerie de pierres non assisées 1800 à 2400 kg/m³ ;

maçonnerie de pierres taillées et assisées 2400 à 2700 kg/m³ ;

béton de ciment 2300 à 2400 kg/m³.

Valeurs usuelles de σ' :

maçonnerie de briques : 15 à 25.10⁴ kg/m² ;

(1) Etabli en 1930 et resté inédit.

maçonnerie de pierres non assisées au mortier de chaux : 8 à 12.10⁴ kg/m² ;
maçonnerie de pierres non assisées au mortier de ciment : 12 à 15.10⁴ kg/m² ;
maçonnerie de pierres taillées et assisées au mortier de ciment : < 40.10⁴ kg/m² ;
béton de ciment : < 40.10⁴ kg/m².

On ne dépassera pas pour σ' la valeur 25.000 × 2 r kg/m² pour l'emploi de l'abaque.

Limites inférieures de e_o : il est recommandable de ne pas adopter de valeurs de e_o inférieures aux limites ci-après :

$$2r = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9$$

$$e_o = 0,25 \quad 0,30 \quad 0,35 \quad 0,40 \quad 0,44 \quad 0,48 \quad 0,52 \quad 0,56 \quad 0,60$$

$$2r = 10 \quad 11 \quad 12 \quad 13 \quad 14 \quad 15 \quad 16 \quad m$$

$$e_o = 0,62 \quad 0,64 \quad 0,66 \quad 0,68 \quad 0,70 \quad 0,72 \quad 0,74 \quad m$$

On adoptera la valeur limite si le calcul par l'abaque conduit à une valeur inférieure.

Conditions générales d'emploi de l'abaque. — L'emploi de l'abaque n'est pas recommandable pour des valeurs de r supérieures à 8 m. Il est limité aux ouvrages dont les dispositions et les conditions de sollicitation et d'exécution n'ont aucun caractère exceptionnel. Il suppose des conditions de déclivité régulières et un remblayage symétrique de l'ouvrage. Les dimensions obtenues correspondent à un degré normal de sécurité. Il n'est pas tenu compte des poussées latérales des terres. Le cas échéant, une vérification complète de stabilité permettra le contrôle des dimensions. En cas de hauteur exceptionnelle des culées, une telle vérification serait éventuellement nécessaire en raison de la poussée des terres.

Surcharges mobiles. — Pour les ouvrages voûtés sous voies de circulation de charges mobiles, l'emploi de l'abaque correspond à une surcharge complète sensiblement uniforme, réduite en hauteur de maçonnerie, compte tenu de la largeur de répartition

des surcharges à travers le remblai et le ballast ou le revêtement de la voie. On aura égard aux effets dynamiques s'il y a lieu en multipliant la surcharge mobile par le coefficient d'impact. Il est recommandé d'employer la formule réglementaire française (A. P. C. sept.-oct. 1927).

$$I = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 l} + \frac{0,6}{1 + \frac{4P}{S}} < 2$$

l = ouverture en m;

P = total des charges permanentes;

S = total des surcharges mobiles.

II. — OUVRAGES EN PLEIN-CINTRE

Ouverture $l = 2r$;

Flèche $f = r$;

Angle des joints des reins $\omega_r = 60^\circ$;

Epaisseur aux reins $e_r = \frac{e_o}{\cos \omega_r} = 2 e_o$.

L'extrados est un arc de cercle de centre C_e déterminé par trois points. Il est prolongé au delà des joints des reins par ses tangentes. Les voûtes en maçonnerie assise peuvent aussi être exécutées

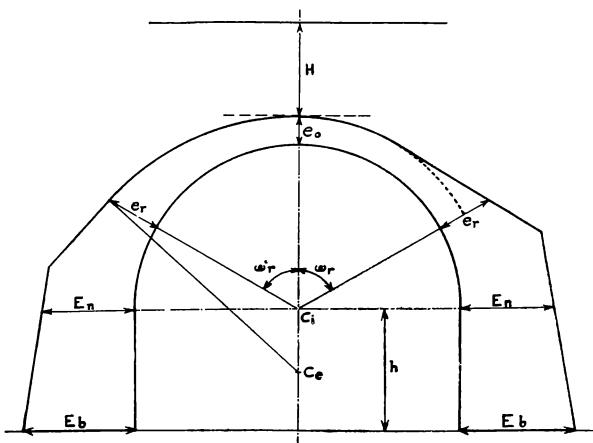


Fig. 1.

à épaisseur constante entre les joints des reins. On limite dans ce cas l'extrados aux plans tangents au cylindre d'extrados réalisant l'épaisseur e_r aux joints des reins. On dispose à cet effet une maçonnerie de blocage ou de béton au-dessus de la voûte assise (fig. 1).

Epaisseur de la culée aux naissances

$$E_n > 0,30 + 0,20 (2r) + \frac{H}{24}$$

(formule de Séjourné modifiée).

Epaisseur à la base $E_b \geq E_n + 0,20 h$ (id.).

Lorsque l'ouverture est inférieure à 2,00 m, on donne aux piedroits une épaisseur constante égale à $E_n + 0,10 h$.

Hauteur des piedroits h (m) :

l : 1 à 2,50 ; 3 à 3,50 ; 4 ; 5 ; 7 ; ≥ 8 m

h : 1,50 ; 2 ; 3 ; $\geq 2,50$; $\geq 1,50$; ≥ 1 m

< 3

III. — OUVRAGES EN ARC DE CERCLE

Ouverture $l < 2r$.

Flèche $f < r$.

L'épaisseur à la clef e_o se calcule comme pour les voûtes en plein-cintre de rayon $r = \frac{l^2 + 4f^2}{8f}$.

Lorsque $\frac{f}{l} > \frac{1}{2\sqrt{3}}$ ou 0,288, les joints des reins correspondent comme pour le plein-cintre à $\omega_r = 60^\circ$ et $e_r = 2 e_o$.

Lorsque $\frac{f}{l} < \frac{1}{2\sqrt{3}}$, on se réfère aux joints des retombées, pour lesquels $\omega_r < 60^\circ$ et l'on porte $e_r = \frac{e_o}{\cos \omega_r} < 2 e_o$.

L'extrados est un arc de cercle défini par trois points.

L'épaisseur des culées est aux naissances : $E_n = 0,30 + \frac{3l - f}{8,33} + \frac{H}{l + f} + \frac{H}{24}$ (m) et à la base $E_b = E_n + 0,20 h$ (formules de Séjourné modifiées).

Le raccordement de l'extrados au parement arrière des culées est réalisé comme dans le cas du plein-cintre. Si cette disposition conduit à une épaisseur horizontale aux retombées inférieure à E_n , on peut l'admettre à condition de respecter

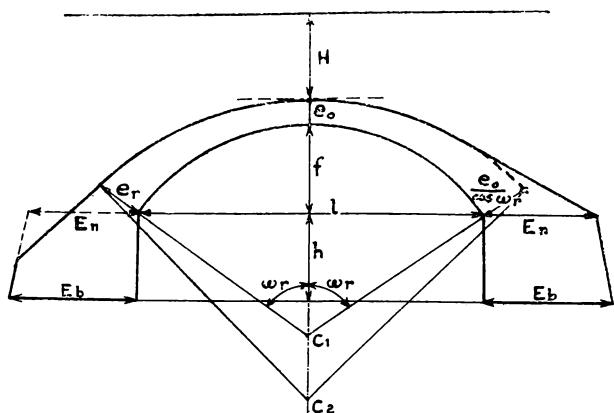


Fig. 2.

la valeur de E_b . On peut aussi éventuellement conserver E_n et raccorder l'extrémité du joint horizontal de retombée au cercle d'extrados par une tangente; l'épaisseur du joint radial de retombée est alors supérieure à $\frac{e_o}{\cos \omega_r}$ (fig. 2).

Valeurs normales de h comme pour le plein-cintre.

Lorsque le rapport $\frac{f}{l}$ est inférieur à 0,125, il est recommandable de procéder à une vérification de la stabilité des culées, compte tenu de la poussée des terres.

IV. — OUVRAGES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE

Recommandés par M. Sejourné pour les ouvrages sous haut remblai. Son type 2 de surhaussement $\frac{f}{l} = 1$ ne peut cependant convenir que sous les remblais développant peu de poussées. Sous les remblais ordinaires, on se bornera au type 1 de surhaussement $\frac{f}{l} = 0,75$.

On adopte comme épaisseur e_o à la clef la même que pour un ouvrage en plein-cintre de rayon $r = 0,50 l$.

Épaisseurs aux naissances :

$$\frac{f}{l} = 0,75 : E_1 = e_o + 0,15 \text{ (à 0,20)} l + 2 (\Delta e_o)$$

$$\frac{f}{l} = 1 : E_2 = e_o + 0,20 \text{ (à 0,25)} l + 2 (\Delta e_o)$$

(Δe_o) est la différence entre l'épaisseur e_o calculée au moyen de l'abaque pour la surcharge réelle totale de hauteur H et celle calculée pour la surcharge considérée comme minimum de 3 m de hauteur de remblai au-dessus de l'extrados à la clef (cette hauteur minimum normale de remblai est à réduire pour le calcul au poids spécifique de la maçonnerie).

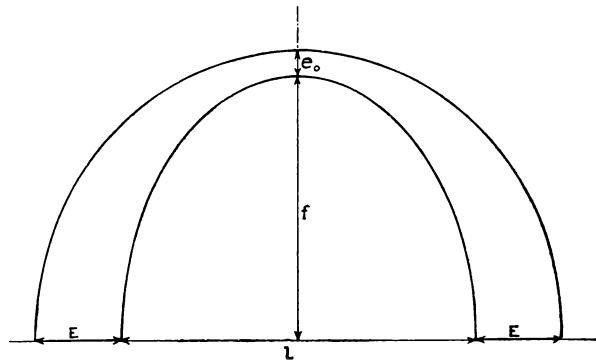


Fig. 3.

La courbe d'extrados est une ellipse coaxiale à celle d'intrados (fig. 3).

V. — ARCHES MULTIPLES

Épaisseur des piles aux retombées ou naissances $e_p = 0,10 l + 0,04 h$, lorsque h ne dépasse pas les valeurs normales indiquées plus haut.

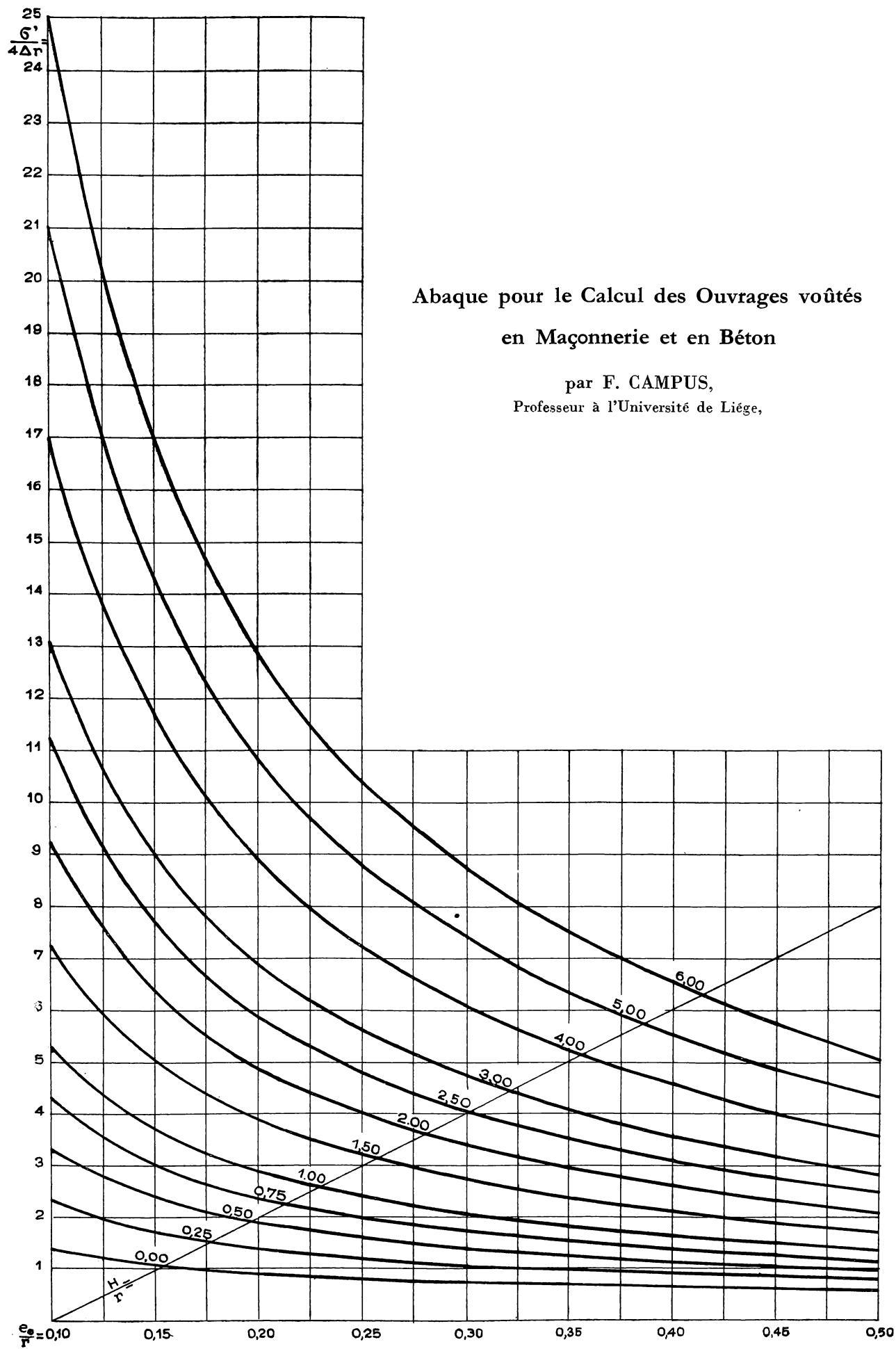


Fig. 4.