

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
<b>Band:</b>	21 (1895)
<b>Heft:</b>	5 & 6
<b>Artikel:</b>	Vues d'ouvrages d'art: réparations de viaducs en maçonnerie, perfectionnement des poutres métalliques, baches de ponts-canaux, élargissement du grand pont de Lausanne
<b>Autor:</b>	Gaudard, Jules
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-18764">https://doi.org/10.5169/seals-18764</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

pare-neige soit remblayé aux trois quarts. Ces renseignements seraient consignés chaque année au bureau de l'ingénieur en chef pour en faire le dépouillement. On pourrait ainsi au bout de quelques années proportionner exactement, pour chaque endroit menacé, le nombre d'hommes et les fournitures nécessaires.

Pour arriver à une bonne utilisation de la main-d'œuvre, il vaut mieux ne pas grouper un trop grand nombre d'hommes au même endroit, il vaut mieux les disséminer par petits groupes en leur donnant à chacun une tâche à remplir, sous la surveillance de chefs de chantier qui seront pris parmi les ouvriers réguliers de la voie.

En déblayant la voie elle-même de la neige tombée, il faut aussi avoir soin de ne pas la retrousser près des rails à une hauteur supérieure à ceux-ci. De même qu'avec les pare-neige trop rapprochés, on s'expose par là à voir en cas de vent la voie encore plus rapidement remplie à la hauteur des tas qu'on aura formés.

Nous savons par notre expérience personnelles que si les règles que nous venons d'exposer sont suivies avec énergie, rapidité et intelligence, en ayant égard aussi aux circonstances topographiques locales, on peut garantir la circulation normale des trains même en cas de très forte tourmente ; et comme nous l'avons dit plus haut, toutes les interruptions par des amas de neige amenée par le vent seront toujours le fait de la négligence mise à l'exécution à temps des mesures prescrites.

Nous n'avons heureusement pas à redouter en Suisse des bourrasques de neige semblables à celles des pays du nord, aussi le système de défense de M. Hantower ne trouvera-t-il sans doute pas sur nos lignes une application complète. Mais l'idée d'avoir un type de pare-neige léger et mobile, facilement transportable et que l'on peut orienter suivant le vent nous paraît pratique. — Nous avons été coupés plusieurs fois en Suisse par la neige ces années dernières, soit sur les chemins de fer, soit sur les routes principales, et l'installation de ces légers pare-neige aux abords de ces voies de communications, sur des terrains auquel ils ne peuvent causer aucun dommage à cette saison de l'année, nous paraît assurément une mesure à essayer.

Lausanne, mars 1895.

## VUES D'OUVRAGES D'ART

RÉPARATIONS DE VIADUCS EN MAÇONNERIE,  
PERFECTIONNEMENT DES POUTRES MÉTALLIQUES,  
BACHES DE PONTS-CANAUX,  
ÉLARGISSEMENT DU GRAND PONT DE LAUSANNE

par JULES GAUDARD

professeur à l'école d'ingénieurs de Lausanne.

(Suite.)

*Perfectionnement des noeuds dans les très grandes fermes.* Un détail important et susceptible de perfectionnement, dans les frameworks ou fermes de dimensions considérables, est celui qui concerne la réception de l'effort des barres diagonales par les membrures principales. Selon les errements usuels, il y a déjettement forcé entre la fibre moyenne, résultante attitrée du travail des diverses fibres parallèles d'une même pièce, et les sections sollicitées des rivets d'at-

tache de cette pièce ; puis, de nouveau, de ces sections aux diverses fibres travaillantes de la grande membrure, se présente un autre circuit, un autre égarement de la force. Si cela n'est plus une cause de flambage pour des barres doubles, conjuguées, symétriquement accouplées, cela reste comme une sorte de perte de section ; une nervure à forte saillie, non directement soutenue à son about, semble ne plus devoir compter que comme annexe, comme contrefort de rigidité, et non plus comme tige efficace de tension ou compression. Le remède à cette défectuosité, lorsqu'elle atteint un certain degré d'ampleur par le développement des parties, pourra consister dans l'emploi de plaques spéciales, obliques et recourbées, procurant une solide liaison avec les semelles horizontales, comme l'indique le croquis fig. 24<sup>1</sup>.

Dans le cas d'ouvrages gigantesques, cette question du mode d'exécution des noeuds mérite d'ailleurs une étude plus attentive et plus sévère. On peut dire que, sous ce rapport, le pont du Forth est loin d'être un modèle idéal. L'idée heureuse qui s'y trouve appliquée, c'est de donner aux tiges comprimées la forme de tubes, de grands bambous ; mais pourquoi passer à des caissons treillagés pour les tenseurs ? Ceux-ci comportent, comme organes résistants fondamentaux, quatre barres fortement distancées ; or, quelques diaphragmes que l'on invente pour améliorer les attaches, toujours est-il que, dans des dimensions pareilles, il y a une grave discontinuité de concordance de fibres entre les barres des deux systèmes. Au fait, la forme tubulaire, excellente contre le flambage en compression, n'était point mauvaise pour la tension ; qu'est-ce donc qui l'y a fait repousser ? Probablement la crainte d'une certaine complication d'intersections mutuelles de cylindres ; mais il semble qu'on s'est exagéré la difficulté : quand on a atteint des dimensions de 1<sup>m</sup>52 à 3<sup>m</sup>66 de diamètre, il vaut la peine de contourner quelques cornières sur de semblables périmètres et d'y répartir les efforts d'une manière continue, et cela donnera la solution théorique, conforme aux épures de résistance. A la rigueur, le diagramme des forces ne sera pas unique ; en faisant mouvoir parallèlement à lui-même le plan de section longitudinale, il en ressortira une suite de linéaments semblables, plus ou moins amplifiés ou rétrécis, mais dont chacun sera individuellement un réseau résistant parfait, où toutes fibres tendues iront rigoureusement se nouer aux fibres antagonistes comprimées ; et pour atteindre un tel résultat, on peut bien s'accorder de la chaudronnerie cylindrique. Pour les frameworks géants, la solution logique et idéale est là : concordance harmonieuse et complète de toutes les lignes, centrage exact des noeuds, formes élargies et développées écartant tout risque de flambage.

Représentons-nous un diagramme théorique, à convergences mathématiques, à noeuds précis : il s'agit de l'élargir, de l'épaissir, de façon à faire acquérir aux sections des barres la force et le raidissement. L'élargissement transversal va tout seul, par simple juxtaposition de figures effilées identiques ; les lignes de l'épure représentent la tranche des lames normales à son plan, lames qui auront toutes une même largeur, avec des épaisseurs proportionnées à leurs efforts respectifs. Pour engendrer d'autre part des tôles placées dans le plan même de la

<sup>1</sup> Voir les planches 37 et 38 parues dans le n° 4 du *Bulletin*.

figure, nous pourrons superposer une série de diagrammes identiques, dénivélés les uns par rapport aux autres, fig. 29 ; mais comme les fibres élémentaires, appartenant aux divers réseaux composants, s'entrecoupent en des points tels que M, elles se barrent passage en ces points. Toutefois, un même point n'étant jamais occupé que par deux lignes, on voit que l'inconvénient de ces rencontres ou les solutions de continuité seront faciles à compenser par l'application de couvre-joints. Le tracé comporte, entre les largeurs  $a$ ,  $b$ ,  $c$  des pièces concourantes, des rapports dépendants de l'inclinaison des rencontres des lignes, et déterminés ainsi par le dessin général de la charpente ; mais, encore ici, on se tirera d'affaire, en vue de l'égale résistance, par les épaisseurs différentes, proportionnées aux efforts respectifs agissant sur les branches du nœud.

Cela posé, prenant une âme transversale, et lui accolant deux joues parallèles au plan du dessin, nous formerons une carcasse rigide, dont toutes les barres et membrures auront une section en H, comme le montre la fig. 30, et où toute fibre rejoindra ses congénères en un nœud géométrique bien défini.

La forme en caisson fermé, généralisée pareillement à la totalité des barres, peut aussi être admise (fig. 31) ; car le creux de ces sections est susceptible de recevoir des couvre-joints coudés  $m$  récupérant la force des lames interrompues à la traversée d'autres lames.

Comme d'ailleurs rien n'empêche d'intercaler autant de systèmes qu'on voudra, il serait tout indiqué de multiplier les cloisons, tant horizontales que verticales, en cas de portées de plus en plus considérables, ce qui formera des cellules multiples, les recroisements étant toujours garnis de couvre-joints appropriés.

La section en auge ou en caisson ouvert pour les membrures horizontales ne répondrait plus aussi bien ; elle ne s'obtiendrait effectivement (sous la condition de réaliser la symétrie du système relativement à l'horizontale de mi-hauteur), qu'en renonçant au parallélisme du réseau constituant de l'âme transversale et de ceux des joues ; les barres inclinées prendraient une section en H, à branches de joues se déjetant progressivement de côté et d'autre de leur âme (fig. 32). La règle des nœuds précis, de la continuité poursuivie jusqu'aux extrémités des fibres, serait bien toujours observée ; mais l'association de réseaux juxtaposés ayant des inclinaisons différentes paraîtra moins correcte, au point de vue de leur travail conjoint ou harmonique.

La forme tubulaire cylindrique se prêterait-elle aussi bien que la prismatique à la perfection des nœuds ou jonctions ? La chose ne fait pas de doute, sous la condition d'admettre des cylindres elliptiques. Envisageons le cas habituel de la connexion entre une pièce prolongée et deux pièces terminées, soit une souche de la forme fig. 33. La membrure continue est cylindrique-circulaire ; les autres auront une section elliptique dont le grand axe est égal au diamètre du premier cylindre, et dont le petit axe est arbitraire pour l'une d'elles seulement. Donnons-lui une valeur  $b$  ; il vient rencontrer le cylindre circulaire suivant une section AB, terminant la pièce sous forme de sifflet. Alors l'autre colonne est astreinte, avec sa direction donnée, à venir rejoindre la même section AB, ce qui détermine son petit axe  $c$ .

Cela étant, si nous coupions les trois cylindres par un plan MN quelconque parallèle à leurs génératrices, les trois paires de génératrices situées dans ce plan donneront deux systèmes élémentaires de lattices ayant des nœuds C et D. Un élément différentiel entre deux pareils plans donnerait, au lieu de droites géométriques, des lanières étroites dont les largeurs sont déterminées ; il suffira d'en calculer les épaisseurs de manière à proportionner les sections aux efforts à transmettre par les trois pièces tubulaires. Bien entendu, il faudra que les couvre-joints courrent le long des courbes d'intersection des cylindres, et leur double courbure ne laissera pas de compliquer la construction.

La colonne c (fig. 34), allant rencontrer une membrure supérieure de même diamètre  $a$  que la première et inclinée comme on voudra, déterminera à son tour le petit axe  $d$  que devra présenter la section de la colonne suivante ; et ainsi de suite.

Si les membrures continues ou principales diminuaient ou augmentaient graduellement de grosseur, on n'aurait qu'à faire dégénérer aussi le diamètre des diagonales, de manière à raccorder celles-ci avec des sections circulaires différentes à leurs deux extrémités.

Une pièce de pont, transmettant au nœud la charge d'une portion du tablier, devrait, par un collier ou un diaphragme, prendre appui sur tout le contour de la section de jointure des parties pénétrantes des cylindres.

Rien n'empêcherait de loger à l'intérieur des colonnes d'autres cylindres concentriques plus étroits, et d'arriver ainsi à un système cloisonné à parois multiples, de nouvelles lignes de couvre-joints garnissant les recouplements des diverses parois entre elles.

#### Bâches de ponts-canaux métalliques.

Sur les canaux de la Sarre, de Saint-Dizier à Vassy, de l'Escaut à la Meuse, de Briare, s'est successivement élaboré un type de ponts-canaux métalliques, dans lequel des poutres maîtresses de 2<sup>m</sup>90 à 3<sup>m</sup>40 de hauteur sont construites avec *âme pleine*, afin de former bajoyers pour la cuvette. Les chemins de halage reposent sur consoles extérieures. Le déversement qu'ils tendent, concurremment avec la poussée de l'eau, à imprimer aux poutres se trouve plus ou moins compensé par un mouvement de surplomb intérieur, que tendent à prendre ces mêmes poutres en vertu de la flexion des entretoises, sur lesquelles l'eau pèse par la tête de fond. La jointure étanche aux culées se trouve conciliée avec la liberté de dilatation, tantôt par un garnissage périphérique en presse-étoupes, tantôt par une bande de caoutchouc, tantôt enfin par une onde en tête amincie formant soufflet.

La tête verticale employée à double fin, c'est-à-dire comme âme de poutre travaillant à la flexion sous les forces verticales, et comme paroi de bâche résistant à une poussée hydraulique horizontale, ne laisse pas cependant de prêter à des objections : pour le premier rôle, il importe de la garantir contre le gaufrage ; pour le second rôle, il faut qu'elle plie latéralement : la contradiction est flagrante. Dans le projet du *pont-canal de Briare*, sur la Loire, important ouvrage en acier à

15 travées de 40 m., l'insuffisance a été sentie, et M. l'ingénieur en chef Mazoyer y a habilement paré, en cours d'exécution, par l'adjonction de triples ceintures horizontales en fers plats et cornières (fig. 35, planche 38). Toujours est-il qu'on reste dans une profonde incertitude sur le travail effectif : ou bien on exagère beaucoup les épaisseurs, les nervures, en un mot la dépense de matière, afin d'être surabondamment rassuré ; ou bien on pourra conserver quelques craintes à l'égard de ces panneaux de tôles plates, maintenues le long de leur périmètre, et dont la flexion obéit à des lois extrêmement complexes. On sait que les théories sur la résistance des plaques n'offrent rien de séduisant à l'usage pratique.

Y a-t-il d'ailleurs un besoin bien impératif d'accepter cette fonction parasite, au détriment du mode de constitution de la poutre, alors que la moitié de la hauteur seulement est utilisable comme paroi de bâche ?

Il semble plutôt que, pour arriver à un type irréprochable de ponts-canaux métalliques, il reste un pas de plus à faire : séparer franchement la bâche d'avec la poutre ; ce ne sera pas plus cher, ce sera meilleur comme sécurité. Pas plus cher dès qu'il s'agit de poutres hautes, qui seront libres alors d'adopter un treillis en fers rigides, mieux approprié à leur résistance ; l'annexion de tôles indépendantes pour la paroi de la bâche permettra, en les arquant en courbe funiculaire, de les délivrer de tout travail de flexion et de ne les soumettre qu'à une tension n'exigeant qu'une épaisseur réduite. Grâce à cette circonsistance, propre aux canaux, que la surcharge mobile ne compte pas, puisque l'arrivée d'un bateau chasse l'eau équivalente à son déplacement, on n'a affaire qu'à un effort permanent, et la forme théorique d'équilibre, une fois réalisée, se maintient en tout état de cause. Reste, il est vrai, le cas de vidange ; mais alors l'effort ne s'altère que pour diminuer et s'annuler.

Le pont-canal tournant de Barton, sur le canal maritime de Manchester, est déjà un exemple dans lequel les poutres en raison de leur grande hauteur, ont leur paroi ajourée, la tôle de bâche étant traitée en accessoire.

La *courbe de la poche d'eau*, c'est-à-dire d'une membrane flexible cousue à des bordures fixes, et libre de prendre sa figure d'équilibre sous le poids de l'eau qui la remplit, a une équation compliquée en  $x$  et  $y$ , mais se réduit à une forme de la plus haute simplicité entre le rayon de courbure  $\rho$  et l'ordonnée  $y$ , celle-ci exprimant la hauteur d'eau ou la pression. En effet (fig. 36),  $\Pi$  désignant le poids spécifique du liquide, l'arc élémentaire  $AB = ds$  est soumis à une pression normale  $\Pi yds$ , à laquelle doit faire équilibre la résultante des tensions tangentielles sensiblement égales  $T$  aux points A et B. Le triangle des forces étant perpendiculaire et semblable au triangle isocèle CAB, où  $CA = \rho$ , on a

$$\frac{T}{\Pi yds} = \frac{\rho}{ds} \quad \text{ou} \quad y\rho = \frac{T}{\Pi} = \text{constante.}$$

Séduit par cette formule, Dejardin, dans sa *Routine des voûtes*, proposait de prendre cette courbe, considérée en compression, comme profil intradosal d'arches en pierre, et il la dénommait *pseudellipse* parce que, limitée à l'arceau utile, elle ressemble assez à une demi-ellipse. En réalité, continuée indéfiniment, elle se noue en une suite de foliums (fig. 37)

comme ferait une trochoïde. C'est la courbe théorique d'équilibre d'une arche mince de pont-canal. Elle a été étudiée par Yvon Villarceau, Rankine, Bresse, Résal et autres.

Veut-on se contenter de tracer graphiquement cette *arche hydrostatique* par les rayons de courbure, en se donnant le rayon initial  $r$  correspondant à l'ordonnée  $b$  entre le niveau de l'eau et le plan des naissances, la proportion  $y\rho = br$  donne lieu à la construction des triangles semblables ABC, DBE (fig. 37) : c'est-à-dire que, par le point M dont l'ordonnée est  $y$ , on mène l'horizontale DE  $= r$  et, joignant BE, on obtient  $AC = \rho$ , rayon de courbure en M. En procédant de proche en proche à partir de A, on tracerait par une suite de petits arcs de cercles toute la courbe.

La charge verticale sur l'arc FM s'exprime par  $\Pi \int y dx$ , et se trouve équilibrée par la composante verticale de la réaction de poussée T au point M de l'arc, savoir  $\Pi y \sin \alpha$ .

La composante horizontale de cette même poussée soutient la composante horizontale des pressions normales du liquide sur l'arc AM ou, ce qui revient au même, sur la projection AD de cet arc ; cette composante de pressions étant  $= \Pi \frac{b^2 - y^2}{2}$ , on

$$\text{a la relation } y\rho = \frac{b^2 - y^2}{2 \cos \alpha}.$$

Pour obtenir des expressions de l'abscisse  $x$  et de l'arc de courbe, on aurait recours aux fonctions elliptiques (voir Rankine).

Bresse, remplaçant dans l'équation  $y\rho = \frac{T}{\Pi}$  la courbure  $\frac{1}{\rho}$  par son expression  $\frac{d^2y}{dx^2} \left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}}$ , obtient par

$$\text{une première intégration } 1 - \left( 1 + \frac{dy^2}{dx^2} \right)^{-\frac{1}{2}} = \frac{y^2 - h^2}{4 m^2},$$

$h$  étant la valeur de  $y$  à l'origine et  $m$  représentant, pour abréger, la constante  $\sqrt{\frac{T}{2 \Pi}}$ . Tirant  $\frac{dy}{dx}$  et s'aidant d'un

développement par le binôme, il ramène cette équation de premier ordre à la forme en série :

$$\frac{dx}{m \sqrt{2}} = \left( 1 - \frac{y^2 - h^2}{4 m^2} \right) \left( 1 + \frac{y^2 - h^2}{16 m^2} + \frac{3 (y^2 - h^2)^2}{512 m^4} + \dots \right) \frac{dy}{\sqrt{y^2 - h^2}}$$

dans laquelle, pour arriver à l'équation en quantités finies, il reste à intégrer des expressions de la forme  $\int \frac{y^n dy}{\sqrt{y^2 - h^2}}$ , ce que l'on sait faire.

Dans le cas d'un arc suffisamment surbaissé, on aurait approximativement :

$$\frac{x}{m \sqrt{2}} = \left( 1 + \frac{3 h^2}{32 m^2} \right) \log \text{nép} \frac{y + \sqrt{y^2 - h^2}}{h} - \frac{3 y}{32 m^2} \sqrt{y^2 - h^2}.$$

Mais revenons au système renversé en tension, c'est-à-dire à la poche d'eau qui nous intéresse spécialement. A tout prendre,

nous n'en étions pas loin ; c'est la même courbe qui, au lieu de recevoir l'eau sur sa convexité et de travailler par compression, la recevra sur sa concavité et travaillera par étirage. Le folium fermé et suspendu par son noeud ferait une poche d'eau sous pression. Considérons la figure 38, dans laquelle une partie de la courbe se trouve surmonter le niveau du liquide. A ce niveau, le rayon de courbure devient infini ; il y a inflexion et changement de sens de la courbure. La poche inférieure, demeurant ouverte au niveau du liquide qu'elle contient, ne demande pas d'explication ; la supérieure, guère davantage : il suffit de remarquer que, pour elle, les ordonnées ont changé de signe ; ce sont des dépressions s'exerçant sur la convexité, équivalentes à des pressions dans la concavité, et les courbes ne diffèrent qu'en raison de la situation à leur égard du rayon arbitrairement choisi  $r$ .

Pour traiter directement la poche ouverte, prenons les triangles de proportionnalité réciproque des rayons aux ordonnées dans la position représentée fig. 39. En variant la valeur du rayon arbitraire, on obtient soit des courbes rentrantes, rappelant les murailles à surplomb intérieur de certains paquebots, soit des flancs maintenus évasés jusqu'à la ligne d'eau (courbe ponctuée et courbe pleine dans la fig. 40). Il est clair d'ailleurs que, s'il est question de prendre attache en contre-haut de cette ligne, la membrane sera prolongée à cet effet suivant la tangente.

Un tracé purement pratique sera réalisé si l'on prend pour pistolet une lame élastique, de section constante, bandée en arc par une corde. L'arc hydrostatique n'est autre chose, en effet, qu'une *courbe élastique*, comme l'avait déjà reconnu Jaques Bernouilli. Que  $y$  désigne l'ordonnée perpendiculaire à la corde et  $T$  la tension de celle-ci, le moment fléchissant est  $Ty$  ; et si on l'égale au moment d'élasticité proportionnel à la courbure  $\frac{1}{r}$ , on a bien  $yp = \text{constante}$ . Rankine montre que

pour obtenir de la même façon la courbe bouclée de la fig. 37, au moyen d'une tige élastique mince enroulée sur elle-même, le cordon tenseur, ne devant pas la traverser, n'aurait qu'à transmettre son action par l'intermédiaire de leviers à pince.

Reprenons l'équation  $yp = \frac{T}{\Pi}$  ; remplaçons-y  $\rho$  par son expression  $\frac{ds}{d\alpha}$  en fonction de l'arc élémentaire  $ds$  et de l'angle de contingence  $d\alpha$ , et appelons  $m$  la valeur constante  $\sqrt{\frac{T}{2\Pi}}$  ; il vient  $\frac{d\alpha}{ds} = \frac{y}{2m^2}$ . Différentiant par rapport à  $s$  nous avons  $\frac{d^2\alpha}{ds^2} = \frac{1}{2m^2} \frac{dy}{ds} = \frac{-\sin\alpha}{2m^2}$ ; puis multipliant par  $d\alpha$  et intégrant :  $\left(\frac{d\alpha}{ds}\right)^2 = \frac{\cos\alpha - \cos\alpha'}{m^2}$ , la constante arbitraire  $\alpha'$  étant la valeur de  $\alpha$  pour  $\frac{d\alpha}{ds} = 0$  ou  $y = 0$ , c'est-à-dire l'angle d'inclinaison de la tangente au point d'inflexion ou au niveau de l'eau. De cette équation se tire l'arc de courbe

$$s = m \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}}, \text{ mesuré à partir du point bas.}$$

En projetant cet arc sur l'horizontale, on a l'abscisse :

$$x = m \int \frac{\cos\alpha d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}} = m \int \sqrt{\frac{\cos\alpha - \cos\alpha'}{\cos\alpha}} d\alpha + m \cos\alpha' \int \frac{d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}}. \text{ Ainsi l'arc et l'abscisse s'expriment au moyen d'intégrales elliptiques.}$$

Quant à l'ordonnée  $y$ , égale à  $b$  diminué de la projection verticale de l'arc  $s$ , elle est  $y = b - m \int \frac{\sin\alpha d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}} = 2m \sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}$ , la constante arbitraire étant  $-b$ , pour que  $y$  s'annule quand  $\alpha = \alpha'$ . On aura alors

$$b = 2m \sqrt{1 - \cos\alpha'}.$$

La demi-ouverture  $a$ , ou valeur de  $x$  pour  $\alpha = \alpha'$ , sera

$$a = m \int_0^{\alpha'} \frac{d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha'}} + l \cos\alpha',$$

$l$  étant la longueur totale du demi-arc.

S'il s'agissait d'un canal d'irrigation, la donnée fondamentale serait la section d'écoulement, sans grande préoccupation du périmètre mouillé, lequel en tout état de cause se présenterait dans des conditions assez favorables. On pourrait en venir, par raison d'économie, et pour autant que la hauteur des poutres portantes le permettrait, à l'adoption du folium complet, forme de tuyau d'égale résistance pour grands calibres ; l'épaisseur du métal serait ainsi réduite en raison de l'accentuation de la courbure. On en dirait autant d'une conduite d'alimentation de ville, n'était l'objection de l'échauffement au soleil qui fera toujours rechercher les ouvrages en maçonnerie ou les conduites enfouies.

Pour un pont-canal de navigation, l'adaptation de la forme de la bâche à celle des bateaux est la condition prédominante. Laissant donc de côté le développement  $s$  des tôles, ainsi que leur épaisseur dépendante de la tension  $T$ , on débattra sur  $a$ ,  $b$  et  $\alpha'$ . Se donner la largeur  $2a$  paraît la première chose indiquée ; mais encore faut-il que l'évasement  $\alpha'$  ne produise pas un rétréissement trop sensible contre les carènes immergées. Si d'autre part cet angle est grand, la profondeur  $b$  augmentera non seulement au delà des besoins du tirant d'eau, mais au delà de ce que peut admettre la hauteur constructive de l'ouvrage. D'ailleurs il ne serait pas mauvais de pouvoir disposer en une certaine mesure de  $\alpha'$ , de telle sorte que la tension  $T$  produise, au point de suspension à la semelle supérieure des poutres, une composante horizontale capable d'équilibrer au mieux le porte-à-faux des encorbellements du halage. Vouloir tout accorder ne sera pas facile ; et c'est pourquoi une forme générale plus appropriée paraît devoir être celle d'un trapèze à large fond plat. Recouper par une horizontale tout le bas de la poche d'eau ne dérange en rien la figure d'équilibre des flancs conservés, moyennant qu'ils soient attachés à des

bordures résistantes ; et ils pourront au surplus s'écartier l'un de l'autre à la demande de la largeur exigible. Tout le mal, c'est que nous faisons un fond plat; mais, d'abord, cette tôle de fond ne prête pas aux critiques faites aux tôles latérales, travaillant comme âmes de poutres ; et ensuite, qu'on la remplace par des ondes ou des plaques embouties à faible flèche, ce sera parfait. On substituerait de la sorte au type fig. 40 celui de la fig. 41, ou bien de la fig. 42, s'il s'agit d'un pont assez grand, et partant de poutres assez hautes pour rendre possible un entretoisement supérieur.

Moyennant cette combinaison, nous voilà débarrassés de  $b$ ; la profondeur d'eau sera ce que voudra le projet, sans influer sur le choix de  $a$  et de  $\alpha'$ . Cette dernière valeur cherchera l'équilibre de porte-à-faux dont il vient d'être question (du moins dans le cas de la fig. 41), et la largeur, à son tour, se déterminera en toute liberté, s'augmentant un peu si  $\alpha'$  diminue.

Et ce sera commode pour les calculs, qui pourront être simplifiés ; le flanc conservé aura facilement une courbure assez faible pour qu'il soit permis de négliger le poids du mince segment d'eau compris entre lui et sa corde. S'il en est ainsi, voici à quoi se réduira la forme théorique. L'onde curviligne OA (fig. 43) étant très rapprochée de sa corde, prenons celle-ci pour axe des  $x$ ; la colonne piézométrique MN différera peu de  $x \sin \beta$  et la courbure  $\frac{1}{\rho}$  peut se prendre approximativement égale à  $-\frac{d^2y}{dx^2}$ , avec signe négatif eu égard au sens de la concavité tournée contre l'axe des  $x$ . L'équation d'équilibre sur la normale de l'élément étant ainsi

$$-\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\Pi}{T} x \sin \beta,$$

on en tire par deux intégrations successives

$$y = \Pi \sin \beta \frac{l^2 - x^2}{6 T} x,$$

les constantes arbitraires étant déterminées de manière que  $y$  s'annule à l'origine O et à l'abscisse OA =  $l$ . La courbe faiblement arquée se rapproche donc d'une parabole de 3<sup>me</sup> degré ;

la flèche maximale se produit à l'abscisse  $\frac{l}{\sqrt{3}}$  et a pour valeur

$\frac{\Pi l^3 \sin \beta}{9 T \sqrt{3}}$ , où  $\frac{\Pi h^3}{9 T \sin^2 \beta \sqrt{3}}$  en fonction de la profondeur d'eau  $h$ .

Tandis que la tôle de la figure 40 ne fait que transmettre à la membrure supérieure de la poutre la charge d'eau, soit le demi-poids de la cuvette, celle de la figure 41, exerçant une traction haut et bas sur la poutre et sur les entretoises, tend à comprimer les montants ou le treillis. C'est une raison pour ne lui imposer qu'une tension modérée, tout en la faisant de force à résister aux coups. Une tôle de 6 mm. travaillant à 3 kg. supporterait  $T = 18000$  kg. par mètre courant. Si l'on a de plus, par exemple,  $\beta = 80^\circ$  et  $h = 2^{m}30$  avec  $\Pi = 1000$ , on obtient pour valeur de la flèche  $0^{m}054$ .

Sur une tôle cylindrique de fond travaillant comme onde flexible (fig. 44), la tension, suivant la formule des ponts sus-

pendus, serait  $T = \frac{\Pi h l^2}{8 f}$ . Par exemple, une tôle de 6 mm.

travaillant à 3 kg. sous  $h = 2^{m}30$  et  $l = 1^{m}50$ , réclamerait une flèche de  $0^{m}036$  seulement. On donnera certainement davantage et théoriquement l'épaisseur pourrait être bien moindre. D'autre part ce calcul néglige la raideur de la tôle, ainsi que le fait qu'une partie de sa flèche effective sera produite soit par son propre étirage, soit par le faiblissement des attaches. Pour une feuille primitivement plate d'épaisseur  $e$ , tout à fait flexible et retenue fixement sur les deux bords oppo-

sés, l'effort moléculaire s'exprime soit par  $\frac{T}{e}$ , soit par le produit  $Ei$  du coefficient d'élasticité par l'allongement proportionnel  $i$ . Or, le rapport de longueur de la courbe surbaissée à sa corde est sensiblement  $1 + \frac{8 f^2}{3 l^2}$ ; faisant donc  $i = \frac{8 f^2}{3 l^2}$ ,

nous avons  $\frac{T}{e} = \frac{8 f^2 E}{3 l^2}$ ; et l'élimination de  $f$  entre cette formule et celle du pont suspendu conduit à cette expression

$$\text{du taux de travail : } \frac{T}{e} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{E \Pi^2 h^2 l^2}{3 e^2}}.$$

Avec  $E = 20 \cdot 10^9$ ,  $e = 0^{m}006$ ,  $h = 2^{m}3$ ,  $l = 1^{m}5$ ,  $\Pi = 1000$ , ce travail atteindrait  $6^{kg}5$  par  $mm^2$ , sous une flèche acquise de  $0^{m}017$ .

(A suivre.)

## NOTICE

### SUR L'ANALYSE TECHNIQUE DES MOLASSES ET DES GRÈS

par le professeur Dr H. Brunner et le Dr H. Kunz, à Lausanne<sup>1</sup>.

Cédant à l'aimable invitation de M. le rédacteur, nous publions ci-après une série d'analyses techniques faites sur différentes espèces de molasses et de grès.

Les conclusions que l'on peut tirer de nos recherches ont nécessairement une valeur limitée. L'analyse chimique seule ne donne pas des résultats suffisants ; pour la détermination de la valeur d'un matériel de construction il faut autant, — sinon davantage, — tenir compte de ses propriétés physiques qui, avec ses propriétés chimiques, permettent de se faire une idée de la résistance d'une pierre contre les intempéries. Les facteurs les plus importants, ceux qui très probablement ont la plus grande influence sur la résistance d'une pierre sont sa densité, sa porosité et sa cohésion. De ces trois propriétés nous en avons

<sup>1</sup> Ces analyses ont été faites sur la demande de M. Rouge, municipal, et avaient surtout pour but une étude comparative des molasses de Corbières avec d'autres molasses, particulièrement avec des molasses suisses, en vue de leur emploi pour la restauration de l'église Saint-François. M. Rouge désirait que ce travail fût analogue à celui qui a été entrepris par M. Tschirch pour l'étude des molasses destinées à la restauration de la cathédrale de Berne. J'ai accepté ce travail en déclarant mon incompétence pour l'étude mécanique, — qui n'était du reste pas demandée, — et, étant trop chargé, j'ai demandé à faire exécuter le travail purement pratique dans mon laboratoire par M. Kunz. J'aurais voulu compléter cette communication en y adjointant celle d'une nouvelle étude que j'ai entreprise avec un de mes élèves sur les ardoises ; mais j'y renonce, car M. le rédacteur attend, selon ma promesse depuis longtemps cet article et la politesse ne me permet pas de tarder davantage.

BRUNNER, professeur.

déterminé deux : la densité et la porosité ; la première directement par pesée, la seconde par des essais d'imbibition en étudiant le pouvoir absorbant de la pierre à l'égard de l'eau, pouvoir dont dépend à un haut degré la durabilité d'une molasse ou d'un grès qui, plus ils résistent à l'imbibition de l'eau, plus ils résisteront à l'action du gel et du dégel ; c'est pour cette raison qu'il faut, autant que possible, examiner les pierres en les exposant alternativement au froid et au chaud et en déterminant en même temps la troisième propriété physique importante : la cohésion. Cette étude exige la détermination de résistance du matériel à la pression avant et après son exposition au gel et au dégel. Un examen de ce genre demande un matériel et une installation spéciale qui dépassent les ressources d'un laboratoire universitaire. Nous avons dans notre patrie une installation modèle où de tels essais se font, c'est le laboratoire fédéral des essais des matériaux de construction, dirigé avec une haute compétence par M. le professeur V. Tettmajer, dont l'amabilité et la courtoisie égalent les profondes connaissances.

A l'exception de la détermination de la silice, nous avons employé les méthodes qui ont servi à l'un de nous pour l'étude de la qualité des ardoises dont les résultats sont connus des lecteurs de ce journal<sup>4</sup>. Qu'il nous soit permis de rappeler en partie ces méthodes et d'y ajouter les nouvelles.

#### A. Analyse physique.

##### 1. Poids spécifique.

Nos chiffres indiquent le *poids spécifique réel*, c'est-à-dire celui que présente la pierre finement pulvérisée, et non le *poids spécifique apparent* obtenu en déterminant la densité avec la pierre entière. Cette dernière méthode, plus expéditive, peut cependant suffire pour une appréciation technique d'une pierre, car l'une ou l'autre des méthodes peut donner des chiffres divergents dans la deuxième décimale, ce qui tient au manque d'homogénéité complète, même d'une bonne molasse et d'un bon grès, comme des couches ferrugineuses successives de couleur plus ou moins foncée, des rognons de calcaire, etc., le prouvent. Même la détermination des deux densités donne le cas échéant des valeurs contraires à la théorie. Ainsi il est évident que la densité réelle doit être supérieure à la densité apparente, qu'on appelle aussi le poids du volume (Volumgewicht). Comme exemple nous citons la molasse Corbière dure qui a donné les chiffres suivants :

Densité réelle . . . . .	2,6684
Densité apparente . . . . .	2,6891

donc la seconde densité a été trouvée supérieure à la première.

##### 2. Porosité.

Elle a été déterminée en nous basant sur l'imbibition des pierres par l'eau, c'est-à-dire en déterminant leur pouvoir absorbant par l'eau et cela de deux manières différentes.

a) Des morceaux de 9 cm. de hauteur, 3 cm. de largeur et 1 cm. d'épaisseur ont été plongés pendant 24 heures dans un

<sup>4</sup> Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes, 1889, p. 177. Notice sur la manière de déterminer la qualité des ardoises, par le professeur Brunner, à Lausanne, traduite par M. G. Rouge, architecte.

verre au fond duquel se trouvait une couche d'eau de 1 cm. de hauteur. Après ce temps, les échantillons d'un poids déterminé et séchés à 150°, montrent des zones d'imbibition de hauteurs différentes, inscrites au tableau comme *imbibition relative* maxima, minima et moyenne. Cet examen est important, car il démontre que la capillarité de surface d'une pierre peut varier à de très petites distances, propriété que l'on constate souvent aussi dans les ardoises.

En déterminant l'augmentation en poids que subissent les pierres durant cette expérience, nous avons calculé l'*imbibition relative* moyenne.

b) Des morceaux de dimensions identiques comme dans l'essai précédent, pesés et séchés à 150°, ont été placés dans de l'eau chaude en faisant le vide dans le vase ; on obtient ainsi le maximum de pénétration de l'eau dans les interstices du matériel. L'augmentation en poids des échantillons indique l'*imbibition totale*.

#### B. Analyse chimique.

##### 1. Perte dans l'acide chlorhydrique.

La molasse et le grès, ces agglomérations de silice et de silicates avec des ciments calcaires ou argileux, présentent, à cause de cette constitution, aux agents atmosphériques une résistance bien variable dont l'étude est un facteur important.

Les agents destructifs de l'atmosphère qui amènent une désagrégation des matériaux de construction, sont de nature bien différente, et nous devons surtout tenir compte : des changements de température, de l'action de l'eau, de celle des acides carbonique, azoteux (fourni par l'électricité) et sulfureux (formé par la combustion de la houille pyritifère) contenus dans l'air, et enfin des microorganismes qui dans l'acte de la végétation produisent des composés acides d'une action destructive et dissolvante sur les matières inorganiques. Les carbonates opposent en général le moins de résistance aux agents atmosphériques, leur détermination devrait donc être très importante si leur quantité était en rapport avec la qualité de la pierre, ce qui n'est pas le cas pour les grès et les molasses, dont une structure très dense peut équilibrer un fort contenu de carbonates ; pour les ardoises, moins résistantes que ces pierres, il n'en est pas de même.

Pour connaître l'action de l'acide chlorhydrique nous avons employé deux procédés différents.

a) Des échantillons séchés à 150° et pesés ont été plongés dans de l'acide chlorhydrique de 17% et laissés séjourner jusqu'à cessation du dégagement d'acide carbonique ; après avoir été lavés à grande eau, ils ont été de nouveau séchés et pesés. La diminution en poids indique les *pertes relatives* dans l'acide chlorhydrique (Tabl. col. V.)

b) 5 grammes du matériel finement pulvérisé ont été traités par l'acide chlorhydrique concentré à chaud jusqu'à ce que ce dernier n'agisse plus. Le résidu, recueilli sur un filtre, a été lavé, séché et pesé. La différence en poids donne les carbonates ainsi que la partie des silicates qui est dédoublable par l'acide chlorhydrique, et qui est donc plus facilement attaquée par les agents atmosphériques que l'autre (Tabl. col. VI<sup>a</sup>).

Les deux procédés ont été dictés par le même ordre d'idées

I PROVENANCE DES ÉCHANTILLONS	II Densité réelle.	III Imbibition après 24 heures dans 1 cc d'eau (Imbibition relative)				IV Imbibition totale dans le vide. Augmentation du poids en %.	V Perte dans l'acide chlorhy- drique du matériel employé en morceaux en % du poids.	VI a Acide silique et silicates résistant à la désagrégation par l'acide chlorhy- drique. Matériel pulvérisé	VI b Somme des carbonates et silicates, etc. soluble dans l'acide chlorhy- drique.	VII Acide silique. (Silice).	VIII Désagrégation dans l'air saturé d'humidité et d'acide sulfureux.
		a Maximum cm.	b Minimum cm.	c Moyenne cm.	d Augmentation du poids en %.						
1. Oberkirchen . . . . . (Allemagne)	2,6402	Complètement imbibé à la surface.			5,03	8,36 *	0,36	98,19	1,81	96,29 *	Après 28 jours : Encore intact.
2. Corbières (Fribourg) Banc dur.	2,6684	3,6	1,80	2,0	0,50	0,60	29,21	58,37	41,63	49,72	Après 2 jours : Attire l'humidité. » 4 » Efflorescences blanches localisées à la partie inférieure de l'échantillon. » 28 » Point de fissures.
3. Marsens . . . . .	2,6845	1,3	0,8	1,05	0,37	0,56	16,88	62,07	37,93	40,00	Après 28 jours : Encore intact ; quelques efflorescences jaunes, provenant de fer, à la surface de l'échantillon.
4. Vuippens . . . . .	2,7027	0,3	0,5	0,4	0,16	0,21	25,32	52,93	47,03	30,85	Après 28 jours : Encore intact, quelques efflorescences jaunes, provenant de fer, et quelques efflorescences blanches, provenant de carbonates décomposés, à la surface de l'échantillon.
5. . . . .	2,6274	1,5	0,2	0,85	0,74	1,15	11,75	68,05	31,95	41,80	Après 28 jours : Encore intact, sauf deux fissures au front le plus rapproché de l'acide.
6. Gubel (Zoug) . . . . Banc bleu.	2,6333	7,2	6,6	6,9	2,21	3,64 *	5,12	87,07	12,93	71,04 *	Après 18 jours : Commence à se courber, mais sans se fendiller.
7. Aegeri (Zoug) . . . . Banc jaune.	2,6160	Presque complètement imbibé.			2,20	3,19 *	8,68	84,91	15,09	68,95 *	Après 18 jours : Comme Gubel bleu. » 25 » Première fissure.
8. Stockern (Berne) . .	2,5141	Complètement imbibé.			6,89	9,81	17,82	69,28	30,72	59,01	Après 15 jours : Première fissure à la partie supérieure de l'échantillon. » 20 » L'éch. a commencé à se courber. Plusieurs petites fissures, dont la grandeur persiste.
9. Corbières (Fribourg) Banc tendre.	2,6195	3,30	2,20	2,75	0,55	0,82	8,08	71,99	28,01	63,17	Après 14 jours : Première fissure à la partie inférieure de l'échantillon. » 18 » Toute la surface est couverte de fissures superficielles.
10. St. Margarethen . . (St. Gall).	2,6212	6,6	5,7	6,15	2,25	4,19 *	8,88	82,67	17,33	62,36 *	Après 18 jours : Première fissure longitudinale. La désagrégation continue. » 24 » L'échantillon se fendille par toute la masse.
11. Aegeri (Zoug) . . . . Banc bleu.	2,6385	Complètement imbibé.			2,57	3,66 *	8,15	84,39	15,61	70,59 *	Après 14 jours : Commence à se fendiller. » 16 » Grande fissure croisée. » 48 » » » s'agrandit toujours. L'échantillon commence à se courber.
12. Gubel (Zoug) . . . . Banc jaune.	2,6212	6,4	5,6	6,0	1,80	4,27 *	7,11	82,72	17,28	73,04 *	Après 9 jours : Profondes fiss. à travers de tout l'éch. » 18 » Désagrégation complète. L'échantillon s'est courbé. » 28 » L'échantillon tombe en morceaux.

\* Chiffres indiqués dans le travail de M. Tschirch.

N. B. Les N°s 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11 et 12 proviennent de M. Rouge, municipal ; les N°s 3, 4 et 5 de M. van Muyden, architecte. Le N° 8 provient de M. Stoutz, ingénieur, à Genève.

que ceux qui ont été employés pour l'étude de l'imbibition. Le premier peut rendre compte du degré de désagrégation superficielle à la condition que celle-ci ne soit pas contrebalaancée par une structure très homogène et dure et par un minimum de porosité. Le second procédé indique la somme des composants très résistants. Nous devons cependant faire remarquer que d'après nos recherches ni l'une ni l'autre des méthodes ne permet à elle seule de tirer des conclusions de valeur.

#### *2. Détermination de l'acide silicique (silice).*

Pour déterminer la totalité de la silice (libre et combinée), 1 gramme de substance finement pulvérisée a été fondu avec 4 grammes de carbonate double de sodium et de potassium et traité ensuite d'après les méthodes usuelles.

#### C. Essais de désagrégation avec l'acide sulfureux imitant les effets atmosphériques.

Ce procédé, qui donne d'excellents résultats avec les ardoises, est également valable pour les grès et les molasses. Des expériences de l'un de nous, faites avec l'acide carbonique sous pression sur les ardoises, et qui seront communiquées plus tard, ont démontré que ce procédé employé par M. Tschirch en traitant la molasse finement pulvérisée sous pression avec de l'eau chargée d'acide carbonique ne peut pas remplacer celui avec l'acide sulfureux ; il se rapproche de celui par l'acide chlorhydrique. L'homogénéité des molasses est souvent si déficiente que de petites quantités traitées par l'acide carbonique donnent des résultats tout à fait différents suivant le morceau qui a été pulvérisé. L'action de l'acide carbonique et de l'eau sous forte pression n'est pas semblable à celle qui a lieu dans des conditions normales dans l'air. Si l'on fait agir l'acide carbonique humide sur la *pierre dense*, même sous pression, — l'expérience nous l'a montré, — l'action est si lente qu'elle ne peut pas servir de terme de comparaison.

Pour cette étude des échantillons des dimensions ci-dessus indiquées ont été suspendus dans un cylindre fermé, au fond duquel se trouvent 100 cc. d'une dissolution concentrée d'acide sulfureux (méthode Fresenius). L'expérience imite l'influence progressive des agents atmosphériques chimiques, vu que l'échantillon se trouve sous l'influence d'un acide gazeux en présence d'eau à la température et à la pression ordinaires. Ces conditions nous semblent indispensables pour une expérience concluante, et puisque l'acide sulfureux est un acide plus fort que l'acide carbonique, son effet est plus énergique et les résultats obtenus représentent mieux le maximum de résistance.

Si nous jetons un coup d'œil sur le tableau nous constatons :  
1<sup>o</sup> Les densités des grès et des molasses examinés sont, à l'exception des grès de Vuippens et de la molasse de Stockern, à peu près les mêmes ; la limite minima est représentée par Stockern (2,5141), la limite maxima par Vuippens (2,7027).

2<sup>o</sup> La molasse d'Oberkirchen présente la plus forte porosité, mais elle est la plus riche en silice ; les autres renferment des quantités assez variables de carbonates et de silicates dédoublables par l'acide chlorhydrique ; quelques-unes de ces dernières se distinguent cependant par une grande dureté et une grande résistance à l'acide sulfureux. Une forte proportion de silice et de silicates ne suffit pas pour indiquer

une bonne qualité de molasse ou de grès. Des facteurs importants sont la porosité et la grandeur des fragments, le « grain. » Une pierre poreuse, riche en silice, mais formée de gros grains, soudés ensemble par des carbonates, subira plus vite une désagrégation qu'une pierre moins riche en silice mais d'une structure plus homogène et plus dense et par ce fait moins poreuse.

La pratique, — *certainement le meilleur moyen* pour juger des matériaux de construction, — apprend que des molasses très calcaires peuvent être d'excellente qualité et que par contre d'autres, riches en silice, sont de qualité inférieure. C'est ainsi que la molasse Corbière dure, tout en étant plus carbonatée que Corbière tendre, donne plus de garantie que cette dernière, car elle est moins poreuse, plus dure et résiste beaucoup mieux à l'action de l'acide sulfureux. Au bout de 60 jours d'exposition à l'acide sulfureux elle n'a montré ni fissures ni une structure plus tendre. Son emploi exige cependant quelques précautions, parce qu'elle renferme des couches plus tendres, dont la résistance correspond à celle de Unt-r-Aegeri, Gubel jaune et Saint-Margarethen.

#### L'ŒUVRE DE L'ASSOCIATION DE MULHOUSE

POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS DE FABRIQUE

par CH. DE SINNER, ingénieur.

Dès 1850, la Société industrielle de Mulhouse était préoccupée des moyens de préserver les ouvriers des fabriques des terribles accidents qui les menacent à chaque instant de leur vie laborieuse. Mais ces projets ne devinrent une vivante réalité qu'en 1869, grâce à l'intervention d'un homme de cœur et de haute intelligence, M. Engel-Dollfus, gendre de M. Jean Dollfus. Engel s'entendit avec quelques autres grands industriels alsaciens et organisa un service d'inspection auquel chaque associé contribuerait en proportion de l'importance de ses établissements et aux conseils duquel chacun d'eux s'engageait à faire droit.

« *Le fabricant, dit Engel dans un discours resté célèbre, doit autre chose à ses ouvriers que le salaire.* Il est de son devoir de s'occuper de leur condition morale et physique, et cette allégation, toute morale et qu'aucune espèce de salaire ne saurait remplacer, doit primer les considérations d'intérêt particulier. »

Nous ne pouvons suivre ici Engel dans tous les domaines de cette bienfaisance éclairée et efficace dont il a tracé le programme. Nous devons nous borner à celui de l'Association pour la prévention des accidents, dont il fut le fondateur et jusqu'à sa mort le président et le propagateur infatigable.

Dès la première année la jeune Association trouva un accueil empressé en Alsace et sa réputation se répandit bientôt au dehors. Après dix années d'existence, en 1877, le nombre des accidents, relevé par une statistique conscientieuse et rationnelle entre toutes, avait diminué de 21 1/2 % dans les établissements

<sup>1</sup> A nos lecteurs qui désireraient faire plus ample connaissance avec les œuvres patronales et d'utilité publique d'Engel-Dollfus, nous ne saurions trop recommander la belle biographie de cet homme d'élite, publiée par M. Mossmann en 1887 et couronnée par l'Académie française.