

Zeitschrift:	Bulletin technique de la Suisse romande
Band:	49 (1923)
Heft:	22
Artikel:	Cours de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, à Zürich, du 1er au 6 octobre 1923
Autor:	Paschoud, Maurice
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-38260

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: 22.01.2026

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

mais aussi les particuliers en général apporteront à la protection des points de repère trigonométriques et altimétriques.

Je vous disais précédemment que la triangulation de 1838-1841 avait dû être refaite spécialement parce qu'il n'était rien ou presque rien resté des anciens repérages des points trigonométriques. Nous trouvons bien aujourd'hui dans les archives, des calculs exacts, méticuleusement opérés et des valeurs de coordonnées qui correspondraient encore aujourd'hui aux exigences les plus sévères. Mais que sont devenus les repérages des points ? On n'en trouve plus trace ! S'il y a tant de points anciens irréparablement perdus, cela provient de l'excès de confiance, qu'eurent les autorités, dans la conservation des repères. Ceux-ci ne furent pas assurés suffisamment et se trouvaient exposés aux dégradations commises par le public non intéressé. Les collègues de la génération qui nous a précédés avaient déjà constaté la haute importance d'un repérage irréprochable des points de mensuration. Je citerai en particulier l'ingénieur Jacky qui avait été spécialement chargé d'exécuter la triangulation dans le canton de Genève et qui représente encore aujourd'hui pour nos jeunes géomètres et ingénieurs le type du géodésien conscient et méticuleux. C'est grâce à ses travaux de repérage exemplaires que nous ont été conservées un grand nombre de données trigonométriques, mesurées avec beaucoup de peine par nos prédécesseurs. La protection légale des points trigonométriques, la méthode de repérage par des dalles souterraines, l'établissement de procès-verbaux de repérage exacts constituent une amélioration sur le passé, mais il n'en reste pas moins nécessaire que tous ceux qui s'occupent de mensurations fassent leur possible pour protéger les points de repère de tout genre. Cet appel s'adresse ici tout particulièrement à nos collègues genevois, afin que l'œuvre actuellement achevée que nous possédons, soit conservée le plus long-temps possible pour l'usage général, en vue de tous les travaux techniques dans le canton de Genève.

Cours de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, à Zurich, du 1^{er} au 6 octobre 1923.

Conformément au programme qui a été publié dans le *Bulletin technique*¹, les cours institués par la S. I. A. concernant des *Recherches récentes* dans le domaine des Sciences techniques se sont ouverts à l'Ecole polytechnique de Zurich le lundi 1^{er} octobre à 14 heures.

M. C. Andreæ, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, président de la Commission des Cours de la S. I. A., souhaite la plus cordiale bienvenue aux très nombreux participants présents ; il fait des vœux pour que les cours réussissent aussi bien que ceux qui ont eu lieu précé-

demment à Lausanne et remercie les professeurs qui ont accepté de faire un certain nombre de leçons devant leurs collègues ingénieurs de Suisse. Il dit sa gratitude toute spéciale aux deux professeurs du dehors, M. A. Mesnager, membre de l'Institut, à Paris et M. le Dr G. de Thierry, professeur à l'Ecole polytechnique de Charlotenbourg. Parmi les renseignements d'ordre administratif donnés par M. Andreæ, mentionnons simplement un fait curieux qu'il relève : le nombre des ingénieurs civils inscrits pour les cours est le double de celui des ingénieurs mécaniciens et électriciens. C'est exactement la répartition inverse de celle qui s'établit actuellement parmi les élèves des Ecoles de Zurich et de Lausanne.

Puis, M. le professeur Rohn, qui débute le jour même dans ses hautes fonctions de Recteur magnifique de l'Ecole polytechnique fédérale, dit le plaisir que cette Ecole éprouve à réunir, pour quelques jours, dans ses nouveaux locaux, (combien somptueux et vastes) l'élite des ingénieurs de la Suisse.

Enfin, M. l'ingénieur Gruner, au nom de la Section bâloise de la S. I. A., sur le vœu spécial de laquelle les cours de 1923 ont été organisés, expose en quelques mots l'idéal très élevé qu'il se fait de la culture et du rôle de l'ingénieur.

Les assistants se séparent ensuite pour aller aux deux premières leçons prévues au programme, celle de M. Meyer-Peter, sur les nouvelles méthodes de calcul dans le domaine de l'hydraulique, pour les ingénieurs civils et celle de M. Gugler, sur les progrès dans la technique de la fonderie, pour les ingénieurs mécaniciens.

Il n'est pas possible de résumer ici toutes les leçons qui ont été faites durant une semaine devant un auditoire attentif, recueilli même et avide de science. Relevons simplement le dévouement des professeurs du cours, dont la plupart ont libéralement ajouté une ou même plusieurs leçons ou séances de discussion à celles prévues à l'horaire et l'assiduité inlassable de leurs auditeurs. Tous les moyens matériels permettant d'augmenter le rendement des leçons (planches, graphiques, projections lumineuses) ont été mis en œuvre. L'organisation administrative de la Direction des cours fut parfaite. Les participants ont joui de toutes les facilités possibles, salle de travail, faculté de fréquenter la bibliothèque de l'Ecole polytechnique, buvette, etc., etc.

Nous nous bornerons, dans ce qui suit, à donner un bref aperçu de quelques-uns des cours que nous avons pu suivre en entier.

Le programme de M. A. Mesnager comprenait deux parties distinctes. Le savant ingénieur a consacré deux leçons au premier des sujets prévus : « Les efforts intérieurs rendus visibles par double réfraction » et deux leçons également à la seconde de ces questions : « La limite élastique des métaux ». Voici un résumé bien imparfait du cours admirable de simplicité, de clarté et de précision donné par M. Mesnager¹. Le lecteur qui désirerait

¹ N° du 29 septembre 1923, page 251.

¹ Le *Bulletin technique* publiera prochainement un compte rendu détaillé de ce cours.

avoir plus de détails sur ces questions pourra, en attendant la publication intégrale des leçons de M. Mesnager, consulter sur la première partie les articles de M. Mesnager lui-même dans les *Annales des Ponts et Chaussées*: « Contribution à l'étude de la déformation élastique des solides », 1901, et « Utilisation de la double réfraction accidentelle du verre à l'étude des efforts intérieurs dans les solides », 1913. Sur le deuxième sujet, on trouvera beaucoup de détails dans l'ouvrage, de M. Mesnager également, intitulé : « Les Matériaux de construction. Les Pierres »¹, qui vient de paraître dans la Collection des grandes Encyclopédies industrielles de J.-B. Baillière (p. 98 et suivantes).

I. Les efforts intérieurs rendus visibles par double réfraction.

Les méthodes expérimentales qui permettent de rendre visibles les efforts intérieurs ne sont applicables directement qu'aux corps *transparents*, le verre par exemple. Mais grâce à une remarque faite par Maurice Lévy, on sait que les résultats obtenus pour les corps transparents sont valables pour l'universalité des matériaux, corps peu déformables où la grandeur des déformations est de l'ordre du millième des dimensions primitives.

On peut du reste espérer que les progrès de la science permettront, d'ici à un certain nombre d'années, d'étendre les procédés expérimentaux aux corps *opaques* également.

L'étude analytique de l'état élastique d'un corps est l'objet de la théorie mathématique de l'élasticité. Cet état élastique est défini par la connaissance, en chacun des points du corps considéré, de la grandeur des *tensions principales* en ce point, de leur direction et de leur sens. Il y a en chaque point du corps 3 tensions principales, que nous appellerons ν_1 , ν_2 et ν_3 , en les rangeant par ordre de grandeur décroissante (au sens algébrique).

En France, pour la représentation de ces tensions, on se sert de l'ellipsoïde des tensions (ou de Lamé) et d'une autre surface du 2^{me} degré, la surface directrice des tensions. En Allemagne, on préfère se servir du cercle de Mohr.

Les méthodes optiques basées sur la double réfraction accidentelle de certains corps transparents permettent une *étude expérimentale* de l'état élastique de ces corps. Jusqu'ici, elles n'ont abordé avec succès que l'étude des corps transparents dans l'état élastique *plan*, c'est-à-dire des corps en chaque point desquels l'une des tensions principales, disons ν_2 par exemple, est nulle. Cela restreint le champ d'application de ces méthodes. Mais les problèmes d'élasticité plane sont parmi les plus importants de ceux que posent les applications et il y a un très grand intérêt à pouvoir les résoudre en quelque sorte expérimentalement.

Pour un corps dans l'état élastique plan, l'ellipsoïde des tensions dégénère en une ellipse des tensions. Les deux tensions principales en un point sont l'une la plus

grande de toutes les tensions qui peuvent se produire en ce point, l'autre, la plus petite de ces tensions.

Avant de voir comment on se sert de la double réfraction accidentelle pour l'étude de l'état élastique d'un corps transparent, rappelons rapidement en quoi consiste ce phénomène. On sait que la lumière solaire ordinaire se compose de *vibrations transversales* qui se font dans une direction perpendiculaire à celle de la propagation du rayon lumineux. Si l'on fait passer un rayon de lumière ordinaire à travers un *polariseur*, (appareil qui joue le rôle d'un écran placé perpendiculairement à la direction du rayon lumineux, écran percé d'une fente longue et mince), ce polariseur ne laisse passer que les vibrations qui se font dans un certain plan (celui de la fente de l'écran). La lumière est dite alors *polarisée plane*. En faisant ensuite passer la lumière polarisée sur un *analyseur* (écran percé d'une fente, identique au polariseur), celui-ci ne laissera passer que les vibrations qui se font dans un certain plan (ou mieux, que les composantes des vibrations dans ce plan). Si en particulier, la fente de l'analyseur est perpendiculaire à celle du polariseur, aucune vibration ne passera, il y aura extinction de la lumière.

Intégrons maintenant entre le polariseur et l'analyseur un morceau de verre à l'état naturel. Cette lame interposée ne changera rien aux phénomènes précédents. Mais si la lame de verre est soumise à l'action de forces extérieures qui y créent un état élastique défini par les deux tensions principales ν_1 et ν_3 , la lumière polarisée qui la traverse se décompose en deux rayons qui ont leurs vibrations dans des plans parallèles aux axes de l'ellipse des tensions au point d'incidence sur la lame. Ces deux rayons ont même longueur d'onde, mais traversent la lame de verre avec des vitesses différentes et en sortent avec une certaine différence de phase φ . Après la traversée de l'analyseur, les deux rayons forment un double système de vibrations *situées dans un même plan*, ayant même longueur d'onde, mais la différence de phase φ . En se composant, ils donnent une onde résultante dont l'intensité dépend de la grandeur de leur différence de phase. Si l'on a utilisé de la lumière blanche au lieu d'une lumière monochromatique, la superposition des deux ondes sortant de l'analyseur donne lieu à des phénomènes de coloration. Ce sont de ces phénomènes de coloration que l'on se sert généralement pour déterminer la différence $\nu_1 - \nu_3$ des tensions principales dans la lame de verre, au point d'incidence du rayon sur cette lame.

Connaissant la différence des tensions principales en un point, il suffira de pouvoir déterminer encore la somme de ces tensions en ce point pour connaître la grandeur et le sens de chacune d'elles.

Cette somme se détermine immédiatement au moyen de la *contraction latérale* de l'éprouvette, qui lui est liée. Pour l'obtenir, il suffit de mesurer cette contraction latérale. A cet effet, M. Mesnager se sert de procédés interférentiels. M. Coker¹, professeur à l'Université de Lon-

¹ Voir *Bulletin technique* du 28 avril 1923, page 110.

¹ Voir *Bulletin technique* 1923, page 50.

dres, qui s'est spécialisé dans ces questions, mesure la contraction latérale directement au moyen d'un instrument spécialement construit dans ce but.

Nous avons vu plus haut que l'état élastique d'un corps est entièrement connu si l'on a en chacun de ses points la grandeur, le sens et la *direction* des tensions principales. Il reste donc à trouver expérimentalement cette direction.

On se sert alors des lignes *isoclines*, qui sont le lieu des points où les tensions principales ont même direction. Sans insister sur le détail de l'explication, disons seulement que si l'on fait un cliché de la lame de verre intercalée entre deux positions déterminées du polariseur et de l'analyseur, ce cliché montrera sous forme d'une bande obscure la ligne isocline qui correspond à l'orientation relative de la lame de verre. En faisant tourner simultanément le polariseur et l'analyseur, on obtiendra de nouvelles isoclines dont il sera facile de tracer un réseau complet. Ce réseau tracé, une construction immédiate donne le moyen de dessiner ensuite le réseau des lignes *isostatiques*, c'est-à-dire des lignes de tensions principales (trajectoires). L'état élastique du corps est ainsi complètement connu.

Il faut naturellement, si l'on veut obtenir des résultats précis, employer des procédés spéciaux. Par exemple, pour mesurer exactement la différence des tensions principales, on se servira de méthodes de compensation. De même, pour faire disparaître du cliché les lignes isoclines qui compliquent la mesure de la différence $\nu_1 - \nu_2$, on emploiera de la lumière polarisée circulairement au lieu de lumière plane.

Les *applications* du procédé sont innombrables. En voici quelques-unes. Soit une éprouvette soumise à la compression simple. Il sera intéressant de se rendre compte de la distance à laquelle se fait sentir l'influence des plateaux entre lesquels elle est comprimée. La méthode montre immédiatement que cette distance est de l'ordre de la demi-largeur de l'éprouvette. On vérifie ainsi dans un cas particulier le principe de Saint-Venant. Le lecteur qui voudrait se rendre compte des difficultés analytiques que présente la théorie de cette question pourra consulter à ce sujet *Föppl*, «Drang und Zwang», 1^{er} volume, pages 116-124.

De la même façon, on vérifiera expérimentalement le principe de Saint-Venant pour une pièce soumise à la flexion simple et l'on aura par surcroît le moyen de faire *voir la fibre neutre*.

On pourra aussi résoudre expérimentalement le problème de M. Boussinesq, dont la solution a coûté à son auteur des efforts considérables d'analyse. Il s'agit de l'équilibre élastique d'un massif indéfini limité par une surface plane sur laquelle s'exercent dans une région limitée des forces extérieures données. La méthode permet en quelque sorte de voir la solution de ce problème difficile et même, d'en reconstituer tous les éléments.

Elle s'applique aussi à la solution du problème des rouleaux de ponts et d'une foule de problèmes du même genre.

Le lecteur qui désirerait voir des reproductions de clichés d'éprouvettes étudiées par double réfraction pourra consulter entre autres le numéro de janvier 1921 de l'*Engineering* et le fascicule de juillet-septembre 1922 des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France* qui contient plusieurs reproductions en couleurs.

II. La limite élastique des métaux.

Dans la déformation des métaux, il faut distinguer plusieurs limites d'élasticité.

La limite de proportionnalité, au delà de laquelle il n'y a plus proportionnalité entre les déformations et les efforts qui les produisent. *La limite d'élasticité proprement dite*, à partir de laquelle le métal ne reprend plus sa longueur primitive quand l'effort n'agit plus. *La limite apparente d'élasticité* ou *limite d'écoulement* à laquelle le métal subit brusquement un allongement sensible.

Il existe 4 théories principales sur la limite de rupture de l'équilibre élastique.

1^{er} *Théorie de la plus grande tension*. L'équilibre élastique est rompu quand la plus grande tension ou pression normale (forces par unité de surface) qui se produit dans une section quelconque du corps, atteint une certaine valeur (*Rankine*).

2^{er} *Théorie de la plus grande dilatation*. L'équilibre est rompu quand la plus grande dilatation (qui dépend des 3 tensions principales) dépasse une certaine valeur (*de St-Venant*).

3^{er} *Théorie du frottement interne*. L'équilibre se rompt par glissement dès que la composante tangentielle de la tension dépasse une certaine valeur, augmentée ou diminuée du produit de la composante normale de cette pression ou tension multipliée par un certain coefficient de frottement (*Coulomb, Navier, Duguet*).

4^{er} *Théorie du plus grand cisaillement (Guest)*. La limite d'élasticité est atteinte et des glissements intérieurs se produisent dès que la composante tangentielle ou de cisaillement de la tension atteint une valeur fixe.

Quand le coefficient de Poisson est nul, les théories de la plus grande dilatation et de la plus grande tension se confondent.

Celles du frottement interne et du plus grand cisaillement deviennent identiques quand le coefficient de frottement est nul.

Appelons toujours ν_1 , ν_2 et ν_3 les trois tensions principales en un point d'un corps élastique, ces tensions étant rangées par ordre de grandeur décroissante, au sens algébrique. Si l'on reporte à partir d'une même origine et suivant une même droite ces trois tensions, en allant de l'infini à gauche à l'infini à droite, on trouvera d'abord l'extrémité de ν_3 , puis celle de ν_2 , enfin celle de ν_1 .

Il est nécessaire de dire maintenant quelques mots sur le *cercle de Mohr*. Ce cercle fournit un mode de *représentation sur un plan* des tensions qui agissent sur tous les différents éléments plans passant par un point d'un corps à trois dimensions. Appelons ρ la tension sur un élément plan passant par le point considéré et décompo-

sons ρ en une composante ν normale à l'élément et une composante τ dirigée dans le plan de l'élément. On peut chercher, comme Mohr l'a fait, la relation qui lie ν et τ aux trois tensions principales ν_1 , ν_2 , ν_3 . Pour interpréter cette relation, Mohr considère ν et τ comme les coordonnées cartésiennes d'un point variable en portant en abscisse ν et en ordonnée τ . On voit alors que tous les points représentatifs sont situés à l'intérieur d'un cercle, le *cercle de Mohr*, qui passe par les points $\tau=0$, $\nu=\nu_3$ et $\tau=0$, $\nu=\nu_1$. Ce cercle a le segment $\nu_3\nu_1$ comme diamètre. Les points de la circonférence du cercle de Mohr sont tels qu'ils correspondent à des plans où τ a la plus grande valeur possible pour toute valeur de ν comprise entre ν_1 et ν_3 . Ainsi, le rayon de ce cercle donne la plus grande valeur possible de τ , valeur qu'on appelle le *cisaillement principal*. On peut alors démontrer que le cisaillement principal $= \frac{\nu_1 - \nu_3}{2}$ et qu'il se produit sur un plan dont la normale fait avec ν_1 et ν_3 un angle de 45° . Ce plan passe par l'axe de la tension moyenne ν_2 , il est également incliné sur les axes des deux autres tensions principales. On montre aussi que la composante normale de la tension sur ce plan est la moyenne arithmétique de ν_1 et ν_3 . Il est essentiel de noter que le cercle de Mohr ne dépend que de la *différence* $\nu_1 - \nu_3$.

Ceci admis, on peut remarquer qu'il n'est guère possible de concevoir la déformation permanente autrement que comme résultat de glissements des éléments du solide les uns par rapport aux autres. Cette déformation permanente dépendra ainsi probablement de la tension τ produite sur un plan, mais il est possible que la résistance à cette tension dépende aussi de la valeur de la tension normale ν sur ce plan.

Admettons donc que la résistance au cisaillement $\tau = f(\nu)$ ne soit influencée que par ν . Alors, la rupture d'équilibre se produira quand la valeur absolue de τ atteindra une certaine valeur dépendant de ν . Il existera une région limitée par deux courbes $\tau = f(\nu)$ et $\tau = -f(\nu)$ et telle que si le cercle de Mohr ne sort pas de cette région, il y aura équilibre au point considéré. Si au contraire ce cercle touche la limite de cette région, il y aura une direction pour laquelle l'équilibre cessera d'exister. La limite $\tau = \pm f(\nu)$ sera l'*enveloppe* des cercles pour lesquels l'équilibre sera rompu. On pourra la construire en déterminant une série de valeurs de ν_1 et ν_3 correspondant à des ruptures de l'équilibre, puis en traçant les cercles de Mohr correspondants et leurs enveloppes.

On peut maintenant faire intervenir l'expérience.

Expériences de Bauschinger. On sait que la limite d'élasticité de l'acier est la même à la traction et à la compression simples. Les cercles de Mohr correspondants sont égaux. Il est donc possible que l'enveloppe des cercles de Mohr soit une droite parallèle à la droite des centres de ces cercles. Comme contrôle, on peut faire des expériences de torsion sur une tige circulaire en acier. Si notre hypothèse sur l'enveloppe est exacte, le cercle de Mohr correspondant à une torsion donnant même cisail-

lement qu'une tension simple et une pression simple égales en valeur absolue, aurait même diamètre que les cercles de tension et de pression précédents. *Les essais de Bauschinger confirment notre hypothèse.* La courbe enveloppe des cercles de Mohr ne peut s'écartez beaucoup d'une ligne droite. Il est donc très probable que la limite d'élasticité de l'acier dépend uniquement de la différence des deux tensions principales extrêmes car on a $\nu_1 - \nu_3 = 2\tau$. C'est une nouvelle façon d'énoncer la loi de Guest.

Il est impossible d'admettre la théorie de la plus grande tension puisque à la torsion, la limite d'élasticité est atteinte pour une tension principale *moitié* de celle qui produit la déformation permanente par traction simple. On ne peut pas admettre non plus la théorie de la plus grande dilatation, car, à la limite d'élasticité par compression simple, la dilatation transversale n'est guère plus du tiers de la dilatation qui se produit à la limite d'élasticité par traction simple. Enfin, l'égalité des limites d'élasticité, à la compression et à la traction simples, oblige à réduire à zéro le coefficient de frottement intérieur. La théorie du frottement interne se confond avec celle du plus grand cisaillement. Cette dernière obtenue expérimentalement par Guest est la seule d'accord avec les expériences sur les limites d'élasticité.

Il fallait faire de nouvelles expériences pour être sûr que la loi de Guest reste vraie dans tous les cas.

Expériences de M. Mason. Elles ont porté sur une série de tubes pouvant être soumis à des efforts longitudinaux produisant une pression ou une tension sensiblement uniformes et, en même temps, à une pression d'eau intérieure ou extérieure, de façon à réaliser la tension longitudinale ou la pression longitudinale seules ou accompagnées d'une tension ou pression égale et de signe contraire dans le sens perpendiculaire.

Malheureusement, de la discussion des expériences de M. Mason, il semble résulter qu'elles n'étaient pas faites avec une précision de montage et de mesure suffisante. Par suite, on ne peut pas dire que ces expériences ajoutent quelque chose à ce que l'on savait déjà.

Expériences de M. Smith. Les expériences de M. Smith sont plus probantes. Il employait une éprouvette circulaire pleine de 25 mm. de diamètre sur 120 mm. de longueur utile qu'il soumettait à la fois à la torsion et à la compression ou à la traction simples.

On peut conclure de ces expériences que la limite apparente d'élasticité de l'acier doux est atteinte pour une valeur constante du cisaillement principal¹.

Conclusions. De ce qui précède, il résulte que la limite d'élasticité de l'acier doux dépend uniquement du cisaillement principal, c'est-à-dire de la différence entre la plus grande et la plus petite des tensions principales. Il faut donc faire disparaître des formulaires officiels français la règle fausse qui limite aux $\frac{4}{5}$ de la tension admise à la traction, la tension de cisaillement agissant seule.

¹ Voir *Bulletin technique* du 20 juillet 1922, page 179.

C'est non les $\frac{4}{5}$ qu'il faut prendre, mais la *moitié*. Cette remarque a une importance considérable dans le calcul de l'effort tranchant des poutres, des rivets, des arbres soumis à la torsion et dans celui des boutons de manivelle et des vilebrequins.

(*A suivre.*)

MAURICE PASCHOUD,
Professeur à l'Université de Lausanne.

Association suisse d'Hygiène et Technique urbaines

Introduction générale à la question de l'épuration des eaux d'égoût¹,

par B. GALLI-VALERIO, professeur à l'Université de Lausanne.

L'hygiène moderne porte encore un peu les traces de l'hygiène des Hébreux : Ne mangez pas la viande des animaux morts de maladie, donnez-la aux étrangers. C'est ainsi que la plus grande partie des villes déverse les égouts dans les rivières : Tant pis pour ceux qui habitent en aval. Et pourtant déjà au moyen âge les Arabes avaient commencé à épurer les eaux d'égoût de Grenade par l'épandage.

Mais est-ce que les eaux d'égoût représentent réellement un danger ?

Leur danger est double : 1^o Dissémination des infections ; 2^o Destruction de la vie aquatique et surtout des poissons et des mollusques.

Plusieurs hygiénistes ne s'occupent que du premier danger, considérant le second important purement au point de vue économique. Mais comme les questions économiques ont une grande répercussion sur l'hygiène il faut s'occuper aussi du second danger. Les matières excrémentielles de l'homme et des animaux, disséminent d'innombrables maladies parasites : Je citerai le grand groupe des affections coli-typhiques, le choléra, les helminthiases, les affections à protozoaires et à virus encore peu connus. Les excréments qui contiennent ces différents parasites, peuvent infecter hommes et animaux de différentes façons : Déposés sur le sol ou dans des fosses mal fermées, ils deviennent un foyer de mouches qui chargées de germes les portent sur l'homme, les animaux ou leurs aliments. Utilisés pour arroser des légumes qu'on mange crus, ceux-ci infectent l'homme. Mon élève Stivel a trouvé sur le 22 % des salades des œufs d'helminthes. Déversés dans les eaux de surface ou pénétrés dans les nappes souterraines, ils rendent ces eaux dangereuses pour l'homme et les animaux, soit parce que ces eaux sont utilisées comme eaux potables soit parce que ces matières infectent des invertébrés ou des vertébrés qui à leur tour infectent après hommes et animaux.

Vous connaissez tous les maladies hydriques les plus typiques disséminées par l'eau de boisson : La typhoïde, le paratyphus, les dysenteries, les diarrhées à coli et à proteus, le choléra, et très probablement le goitre. Je n'ai pas besoin de vous parler des affections à helminthes (ascarides, trichocéphales, etc.) et à protozoaires. D'une façon indirecte les eaux polluées transmettent la typhoïde par les huîtres, le bothriocéphale par les poissons, les distomatoses par les mollusques et les crabes, etc.

Mais les eaux polluées peuvent aussi infecter par l'intermédiaire des bains : Typiques sont certaines conjonctivites bacté-

riennes et certaines helminthiases dues aux larves qui pénètrent par la peau.

Quant au second danger, les eaux polluées déterminent la cessation de la vie aquatique : 1^o Par des agents parasitaires ; 2^o Par excès de matière organique absorbant l'oxygène nécessaire pour la vie des plantes et des animaux ; 3^o Par des substances toxiques contenues dans l'eau (ammoniaque, hydrogène sulfuré, chlore, etc.). Des rivières peuvent ainsi être dépeuplées sur tout leur parcours. Ainsi en aval d'Urbana (Etats-Unis) toute vie a disparu sur un parcours de 14 milles. L'industrie des boutons de nacre y est menacée.

On me répondra que ces craintes sont excessives, car les eaux s'épurent spontanément. Si cette épuration est réelle et due à des bactéries, aux rayons solaires, à des protozoaires et des crustacés, à la sédimentation etc., il ne faut pas oublier qu'elle se vérifie seulement si les eaux ne sont pas surchargées de matière organique, qu'elle demande un certain temps et qu'elle peut être troublée par plusieurs causes.

Mais même en admettant que cette épuration s'accompagne régulièrement, et qu'on n'utilise les eaux de surface comme eaux potables sinon après traitement, ce n'est pas une raison de souiller toujours plus ces eaux quand nous pouvons l'éviter. Comme l'utilisation des eaux de surface comme eaux potables, se répand de plus en plus, nous devons de plus en plus lutter contre leurs souillures. Cela d'autant plus que par les prises d'eau pour des forces motrices on diminue le débit des fleuves et on augmente sur de longs parcours leur souillure, avec déposition de vases infectés sur les bords qui les rendent désagréables à habiter même à demi-mille de distance.

Pour cette raison nous devons lutter de plus en plus contre l'immission des eaux d'égoût sans épuration préalable dans les eaux de surface. Mais ici une question se pose : Devons-nous exiger une épuration absolue ou relative ? J'estime que, sauf dans des cas particuliers (hôpitaux, sanatoriums, etc.), nous devons admettre le principe d'une épuration relative. Si nous n'admettons pas ce principe, surtout dans les moments actuels, sauf dans le cas de grandes villes disposant de grands moyens, nous n'arriverons à rien. Vouloir avoir l'absolu en hygiène, c'est souvent ne pas arriver à avoir le relatif.

Quels sont les différents procédés que nous pouvons employer ? Comme vous entendez parler en détail de ces procédés dans d'autres conférences, je me limiterai à vous les indiquer en disant en même temps deux mots de ce que j'en pense.

Nous pouvons grouper ces différents procédés en :

Procédés physiques.
Procédés chimiques.
Procédés physico-biologiques.

Procédés physiques.

Dans les petits endroits c'est déjà un avantage si on peut diluer un effluent avec de l'eau de fontaine. On n'épure pas, mais on facilite l'épuration ultérieure par le fleuve ou le lac recevant l'égoût. Plus importante est la décantation avec ou sans dilution de l'effluent et cas échéant sa filtration rapide sur sable. C'est un très bon moyen qui débarrasse les eaux d'une bonne partie des matières en suspension et même en dissolution et diminue ainsi l'apport aux fleuves, lacs et mer de la matière organique, des germes et des œufs d'helminthes. Les papiers et les gros corps étrangers retenus par des grilles sont traités comme les gadoues et les boues desséchées utilisées comme engrains. Sous la forme des appareils Kramer à chicanes ou des fosses Imhoff (Emscher) ces méthodes de décantation donnent de bons résultats surtout si le déversement a lieu dans de grands fleuves, de grands lacs ou dans la mer.

Dans les petites agglomérations ou les maisons isolées, ces

¹ Résumé d'une conférence faite au cours de vacances organisé par l'adite Association, le 2 novembre 1922.