

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 15 (1889)
Heft: 7 & 8

Sonstiges

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

sur le sol. La corde de chaque treuil s'enroule autour d'une poulie fixée sur l'arc, un peu au-dessus du point que doit occuper la panne. L'extrémité de chaque corde est attachée à l'extrémité de la panne. Afin d'empêcher celle-ci de flamber pendant le montage, on l'a raidie par des pièces de bois. Le montage des longerons se fait d'une manière analogue.

Sur les 32 000 rivures que nécessite une ferme seule, 4000 seulement étaient faites aux ateliers, 8000 sur le sol et 20 000 sur les échafaudages. La moyenne des ouvriers était de 215. Il fallait environ dix jours pour monter une travée.

(Schweizerische Bauzeitung.)

LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

Le principe de la *conservation de l'énergie* est fort mal dénommé. Ce terme provient d'Angleterre, où le mot d'*énergie* a peut-être une acception qui permette de l'employer ainsi.

Traduit en français, où le mot *énergie* a surtout une acception animale et humaine, le terme de *conservation de l'énergie* cache une pétition de principe et s'enveloppe d'un brouillard.

L'énergie humaine, en effet, prend sa source dans les différences chimiques et physiques dont l'effacement dégage une force. Ces différences ne se conservent donc pas; leurs transformations s'accompagnent toujours d'une perte irrémédiable.

Si donc la quantité motrice reste constante, d'autre part le mouvement s'uniformise au moins sous la forme de calorique et les accélérations disponibles diminuent chaque jour.

Lorsqu'on remonte à l'origine des accélérations on trouve leur source dans les longueurs qui séparent des matières susceptibles de se rapprocher.

De là proviennent deux thèses présentées par M. Pellis dans la *Philosophie de la mécanique*, thèses qu'on peut résumer comme suit :

1°. En remontant à l'origine des mouvements, on finit par rencontrer une abstraction, comme il arrive toujours en pareil cas à l'esprit humain. Cette abstraction prend ici la forme d'une surface dont M. Pellis écrit la formule algébrique et qu'il nomme *influx métrique*.

2°. Cet influx métrique se transforme incessamment en calorique dans la nature, et une partie de ce calorique s'uniformise sans cesse.

Au principe si mal nommé de la conservation de l'énergie, il convient donc d'adjoindre, pour le rectifier, un principe nouveau : celui de la *dissolution incessante et irréparable de l'influx métrique en calorique uniformisé dans l'espace*.

P.

BIBLIOGRAPHIE

NOTES SUR LA RAIDEUR DES CORDAGES, par L. de Longraire, ingénieur-civil.

Les câbles sont employés toujours plus fréquemment dans les installations des mines, des chemins de fer funiculaires, des transmissions téléodynamiques et comme câbles aériens. L'étude de l'une ou l'autre de ces applications oblige ordinairement l'ingénieur à évaluer les résistances passives du système. Celles-ci ne sont guère connues que d'une manière

approximative et l'on doit applaudir aux efforts qui tendent à apporter plus de précision et de rigueur dans certaines formules.

A ce titre, les notes que M. de Longraire a présentées en octobre 1889 à la Société des ingénieurs civils de France ont un grand intérêt.

L'auteur relate l'histoire des recherches faites par divers savants sur la raideur des câbles et notamment les expériences de Coulomb et de Weissbach, puis il soumet à un examen critique les diverses formules empiriques auxquelles ces expériences ont servi de base.

Cette discussion, d'une logique serrée, appuyée par des déductions tirées de la théorie de l'élasticité, aboutit à rejeter les formules de Redtenbacher, de Weissbach, de Grashof et d'Eitelwein. M. de Longraire propose enfin diverses formules que nous donnons ci-dessous. Celle relative aux cordes de chanvre est déduite des expériences de Coulomb. Ses résultats diffèrent peu de ceux que donnent les formules de Morin, mais elle a le mérite d'être plus simple sans être moins fidèle.

Pour les câbles métalliques, l'auteur a utilisé les remarquables expériences faites par M. l'ingénieur Murgue, en 1887, et qui ont porté sur des câbles de fabrication moderne. (Voir *Annales des ponts et chaussées*, second semestre de 1887.)

Avant de donner les résultats, il est nécessaire de préciser ce qu'on entend par raideur d'un câble. L'auteur la définit comme suit d'après M. Résal.

Lorsque sur une poulie mobile autour de son axe, ou sur un cylindre roulant sur un plan, passe une corde sollicitée respectivement à ses deux brins extrêmes par une résistance T et une puissance T', l'expérience prouve que, soit pendant le mouvement uniforme, soit à l'instant où le mouvement est sur le point de naître, la puissance T' est supérieure à T d'une quantité qui excède le frottement du tourillon de la poulie sur les coussinets ou la résistance au roulement du cylindre.

Cette différence, quelle que soit l'explication qu'on lui donne, s'appelle la *raideur de la corde*.

Soit S l'intensité de la raideur de la corde ;

D le diamètre en mètre de la poulie ou du tambour, rouleau ou cylindre sur lequel s'enroule le cordage ;

p le poids en kilogrammes du mètre linéaire du câble ;

T sa tension en kilogrammes.

M. de Longraire propose les formules suivantes :
Pour les câbles en chanvres, blancs ou goudronnés :

$$S = 0,04 T \frac{p}{D}$$

$$\text{Câbles en fil de fer : } S = (2 + 0,0032 T) \frac{p}{D}$$

$$\text{Câbles en fil d'acier : } S = (3,50 + 0,0032 T) \frac{p}{D}$$

Un câble neuf mais un peu rouillé a donné

$$S = 3,00 + 0,0032 T \frac{p}{D}$$

le même câble soumis aux expériences après avoir subi un bain d'huile pendant 60 heures a donné

$$S = 0,65 (3,00 + 0,0032 T) \frac{p}{D}$$

Il est à noter que les expériences ont porté sur des câbles de 24 à 48 fils de fer de 3 mm. de diamètre avec âmes en chanvre. Diamètres du câble de 21 à 33 mm. Pour l'acier, le nombre des fils était de 48 et leur diamètre de 2^{mm}7. Le diamètre du câble 30 mm. avec âmes en chanvre.

Le diamètre du rouleau sur lequel passe le câble est de 1 mètre et l'on considère comme admis que la raideur est inversement proportionnelle au diamètre du rouleau.

Cette loi a été vérifiée par Coulomb pour les cordes en chanvre, mais pas encore, que nous sachions, pour les câbles métalliques.

L'auteur fait observer que les expériences sur lesquelles il base ses formules sont peu nombreuses et que celles-ci ne peuvent prétendre à résoudre le problème dans toute sa généralité.

Ces réserves faites, on reconnaîtra que M. l'ingénieur de Longraire a élucidé avec beaucoup de sagacité plusieurs parties de ce problème difficile et qu'il a frayé ainsi la voie pour sa solution définitive.

Nous nous joignons aux vœux que forme l'auteur pour que des expériences soient faites d'une manière plus complète sur les gros câbles et qu'on s'occupe aussi des câbles téléodynamiques et des câbles plats.

Rédaction.

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

tenu à Paris du 16 au 21 septembre 1889.

Vœux formés par le Congrès.

I. Les membres du Congrès de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le gouvernement français prenne, auprès des gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essais.

II. Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

III. Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

IV. Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal. »

V. Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu

qu'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.

VI. Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1° Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscribit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2° Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3° Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

4° En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité le *kilogramme* défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le *kilogrammètre*.

La *puissance* a deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de 75 kilogrammètres par seconde, et le *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde.

5° L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité : on l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6° On se rend bien compte dans ce qui précède que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

VII^e CONGRÈS NATIONAL ET I^{er} INTERNATIONAL

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES, A PALERME.

Dans le VI^e congrès des ingénieurs et des architectes italiens qui eut lieu à Venise, on désigna comme siège du VII^e congrès la ville de Palerme.

Le Duc *di Verdura*, maire de cette ville, président honoraire du comité exécutif, dans le noble but d'étendre le champ de cette utile institution et de rendre de plus en plus féconde la réunion des hommes qui, dans ce siècle, se consacrent avec activité et ardeur au perfectionnement de cette science, a voulu que les ingénieurs et les architectes des autres nations fussent invités à en faire partie. La ville de Palerme sera bien heureuse

d'accueillir la phalange scientifique qui dans le monde entier répand son génie dans les grandes inventions et dans les créations merveilleuses, et en attend de puissants et salutaires conseils pour le développement ultérieur de son bien-être matériel.

Les ingénieurs et les architectes continentaux et étrangers recevront ici, de la part de leurs collègues de la Sicile, les marques de la plus respectueuse estime, et trouveront, en même temps, ouverte dans cette ville, une Exposition nationale d'arts et d'industries, dans laquelle la Sicile tâchera de réunir l'ensemble de ses productions.

Le congrès sera tenu en 1891 dans la grande salle de l'Université, en plusieurs séances successives, et les discussions seront réunies et publiées dans les Actes par les soins du Comité exécutif.

Le programme et le règlement que nous transmettrons sous peu à ceux qui auront notifié leur adhésion au congrès, feront connaître les sections dans lesquelles le congrès sera divisé, comment il sera tenu, quelles thèses seront choisies entre celles que peuvent présenter les Italiens ou étrangers prenant part au congrès, thèses qui serviront à éclaircir et à éclairer quelques points qui préoccupent l'art et la science de l'ingénieur.

En même temps, dans le but de joindre l'agréable à l'utile, le comité directif organise une excursion artistico-archéologique pour visiter les antiquités de la Sicile, à Ségeste, Selinunte, Girgenti, Syracuse, Catane, Messine, Taormine, Solunto, Trapani, Montréal, etc., où seront faites des conférences d'intérêt local sur les monuments. De cette manière, à titre de récréation, les membres du congrès qui n'ont pas eu l'occasion de connaître le matériel des grandeurs historiques de cette *terre classique*, peuplée de monuments qui sont l'*or pur* de l'art antique et le développement complexe de celui du moyen âge pourront profiter de cette circonstance solennelle dans laquelle les collègues d'ingénieurs et d'architectes de la Sicile ainsi que les municipalités des principales villes de l'île rivaliseront de zèle pour se rendre dignes de l'honneur que recevra la Sicile de la visite de personnages si illustres dans l'art et dans la science.

Pour être membre du congrès il suffit de signer un bulletin, où avis est donné que les adhérents doivent verser la somme de 12 francs ainsi qu'il fut délibéré pour le congrès de Palerme par l'assemblée du dernier congrès qui eut lieu à Venise.

Vous êtes prié, monsieur, de vous inscrire pour prendre part à nos travaux en proposant même quelque thèse à discuter au congrès, puisque le comité exécutif choisira, entre les questions qui seront proposées, celles dont devra s'occuper le congrès.

En attendant, veuillez agréer, monsieur, l'assurance de notre considération distinguée.

Palerme, Porta Felice, Piazzetta, S. Spirito, 2, 31 mars 1889.

LE COMITÉ DIRECTEUR

Les renseignements nécessaires pour l'inscription seront fournis par le Bureau de la Société Vaudoise.

TRAVAIL DE L'HOMME SUR UNE MANIVELLE

M. le professeur Thurston a fourni à l'*American Society of Mechanical Engineers* d'intéressants détails sur le travail de l'homme agissant sur une manivelle.

Ce travail dépend non seulement du temps pendant lequel il est fourni, mais de bien d'autres conditions dont quelques unes sont inhérentes au sujet.

L'auteur a constaté qu'un vigoureux manœuvre travaillant pendant un court espace de temps peut produire bien près d'un cheval-vapeur. Un homme qui travaille avec de fréquents intervalles de repos développe facilement un demi cheval. Dans le travail courant on obtient de 10 à 50 %.

Le fait suivant, rapporté par M. O'Neill, de New-York, est intéressant. Dans l'atelier de cet ingénieur, la réparation d'une chaudière arrêtait la marche du moteur. On ajusta à chaque extrémité de l'arbre de la machine une manivelle de 0,380 m. de rayon. Avec un homme à chaque manivelle à raison de 100 tours par minute, on obtint 3 chevaux-vapeur. Les hommes travaillaient trois minutes et se reposaient autant, et les quatre manœuvres ont travaillé ainsi douze heures par jour pendant les douze jours qu'a exigés la réparation de la chaudière. Il est vrai qu'à la fin de cette période les hommes étaient absolument éreintés, rapporte M. O'Neill, mais il croit que, si la journée avait été de 10 heures seulement, ils auraient pu continuer indéfiniment. Le travail ressort ainsi, pour chaque homme et pour la journée entière, à trois quarts de cheval-vapeur.

Dans la discussion qui a suivi la communication, un membre a cité des expériences faites par lui sur le travail développé par deux hommes agissant sur les manivelles d'une grue. Ces manivelles avaient 0,355 m. de rayon. Un poids de 906 kg. (2000 livres) était élevé à 0,305 m. en vingt secondes, ce qui représente 13,8 kg. élevés à un mètre par seconde, soit un cinquième de cheval-vapeur pour les deux ouvriers. Il faut ajouter que la transmission s'opérait par une vis sans fin, une roue dentée, un tambour de 0,28 m. de diamètre et un câble en fil de fer, ce qui absorbait une très notable partie du travail. L'effort exercé sur chaque manivelle a été mesuré par une balance à ressort et trouvé égal à 30 livres, soit 13,6 kg.

(Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils.)

NOTE SUR L'EMPLOI DES TRAITS ÉLASTIQUES

DANS L'ATTELAGE DES CHEVAUX

Les traits des chevaux attelés à des véhicules sont habituellement formés par des cordes de chanvre, des lanières de cuir, ou des chaînes de fer, toutes substances d'une faible élasticité.

N'y aurait-il donc pas quelque avantage à rendre ces traits plus élastiques, en introduisant au besoin un ressort dans le harnachement des chevaux de traits; et cette élasticité ne pourrait-elle adoucir les secousses que subissent ces animaux, et même diminuer les efforts violents qu'ils ont à exercer quand il s'agit de mettre en mouvement, de faire démarrer de lourds fardiers, des omnibus, des voitures de tramway, ou encore des wagons en manœuvre dans les gares de chemins de fer¹?

Cette question nous est venue bien souvent à l'esprit; aujourd'hui nous sommes en mesure d'y répondre.

¹ Des expériences faites par M. Marcy en 1868 et communiquées par lui au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, tenu à Lille en 1874, confirment entièrement les faits signalés par M. Celler.

Il y a, en effet, six ans environ que, sur nos indications, un ressort à boudin a été adapté aux chaînes sur lesquelles tirent les chevaux employés à la manœuvre des wagons dans la gare de l'Est, et les résultats ont paru dès le début si satisfaisants, que la mesure a été généralisée et appliquée à toutes les gares du réseau, dès que l'on a été fixé, par quelques essais préalables, au sujet de la force et des dispositions du ressort.

Par sa durée, l'expérience est donc très concluante. On a observé notamment une grande diminution dans le nombre des ruptures de chaînes sous l'effort des chevaux.

Rien ne démontre mieux qu'avec des traits élastiques, cet effort est plus mesuré, moins saccadé, et que les chevaux sont ainsi à l'abri de secousses violentes auxquelles les exposent la brutalité des charretiers et leur propre instinct quand ils ont à vaincre un obstacle dont ils ne peuvent mesurer la résistance.

Cette question n'est pas sans intérêt; nous exposons sa solution dans toute sa simplicité; et nous remercions quiconque voudra bien nous aider à en propager et à en vulgariser l'application. (*Annales des ponts et chaussées.*)

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS

ET DES ARCHITECTES

Séance du 23 novembre 1889 à l'Hôtel Beau-Site
à 8 heures du soir.

Présidence de M. J. MEYER, président.

Seize membres assistent à l'assemblée.

M. le président donne lecture des noms des membres nouvellement inscrits.

M. Dapples, ingénieur, expose à l'assemblée les transformations de procédés calorifiques qui ont été effectuées à l'hôpital cantonal de Lausanne, sous sa direction, pendant les années 1887 et 1888, consistant dans la construction d'une nouvelle cuisine à vapeur, dans le remplacement des chaudières Field par d'autres, le chauffage par la vapeur de la salle d'opérations et celle des galeux à une température de 30 degrés, le chauffage par la vapeur des appareils de pharmacie, la distribution de l'eau chaude dans tout le bâtiment principal, l'établissement d'une étuve de désinfection, etc.

Il explique que les chaudières Field ont dû être remplacées parce que leur service était insuffisant, et les frais d'entretien qu'elles exigeaient étaient énormes par le fait que les dépôts solides produits par l'eau de service au fond des tubes, à l'endroit où ils sont le plus exposés à l'action directe du foyer, en déterminaient promptement la ruine; le renouvellement des tubes était très fréquent et présentait des inconvénients économiques et pratiques qu'il était nécessaire de faire disparaître.

Les nouvelles chaudières sont horizontales, à foyer intérieur, provenant de la maison Sulzer frères à Winterthur ainsi que tous les appareils culinaires et toute la distribution d'eau chaude et de vapeur, elles sont établies de façon que l'une d'elles soit en réserve pendant que l'autre est en activité.

Le chauffage de la salle d'opérations a présenté un intérêt particulier à cause des difficultés à vaincre, cette salle est pourvue de grands vitrages qui lui procurent une très bonne lumière mais qui sont une cause importante de refroidissement; malgré cela, il faut que la température du local puisse être

portée rapidement à 30 degrés en toute saison. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire d'avoir à sa disposition un appareil de dimensions énormes et d'utiliser toutes ses facultés d'émission de chaleur par le contact de l'air et par le rayonnement; mais comme la chaleur rayonnante impressionne désagréablement les personnes appelées à séjourner à proximité d'un poêle à vapeur très puissant, les corps de chauffe en fonte ont été enfermés dans une enveloppe de tôle, en forme d'armoire pouvant être, à volonté, ouverte largement par-dessous, par en haut et par devant, de cette manière on est libre d'utiliser le rayonnement du poêle ou de chauffer seulement par convection.

L'étuve de désinfection est formée d'un cylindre en tôle, semblable à celui d'une chaudière à vapeur, de 2^m50 de largeur sur 1^m25 de diamètre intérieur, mais dont une des extrémités est pourvue d'une porte mobile, par laquelle on introduit un chariot sur rails portant les linges ou objets de literie à désinfecter. Une fois la porte fermée et serrée par des boulons, on introduit la vapeur à une pression de un à deux kg., qui, en dix minutes portent la température de l'étuve à 110 ou 120 degrés. On laisse l'appareil fermé pendant une demi-heure sans donner plus de vapeur, puis on ouvre un robinet de purge pour laisser sortir l'eau et la vapeur restante. On sèche le linge en entr'ouvrant la porte et en faisant passer la vapeur dans un serpentif en tuyaux de fer étiré garnissant la paroi intérieure de l'étuve.

Des expériences récentes et multipliées, faites surtout en France, ont montré que la désinfection complète et certaine d'objets contaminés ne s'obtient qu'en les exposant à une température de 106 degrés au moins, dans une atmosphère saturée de vapeur; l'air sec même à 150 degrés ne produit pas l'effet désiré et la vapeur d'eau à 100 degrés non plus. Il est donc nécessaire d'employer de la vapeur *sous pression* et ce moyen est maintenant reconnu comme étant le seul vraiment efficace.

M. Meyer entretient ensuite l'assemblée de sa visite au viaduc du Firth of Forth au nord d'Edimbourg, dont un compte rendu détaillé est inséré dans ce Bulletin.

A la suite de cette intéressante communication M. Meyer donne quelques renseignements sur le projet de pont sur la Manche extraits des compte rendus des séances de la Société des ingénieurs civils. MM. Fowler et Baker, ingénieurs du pont du Forth, ont aussi été consultés sur ce projet de pont sur la Manche, qui est dû à l'initiative de MM. H. Schneider et C^{ie} du Creusot.

Dans la séance du 18 octobre 1889, M. Hersent entretint la Société des conditions de fondations de ce pont qu'il a été chargé d'étudier. Le pont partirait du cap Gris-Net pour se diriger sur Folkestone avec deux coudes situés sur les bancs du Colbart et du Varne. La distance totale à franchir serait de 38 kilomètres. Entre le Varne et la côte anglaise la profondeur ne dépasse pas 24m. entre Colbart et le Cran aux Œufs elle va jusqu'à 55m. M. Hersent estime que le sol est partout assez solide pour supporter des pressions de 10 à 12 kilogrammes par centimètre carré. Les piles seraient formées de rectangles de 25 m. de côtés, terminés en demi-cercles. Elles seront fondées au moyen de caissons pneumatiques. Pour les profondeurs supérieures à 35 m. le nettoyage du fond de la fouille