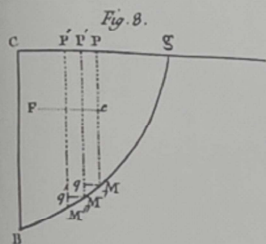


Mécanique des sols. Charles-Auguste Coulomb, principes de la poussée des terres contre un mur de soutènement, dessin.



l'épargne française. Par ailleurs, à la fin du siècle dernier, la sous-pression de l'eau sera la cause de la rupture brutale de barrages en maçonnerie.

La mécanique des sols accuse donc un retard sur le développement des grandes architectures; celui-ci ne sera comblé qu'au début du xx^e siècle par Karl Terzaghi, qui, dans son *Erdbaumechanik*, va définir les règles d'une méthode expérimentale. On apprendra alors à déterminer en laboratoire les paramètres primordiaux que sont le frottement et la cohésion; de plus, pour les milieux argileux saturés d'eau, on arrivera à savoir suivant quel rythme se dissipe la pression induite dans ces milieux sous l'influence d'efforts externes. On devra cependant reconnaître que, du fait de leur genèse, les sols homogènes sont rarissimes et ne peuvent

répondre à des normes précises comme des produits manufacturés: généralement, compressibilité et perméabilité verticales et horizontales sont différentes. Enfin, on s'aperçoit que l'échantillon sur lequel repose l'expérimentation en laboratoire est imparfaitement représentatif du sol, en raison des altérations apportées lors de la prise de cet échantillon au fond d'un sondage. De sorte que, parallèlement aux essais de laboratoire, vont se développer toute une série d'essais in situ, plus perfectionnés que la tige d'acier d'Eiffel. Citons, à titre d'exemple, le pénétromètre et le pressiomètre: on opère alors à l'abri d'un sondage en mesurant l'effort de pénétration d'un cône calibré poussé par une tige, ou, dans le second cas, en dilatant une enveloppe cylindrique. Les deux approches - in situ et en laboratoire - permettent toute une série de corrélations qui sont à la base des diagnostics des ingénieurs de mécanique des sols. Et, pour affermir le diagnostic, on procède, quand il le faut, à des essais en grandeur nature. La mécanique des sols est ainsi devenue une discipline empirique, non pas dans le mauvais sens du terme, mais une science d'observation et de réflexion, à partir de corrélations portant sur des sols dont la géologie a été parfaitement étudiée. En dépit de la complexité de certains sols, on peut ainsi donner une réponse aux problèmes afférents à l'appui de superstructures de plus en plus lourdes, ou au creusement de cavités de grandes dimensions sous un tissu urbain très dense.

Et comme les terrains de bonne qualité sont toujours plus rares au sein d'une urbanisation galopante, la réponse consiste, dans bien des cas, à améliorer des sols réputés non constructibles. S'il s'agit d'en améliorer la portance, on

va les drainer, les compacter, etc.; s'il s'agit de creuser d'importantes cavités sous l'eau, on réduira la perméabilité et la déformabilité en leur injectant des produits appropriés; s'il s'agit d'améliorer la stabilité de pentes, on les clouera, etc. - chaque décennie apportant son lot de procédés nouveaux.

Enfin, la vulnérabilité des immeubles construits dans des zones sismiques, aussi bien que la nécessité d'y implanter de grands immeubles ont conduit les ingénieurs des sols à créer un département de dynamique des sols, afin d'étudier les efforts apportés par les ondes sismiques sur les fondations des immeubles.

D'autres développements concernent le stockage d'hydrocarbures, de gaz ou de produits irradiés, ou encore la réutilisation de déchets urbains.

Les horizons de la discipline deviennent donc de plus en plus variés, les responsabilités encourues nécessitant l'intervention d'ingénieurs très qualifiés. J. K.

VOIR AUSSI Fondation; Tunnel.

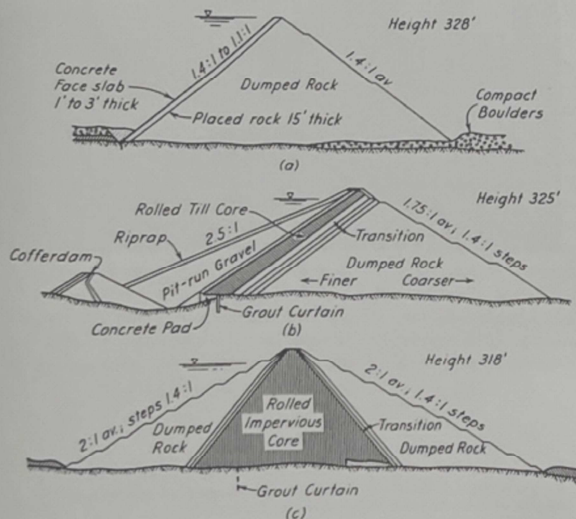
Menai (pont sur le détroit de)

Pays de Galles, Grande-Bretagne, 1826.

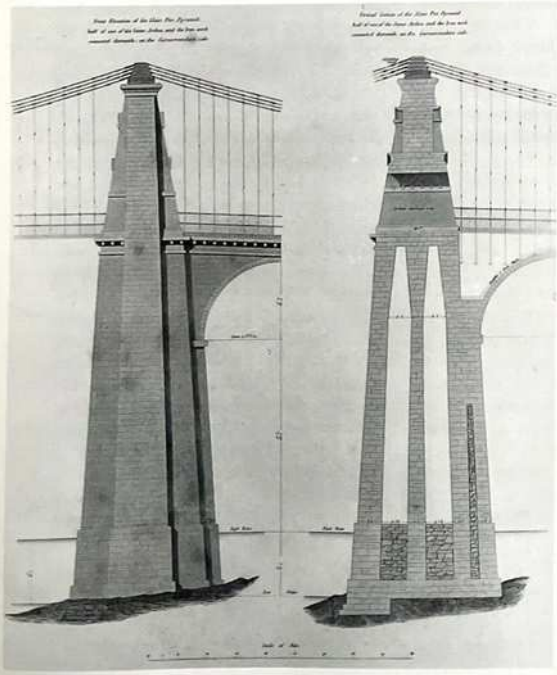
Le pont sur le détroit de Menai, qui enjambe le détroit séparant l'île d'Anglesey de la côte du pays de Galles, sur la route de Londres à Holyhead, marque une étape dans l'évolution des ponts suspendus. Conçu et construit de 1818 à 1826 sous la direction de Thomas Telford*, il fait appel aux plus récentes technologies de l'époque. Pendant près d'une décennie, ce sera le plus long pont routier suspendu du monde.

La longueur de la chaussée portée par le pont et son accès du côté de l'île d'Anglesey est de 436 m; sa portée suspendue est de 177 m, avec une hauteur sous tablier de 30 m pour la navigation. Les pylônes de maçonnerie à goujons de fer du pont, qui s'élèvent au-dessus de la chaussée, représentent la part la plus importante du coût de l'ouvrage (environ 178 000 livres sterling). Ils sont remarquables par leur capacité à supporter les efforts, tant horizontaux que verticaux, exercés par les chaînes.

À l'origine, le tablier était soutenu par 16 chaînes principales de 521 m de long, entre les ancrages rocheux massifs, constituées de plus de 30 000 barres percées à leurs extrémités et de maillons de liaison. Les barres percées à leurs extrémités avaient une longueur d'environ 2,90 m, et comportaient 5 barres parallèles de



Mécanique des sols. Karl Terzaghi, Ralph B. Peck, coupe sur différents types de barrages en remblais, barrage de Salt Springs, Californie.



Pont sur le détroit de Menai, vue du tablier et des câbles de suspension (en haut),
 élévation et coupe du pylone central, dessin (en bas, à gauche);
 vue générale (en bas, à droite).

25 × 83 mm, boulonnées transversalement à chaque extrémité. Ce qui caractérise l'attention portée par Telford aux détails, c'est que chaque barre et chaque tôle utilisée pour l'ensemble du pont a été essayée sous une charge de 35,5 t, soit près du double de la charge de calcul. Cette structure métallique a été remplacée en 1940 par la superstructure actuelle, afin de répondre aux exigences de la circulation moderne. Les nouvelles chaînes en acier à haute résistance ont conservé la même courbure, de manière à respecter pour l'essentiel la forme classique conçue par Telford. R. A. P.

Mengeringhausen (Max)

Brunswick,auj. dans la Basse-Saxe, Allemagne, 1903 – Würzburg, 1988.

Max Mengeringhausen étudie la construction mécanique jusqu'en 1926, et obtient en 1928 un doctorat en sciences économiques de la Technische Hochschule de Munich. C'est à Berlin qu'il fonde, deux ans plus tard, un bureau d'études spécialisé dans les équipements et les techniques du bâtiment.

L'essentiel de la démarche de Mengeringhausen, en tant qu'inventeur et constructeur, a consisté à rationaliser et à industrialiser le processus de construction afin d'améliorer à la fois la qualité et la quantité des logements tout en conservant des prix de revient réduits. Il a conçu un système modulaire allant de la structure porteuse jusqu'à l'aménagement intérieur, y compris des unités d'installation préfabriquées.

Son projet le plus connu est celui d'une structure porteuse, destinée à une fabrication industrielle, obtenue à partir d'un nombre limité d'éléments combinables par un système de barres et de tubes, et avec un seul type de nœud, selon des proportions géométriques permettant d'obtenir des formes bi et tridimensionnelles quelconques. L'idée de base repose sur la juxtaposition de solides platoniciens, dont les arêtes ont toutes la même longueur de barre et peuvent donc être combinées les unes aux autres. À la fin des années cinquante, le système tubulaire de Mengeringhausen (*Mero*) trouve enfin des débouchés et fait l'objet d'une fabrication en série et d'applications dans de nombreux domaines : en 1957, une halle pour l'exposition « Interbau » à Berlin, de nombreux bâtiments de foire et d'exposition, ainsi que des tribunes temporaires. Des toitures de stades d'une portée plus importante seront réa-

lisées selon le système *Mero*, tant à Split que pour le stade olympique de Berlin ou la Globe Arena de Stockholm, qui mesure 110 m de diamètre et 85 m de hauteur. B. B.

Mengoni (Giuseppe)

Fontana Elice, près de Bologne, Emilie-Romagne, Italie, 1829 – Milan, Lombardie, 1877.

Giuseppe Mengoni obtient son diplôme d'ingénieur de génie civil à Bologne. Ses études terminées, il entreprend un grand tour d'Europe, au cours duquel il a l'occasion de voir les premiers édifices réalisés en fer et en verre, architecture dont il sera par la suite un remarquable interprète.

L'histoire complexe de la construction de la galerie Vittorio Emanuele II à Milan, qui commence en 1861 par la publication des bans du concours, marquera profondément sa vie professionnelle. Faute de lauréats dans un premier temps, la municipalité décide de faire sienne la proposition de Mengoni de construire une galerie. L'ensemble du projet d'origine d'aménagement architectural et urbain du quartier prévoyait en effet plusieurs réalisations : la loge royale, le palais de l'Indépendance, le traitement monumental de la place, deux théâtres situés de part et d'autre de l'entrée de la galerie et l'ouverture d'une nouvelle place derrière l'abside de la cathédrale. De cet ambitieux projet, seule verra le jour, réalisée entre 1865 et 1877, une galerie couverte, qui s'ouvre sur la place de la cathédrale par un monumental arc de triomphe.

Construite par la société anglaise City of Milan Improvements Company Ltd, la galerie présente un plan cruciforme ; ses ailes sont couvertes par des voûtes en berceau en fer et verre. À leur croisement, s'ouvre un espace octogonal surmonté d'une coupole rythmée par 16 nervures en fer. Le mariage des styles et des techniques est obtenu par simple juxtaposition : le mur de support de la structure métallique fait l'objet d'une interprétation du vocabulaire architectural de la Renaissance lombarde, conjuguée avec une riche décoration en stuc et avec les dorures voyantes des candélabres des piliers. Sans être une nouveauté, compte tenu des précédents qu'offrent les célèbres passages parisiens, la galerie Vittorio Emanuele II représente un exploit aussi bien en termes de structure que de configuration spatiale. Elle atteste en outre la maturation d'un type de construc-

tion appartenant jusqu'alors au seul domaine expérimental, et qui aura valeur de modèle pour toutes les galeries réalisées ultérieurement en Italie.

Giuseppe Mengoni meurt en tombant d'un échafaudage, quelques jours avant l'achèvement de la galerie, son œuvre la plus célèbre.

Au cours du long périple qui l'a conduit à la réalisation milanaise, Mengoni a su également mener à terme d'autres projets, parmi lesquels le palais Poggi (1863) et le palais néo-renaissance de la Caisse d'épargne (1868-1876), tous les deux à Bologne, ainsi que l'hôtel de ville de Malalbergo (1863-1867) et de nombreuses structures pour des marchés couverts à Florence et à Rimini (1870 et années suivantes). M. C.

Menier (moulin)

Noisiel, Seine-et-Marne, France, 1872.

Aujourd'hui siège de Nestlé-France, le moulin Menier, situé à Noisiel, à 20 km à l'est de Paris, est cité dans toutes les histoires de l'architecture. Il doit peut-être sa célébrité à une circonstance fortuite : il subsistait quatre piles de l'ancien moulin sur lesquelles il fallait construire, d'où l'idée d'asseoir le nouveau sur quatre grandes poutres en fer et, partant, de le réaliser entièrement en fer...

Quoi qu'il en soit, le maître d'ouvrage du moulin, Émile-Justin Menier, entreprend en 1864 la rénovation de son usine, avec l'aide de l'architecte Jules Saulnier et de l'ingénieur Jules Logre. Pour la première fois en France, et probablement au monde, le plan des bâtiments reflète le mode de fabrication qui, à partir des fèves de cacao et du sucre, aboutit à des tablettes de chocolat enveloppées et emballées. La construction du moulin, qui doit abriter la partie la plus importante de cette fabrication, est mise en œuvre après la rénovation, le contrat de démolition de l'ancien moulin étant signé le 4 juillet 1870, quinze jours avant la déclaration de guerre à la Prusse. De ce fait, la première poutre n'est posée que le 12 avril 1871 ; le bâtiment est monté en deux fois pour ne pas arrêter la fabrication. La première turbine fonctionne à la fin de l'année 1871, le moulin étant achevé l'année suivante.

Selon Saulnier, Menier accepte sa proposition de le construire comme un pont en fer et, ne « reculant pas devant la dépense, [résout] de le décorer avec un luxe rarement usité dans les constructions industrielles ». La nouveauté

Translation to English

Menai Bridge

Wales, Great Britain, 1826.

Menai Bridge on the London to Holyhead Road represented a landmark in the development of suspension bridges. It was designed and erected under the direction of Thomas Telford from 1818-26 at the frontiers of technological knowledge and for nearly a decade was the world's longest suspension bridge for carriage traffic.

The length of roadway carried by the bridge and its Anglesey approach is about 1430 ft (436 m) and its suspended span is 579 ft (176 m) with a clear headway for shipping of 100 ft (30m). The bridge's iron-dowelled masonry towers which rise 50 ft (15 m) above the roadway represented the largest element of the cost of the bridge which was about £178,000. The towers are remarkable in being able to accommodate both horizontal and vertical forces from the chains.

Originally the deck was supported from 16 main chains 1710 ft (521 m) long between the solid rock anchorages, and consisting of more than 30,000 drilled eye-bars and connecting links. The eye-bars were about 9½ ft (2.9 m) long, with five 1 in x 3¼ in (25 x 83mm) bars in parallel, cross-bolted at each end. It is characteristic of Telford's attention to detail throughout the work that every bar and plate used in the bridge was load-tested with 35 tons (35.5 tonnes), nearly twice its design load. The ironwork was replaced in 1940 by the present superstructure in order to meet modern traffic requirements. The new high tensile steel chains were kept at the same curvature, thus essentially preserving Telford's classic elevation.

Ref: Paxton RA. 'Menai Bridge, 1818-26', in Thomas Telford: Engineer: 1980.