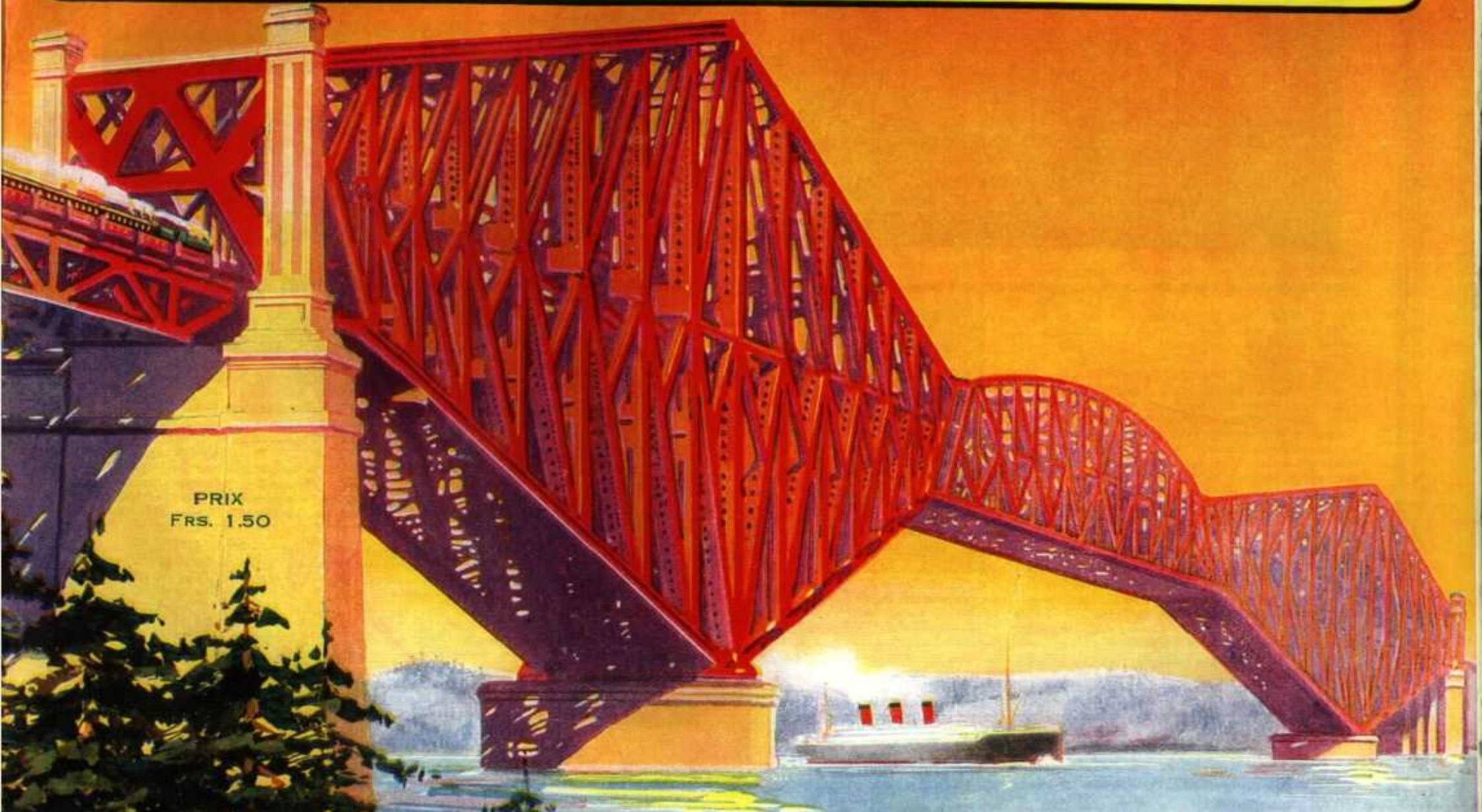


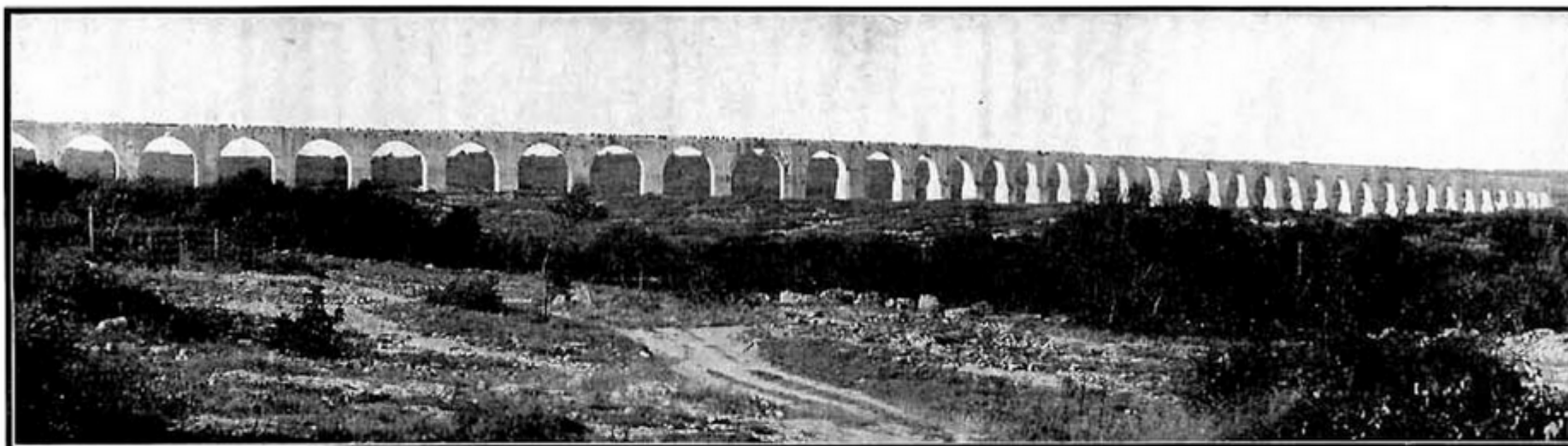
MECCANO

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL



PRIX
FRS. 1.50

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL



Le Génie Civil il y a 2,000 ans ! Cet aqueduc qui se trouve en France est un exemple splendide de l'art des Ingénieurs Romains et un témoignage du rôle important qu'ils ont joué dans le progrès de la Civilisation

Avant-Propos

L'intérêt que les jeunes Meccanos ont toujours manifesté pour tout ce qui touche la mécanique et les constructions nous ont donné l'idée de leur exposer dans un joli livre l'histoire et la description des plus beaux monuments de l'art de l'Ingénieur. C'est ce livre "Les Merveilles du Génie Civil" que nous faisons paraître maintenant avec de nombreuses illustrations. Jetons d'abord un coup d'œil général sur l'histoire et l'importance de ce que nous appelons l'art de l'Ingénieur. De tout temps, la civilisation a été redevable de beaucoup aux Ingénieurs. Les nations qui ont fait les plus grands progrès sont non seulement celles qui possèdent les plus habiles Ingénieurs, mais, prévoyant l'énorme importance de leur œuvre, ont su appliquer à leur travail les méthodes les plus perfectionnées.

La caractéristique la plus remarquable du Génie Civil est peut être le développement des moyens de communication. Les routes et les voies d'eau ont eu une importance vitale pour la civilisation, aussi bien pour le transport des marchandises que comme moyens de faciliter l'échange d'idées et du savoir entre les peuples civilisés. Ce livre est destiné dans un grand mesure à l'étude des questions concernant ce côté de la mécanique.

En traçant les voies de communication l'homme a rencontré des obstacles naturels tels que ravins, rivières, etc., qui nécessitaient l'exécution d'un certain travail pour pouvoir les faire traverser par la route. C'est ainsi que naquirent les ponts de différents types. Le fait que l'art de la construction des ponts de la plus haute antiquité est prouvé par les ruines de nombreux ponts en

pierre d'une conception simple, qui nous sont restés de l'époque des Romains. Mais il n'est pas douteux que les peuplades primitives construisaient des ponts en liane et en câbles et ensuite des ponts en bois, comme il en existe encore dans de nombreux endroits et notamment dans les régions peu civilisées de l'Amérique du Sud et de l'Asie Centrale. Les progrès des transports par voie ferrée ont fait établir de nouveaux types de ponts en fer, ensuite en fonte ; le passage des grands navires a obligé de construire des ponts extrêmement élevés, qui présentent de véritables monuments immenses, comme par exemple le Pont de Québec que nous décrivons dans notre livre.

Les voies d'eau intérieures ont également joué un rôle important dans les communications. Ce sont surtout les grands canaux établis pour la circulation des navires de fort tonnage qui jouent actuellement le rôle le plus important, et nous décrirons plus loin comment ces canaux ont pu être creusés par de puissants excavateurs, dragues, et d'autres machines géantes. Le trafic par eau nécessite la construction de grands ports et d'entrepôts pour lequel on est obligé d'utiliser un matériel de construction spécial, le ciment de Portland dont nous parlerons également, ainsi que des grues d'une force considérable qui ont permis d'établir des digues capables de résister à la violence des vagues.

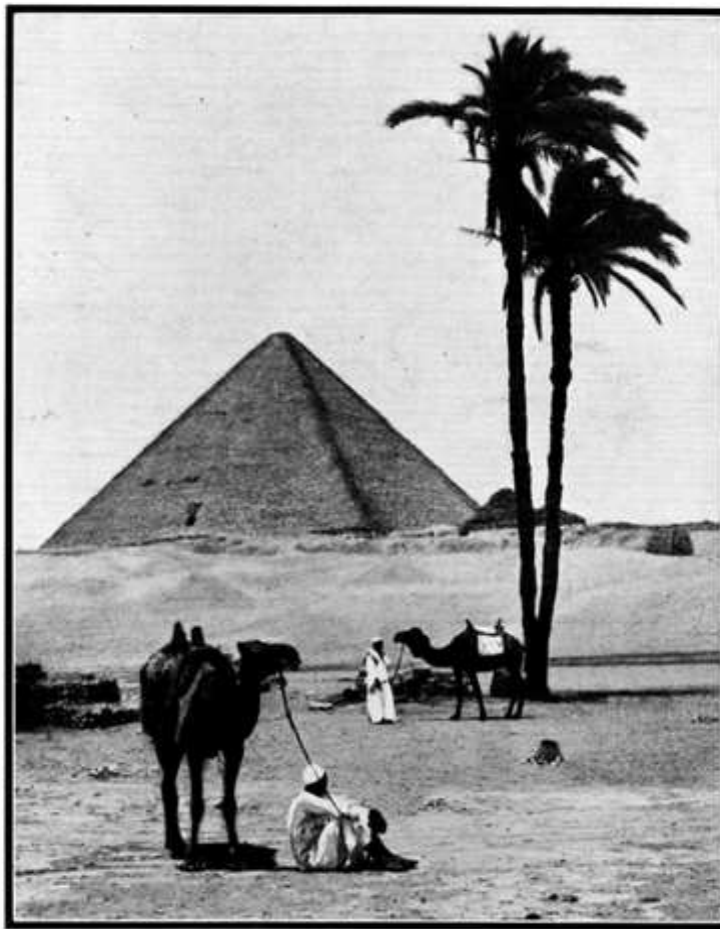
Mais il est évident que tous les succès remportés par le Génie Civil s'épuisent ses immenses possibilités et nous prévoyons dans notre livre perspectives de ce que pourra devenir dans l'avenir l'art de l'Ingénieur.

La Civilisation et l'Ingénieur

L'HISTOIRE de la civilisation, nous l'avons dit plus haut, est en grande mesure, celle de l'ingénieur. Pourrait-on se figurer, par exemple que même aux temps les plus reculés de l'histoire, à l'aube de la civilisation humaine, on ait pu défricher des terrains, les cultiver, les ensemençer, et en récolter les produits sans exécuter des travaux d'irrigation, et sans établir des appareils ou pompes de la construction la plus simple? Ce sont justement ces travaux qui rendirent l'antique Egypte si fertile; d'autres contrées, comme la Mésopotamie, par exemple qui présente actuellement un pays brûlé par le soleil, et couvert d'une pauvre végétation, étaient connus dans l'antiquité pour leur fertilité.

Les anciens étaient surtout des maçons et des terrassiers. Ce qui frappe surtout dans leurs constructions, comme celles des Egyptiens, ce sont les énormes dimensions des pierres employées; on se demande comment ils ont pu transporter et mettre en place ces blocs formidables, pesant parfois près de mille tonnes ce qui présenterait de grandes difficultés même actuellement avec les puissantes machines que nous possédons. Et pourtant les ouvriers de l'antiquité réussissaient à exécuter des ouvrages qui peuvent être considérés comme des chefs d'œuvre de l'art de tailler la pierre, comme la célèbre pierre de Baalbec près de Damas, de 21 mètres de long et plus de 5 mètres d'épaisseur, et dont le poids n'est pas moins de 500 tonnes. Mais c'est dans les Pyramides d'Egypte que se manifeste de la façon la plus éclatante le savoir et la patience des anciens. Ces célèbres Pyramides sont au nombre de neuf, dont trois sont véritablement colossales, et les six autres beaucoup plus petites. Elles faisaient partie de cette série d'entreprises exceptionnelles que les anciens classaient parmi les merveilles du monde. La hauteur de la plus grande Pyramide, celle de Chéops, est de 140 mètres. Dans son ensemble elle représente plus de deux millions et demi de mètres cubes de pierre. Des blocs énormes formant un escalier de 200 marches étonnent encore le voyageur par leur régularité, et l'admirable précision de leur mise en place qu'il est impossible de dépasser même dans nos travaux les plus modernes.

Parmi les œuvres célèbres des ingénieurs de l'antiquité, il faut mentionner le fameux phare d'Alexandrie, de 110 mètres de haut, le Temple d'Ephèse en Asie Mineure, qui avait 120 mètres de long sur 66 mètres de large, les jardins suspendus de Babylone, exécutés sur l'ordre du roi Nabuchodonosor. Ces jardins formaient



Une des merveilles du Génie Civil d'une civilisation antique. La Grande Pyramide de Chéops est la plus grande construction en pierre du monde entier. Certains des blocs de pierre qui ont servi à sa construction pèsent de 50 à 60 tonnes, et les blocs du sommet ont été élevés à une hauteur de près de 150 mètres.

quatre étages s'élevant jusqu'à 25 mètres, le tout soutenu par des murs de six mètres et demi d'épaisseur. Citons encore des œuvres d'intérêt public telles que le tunnel de Schiloah, que le roi Ezéchias fit creuser pour alimenter d'eau la ville de Jérusalem, ainsi que les tentatives faites du temps de Démétrius Poliorcète, de Caligula et de Néron pour percer l'isthme de Corinthe, œuvre que les ingénieurs modernes ont enfin terminée.

Les Romains qui conquièrent le monde, durent une partie de leur succès à l'application judicieuse des principes de la mécanique dans la construction des machines de guerre. Mais il ne suffit pas de conquérir—il faut conserver. Aussi les Romains couvraient-ils les pays conquis d'un réseau de routes, de viaducs, et de monuments dont la construction a bravé les siècles. Citons parmi ces admirables monuments, le Pont du Gard, situé à 22 kilomètres de Nîmes, et l'admirable aqueduc de Ségovie en Espagne, qui alimente encore d'eau pure la ville de Ségovie.

L'art de la construction des routes et des ponts a subi une grande décadence après l'antiquité Romaine, et même jusqu'au 18^{ème} siècle l'Europe ne possédait des routes que très défectueuses. Ce n'est que par l'invention de la machine à vapeur par Denis Papin, Watt, Stéphenson, que le transport fait un bond énorme. Les chemins de fer qui sillonnent actuellement le monde entier, ont réduit les distances facilité les communications, et avec l'application de la vapeur à la navigation, on a pu relier entre elles par des trajets rapides, les diverses parties du monde, qu'il fallait auparavant des mois et des mois pour atteindre. Comme exemple de l'énorme influence que les chemins de fer ont eu sur le développement industriel et commercial du pays, citons le Transsibérien, qui réunit Moscou au Pacifique, le Canadian Pacific Railway, qui traverse le Canada d'un océan à l'autre, ainsi que les nombreuses lignes qui ont fait la prospérité de la Manchourie, du Congo, du Brésil, etc.

Il est évident que l'établissement de nouvelles voies ferrées, dans des parties du monde considérées jusqu'à maintenant comme presque inaccessibles, a exigé d'immenses travaux; des ponts ont été jetés au dessus des rivières—des tunnels ont été percés à travers des montagnes—des tranchées ont été creusées et tout ceci n'a été possible à exécuter que grâce au progrès surprenant de l'art de l'ingénieur. Nous avons parlé déjà des grands canaux; les plus considérables parmi eux sont

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Les routes d'eau qui relient les Océans

ceux de Suez et de Panama. Rappelons qu'à l'époque des Egyptiens on avait déjà essayé de construire un canal, reliant la Méditerranée à la Mer Rouge. Ce canal aboutissait en réalité au Nil par une de ses extrémités et au Lac Amer par l'autre. Ensablé au temps des Romains, partiellement établi par le Calife Omar, le canal fut complètement abandonné par la suite, et réalisé seulement au 19ème siècle par Ferdinand de Lesseps. Pour se faire une idée de son importance, il suffit de se rappeler qu'avant son percement la route maritime de l'Orient passait par le Cap de Bonne Espérance ; les vaisseaux étaient donc obligés de contourner tout le Continent Africain pour aller d'Europe aux Indes. Le Canal de Suez en réduisant le temps nécessaire pour ce voyage, a fait gagner des milliards d'économies aux commerçants, a activé le trafic, et a pour ainsi dire créé le port de Bombay, dont le mouvement dépasse même celui de Calcutta.

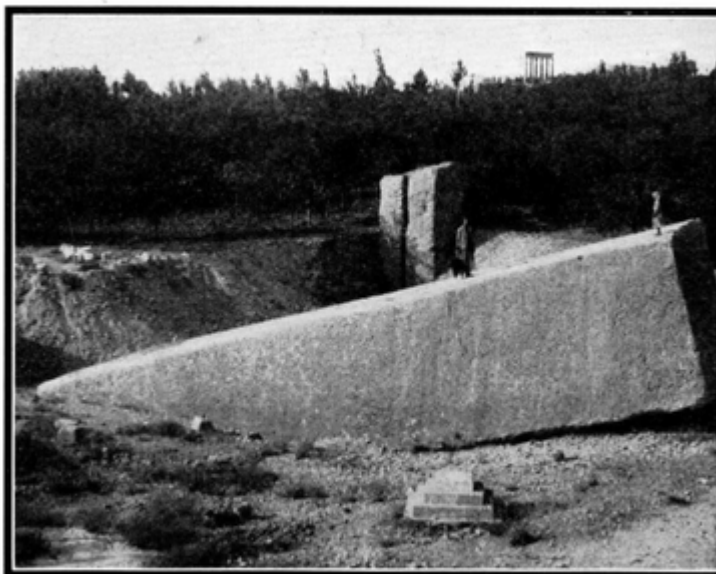
De même le Canal de Panama a permis aux navires de passer d'un océan à un autre sans avoir à doubler le dangereux Cap Horn. Ce Canal dont le percement a rencontré des difficultés presque insurmontables, a déjà prouvé son utilité par une considérable augmentation du trafic dont ont bénéficié certains ports, comme Los Angeles qui est considéré maintenant comme le premier après New York.

Ajoutons que ce fut justement ces deux immenses ouvrages qui provoquèrent l'invention de ces appareils perfectionnés de ces machines de toutes sortes avec lesquelles les ingénieurs modernes peuvent s'attaquer presque à n'importe quelles entreprises, aussi importantes soient elles.

Enfin l'application de la vapeur à l'industrie a donné un essor formidable à toutes les branches de cette activité, notamment à l'industrie du fer. Les jeunes Meccanos con-



(Au-dessus) La statue de Rhamsès II trouvée à Thèbes. Elle a été taillée dans un seul bloc de granit transporté d'Assouan sur plusieurs centaines de kilomètres malgré son poids de 887 tonnes. (Au-dessous) La plus grande pierre qui ait jamais été extraite. Son poids approximatif est de 1,500 tonnes, et nous ne pouvons que nous demander comment les anciens habitants de la Syrie, où elle a été trouvée ont pu le faire mouvoir.



L'ère de l'Electricité

naissent les grandioses installations des fonderies modernes, pour en avoir lu la description dans le "Meccano Magazine."

Il est évident que les œuvres titanesques produites par l'industrie moderne exigent des outils immenses et puissants, qui ne pourraient pas être mis en mouvement par la force manuelle ; c'est donc la vapeur qui a permis de les exécuter.

Mais d'autre part l'usage de la machine à vapeur, tant comme moyen de transport que pour son application à l'industrie a provoqué une augmentation énorme de la production du charbon, ce qui a été une source de prospérité nationale pour beaucoup de pays. Nous avons raconté dans le "M.M." la merveilleuse histoire du charbon, et pourtant ce

combustible qui a joué un rôle si important dans les succès de l'industrie et même, pourrait-on le dire, de la civilisation, est d'être détrôné par d'autres forces, que l'ingénieur a réussi à capter et dont nous reparlerons dans le dernier chapitre de ce livre.

Ainsi partout où se sont portés les efforts de l'ingénieur, ils ont procuré à l'humanité de nouvelles ressources, et une amélioration générale dans les conditions de la vie. L'ingénieur électricien a joint son activité à celle de l'ingénieur du génie civil, pour mettre au service de l'humanité cette force mystérieuse et encore imparfaitement connue qui peut être transmise en un instant d'un endroit à un autre à travers des milliers et des milliers de kilomètres. Le chimiste, le physicien et même le mathématicien contribuent aux succès de l'ingénieur en lui donnant les éléments théoriques nécessaires. Ainsi, l'art de l'ingénieur présente comme une synthèse des connaissances humaines, appliquées à la pratique, et il n'est pas douteux que cet art ira progressant, et un jour viendra où son rôle deviendra peut être le plus important dans l'existence de l'humanité.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

La plus Grande Construction du Monde: la Tour Eiffel

NOUS avons indiqué, dans notre chapitre précédent, l'importance pratique de l'art de l'ingénieur pour l'amélioration de l'existence humaine et le développement de son industrie. Mais ce serait une erreur de croire que le Génie Civil est limité aux ouvrages purement utilitaires. L'architecture, par exemple, même la plus décorative, ne saurait exister sans une connaissance profonde des principes de la mécanique. Et, fait à remarquer, l'esprit de l'homme a toujours été attiré par le grandiose de ces constructions. Les auteurs anciens sont pleins de descriptions d'édifices colossaux, et les siècles nous en ont même conservé quelques uns, comme par exemple les Pyramides d'Égypte.

Il fallait aussi à notre époque un monument qui synthétise le Génie Moderne, avec ce qu'il comporte d'ingéniosité et d'élégance dans son aspect grandiose.

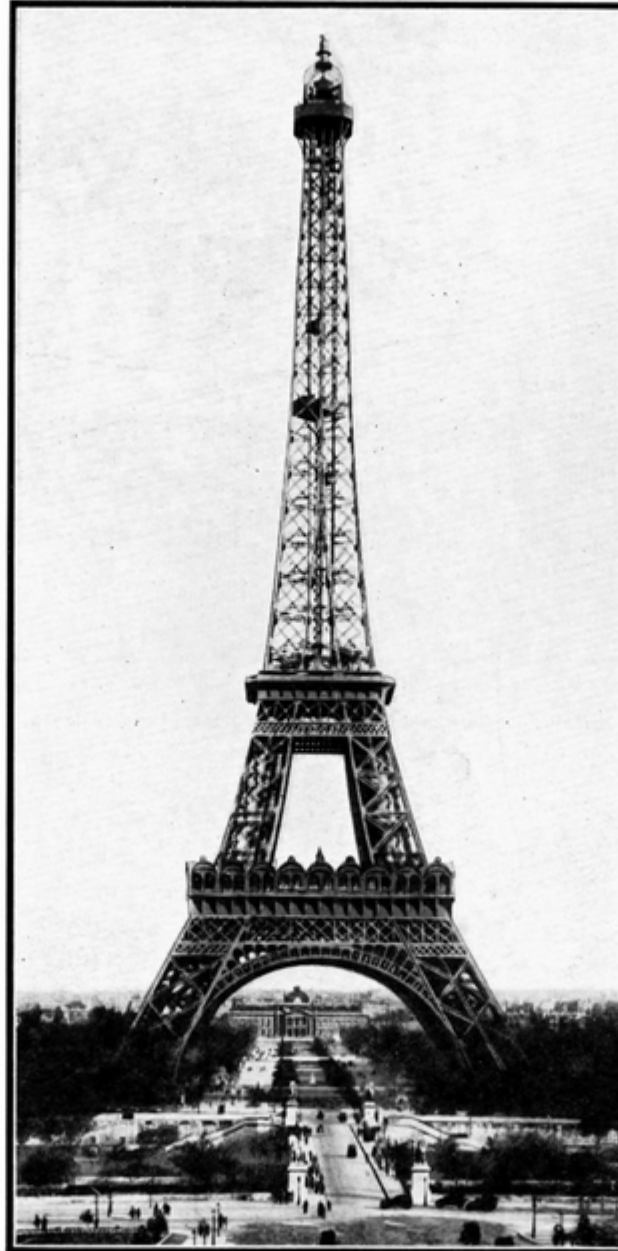
L'antiquité nous a laissé des temples aux nobles lignes, le Moyen Age, des cathédrales s'élançant vers le ciel dans un élan de leurs pierres travaillées à jour, comme une dentelle—la Renaissance, le XVII^e et le XVIII^{èmes} siècles ont contribué également à enrichir l'architecture de beaux édifices de pierre. Mais notre siècle, qui a vu le triomphe du fer, devait employer le fer pour commémorer son Génie.

C'est au célèbre Ingénieur Français Eiffel, que revint la gloire d'avoir conçu et exécuté ce projet.

Né à Dijon en 1832, Alexandre Gustave Eiffel sortit de l'École des Arts et Manufactures en 1855.

Trois ans après, le jeune Ingénieur de 26 ans se vit confier la construction du grand pont métallique de Bordeaux. Ce fut pendant cet important travail qu'Eiffel appliqua pour la première fois l'air comprimé à la construction des fondations des piles.

Depuis, Eiffel parcourut une brillante carrière, se spécialisant dans les grandes constructions pour lesquelles il manifestait un goût marqué. On lui doit le projet du Palais des Machines à l'Exposition Universelle de 1867, les viaducs, sur piles métalliques de la ligne de Commentry à Gannat, les ponts de la Tarde près de Montluçon, de Cubsac, près de Bordeaux, et le grand pont à arc sur le Douro à Porto. L'ouverture de 160 mètres de ce pont était la plus grande qui eût été réalisée jusqu'alors pour un pont fixe de chemin de fer. En 1878, Eiffel fut chargé de la construction de la grande galerie, avec ses trois dômes, du Palais de l'Exposition de 1878. Il faut citer aussi, parmi les nombreuses œuvres d'Eiffel, la coupole tournante, d'un poids de 100,000 kilogs de l'Observatoire de Nice, qu'un dispositif ingénieux permet facilement à un homme de mettre en mouvement, et l'ossature en fer de la colossale statue de la Liberté, œuvre du sculpteur Bartholdi, et dont la



France a fait présent à l'Amérique.

Mais ce n'est que dans la construction de sa célèbre tour qu'Eiffel put manifester librement ce goût du grand, ce génie du monumental, cet idéal de force dans l'immensité, qui avaient dirigé toute son existence de grand Ingénieur.

L'histoire de cette construction est curieuse. L'idée de construire une tour géante était venue à des Ingénieurs Américains, qui proposèrent d'édifier, pour l'Exposition de Philadelphie de 1874, une *Tour de Mille Pieds*, soit trois cents mètres. Mais alors ce projet sembla trop grandiose pour être réalisable. En 1881, un Ingénieur français, M. Sebillot reprit le projet d'une tour géante et proposa d'installer à son sommet un foyer électrique destiné à éclairer Paris. Lorsque le Gouvernement établit un concours pour l'édification de l'Exposition Universelle de 1889, l'idée d'une haute tour fut admise en principe et imposée aux concurrents. Le projet de M. Sebillot, qu'il reprit en commun avec M. Bourdais, comprenait une *Tour Soleil*, mais cette fois en maçonnerie, ce qui le fit écarter par la Commission d'examen. G. Eiffel avait également présenté un projet, auquel avait travaillé ses collaborateurs, les Ingénieurs Nougier et Koechlin, et l'architecte S. Sauvestre. Ce projet fut accepté à l'unanimité par la Commission, dont la décision spécifiait que la "Tour à édifier devait apparaître comme un chef-d'œuvre original de l'industrie métallique et que la Tour Eiffel semblait répondre pleinement à ce but."

Cependant, cette idée d'une tour entièrement métallique, et destinée à servir, sans jeu de mot, de "clou" à l'Exposition Universelle de Paris en 1889, sembla peu heureuse à cette époque, et de nombreuses personnalités parmi les artistes et les écrivains protestèrent hautement contre l'érection d'une "pile de pont" qui déparerait complètement l'harmonie de la capitale. Ces hommes de l'Art se trompèrent dans leurs prévisions et la Tour Eiffel est actuellement l'un des ornements de Paris.

Le 8 Janvier 1887, Eiffel signa un contrat avec l'Etat et la Ville de Paris, convention d'après laquelle l'Etat lui attribuait une subvention de 1,500,000 francs et la Ville de Paris, le terrain nécessaire à la construction. Le 30 Janvier de la même année, le premier coup de pioche fut donné pour creuser les fondations des 4 piles. Pour les deux piles d'arrière, celles du côté du Champ de Mars, on n'eut pas de grandes difficultés, car on trouva un banc de sable à 7 mètres seulement sur lequel on établit des massifs de béton de 2 mètres de profondeur, destinés à supporter les fondations.

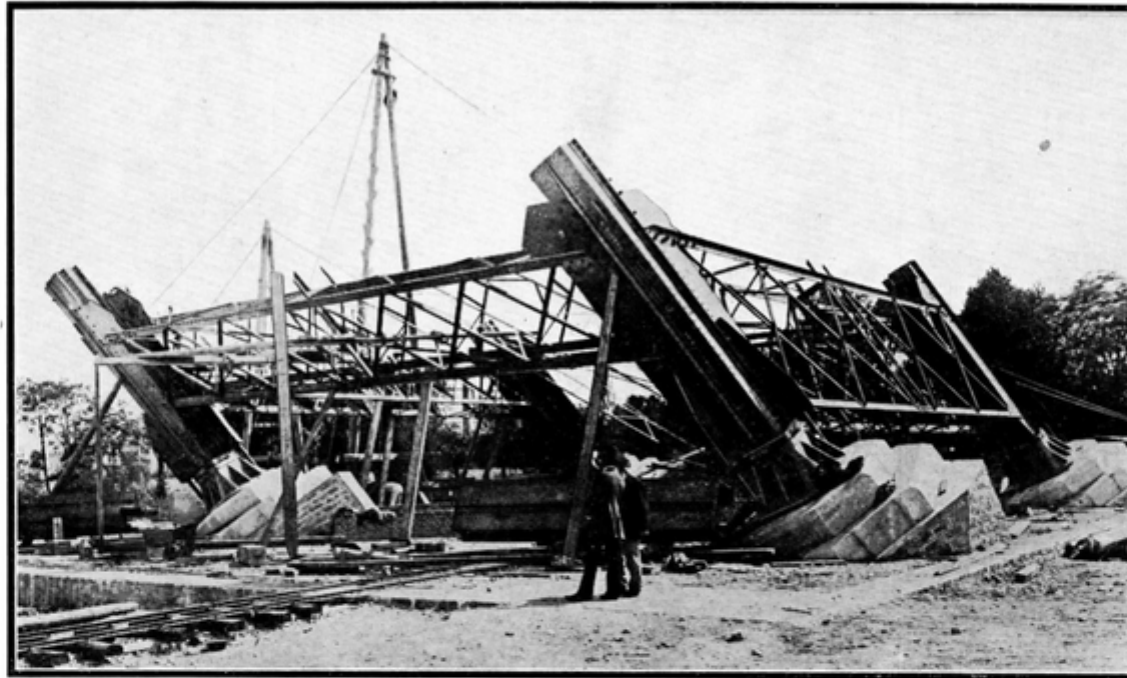
Mais on dut creuser jusqu'à 12 mètres de profondeur, c'est à dire au dessous du niveau de la Seine,

Les fondations

pour trouver le terrain nécessaire à l'établissement des fondations de devant. Ces dernières furent construites à l'aide de caissons en tôle de quinze mètres de longueur et de six mètres de largeur, au nombre de quatre pour chaque pile. Ces caissons ont été descendus jusqu'à cinq mètres de profondeur au-dessous du niveau normal de la Seine. Les fondations de la Tour Eiffel ont été exécutées avec un soin tout particulier. Pour donner à ce volumineux pylone métallique une garantie de sécurité parfaite, on a noyé dans la maçonnerie de la fondation des piles, d'énormes boulons de près de 8 mètres de longueur qui, montés sur des sabots en fonte et des fers de charpente, intéressent toute la surface des massifs. La pierre de taille a été employée pour les assises, qui sont capables de résister à un écrasement de 1,235 kilogs par centimètre carré, alors qu'elles ne travaillent qu'au quarantième de leur puissance de résistance. La pression, sous les sabots en fonte qui supportent les arêtes de la Tour est de 30 kigs, seulement par centimètre carré.

Il est curieux de constater que les 4 piles de la Tour Eiffel, de même que les coins de la Grande Pyramide, sont exactement aux quatre points cardinaux.

Les fondations furent terminées le 30 Juin de la même année. Aussitôt après, le montage de la construction métallique commença : De la base au 1er étage, les quatre montants de chaque pile sont des prismes à sections carrées de 15 mètres de côté, inclinées à 52°. Ils sont reliés



(Ci-dessus). Montage des quatre Montants d'une Pile de la Tour, effectué sans Echafaudage.

(Ci-dessous). Etablissement des fondations en maçonnerie de la Tour.



Le montage

par des pièces en treillis de fer, ou cornières, disposées en croix de St André, et par des traverses horizontales. Jusqu'à 26 mètres de hauteur, on put effectuer le montage à porte-à-faux au moyen de simples bigues munies de treuils, sans l'aide d'échafaudages. A partir de cette hauteur, on établit 12 gigantesques pyramides de bois et 4 puissantes grues pivotantes de 12 mètres de portée hissèrent les pièces métalliques. Quant aux poutres transversales de 7 m. 50 de côté et 45 m. de long, qui réunissent les quatre montants, elles furent mises en place en partie à l'aide de 4 nouveaux échafaudages, de 48 mètres de haut, en partie en porte-à-faux.

De la première à la troisième plateforme, les montants sont constitués par les mêmes éléments légèrement modifiés, sans l'aide d'échafaudages. Les travaux se poursuivaient très activement ; des équipes de forgerons et de riveteurs préparaient les équerres et assemblaient les diverses poutres au moyen de rivets ou de boulons, suivant le cas. Les rivetages mécaniques, électriques et pneumatiques n'étaient pas encore utilisés — aussi les vingt cinq millions de rivets employés ont ils été enfoncés au marteau et tous les boulons placés à la main.

Le 31 Mars 1889, le jour prévu, le montage de la Tour était terminé, et M. Eiffel, qui avait dirigé lui-même tous les travaux, planta le drapeau français sur le monument le plus élevé qui ait jamais été construit. Ce fut un moment émouvant, et lorsque, le même jour, le Commissaire

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

L'achèvement

Général de l'Exposition, devant les Ingénieurs et les ouvriers qui travaillèrent à cette grande œuvre, annonça au Constructeur que le Président de la République lui conférerait la croix d'Officier de la Légion d'Honneur, d'unanimes applaudissements accueillirent cette distinction bien méritée.

Moins de 2 mois après, le 17 Mai, on achevait la peinture, la décoration et l'aménagement de la Tour, dont la construction n'avait exigé que 2 ans, 4 mois et 9 jours, laps de temps extrêmement court, si on le compare aux vingt années que demanda la grande pyramide et aux deux cents ans que durèrent les travaux du temple de Diane à Ephèse.

Ce qui est surtout merveilleux dans la construction de la Tour Eiffel, c'est qu'aucune erreur ne fut commise, ni dans le projet, ni dans les travaux, et qu'aucun mécompte ne vint les arrêter, qu'aucun accident ne se produisit, et que la construction suivit, jour par jour, sans défaillance, le programme arrêté à l'avance.

Quinze mille pièces différentes, ayant donné lieu chacune à une étude spéciale et à un dessin particulier, constituent dans leur ensemble ce merveilleux ouvrage de l'Ingénieur, dont la précision a été admirée par tous les techniciens du monde. Les moindres détails ont été calculés avec un tel soin que toutes les pièces fabriquées au Chantier de Levallois ont été montées après leur transfert, sans que la moindre retouche ait été nécessaire. Qu'il suffise de dire que la position des trous destinés aux rivets, a été déterminée avec une exactitude d'un demi millimètre.

Disons que le poids en métal, que représente la Tour est de 7,000 tonnes dont 3,000 tonnes appartiennent à la partie comprise entre le sol et le 1er étage et 4,000 tonnes ont été nécessaires pour construire les parties qui vont du 1er étage à la lanterne supérieure.

La Tour Eiffel est le monument le plus élevé du monde. Elle mesure 300 mètres de haut, alors que le Mole Antonelliana à Turin, dont nous avons fait paraître dans le M.M. un beau modèle Meccano, n'a que 170 mètres—l'Obélisque de Washington 169 mètres, la Cathédrale de Cologne 159 et la Pyramide de Chéops 146 mètres. Le campanil de la Tour qui, vu d'en bas, semble à peine une petite coupole coiffant le sommet, a la hauteur d'une maison de 6 étages!

Et pourtant, malgré ses formidables dimensions et son poids, la Tour Eiffel est d'une remarquable légèreté



(Ci-dessus). Soubassement de la Tour Eiffel et le Trocadéro.

(Ci-dessous). La construction de la Tour a atteint la seconde plateforme.



Panorama Merveilleux

d'aspect et d'une solidité à toute épreuve. Nous avons dit plus haut que ses fondations sont établies pour pouvoir supporter une pression huit fois plus grande que celle qu'exerce la Tour; disons encore que l'équilibre en est si stable, que les oscillations du sommet de la Tour ne dépassent pas 10 cm. et que l'édifice est établi pour résister à une pression latérale de 400 kilogs au mètre carré alors que, même par les vents les plus violents, cette pression ne dépasse pas 150 kilogs au mètre carré.

La Tour comprend trois plateformes, la première à 58 mètres, la seconde à 116 mètres et la troisième à 276 mètres. Une terrasse supérieure est encore aménagée à la hauteur de 279 mètres. De là, on peut monter encore sur la petite terrasse supérieure, de laquelle on admire un panorama merveilleux s'étendant à 85 km. au tour. Au dessus de cette terrasse, se trouve le pavillon vitré de M. Eiffel, puis le phare, sur la coupole duquel est installée la petite plateforme extrême

supportant le drapeau.

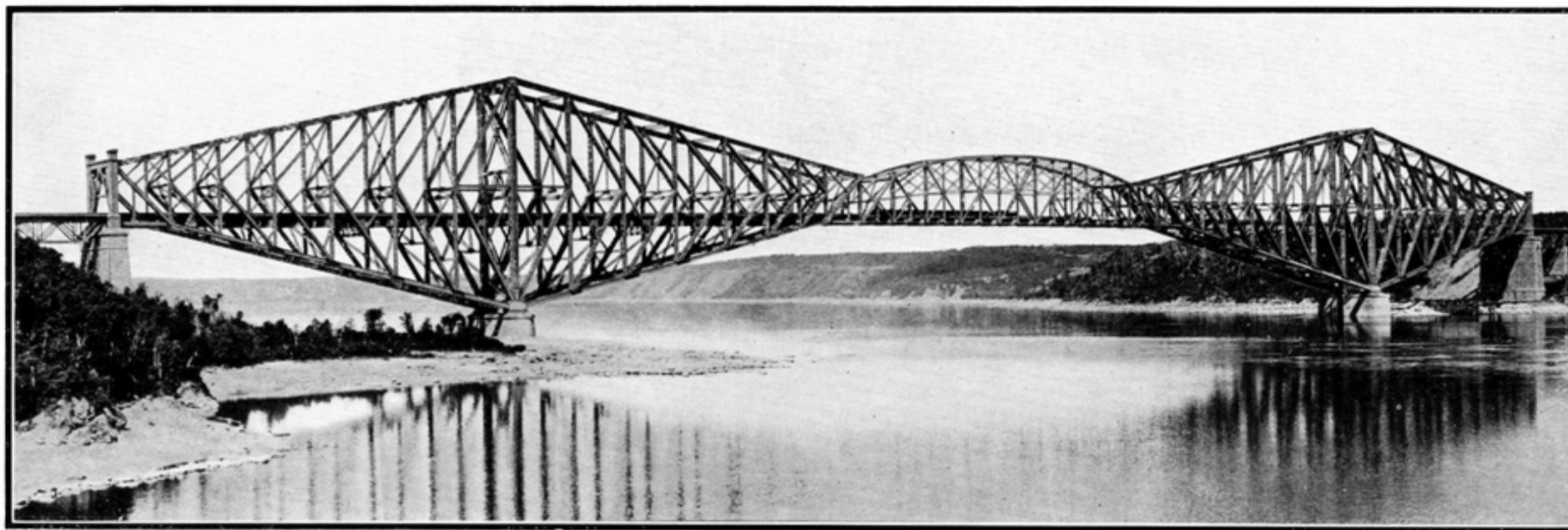
Des escaliers ont été aménagés pour monter jusqu'au bout de la Tour, ainsi qu'un système d'ascenseurs hydrauliques et électriques.

Une construction aussi monumentale devait exiger une dépense en proportion. Et cependant la Tour Eiffel ne coûta que la somme comparativement modeste de 6,500,000 francs, soit près de 35 millions au cours actuel.

On pouvait certainement douter que cette entreprise puisse être fructueuse. Ce fut, au contraire, une affaire brillante, car pendant l'Exposition de 1889, les recettes de la Tour montèrent à près de 6,000,000 de francs!

Mais la Tour a rendu, en outre, d'importants services à la Science. En effet, elle est tout d'abord un observatoire météorologique incomparable. Ensuite elle a permis d'effectuer une série d'expériences et de recherches sur l'électricité atmosphérique, sur la chute des corps, etc. Et pourtant, il est surprenant de se rappeler qu'après l'Exposition de 1900, on décida presque la démolition de la Tour!

M. Eiffel sauva alors sa création par son intervention énergique. Et une fois de plus les événements lui donnèrent raison. Depuis l'invention de la T.S.F. la Tour Eiffel devint un des postes les plus puissants du monde et, comme tel, rendit d'innombrables services pendant la guerre.



Histoire du Pont de Québec

LE Pont de Québec est l'un des trois plus grands ponts du type cantilever, du monde, les deux autres étant le Pont du Forth en Ecosse et celui de Blackwell à New-York. De ces trois, le pont de Québec est le plus grand et l'histoire de sa construction est véritablement passionnante.

Le dictionnaire donne, comme définition du mot "cantilever" "type de pont métallique en poutres rivées ou articulées," et un pont à simple cantilever est un pont dans lequel les deux travées reposent sur une arrête ou point fixe et supportent à leurs extrémités une pièce centrale. Ces deux travées sont appelées cantilever, d'où vient le nom du pont. Le mot cantilever provient du vieux mot français "cant" signifiant "angle" et du verbe "lever." Le principe du cantilever est d'une grande antiquité, ayant été utilisé en Chine, au Japon et aux Indes il y a des centaines d'années. Ces anciennes constructions étaient, évidemment très primitives et le type s'en est très peu perfectionné jusqu'à une époque assez récente.

Une excellente explication de ce principe avait été donnée par Sir Benjamin Baker à l'Institut Royal au cours de sa conférence sur le Pont du Forth. A cette occasion, le conférencier a montré ce qu'il a appelé un modèle vivant du Pont du Forth, ainsi conçu : "Deux hommes assis sur des chaises allongent chacun un bras en l'appuyant sur une baguette dont l'autre extrémité repose sur la chaise. Ceci représentait les deux cantilevers. La partie centrale était représentée par une courte baguette maintenue par ces mains et rattachant des cantilevers au point fixé par des fils reliant les mains libres des hommes à des charges considérables posées à terre. En chargeant ce système au moyen d'un poids sur la partie du milieu, les bras des hommes et les fils d'attache supportent une tension et les baguettes et les pieds des chaises supportent une compression."

Le grand avantage du système cantilever est qu'il permet de construire les

travées de chaque côté du point d'appui en même temps, ces travées étant ainsi en équilibre et ne nécessitant pas de supports externes.

Dans les premiers ponts à cantilever construits en orient, les cantilevers consistaient en des poutrelles en bois chevauchantes, chaque poutrelle dépassant d'un peu la poutrelle de dessous. Quand on avait, par ce moyen réduit suffisamment la distance entre les deux cantilevers, on fixait la pièce centrale qui reposait sur les extrémités des poutrelles supérieures des deux cantilevers.

Depuis une cinquantaine d'années on a adopté le principe du cantilever pour des ponts en métal ayant des portées de largeur considérable. Le premier véritable pont cantilever en métal fut construit sur le Niagara près du pont à suspension bien connu. La longueur de ce nouveau pont entre les deux piles est de 160 mètres. Deux ans après on construisit un autre pont de ce type sur la rivière Fraser pour le trafic des trains du Canadian Pacific. Dans cette construction la partie centrale mesurait 100 mètres. Par la suite le principe du cantilever fut adopté pour des ponts ayant plus d'une ouverture, les cantilevers additionnels étant construits sur des fondations établies dans le lit de la rivière. L'exemple le plus frappant des ponts de ce type, c'est la construction magnifique qui relie les deux côtés de l'embouchure du Forth, pour la ligne du London et North Eastern. La longueur totale du pont du Forth qui comprend deux viaducs et une partie cantilever est de 2553 mètres ; la partie cantilever mesure 1646 mètres et se compose de deux travées doubles géantes et de deux parties centrales.

La portée entre les centres des travées est de 530 mètres. Chaque moitié de travée mesure 210 mètres et les colonnes verticales qui composent les tours à partir des points d'appui des travées ont 120 mètres de hauteur au-dessus du niveau d'eau à haute marée. Les parties centrales des travées ont chacune 110 mètres de longueur.

Progrès du Type Cantilever

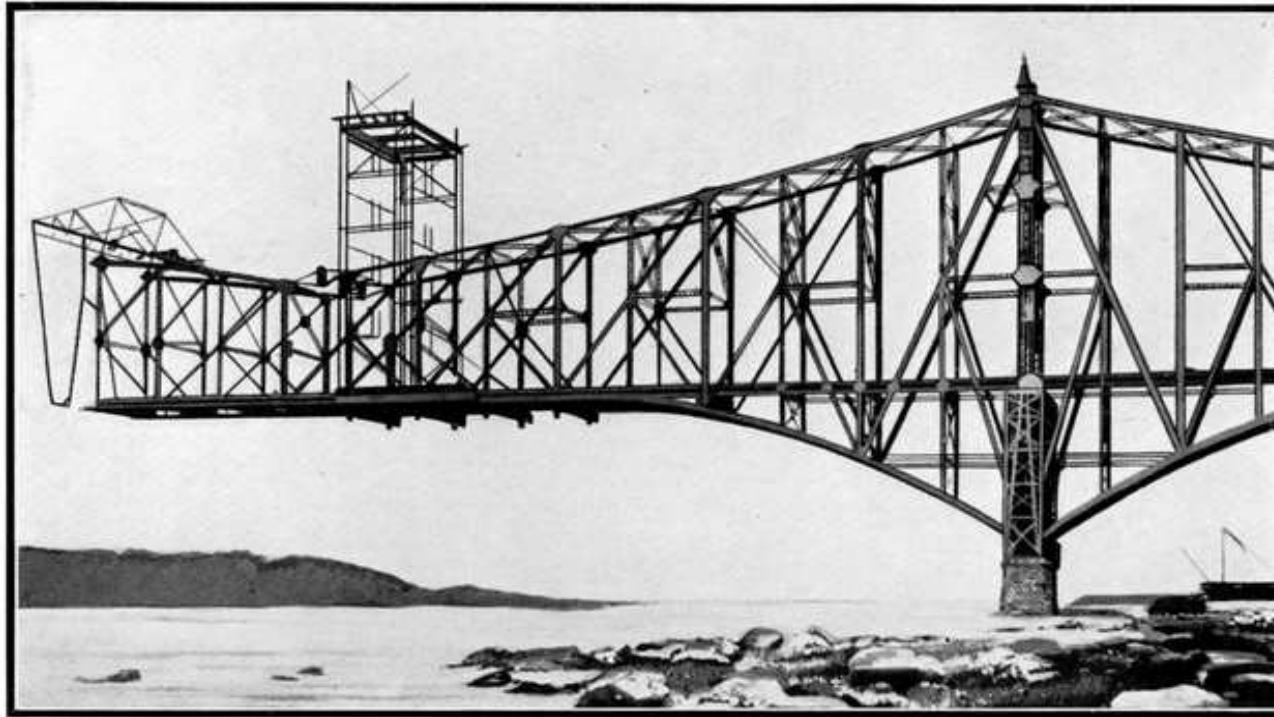
Parmi les ponts cantilevers français, nous citerons celui du Viaur dont la longueur totale est de 460 mètres et la hauteur de 135. Un échafaudage de cette hauteur eut coûté une somme considérable; avec le cantilever il a suffi d'établir les chantiers simplement nécessaires au départ de chacun des axes sur les deux rives.

Mais tous ces ponts que l'on vient de décrire, même celui du Forth, sont maintenant éclipsés par le pont de Québec. Ce pont a été construit pour relier au moyen du grand chemin de fer transcontinental, les provinces à l'est de la rivière St. Lawrence avec celles de l'Ouest. L'autorisation de construire ce pont fut obtenue du parlement du Dominion en 1882. Le Pont du Forth qui venait d'être achevé était reconnu comme preuve définitive de la supériorité des ponts type cantilever, et il était donc tout à fait naturel que les ingénieurs consultés proposent un pont de ce type. A l'endroit choisi pour la construction du pont le fleuve a près de 650 mètres de large, 65 mètres de profondeur et coule entre des rives de 60 mètres de hauteur.

Aucune décision définitive ne fut prise jusqu'à la constitution en 1887 de la Compagnie des Ponts et Chemins de Fer de Québec. Un projet de pont Cantilever présenté par un Ingénieur de New York qui avait passé à peu près trois ans à préparer son travail fut alors accepté et la construction fut confiée à la Compagnie de Ponts Phoenix. D'après le contrat, le pont devait coûter 2,000,000 livres (Frs. 250,000,000). Il devait avoir une longueur totale de 1,050 mètres y compris deux bras d'ancrage, de 150 mètres chacun, deux portées cantilever de 160 mètres chacune et une ouverture centrale de 210 mètres. Construit suivant ces dimensions, le pont aurait une portée du centre d'un cantilever au centre de l'autre, de 554 mètres, excédant ainsi le Pont du Forth de 25/30 mètres. Il devait avoir un seul tablier de 46 mètres de large qui comprenait une chaussée, deux trottoirs, deux lignes de tramway et deux lignes de chemin de fer.

Les travaux furent commencés activement. On dut, tout d'abord exécuter des travaux de terrassement sur les deux rives ainsi que ceux des deux fondations à construire dans la rivière. En 1902 les fondations du côté sud du fleuve étaient terminées et on commença alors les grands travaux de construction du cantilever sud.

Le sort du premier Pont de Québec



Notre photographie montre le cantilever de sud du pont. La photographie fut prise le 28 Aout 1907, juste avant l'effondrement du cantilever.

Pendant l'été de 1907 le bras d'ancrage du sud et à peu près le tiers de son cantilever furent terminés le tout s'étendant à peu près à 70 mètres au dessus du fleuve. Jusque là, tout s'était bien passé, mais un jour, un accident terrible se produisit. On avait remarqué que les poutres inférieures, ou arcs boutants commençaient à se plier sous la pression immense qu'elles supportaient. L'Ingénieur consultant fut avisé, mais pour une raison qui n'a jamais été expliquée, aucun ordre d'arrêter les opérations ne fut donné et le travail continua.

Le 29 Août 1907, le désastre s'abattit soudain et terrible. Un peu avant l'heure d'arrêter le travail de la journée, les poutres inférieures du bras sud d'ancrage se plierent entièrement. Le cantilever fut balancé violemment, et avec un

bruit effrayant, s'écrasa sur sa pile, emportant avec lui les 86 hommes qui travaillaient à la construction au moment de l'accident. Une grande partie de ces malheureux périt, et malgré tous les efforts, on ne réussit qu'à sauver 11 hommes. Des 17,000 tonnes d'acier, constituant la construction, 8,000 tonnes environ étaient tombées dans le fleuve pendant que le reste, masse gigantesque de poutrelles et d'étais tordus et contournés s'amoncela sur les piliers et sur les rives. Ainsi, en quelques minutes, le travail de trois ans se trouvait anéanti.

Cette terrible catastrophe produisit une profonde émotion dans le pays entier, et jeta la consternation parmi les Ingénieurs-Constructeurs de Ponts.

Une enquête minutieuse sur les causes du désastre conclua que l'accident était dû à des erreurs dans le projet et dans les travaux de construction du Pont.

La nécessité des moyens de communication entre les deux rives du Saint-Laurent se faisant de plus en plus sentir, il devint bientôt évident que, malgré le désastre, il fallait construire un nouveau pont, et le Gouvernement Canadien décida d'y procéder lui-même. Les Actionnaires de la Compagnie Phoenix furent désintéressés de leur perte financière, et le Ministre des Chemins de Fer et des Canaux nomma un Conseil Technique pour établir le projet d'un pont cantilever. Le projet soumis par ce Conseil était moins ambitieux que celui de la Compagnie Phoenix. Il envisageait la construction d'un pont cantilever de 28 mètres de large, et ayant une ouverture centrale de 540 mètres. Il en résultait une réduction de

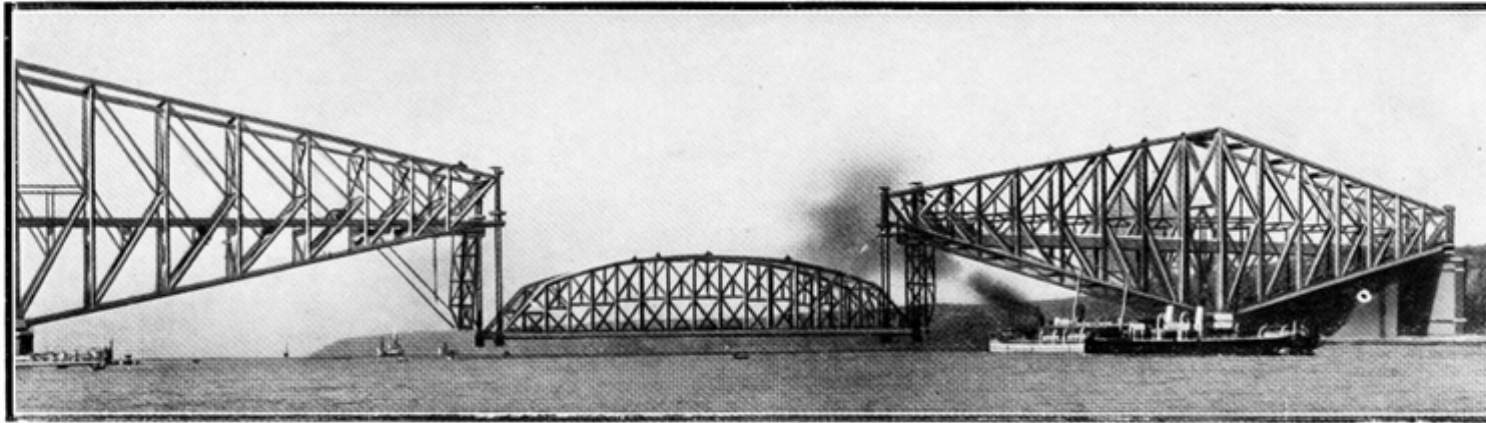
LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

La reconstruction est commencée

16 mètres sur le projet précédent, ce qui exigeait le déplacement de l'une ou des deux fondations existantes. Les facilités pour le trafic étaient également réduites, le pont ne prévoyant que deux lignes de chemin de fer et deux trottoirs.

Pour assurer le meilleur projet possible, le Conseil décida de permettre aux concurrents de se baser, soit sur le projet du Conseil, soit de présenter un projet établi par eux-mêmes. 35 concurrents se mirent sur les rangs et le Conseil accorda finalement l'exécution des travaux à la Compagnie du Saint-Laurent, organisation constituée spécialement pour la construction du Pont de Québec par la fusion de la Compagnie Canadienne des Ponts et de la Compagnie des Ponts du Dominion.

Le projet soumis par la Compagnie du Saint-Laurent provoqua l'intérêt des Ingénieurs. On remarqua particulièrement les pièces en forme de K, constituant les cantilevers et les bras d'ancrage. Parmi les divers avantages de cette forme d'attache des poutrelles, on indiquait qu'elle rendait possible la construction de l'ensemble, sans avoir recours à un bâti provisoire pour le supporter. Le projet reçu prévoyait un pont cantilever métallique, dont le prix devait être de 1,750,000 livres (Fr. 218,750,000). Sa longueur totale était de 988 mètres, y compris deux portées d'approche: l'une de 43 mètres et l'autre de 83 mètres, deux bras d'ancrage, chacun de 157 mètres, deux bras cantilever, chacun de 177 mètres, et une partie centrale de 195 mètres. Les trottoirs devaient avoir une largeur de 1 m. 50 et les deux voies de Chemin de Fer étaient placées à une distance de 10 mètres l'une de l'autre. Une condition du contrat prévoyait, en outre une caution de 259,000 livres (Fr. 32,375,000), qui fut versée par la Compagnie.



(Dessus) La portée centrale amenée sur le fleuve et attachée aux chaînes de levage des cantilévrs va être levée et mise en place. Cette photographie fut prise le 11 Septembre 1916 juste avant l'accident. (Dessous) On voit les ouvriers en train de poser l'une des parties du sabot principal.



Manceuvre d'un caisson

Le travail de relevage des pièces métalliques tordues, qui représentaient le pont à moitié construit, fut commencé en Décembre 1909 par une équipe de 25 hommes. Pour briser les masses d'acier, on se servit de charges de dynamite et des chalumeaux à l'

oxy-acétylène furent utilisées pour découper ces matières en sections transportables.

Les travaux pour l'établissement des fondations et pour la construction des nouvelles piles destinées à supporter les travées d'approche et les Cantilevers, furent confiés à la firme Canadienne M. P. & T. T. Davis.

La nouvelle pile près de la rive Sud du Fleuve ne pouvait être construite avant que les débris de l'ancien pont soient enlevés, mais les entrepreneurs se mirent sans tarder à l'œuvre pour l'établissement de la pile pour le Cantilever Nord. A cet effet, on construisit sur la rive Nord un grand bâtiment en bois pour l'établissement du caisson massif destiné à la pile Nord. Ce Caisson une fois terminé avait une longueur totale de 180 pieds, une largeur de 55 pieds, une hauteur de 68 pieds, et pesait environ 1,600 tonnes. Il fut lancé à l'eau avec succès, puis remorqué jusqu'à l'emplacement de la pile où une cavité pour le recevoir avait été creusée au moyen de dragues dans le lit du fleuve.

Le caisson est un procédé employé pour construire les fondations dans le lit d'un fleuve, où généralement sous l'eau, et peut être considéré comme une cloche à plongeur de dimension énorme. Il est de forme cylindrique, en acier ou en bois, et ressemble beaucoup à un gazomètre. Le cylindre est fermé en haut, mais ouvert en bas, où il est muni d'un rebord tranchant en acier. Quand on plonge le caisson dans l'eau, ce rebord s'enfonce régulièrement dans le lit du fleuve. La partie

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Fabrication des gigantesques pièces d'acier

inférieure du caisson est rendue étanche au moyen d'une forte cloison qui la traverse. Les ouvriers travaillent dans ce compartiment, sous une pression d'air qui empêche l'eau d'y pénétrer sous le rebord tranchant. A mesure que la matière est extraite, elle est montée par des vannes à air, et le caisson s'enfonce de plus en plus au fur et à mesure du travail.

Les hommes travaillant dans l'air comprimé sont toujours choisis spécialement, car seuls, des hommes robustes sont capables de supporter les conditions de ce travail pendant longtemps. La densité de l'air produit encore une indisposition spéciale, dont les symptômes, consistant ordinairement en des douleurs intenses dans les articulations, ne se font pas sentir dans l'air comprimé, mais apparaissent quand la pression de l'air est réduite à la normale. La maladie provient de la quantité excessive d'azote absorbée par le sang.

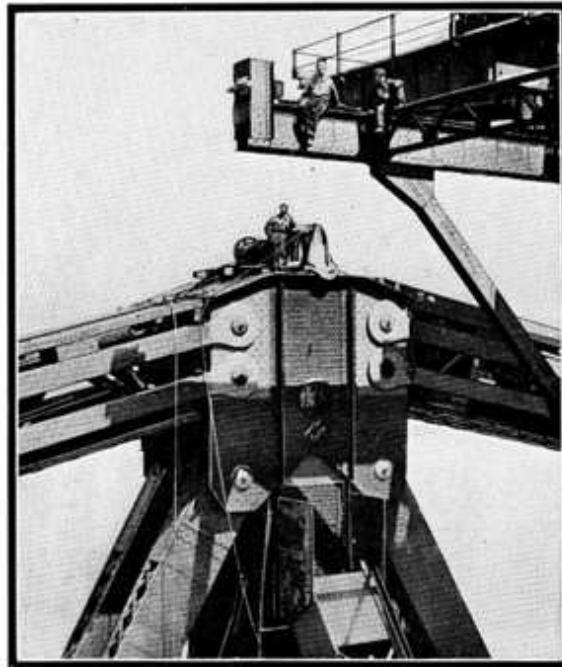
Si on réduit trop rapidement la pression de l'air, les effets en sont très pénibles, et même dangereux, mais si le changement a lieu lentement, on n'éprouve que très peu d'inconvénient. Si, pour avoir négligé les précautions ordinaires, un ouvrier est pris soudain, en plein air, d'une crise de maladie, le seul moyen de le soulager, c'est de le remporter dans l'une des vannes, et de reproduire une forte pression, que l'on réduit graduellement après.

Quand les opérations de relève, au côté Sud, furent assez avancées, et que la pile du Nord fut terminée, l'équipement utilisé pour la première fut démonté et transporté vers l'autre côté du fleuve, où il fut reconstruit à nouveau. Le caisson pour la pile du côté Sud était pareil à celui dont on s'était servi pour le côté Nord, mais légèrement moins grand. Il fut utilisé pour la construction des deux caissons environ 1,000,000 mètres cubes de bois et 70 tonnes de boulons.

Il n'y avait pas, à ce moment, au Canada, de Forges suffisamment bien outillées pour fabriquer des pièces aussi grandes que celles qui étaient nécessaires pour le pont. On construisit donc à Montréal des Usines



(Dessus) La portée centrale reposant sur les pontons, pendant son transport, au centre du pont. On voit, au fond, les deux cantilevers prêts à recevoir cette portée. (Dessous) L'un des grands joints à l'extrémité de la poutrelle principale.



Construction des bras Cantilever

spéciales, outillées à cet effet, et qui revinrent à 260,000 livres (Frs. 33,000,000). Pour faciliter le travail, il fut construit, sur chaque rive du fleuve à Québec des chantiers de près de 160 mètres de long. Chaque chantier était muni de grues à portique d'un rayon d'action de 25 mètres et d'une capacité de 70 tonnes, et d'un système compliqué de voies de chemin de fer établi pour permettre aux grues roulantes de transporter les matières plus légères.

Le plus grand soin fut apporté à ce que les pièces destinées à la construction du pont fussent de dimensions

très exactes, afin que leur raccord fût assuré pendant le montage et que, seuls, les plus petits ajustements puissent être nécessaires. Un bâti en acier (contenant à peu près 8,000 tonnes de métal) fut établi pour faciliter la construction des bras d'approche, et pour supporter les parties des bras d'ancrage pendant leur construction. Cet échafaudage servit également à supporter le tablier du bras d'ancrage jusqu'à l'achèvement de ce dernier, et pour porter les deux tours mobiles de construction une de chaque côté du fleuve. Ces tours mesuraient près de 65 mètres de hauteur, 12 mètres de longueur et 16 m. de largeur, et étaient surmontés de deux grues mobiles électriques, chacune d'une capacité de 60 tonnes, d'un rayon d'action transversal de 4 mètres et d'un rayon total d'action de 30 mètres. A chacun des coins de la tour, était fixé un derrick de 28 mètres capable de lever 15 tonnes, et, en plus, des petites grues de 7 tonnes étaient prévues pour manutentionner les charges peu considérables. Chaque tour pesait 940 tonnes, et se déplaçait sur deux jeux de rails, un jeu de chaque côté de sa course. Le travail commençait à la fin Avril et durait jusqu'au commencement de Décembre, où il était alors arrêté pour l'hiver à cause des glaces qui couvraient le fleuve. Vers la fin de la saison de 1913, le bras d'approche du cantilever du nord fut terminé, et au printemps de 1914, on commença de suite la construction des poutrelles en K du bras d'ancrage et du cantilever. En commençant à l'extrémité du bras d'approche le plus proche de la rive, la tour s'était

Remorque de la partie centrale

graduellement avancée vers la pile du cantilever, en plaçant en position, au moyen des derrick de 28 mètres, l'échafaudage nécessaire, et en fixant, pendant son retour, les cordes inférieures du bras d'ancrage.

En 1914, sauf l'établissement des dernières poutrelles en K, le bras d'ancrage fut terminé. Au commencement de la saison de 1915 la portée nord du cantilever était terminée, et à la fin de cette année, le bras d'ancrage du Sud fut également achevé.

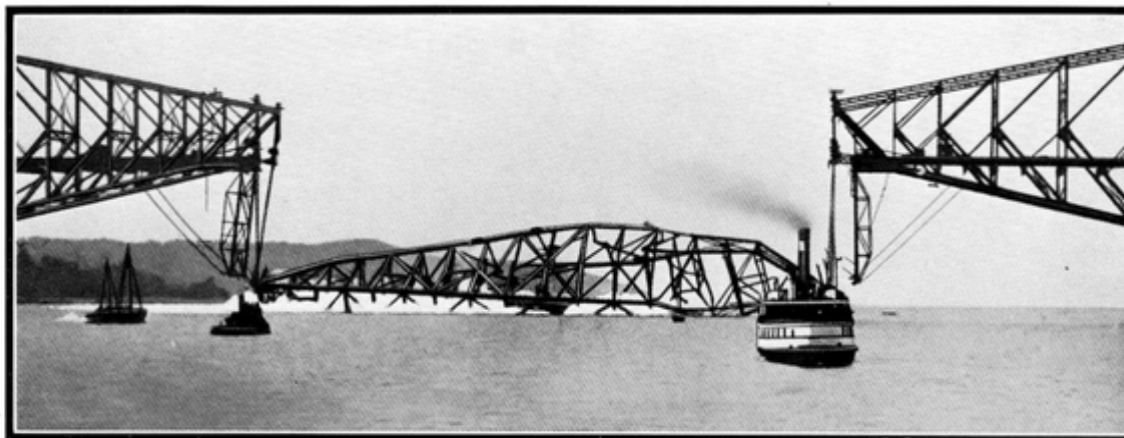
On recommença les travaux au printemps 1916, et ils furent si rondement menés que le bras cantilever du Sud était fini au commencement de Septembre de la même année.

Pendant ce temps la grande pièce centrale destinée à relier les deux cantilevers était près d'être achevée. Elle avait été en construction sur le fleuve à Sillery Cove à 5 ou 6 kilomètres environ en aval du pont.

Les côtés en longrine de cette portée, construits en forme d'arche, avaient, au centre, 35 mètres de hauteur.

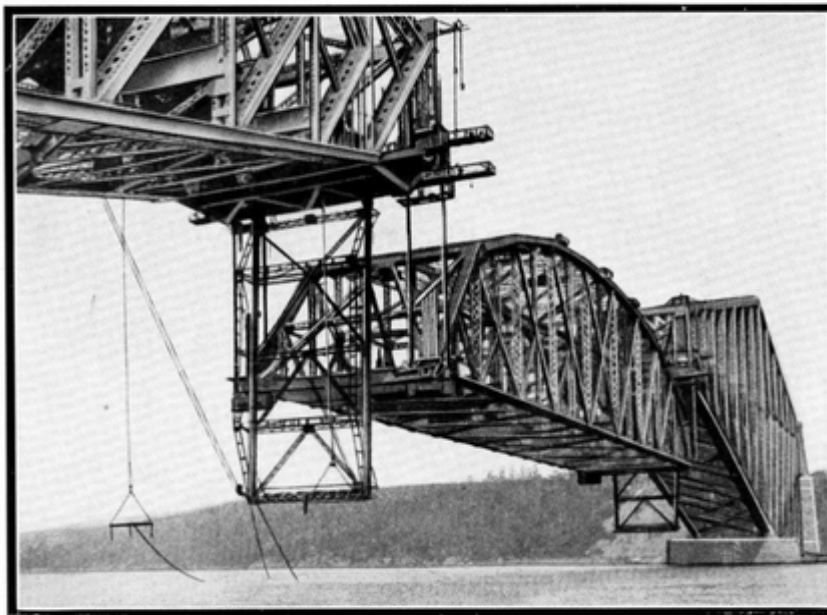
La portée avait été construite sur un échafaudage qui permettait de glisser des pontons au dessous de lui, et deux heures et demi à peu près avant la marée du 11 Septembre 1916, les pontons ayant été glissés sans accident en place, trois sous chaque extrémité de la pièce, le dispositif tout entier fut remorqué le long du fleuve, en suivant le flot de la marée montante. La traction en était assurée par cinq remorques, sur la rive basse, dont quatre étaient de 500 CV. et la cinquième de 1,000 CV. La pièce fut arrêtée juste au dessous de l'ouverture entre les deux cantilevers. Les extrémités de cette portée furent donc attachées par quatre câbles en acier de 32 mm., commandés par des élévateurs électriques établis sur la partie centrale, à des cadres d'attache suspendus de l'extrémité de chaque cantilever. Chacun de ces cadres était capable de supporter un poids de 150,000 Kilogs.

Deux poutrelles de 30 tonnes, chacune munie de son côté supérieur de deux sabots, étaient placées en travers sous les extrémités



L'effondrement de la portée centrale à 10 h. 50 le 11 Septembre 1916.

forme spéciale, et consistaient en quatre tronçons de 9 mètres chacun, en acier carbone, d'une largeur de 70 cm. et d'une épaisseur de 38 mm. Chaque longueur de chaîne était munie d'une série de trous de 25 mm. de diamètre, destinés à recevoir des goupilles mobiles, au moyen desquelles les tronçons étaient attachés ensemble.



La portée centrale à moitié chemin environ de sa montée, photographiée le 18 Septembre 1917.

Etablissement des dispositifs de levage

de la portée centrale, chaque sabot supportant ainsi un coin de la pièce. A l'extrémité de chaque bras cantilever, un arrangement de supports balançants soutenait une forte poutrelle transversale qui devait servir à égaliser la charge de chaque chaîne de levage. Des crics hydrauliques étaient montés sur cette poutrelle, tandis qu'une deuxième poutrelle reposait sur les crosses des pistons des crics. Ces poutrelles supérieures, une pour chaque cantilever, ou poutrelles de levage, étaient pourvues de trous assez larges pour laisser passer les chaînes de levage. Ces dernières étaient d'une

Ces dernières étaient d'une

forme spéciale, et consistaient en quatre tronçons de 9 mètres chacun, en acier carbone, d'une largeur de 70 cm. et d'une épaisseur de 38 mm. Chaque longueur de chaîne était munie d'une série de trous de 25 mm. de diamètre, destinés à recevoir des goupilles mobiles, au moyen desquelles les tronçons étaient attachés ensemble.

Quand les poutrelles transversales de 30 tonnes furent placées bien en dessous de la portée flottante, on attachait huit chaînes de levage, une paire à chaque extrémité des deux poutrelles, les chaînes de chaque paire étant à une distance de 5 mètres l'une de l'autre. Ces chaînes s'étendaient le long de la forte poutrelle transversale, passant par le côté intérieur des crics, pour aboutir à la poutrelle de levage, à laquelle elles étaient attachées par une goupille disposée dans le trou approprié. Quand la pièce centrale fut solidement fixée aux chaînes de levage, on détacha et retira les remorques. La masse suspendue était d'à peu près 5,100 tonnes, tandis que la suspension et le mécanisme de levage pesaient approximativement 440 tonnes, ce qui faisait un poids total de 5,540 tonnes à lever.

Tout était prêt maintenant pour le levage de cette construction gigantesque. Des machines disposées sur chaque rive du fleuve fournissaient de l'air comprimé aux pompes hydrauliques situées à l'extrémité de chaque cantilever. Ces pompes actionnaient les crics, dont chacun était

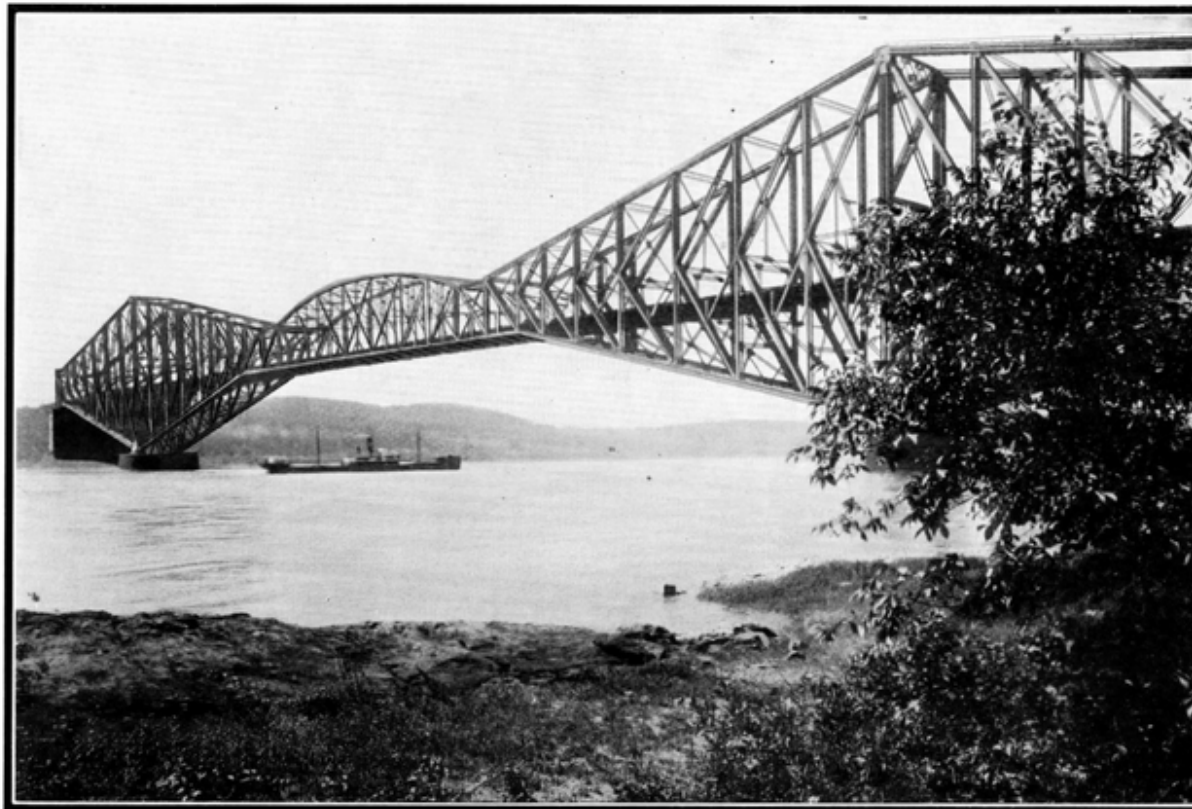
LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Un second désastre

de 55 cm. de diamètre avec piston de 60 cm. de course, et capable de travailler à une pression de 320 kilogs par cm. carré. Comme mesure de précaution, quatre crics à main de 30 cm. de course avec contre-poids étaient placés à chaque coin, prêts à entrer en travail de suite, si nécessaire. Une foule immense, assemblée sur les rives du fleuve, pour voir le levage et la mise en place de la grande portée, attendait dans un silence presque religieux le commencement des opérations. Au fur et à mesure que les pompes actionnaient les crics, ces derniers levaient lentement les poutrelles qui reposaient sur leurs pistons. Quand on avait parcouru ainsi une distance de 60 centimètres, les trous en dessous de ceux en contact avec la poutrelle supérieure coïncidaient avec les trous de la poutrelle inférieure, et des goupilles de 30 cm. de diamètre étaient mises dans ces trous et les trous correspondant dans les chaînes.

Les chaînes étant ainsi fermement fixées en position, les goupilles supérieures étaient enlevées, et les pistons des crics, et par conséquent la poutrelle de levage, étaient descendus dans leurs positions originales pour le deuxième mouvement de levage. Ce cycle d'opération était ensuite répété, chaque levage faisant monter de 60 cm. la grande portée en acier.

Lorsque la portée fut enlevée de ses six pontons, ces derniers, libres de leur charge, furent emportés lentement par la marée descendante. Leur départ de la scène des travaux découvrit la vaste masse tenue en suspens par des chaînes et des câbles, et la foule des spectateurs applaudit en poussant des cris d'enthousiasme, tandis que les sirènes des navires



Le pont terminé. Sa portée centrale est la plus longue du monde.

Les ingénieurs ont confiance

joignirent leur voix puissantes à l'allégresse générale. Chaque fois qu'on avait levé la pièce de 9 mètres, on notait les opérations, pour donner aux ouvriers un moment de repos bien gagné.

Ce fut après un des moments de repos, entre chaque levée alors qu'on avait déjà commencé le mouvement de levage, que se produisit le deuxième désastre, cette fois impossible à prévoir.

Subitement, à l'extrémité Sud de la portée, un craquement formidable retentit, et puis, presque avant que l'on ait pu s'en rendre compte, la grande masse se tordit en partie, et l'une de ses extrémités plongeait déjà dans le fleuve. Il était évidemment impossible que la masse immense de la portée puisse rester dans cette position instable, et la chute d'une extrémité fut bientôt suivie de la dislocation des pièces. Le poids de la masse d'acier se détacha des poutrelles transversales qui le

soutenaient et avec un bruit et un "plouf!" formidables, la pièce se retourna et disparut dans le fleuve, avec les 90 hommes qui y travaillaient. Sur cette équipe, 81 personnes, dont l'ingénieur, purent être sauvées. Après ce nouveau désastre, il pouvait sembler que le pont de Québec portait malheur, mais quoique extrêmement déçus par cette catastrophe, les constructeurs ne perdirent ni courage ni confiance. Une enquête officielle fut instituée. L'équipement de levage fut soigneusement examiné, mais on ne trouva rien qui put donner lieu à l'accident, et les experts conclurent qu'il était dû à ce que le sabot gigantesque sur lequel avait reposé la pièce à l'extrémité Sud avait cédé. Cependant, on ne put en trouver la raison. On procéda ensuite à divers essais

Principales Dimensions du Pont de Québec

Longueur totale du Pont	938	mètres
Longueur de la partie entre les centres des deux cantilevers	549	"
Longueur de chaque bras d'ancrage	157	"
Longueur de chaque partie cantilever	177	"
Longueur de la partie suspendue	193	"
Largeur du pont entre les centres des cantilevers	27	"
Hauteur actuelle du bâti au-dessus de la marée haute	46	"
Hauteur de la partie suspendue au centre	34	"
Hauteur des cantilevers aux piles	95	"
Hauteur des piles à marée haute	31	"
Poids de l'acier du pont	66,480	tonnes
Volume de la maçonnerie	810	m.c.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

La nouvelle pièce est mise en place

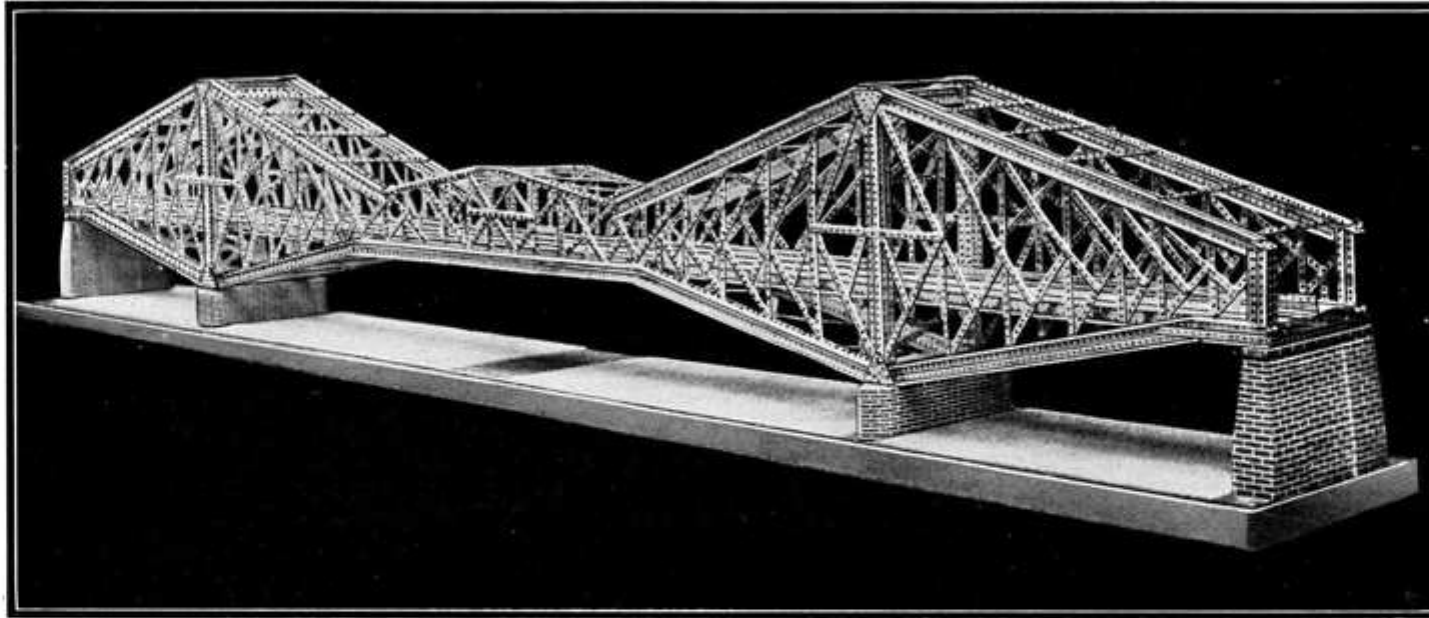
sur les cantilevers du pont pour s'assurer s'ils avaient souffert des vibrations formidables, causées par la chute brusque de la masse de l'appareil de levage, mais à la joie de tout le monde, tout se trouva être bien en ordre. Il fallait donc terminer le pont, et il n'y avait pas d'autre moyen que de construire une autre portée de suspension pour remplacer celle qui s'était effondrée. Elle fut terminée au mois d'Août de l'année suivante, et le

matin du 17 Septembre 1917, de très bonne heure, des pontons et des remorqueurs l'amènèrent à l'emplacement du pont, où elle fut attachée aux cadres d'attache et à l'appareil de levage.

Quelques minutes après 9 heures du matin, le signal fut donné pour le commencement du levage, et encore une fois, les pompes et les crics commencèrent leur œuvre. Se rappelant la catastrophe de l'année dernière, les ingénieurs et les ouvriers travaillèrent avec beaucoup de précaution, sans tâcher de gagner du temps. Le levage était fait par petites étapes, chacune de 15 minutes de durée. Douze mouvements, dont chacun levait la masse de 60 cm. furent faits le premier jour; 22 mouvements donnant une montée de 13 m. 20 étaient accomplis le lendemain, et 26 mouvements le surlendemain, qui amenèrent la pièce à 9 mètres de sa position finale.

Malgré un vent très fort qui gênait les travaux, le levage de la pièce fut terminé le quatrième jour.

Pendant les trois semaines suivantes, le tablier de la portée centrale fut fixé en place par des grues mobiles, et l'une des voies de chemin de fer fut posée. Un mois après le levage de la portée de suspension, le premier train



(Dessus) Un beau modèle Meccano du pont de Québec, d'une longueur totale de plus de 5 mètres.
(Dessous) Une vue intéressante de ce modèle en perspective, montrant les deux voies pour trains Hornby, séparées par une cloison en acier.



Terminaison du pont

traversa le pont, et le 3 Décembre 1917, la construction était terminée et le pont ouvert pour le trafic. La cimentation des trottoirs et la peinture du pont furent terminées pendant que le pont était déjà en service.

La construction du pont de Québec fut une entreprise remarquable sous plusieurs points de vue. Il est probable qu'on n'a jamais achevé une construction d'une telle importance sur le même emplacement après deux

désastres, dont l'un a causé la mort de 75 hommes.

Mais ces catastrophes n'avaient qu'affermi les ingénieurs dans leur détermination de finir le Pont. En effet, la nouvelle du deuxième désastre était à peine annoncée que l'on déclarait déjà que le pont serait reconstruit, et d'après le même projet. Comme nous l'avons vu, le troisième essai remporta un succès éclatant. La construction du pont, du commencement à la fin, a beaucoup contribué à nos connaissances des problèmes de la compression et la tension, et des moyens de combattre les effets de torsion des poutrelles.

Aujourd'hui, le pont de Québec porte le chemin de fer transcontinental des Canadian National Railways à travers le St-Laurent, réduisant ainsi la distance entre Halifax et Winnipeg de 320 kilomètres. Il peut être considéré comme un monument de l'habileté, du courage et de la ténacité des ingénieurs.

Et pourtant d'autres constructions viennent d'année en année perfectionner et élargir cette branche du Génie Civil. Ainsi le pont en construction sur l'Hudson, à New-York, dépassera, avec sa portée de 1067 mètres, tous les ponts existant à ce jour!

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

La nouvelle pièce est mise en place

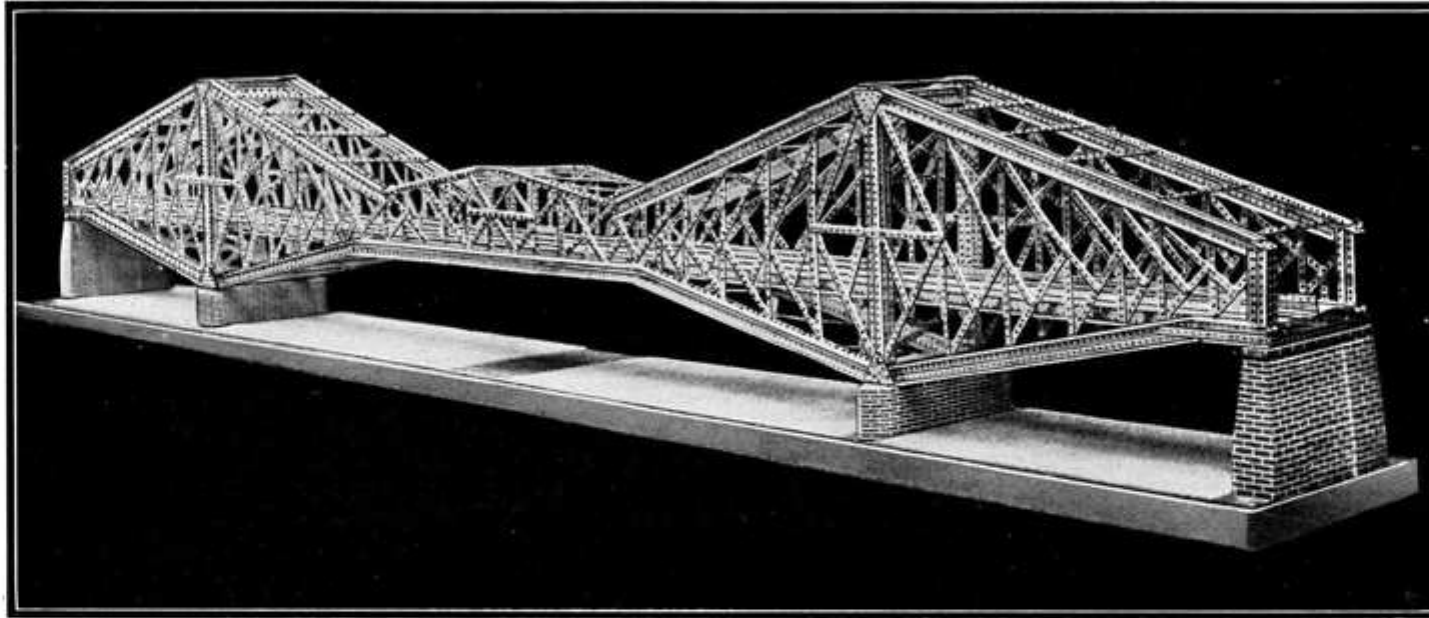
sur les cantilevers du pont pour s'assurer s'ils avaient souffert des vibrations formidables, causées par la chute brusque de la masse de l'appareil de levage, mais à la joie de tout le monde, tout se trouva être bien en ordre. Il fallait donc terminer le pont, et il n'y avait pas d'autre moyen que de construire une autre portée de suspension pour remplacer celle qui s'était effondrée. Elle fut terminée au mois d'Août de l'année suivante, et le

matin du 17 Septembre 1917, de très bonne heure, des pontons et des remorqueurs l'amènèrent à l'emplacement du pont, où elle fut attachée aux cadres d'attache et à l'appareil de levage.

Quelques minutes après 9 heures du matin, le signal fut donné pour le commencement du levage, et encore une fois, les pompes et les crics commencèrent leur œuvre. Se rappelant la catastrophe de l'année dernière, les ingénieurs et les ouvriers travaillèrent avec beaucoup de précaution, sans tâcher de gagner du temps. Le levage était fait par petites étapes, chacune de 15 minutes de durée. Douze mouvements, dont chacun levait la masse de 60 cm. furent faits le premier jour; 22 mouvements donnant une montée de 13 m. 20 étaient accomplis le lendemain, et 26 mouvements le surlendemain, qui amenèrent la pièce à 9 mètres de sa position finale.

Malgré un vent très fort qui gênait les travaux, le levage de la pièce fut terminé le quatrième jour.

Pendant les trois semaines suivantes, le tablier de la portée centrale fut fixé en place par des grues mobiles, et l'une des voies de chemin de fer fut posée. Un mois après le levage de la portée de suspension, le premier train



(Dessus) Un beau modèle Meccano du pont de Québec, d'une longueur totale de plus de 5 mètres.
(Dessous) Une vue intéressante de ce modèle en perspective, montrant les deux voies pour trains Hornby, séparées par une cloison en acier.



Terminaison du pont

traversa le pont, et le 3 Décembre 1917, la construction était terminée et le pont ouvert pour le trafic. La cimentation des trottoirs et la peinture du pont furent terminées pendant que le pont était déjà en service.

La construction du pont de Québec fut une entreprise remarquable sous plusieurs points de vue. Il est probable qu'on n'a jamais achevé une construction d'une telle importance sur le même emplacement après deux

désastres, dont l'un a causé la mort de 75 hommes.

Mais ces catastrophes n'avaient qu'affermi les ingénieurs dans leur détermination de finir le Pont. En effet, la nouvelle du deuxième désastre était à peine annoncée que l'on déclarait déjà que le pont serait reconstruit, et d'après le même projet. Comme nous l'avons vu, le troisième essai remporta un succès éclatant. La construction du pont, du commencement à la fin, a beaucoup contribué à nos connaissances des problèmes de la compression et la tension, et des moyens de combattre les effets de torsion des poutrelles.

Aujourd'hui, le pont de Québec porte le chemin de fer transcontinental des Canadian National Railways à travers le St-Laurent, réduisant ainsi la distance entre Halifax et Winnipeg de 320 kilomètres. Il peut être considéré comme un monument de l'habileté, du courage et de la ténacité des ingénieurs.

Et pourtant d'autres constructions viennent d'année en année perfectionner et élargir cette branche du Génie Civil. Ainsi le pont en construction sur l'Hudson, à New-York, dépassera, avec sa portée de 1067 mètres, tous les ponts existant à ce jour!

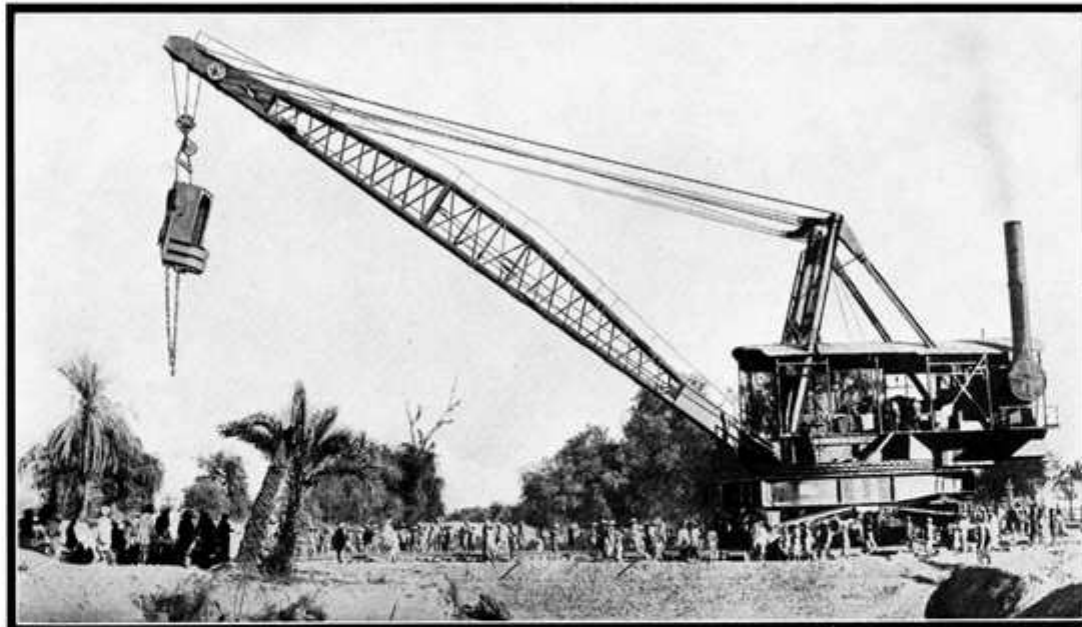
LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Comment fonctionne une drague

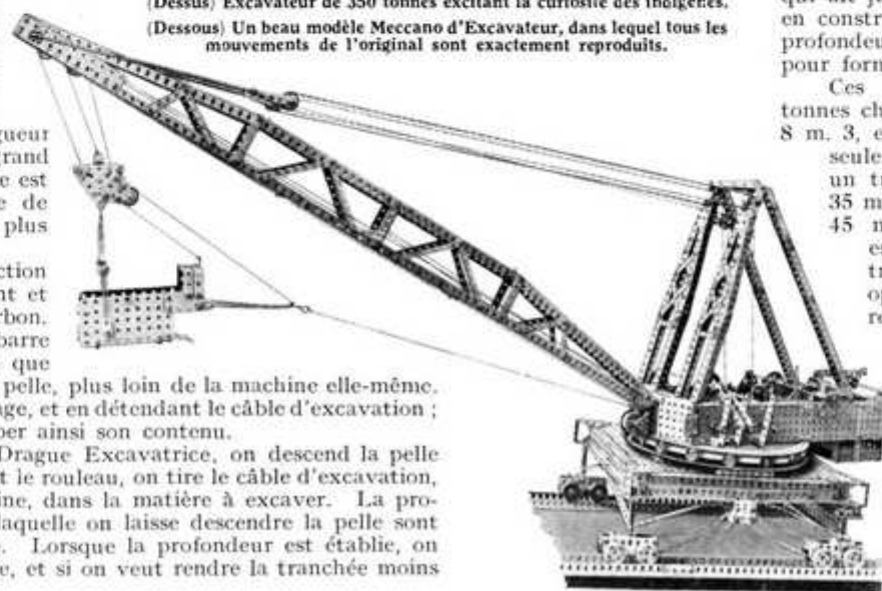
L'Excavateur à tirage a deux rouleaux, l'un pour le câble destiné à actionner la pelle, pendant son travail, l'autre pour la remonter, pour régler la profondeur de la tranchée, et pour permettre à la pelle de se remettre en position, après qu'elle a déchargé les matériaux. Le premier de ces câbles passe du devant de la machine à côté de la base du bras, et est attaché à la pelle. Le câble de levage passe autour de l'extrémité supérieure du bras, et est également attaché à la pelle. Le bras de l'Excavateur est formé de poutrelles et peut être d'une conception beaucoup plus légère que le bras d'une Pelle à Vapeur. En effet, dans l'Excavateur, le bras n'a à supporter que le poids suspendu au câble de levage, et ceci seulement pendant le mouvement tournant du bras, tandis que dans la Pelle à Vapeur, au contraire, le bras doit supporter non seulement le poids de la pelle, mais également, il doit pouvoir vaincre la résistance des matériaux à creuser. Dans la Drague excavatrice l'effort à l'extrémité du bras est considérablement réduit, et ce bras peut être, en conséquence, d'une plus grande longueur que celui de la pelle, ce qui est un très grand avantage, car le rayon d'action de la Pelle est ainsi plus grand, et il devient possible de creuser des tranchées plus profondes et plus larges.

La Pelle de la Drague est de construction très simple, et étant ouverte sur le devant et en dessus, ressemble à un seau à charbon. Le câble d'excavation est attaché à une barre transversale, en haut de la pelle, tandis que le câble de levage est fixé au corps de la pelle, plus loin de la machine elle-même. On vide la pelle en tirant sur le câble de levage, et en détendant le câble d'excavation ; ceci fait basculer la pelle, qui laisse tomber ainsi son contenu.

Pour effectuer les opérations d'une Drague Excavatrice, on descend la pelle au fond de l'excavation, puis, en embrayant le rouleau, on tire le câble d'excavation, ce qui fait avancer la pelle vers la machine, dans la matière à excaver. La profondeur de la tranchée et la distance à laquelle on laisse descendre la pelle sont réglées par la tension du câble de levage. Lorsque la profondeur est établie, on laisse dérouler librement le câble de levage, et si on veut rendre la tranchée moins



(Dessus) Excavateur de 350 tonnes excitant la curiosité des indigènes.
(Dessous) Un beau modèle Meccano d'Excavateur, dans lequel tous les mouvements de l'original sont exactement reproduits.



Tonnes enlevées d'un seul coup

profonde, on freine en conséquence le rouleau sur lequel est enroulé le câble.

Quand la pelle est remplie, on débraye le rouleau d'excavation, et on actionne celui de levage. La pelle est ainsi remontée, le câble d'excavation étant libre, et lorsque la partie pivotante de la machine est tournée à l'endroit où le matériel doit être déchargé, la pelle est vidée de la manière décrite plus haut.

Les plus grandes Dragues excavatrices construites en Angleterre l'ont été par la Maison Ruston & Hornsby, de Lincoln, et étaient destinées à des travaux d'irrigation aux Indes, travaux qui devaient rendre à la culture des millions d'hectares de désert aride. Ce travail considérable nécessite la construction de centaines de kilomètres de canaux, et le projet tout entier est l'une des plus grandes entreprises de ce genre

qui ait jamais été entreprise. Quelques uns des canaux en construction ont plus de 60 m. de large et 4 m. de profondeur, la matière retirée étant déposée sur les bords, pour former un épaulement.

Ces merveilleux Excavateurs pèsent plus de 300 tonnes chacun tout équipé. La pelle a une capacité de 8 m. 3, et peut enlever 10 tonnes de matériaux en une seule fois, allure qui permet à la machine de charger un train de 60 wagons en une heure. Le bras a 35 m. de long, et le câble de tirage de la pelle mesure 45 mm. de diamètre. Une force de 30 tonnes est exercée sur les dents de la pelle, pendant le travail de creusement. Le cycle entier des opérations de l'appareil consiste à creuser le sol, remplir la pelle, exécuter un mouvement tournant, décharger le matériel, et revenir en place pour un nouveau travail, ce qui dure de 45 à 55 secondes. Les soutes à charbon ont une capacité de 4 tonnes et sont munies d'un monte-charge à vapeur. Le mécanisme principal est d'une force de 400 CV, et il existe encore des mécanismes spéciaux de 200 CV, pour actionner le mouvement de rotation. Travaillant comme grues, la machine peut soulever un poids de 25 tonnes à une distance de 40 mètres. Malgré son

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Vaste plan d'irrigation aux Indes

poïds et son encombrement, l'appareil est d'un maniement facile, et est commandé au moyen de freins et d'embrayages à vapeur, pour l'exécution de tous ses mouvements.

Pour faire rouler la machine sur les rails, elle est montée sur des bogies, dont toutes les roues sont motrices. En moins d'une minute, l'appareil peut excaver de 7 à 8 mètres cubes et les transporter à une distance de 60 mètres de l'endroit les travaux. Autrement dit, l'Excavateur est capable d'enlever de 300 à 400 m.³ de matériaux dans une heure, et de les transporter à 37 mètres du centre de la machine, exécutant ainsi le travail de plus de 300 hommes.

Dans chacune de ces Dragues géantes, il y a plus de mille pièces séparées, dont la plus lourde pèse jusqu'à 19 tonnes.

Il est intéressant de noter, en passant, que les Dragues excavatrices étaient munies de phares, permettant le travail nocturne. La première Drague arrivée fut d'abord utilisée pour les travaux d'irrigation de la vallée du Sutlej. Cette machine commença son travail en Avril 1924, et excavait une moyenne de 670,000 m.³ par jour. On peut se faire une idée de l'économie ainsi réalisée par le fait que ce travail représentait celui de 8,000 indigènes, qu'on aurait non seulement eu à payer, mais également à loger et à nourrir. Quand le projet d'irrigation, dont nous parlons, sera terminé, près de 20,000 hectares de désert seront rendus cultivables. Les dépenses de ce travail sont estimées à 7,750,000 livres ou 968,750,000 frs.

Un autre projet d'irrigation à Sarda, dans les provinces Unies, comprend la construction d'un vaste système de canaux, et exigera l'excavation de près de 800 kilomètres de canaux et près de 5,500 kilomètres de conduits de distribution. Le projet achevé pourra rendre à la culture 55,404 hectares de terrain, actuellement inutilisable. On estime la dépense de ce travail à 5,600,000 livres ou 700,000,000 frs.

Des Excavateurs à Drague sont utilisés également pour les travaux du creusement des canaux à Sukkur dans la Province de Sind aux Indes. Le projet comprend le creusement de 80,000 kilomètres de canaux



(Dessus) Comment l'Excavateur trace son chemin dans le sol.
(Dessous) Vue de l'immense chariot sur lequel roule l'Excavateur.



Le plus grand barrage du monde

dont trois sont plus grands que le canal de Suez, et une fois achevé il assurera l'irrigation de 303,750 hectares dont 243,000 hectares consistant en un ancien désert de sable, seront rendus utilisables à la culture.

Ajoutons pour donner une idée de l'importance de ce travail que la superficie reconquise pour l'agriculture sera plus grande que toute la partie cultivée de l'Egypte et qu'on estime que le résultat en sera une augmentation annuelle de la richesse du pays de 19,000,000 de livres ou de 2,375,000,000 de francs.

Le projet des travaux de Sukkur comprend également la construction d'un barrage en maçonnerie massive qui traversera l'Indus pour régler son débit d'eau. On peut dire que cette œuvre sera la plus grande de ce genre dans le monde entier, dépassant même les grands barrages d'Assouan et de Sennar en Egypte. Il aura presque un kilomètre et demi de long; au dessus du barrage sera construit un pont de 56 portées, cha-

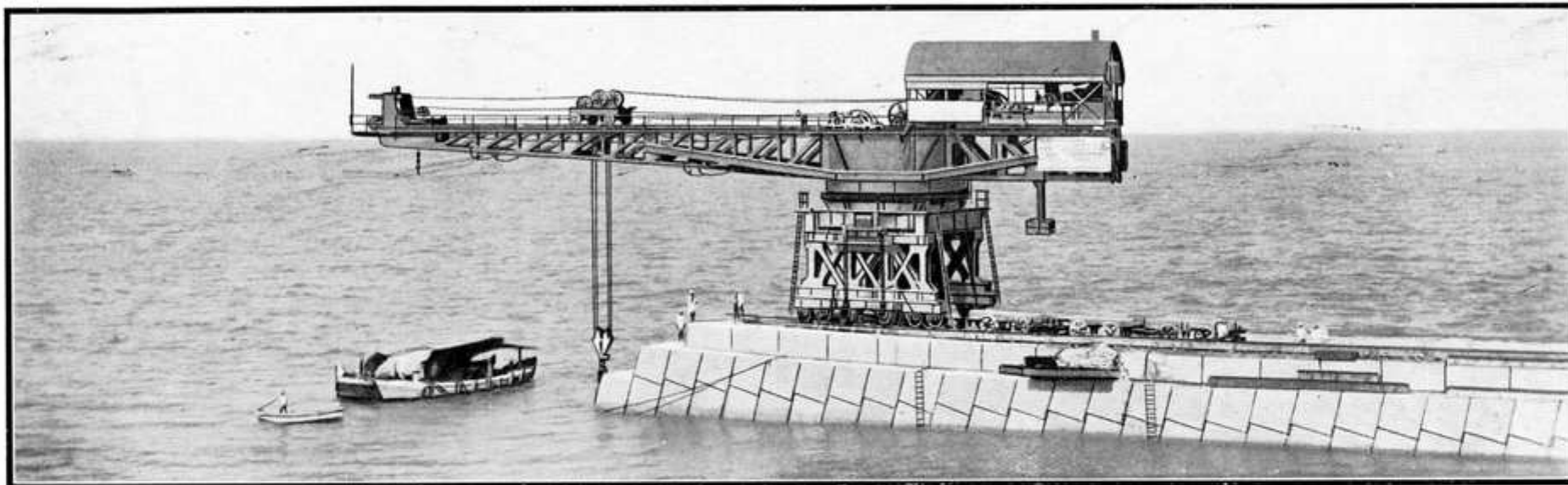
cune de près de 20 mètres de long, munie d'une vanne de six mètres de profondeur pesant 50 tonnes. Les poutrelles supérieures de ce pont seront à 250 mètres au dessus de ses fondations. Les travaux de Sukkur furent commencés en Octobre 1923, mais malgré que l'on y emploie 20,000 hommes, la totalité du projet à exécuter est si grand qu'on n'espère pas le terminer avant 1930. Sa dépense totale sera de 13,000,000 de livres ou 1,625,000,000 de francs, dont le barrage seul coûtera 4,500,000 livres ou 562,000,000 de francs et les canaux 9,000,000 de livres ou 1,125,000,000 de francs.

Dans certains circonstances il n'est pas pratique d'utiliser la vapeur pour le fonctionnement des dragues excavatrices, comme par exemple dans les travaux actuellement en cours à Metur aux Indes, où l'eau est difficile à se procurer et ne convient pas pour les chaudières. Dans ces cas, les dragues sont munies de génératrices électriques.

Est il nécessaire d'indiquer l'énorme importance de ces puissantes machines pour la mise en valeur du magnifique domaine colonial de la France? On peut dire que par les richesses qu'elles font sortir du sol, ces machines valent leur pesant d'or.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Comment L'Ingénieur a Vaincu la Mer



(En haut) Un bon exemple d'une grue géante pour transporter les blocs de ciment, employée à la construction d'une digue, pendant les travaux d'extension du port de Madras.

(En bas) Photographie d'une grue à portique soulevant un bloc de ciment d'un truck, pour le transporter au port.

Il n'existe aucune preuve plus éclatante de la domination de l'ingénieur sur les éléments, que cette continuelle victoire qu'il remporte sur la mer, en construisant des digues et des grands ports où les navires peuvent s'abriter et décharger leurs cargaisons sans accidents. Certes, le Génie Civil a connu d'autres succès impressionnants : Ponts, Tunnels, Canaux, mais dans ces cas, une fois les premières difficultés surmontées, l'entretien de ces constructions est assez simple. Il en est tout autrement pour les digues, par exemple, qui, devant supporter le furieux assaut des vagues, exigent un soin, une attention de tous les instants et de fréquentes réparations.

La grande expansion, pendant le dernier siècle, du transport par mer, due à l'invention du bateau à vapeur, a nécessité l'établissement de ports capables d'abriter des navires de fort tonnage, mais des travaux pour la construction des ports avaient été



exécutés de tout temps, malgré l'existence de bassins naturels, et on peut dire que les procédés qui existaient pour abriter les petits vaisseaux du 15^{ème} siècle, partaient des mêmes principes, d'après lesquels les ingénieurs de nos jours établissent leurs projets.

C'est un fait curieux de constater que presque chaque pays possédant un littoral, dispose au moins d'une rade naturelle et parfois ces rades sont assez grandes pour contenir toute une flotte, comme la baie de Rio de Janeiro, par exemple.

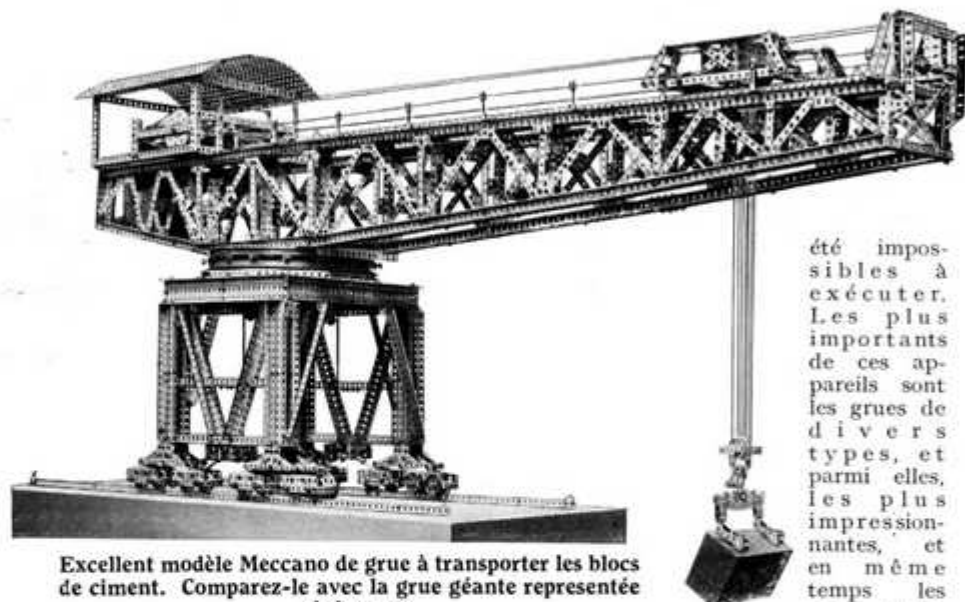
Les nécessités du trafic moderne ont exigé l'augmentation du nombre de ces rades, soit en améliorant un bassin naturel, tel qu'une baie ou un golf, soit en effectuant des travaux plus importants, et en entourant de jetées et de brise-lames une partie de la mer.

Cette branche du Génie Civil ne s'occupe pas uniquement de la construction des ports, car les jetées et les digues peuvent être aussi nécessaires pour empêcher les effets

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Les défauts des ports naturels

désastreux de l'invasion des côtes par la mer. Sans l'aide d'appareils mécaniques spéciaux, la plupart des grands travaux actuels de cette espèce auraient



Excellent modèle Meccano de grue à transporter les blocs de ciment. Comparez-le avec la grue géante représentée ci-dessous.

été impossibles à exécuter. Les plus importants de ces appareils sont de divers types, et parmi elles, les plus impressionnantes, et en même temps les plus utiles, sont ces

grues géantes, qui posent au fond de l'eau des blocs de ciment de plusieurs tonnes, comme s'ils ne pesaient que quelques kilos. Pour mieux comprendre le travail auquel sont destinées ces grues, il faut examiner d'un peu plus près les procédés employés pour la construction des ports. D'abord, il faut remarquer qu'on ne trouve jamais deux bassins exactement pareils, et que pour chacun d'eux, il faut adopter un système différent. Dans certains cas, des tas de pierres ou de galets, posés au dessus de la ligne de haute marée est suffisant, comme dans le cas du brise-lames à Alger, où un brise-lames de pierres disposées en tas est protégé par des blocs de 25 tonnes entassés au fond de la mer. Mais dans d'autres endroits, des courants ou des orages auraient vite fait de démolir cette construction légère, et dans ce cas, il faut adopter des procédés plus compliqués, comme, par exemple, le système des "blocs en sacs." Pour ce travail, on utilise des péniches munies de trappes. L'intérieur de la péniche est doublé de toile à sac et rempli de béton. Les deux côtés de la toile à sac sont cousus ensemble, et la péniche est remorquée à l'endroit du brise-lames. Les trappes sont ensuite ouvertes, et le béton tombe au fond de la mer, où l'action de l'eau le transforme en un masse parfaitement solide.

Là où une baie naturelle est suffisamment protégée par un cap, il suffit d'établir une jetée à travers

Développement des Jetées

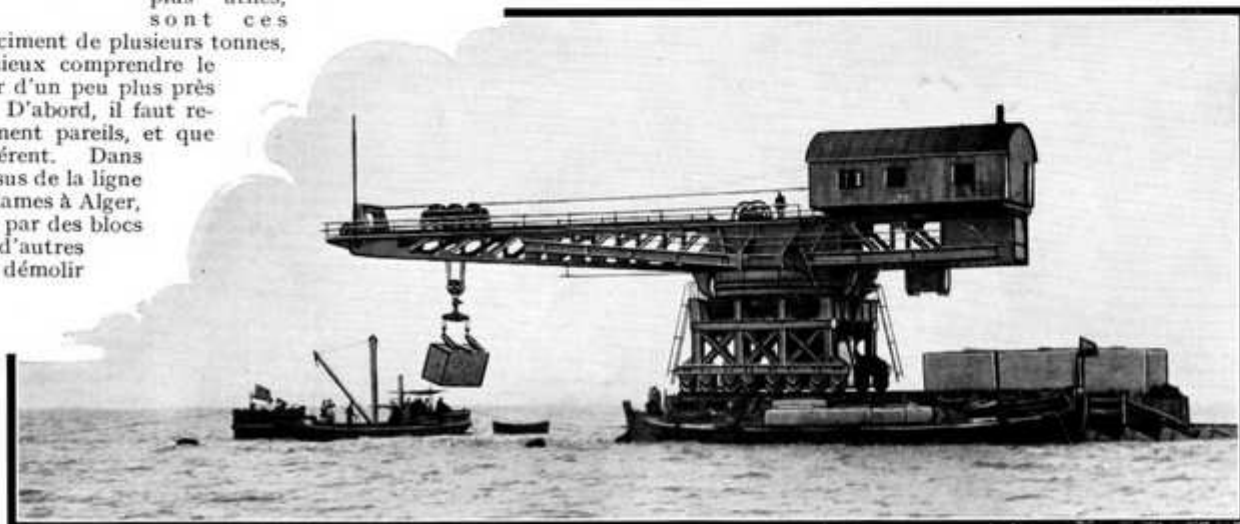
l'entrée, pour la convertir en port. Dans ce cas, l'entrée du port serait entre le cap et la jetée, si l'eau est assez profonde à cet endroit. On peut citer les ports de Cherbourg et de Plymouth, comme exemple de ces bassins naturels. Parfois, une jetée établie d'un point quelconque avançant dans une baie, et entourant une partie de l'eau, est suffisante pour constituer un port, comme, par exemple, à Alexandrie, à Holyhead et à Table Bay. Là où il n'existe pas de cap, ou de baie suffisamment abritée, il est nécessaire de construire un bassin entièrement artificiel, ce qui, évidemment, exige des travaux beaucoup plus considérables. Les ports de ce type sont ceux de Madras, Douvres et beaucoup d'autres.

Quoique les jetées diffèrent presque toujours, dans les détails de leur construction, on peut néanmoins les diviser en trois classes, d'après les matériaux utilisés, ce sont (1) le type de construction en tas de pierre ou en blocs de ciment, (2) le type en tas de pierres, surmonté d'un large mur, et (3) le type à mur vertical, construit sur le fond même de la mer.

Les jetées en tas sont généralement constituées par le dépôt dans la mer d'une certaine quantité de matériaux, d'après des tracés soigneusement établis à l'avance. Les jetées de ce type sont construites à une hauteur un peu supérieure à celle de la haute marée, et sont disposées, autant que possible, dans une position perpendiculaire à la direction des vagues, car, autrement, les matériaux pourraient être facilement démolis par les flots. Ces jetées peuvent être construites seulement là où il y a une quantité suffisante de matériaux à proximité, lorsqu'on n'a pas besoin de ménager l'espace occupé par la jetée, et qu'un quai n'est pas nécessaire.

Nous trouvons ce type de jetée dans les travaux des ports de Table-Bay et d'Alexandrie. Le premier de ces brise-lames part d'un point, situé au nord du cap Town, dans la direction du nord-est, et abrite Table Bay, au nord-ouest, là où il s'ouvre sur l'océan Atlantique. La jetée consiste en un amoncellement de pierres et de schiste que l'action de la mer a incliné actuellement vers l'extérieur, de sorte que le sommet de ce mur se trouve au dessous du niveau de la marée basse.

Le second type de jetée, comme nous venons de le dire, comprend un mur

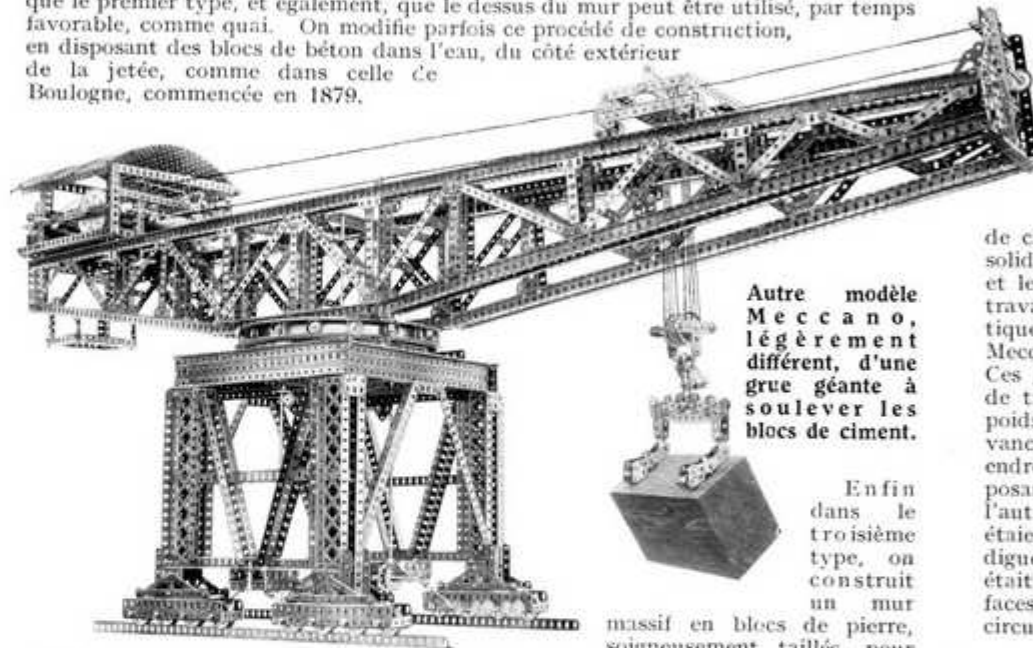


Mise en place d'un bloc à l'extrémité d'une digue.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Travaux du port de Table Baie

massif, établi sur un amoncellement de pierre de schiste. Citons, comme exemple de ces constructions, le brise-lames de Colombo. Les avantages de ce type consistent surtout en ceci, qu'il n'exige pas une aussi grande quantité de matériaux que le premier type, et également, que le dessus du mur peut être utilisé, par temps favorable, comme quai. On modifie parfois ce procédé de construction, en disposant des blocs de béton dans l'eau, du côté extérieur de la jetée, comme dans celle de Boulogne, commencée en 1879.



Autre modèle Meccano, légèrement différent, d'une grue géante à soulever les blocs de ciment.

Enfin dans le troisième type, on construit un mur

massif en blocs de pierre, soigneusement taillés, pour

adhérer exactement les uns aux autres, afin de présenter le maximum de résistance aux vagues. Quoique ce procédé exige encore moins de matériaux que les deux autres, il nécessite une construction plus soignée, ainsi que la collaboration des scaphandriers. D'autre part, cette construction ne peut être établie que sur un fond de mer suffisamment résistant, et à une profondeur qui n'est pas trop considérable. Les plus grandes jetées de ce type sont celles du bassin de l'Amirauté à Douvres. Ces constructions représentaient certainement l'un des plus grands perfectionnements de cette branche du Génie Civil. On avait dépensé, à diverses époques, des sommes considérables pour des travaux d'amélioration et d'agrandissement de ce port, auxquels avaient travaillé de célèbres Ingénieurs, tels que Perry, Smeaton, Rennie, etc., mais les résultats furent loin d'être satisfaisants, jusqu'à l'invention du ciment de Portland, qui a révolutionné cette branche de l'Art de l'Ingénieur.

Le ciment de Portland fut inventé par Joseph Aspdin, maçon à Leeds, qui prit un brevet en 1824, quoique on croit que ce secret lui était connu depuis 1811. Aspdin trouva qu'en mélangeant le calcaire purbeckien avec de l'argile, il obtenait un ciment qui possédait des avantages considérables sur tous les matériaux connus à ce moment. Ce nouveau matériel a reçu son nom de Portland du fait qu'en se solidifiant, il constituait des blocs ressemblant beaucoup à la pierre des carrières de Portland. Le ciment de Portland est employé le plus fréquemment dans la fabrication du béton, qui consiste en un mélange de ciment avec des pierres, du sable, ou d'autres matières semblables, formant ainsi une masse solide et compacte;

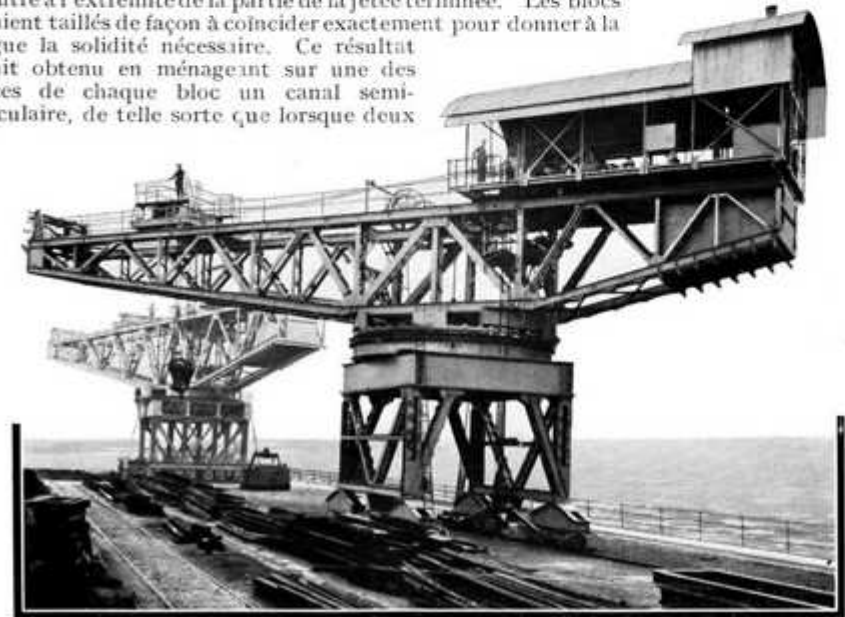
Invention du ciment de Portland

c'est l'emploi de grands blocs de béton qui a rendu possible la construction rapide des ports et des bassins modernes, d'une énorme capacité.

La première partie du bassin actuel de Douvres fut terminée en 1871, et revint à 680,000 livres; elle comprenait une jetée de près de 700 mètres de long, et d'une profondeur sous l'eau de près de 17 mètres à marée basse. En 1898 et 1909, un projet d'extension du bassin fut réalisé par la construction de deux nouvelles jetées entourant une vaste superficie d'eau, connue maintenant sous le nom de Bassin de l'Amirauté.

Ces jetées ont une largeur de 16 à 20 mètres à leur base, et une hauteur de près de 30 mètres. Elles sont construites en blocs de béton de 42 tonnes, fabriqués spécialement dans les chantiers, établis à la base des falaises. Ces blocs mesurent 4 mètres 3 de long sur 2 m, 2 de large, et 2 m. de hauteur, et consistent en un mélange de cailloux, de sable et

de ciment. Ce mélange était versé dans des moules en bois, et quand il s'était solidifié, ce qui demandait une huitaine de jours, on enlevait les côtés du moule, et les blocs étaient prêts à être transportés à l'emplacement où on exécutait le travail. Le transport s'effectuait par des grues du type Goliath ou grues à Portique, bien connues de nos lecteurs, par les descriptions qui en ont paru dans le Meccano Magazine et les magnifiques modèles Meccano, qu'on peut en établir. Ces grues roulaient sur une voie établie sur une plateforme spéciale, possédant de très solides fondations, pour pouvoir supporter ces énormes appareils, d'un poids de 100 tonnes, sans la charge. Ce dispositif permit aux grandes grues d'avancer jusqu'à l'extrémité de la jetée et de poser les blocs de béton à n'importe quel endroit de la construction. Au fur et à mesure du travail, les grues s'avançaient posant successivement chaque couche de blocs l'une après l'autre à l'extrémité de la partie de la jetée terminée. Les blocs étaient taillés de façon à coïncider exactement pour donner à la digue la solidité nécessaire. Ce résultat était obtenu en ménageant sur une des faces de chaque bloc un canal semi-circulaire, de telle sorte que lorsque deux



Deux grandes grues en travail dans un port Sud-Africain.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Trois millions de tonnes de maçonnerie

blocs étaient posés l'un contre l'autre, ces deux demi-canaux formaient un cercle parfait. Une fois les blocs en place dans l'eau, on versait des sacs de béton dans ces canaux, et l'eau solidifiant rapidement ce matériel, il en résultait que les blocs étaient fixés ensemble par deux piliers en béton. Dans la construction des digues et des jetées, les Ingénieurs sont obligés de compter avec l'état du temps, car il est évidemment impossible de travailler lorsque la mer est trop agitée. En outre du brise-lames à l'Est, et l'extension du Bassin de l'Amirauté, il fallait, pour réaliser le projet primitif, construire une nouvelle digue. Cette dernière est entièrement séparée des deux autres et est connue sous le nom de la Digue de l'Île. Pour la construire on prolongea, sur des supports provisoires, à travers l'entrée sud-est du bassin, jusqu'à la digue de l'île, les voies utilisées pour la construction du brise-lames de l'est. Ceci permit aux grues "Goliath" d'amener les blocs du chantier et de retirer ces appareils, par les temps défavorables.

Le Bassin de Douvres nous donne un excellent exemple des victoires que l'homme remporta sur la mer. Les grandes digues du port ont subi les orages

les plus violents, sans être aucunement endommagées. Le Bassin apporta une aide incalculable aux Alliés pendant la guerre, non seulement comme port de départ pour la France des troupes et des munitions, mais également comme base pour l'escadre de Douvres. Ici, s'abritaient

aussi des navires de guerre, torpilleurs et autres, qui assumaient la protection de la navigation dans la Manche, contre les attaques de l'ennemi. Avant de quitter ce sujet, mentionnons que les grues "Goliath" ne furent pas employées uniquement pour la pose des immenses blocs de béton, mais également pour actionner de vastes bennes, destinées à nettoyer le fond de la mer. Ces bennes étaient capables d'enlever 5 tonnes de matériaux à chaque coup. Parfois, le fond était si dur, que les bennes étaient impuissantes à l'entamer; dans ces cas, on utilisait d'abord de lourdes masses de fer munies de dents. Ces "casseurs" comme on les a nommés, étaient également actionnés par les grues "Goliath," qui les laissaient tomber librement sur le fond rocheux de la mer, et les morceaux de ce fond, détachés par le choc, étaient repris et remontés par les bennes.

Les "Goliath" servirent également à faire descendre les cloches à plongeurs dans lesquelles se trouvaient des ouvriers, pour les travaux sous marins de placement des blocs. Ces ouvriers étaient en communication téléphonique avec le mé-

canicien de la grue, et lui donnaient les indications nécessaires pour poser les blocs dans la position voulue.

Un autre type de grue, encore plus fréquemment employé dans la construction des bassins, est la grue "Titan."

Cet appareil possède une flèche de type cantilever, et le chariot supportant la charrie roule le long de cette flèche tandis que cette dernière peut tourner comme dans les autres types de grandes grues à flèche. Ordinairement, la "Titan" est actionnée par la vapeur, mais on en a établi également pour moteur électrique.

Les grues "Titan" sont d'une dimension si considérable qu'elles pèsent fréquemment jusqu'à 500 tonnes, et même plus, et on en a construit d'une puissance capable de soulever des charges jusqu'à

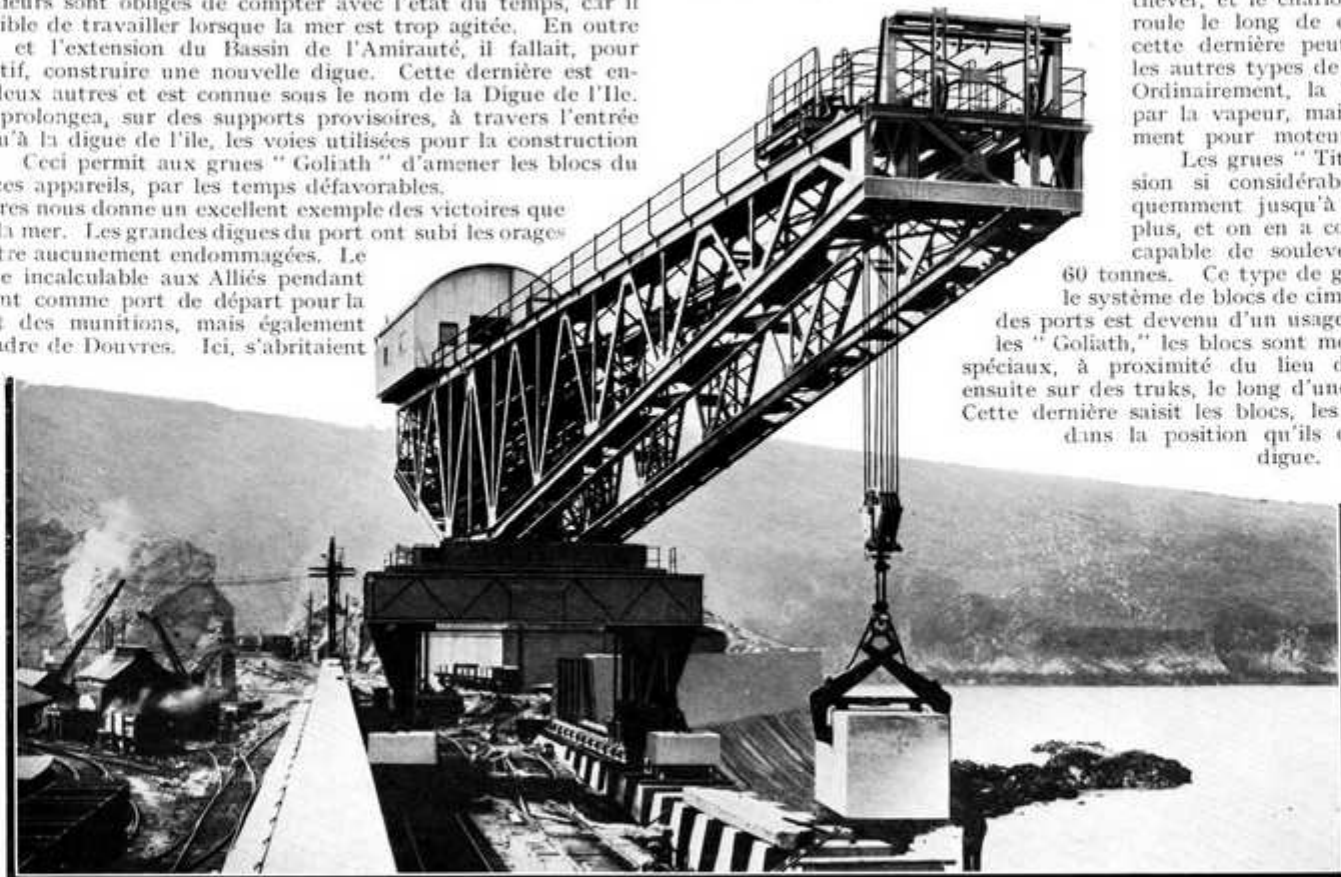
60 tonnes. Ce type de grue existait déjà quand le système de blocs de ciment pour la construction des ports est devenu d'un usage général; comme pour les "Goliath," les blocs sont moulés dans des chantiers spéciaux, à proximité du lieu des travaux, et roulés ensuite sur des trucks, le long d'une jetée, jusqu'à la grue. Cette dernière saisit les blocs, les soulève, et les dispose dans la position qu'ils doivent occuper sur la

digue. Ces blocs sont ensuite

fixés ensemble, comme il a été expliqué plus haut, afin de présenter plus de résistance à l'action dévastatrice de la mer. La grue "Titan" a l'avantage d'être mobile, et il est possible ainsi de la rouler le long de la jetée, au fur et à mesure de la construction de cette dernière, ainsi que de retirer la grue en cas de mauvais temps.

Ces grues sont capables de trans-

porter des blocs de ciment sur un rayon de plus de 30 mètres, au moyen d'une grande flèche cantilever, montée comme nous l'avons dit, sur une plaque tournante, qui repose elle-même sur un bâti. Ce dernier est monté sur roues, roulant le long d'une voie, et actionnées par un couple d'engrenages coniques, monté sur le côté intérieur du bâti. La force motrice du moteur, disposé sur la flèche, est amenée à deux paires de roues de chaque bogie: une paire de roues avant et une paire de roues arrière. Cette force est transmise à chacun des engrenages d'une façon très simple, au moyen d'un système d'autres petits engrenages coniques. Les autres paires



Spécimen typique d'une grue Titan, en travail dans le port de la Vera Cruz, et employant un crampon de levage pour placer un bloc en position.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Mécanisme d'une grue Titan

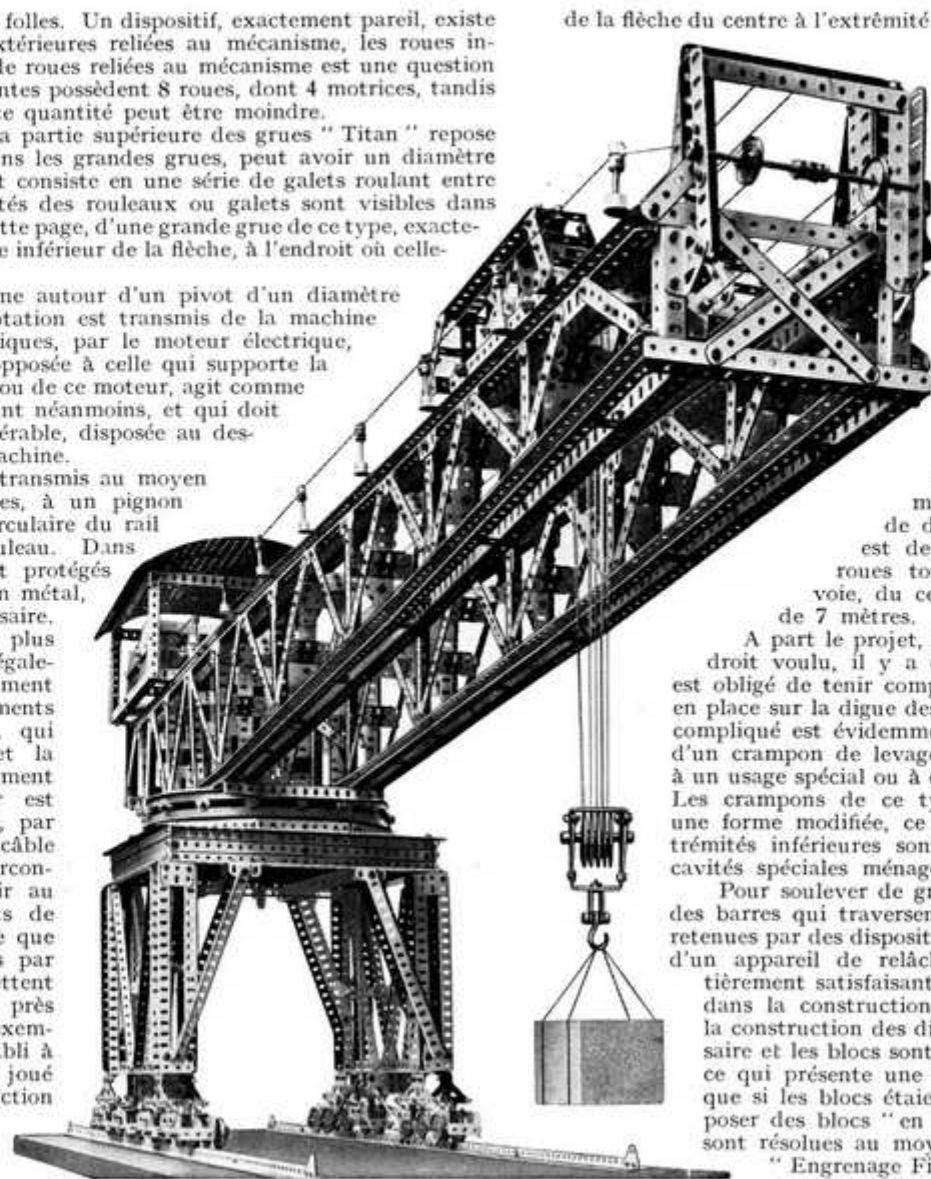
de roues, à l'intérieur du bogie, sont folles. Un dispositif, exactement pareil, existe sur chacun des bogies, les roues extérieures reliées au mécanisme, les roues intérieures étant folles. La quantité de roues reliées au mécanisme est une question de construction, les grues très puissantes possèdent 8 roues, dont 4 motrices, tandis que dans les grues plus légères, cette quantité peut être moindre.

La flèche cantilever, ainsi que la partie supérieure des grues "Titan" repose sur un roulement à rouleau, qui dans les grandes grues, peut avoir un diamètre de 10 mètres et plus. Ce roulement consiste en une série de galets roulant entre deux rails circulaires. Les extrémités des rouleaux ou galets sont visibles dans le modèle Meccano, représenté sur cette page, d'une grande grue de ce type, exactement en dessous de la partie du cadre inférieur de la flèche, à l'endroit où celle-ci repose sur le bâti.

Toute cette partie mobile tourne autour d'un pivot d'un diamètre considérable. Le mouvement de rotation est transmis de la machine à vapeur ou, pour les grues électriques, par le moteur électrique, disposé à l'extrémité de la flèche, opposée à celle qui supporte la charge. Le poids de cette machine, ou de ce moteur, agit comme un contre-poids qui n'est pas suffisant néanmoins, et qui doit être renforcé par une charge considérable, disposée au-dessous de la cabine renfermant la machine.

Le mouvement du moteur est transmis au moyen d'engrenages et de pignons coniques, à un pignon qui voyage autour de la denture circulaire du rail inférieur fixe du roulement à rouleau. Dans quelques grues, ces engrenages sont protégés du mauvais temps par des carters en métal, mais ceci n'est pas toujours nécessaire.

Comme on l'a déjà expliqué plus haut, le même moteur actionne également au moyen d'engrenages le roulement de la grue sur les rails. Ses mouvements sont contrôlés par le mécanicien, qui commande également le levage et la descente de la charge, et le roulement du chariot supérieur. Ce dernier est tiré le long de la flèche cantilever, par des câbles en acier, tandis qu'un câble de levage de 10 centimètres de circonférence passe sur lui, pour aboutir au palan de levage. Les mouvements de montée et de descente dans la grue que nous représentons sont commandés par des freins hydrauliques, qui permettent de faire descendre à un centimètre près les poids les plus lourds. Un bel exemplaire de ce type de grue a été établi à East London, en Sud Afrique, et a joué un rôle important dans la construction du bassin et de la digue du port. Le poids total de cette grue est de 261 tonnes, la longueur totale de la flèche cantilever est de près de 40 mètres. Sa hauteur au-dessus du sol est de 13 mètres; la longueur



Meccano est l'art de l'ingénieur en miniature, et la comparaison de la photographie ci-dessus avec celle de la page précédente démontre comment il est possible de construire des modèles d'après les principes exactes du Génie civil.

Transport d'une charge gigantesque

de la flèche du centre à l'extrémité supportant la charge à soulever, est de 13 mètres. Enfin, la flèche tourne sur un roulement à rouleau d'un diamètre de 8 mètres, et peut exécuter une révolution complète en 3 minutes.

Cette grue est capable de lever une charge de 40 tonnes, et la flèche peut déplacer ce poids dans un rayon d'action de 21 mètres; la hauteur à laquelle il est possible de lever la charge est de 10 mètres, et cette charge peut être descendue à 19 mètres au-dessous du niveau de la voie. La grue peut ainsi lever une charge à une hauteur totale de 29 mètres. Une machine à vapeur à deux cylindres commande la grue, le diamètre des cylindres étant de 28 centimètres et la course du piston de 45 centimètres. Le chariot roule sur 4 roues, et est muni d'un câble de levage de 10 centimètres environ de circonférence. Le chariot peut rouler à une vitesse de 7 à 15 mètres par minute.

Sa vitesse de levage en petite vitesse avec charge maxima est de 2 1/4 mètres par minute et la vitesse de déplacement du chariot avec sa charge maxima est de 7 mètres par minute. La grue roule sur 16 roues toutes montées sur ressorts. La largeur de la voie, du centre d'un rail au centre de l'autre, est de près de 7 mètres.

A part le projet, la construction et le placement des grues à l'endroit voulu, il y a d'autres questions importantes dont l'ingénieur est obligé de tenir compte. Citons par exemple la question de la mise en place sur la digue des immenses blocs de béton. Le procédé le moins compliqué est évidemment de les poser à l'aide d'un simple crochet ou d'un crampon de levage. Il en existe plusieurs types destinés chacun à un usage spécial ou à des conditions particulières du travail à exécuter. Les crampons de ce type agissent exclusivement par serrage. Dans une forme modifiée, ce crampon n'agit pas par serrage, mais ses extrémités inférieures sont munies de crochets qui s'engagent dans des cavités spéciales ménagées dans le bloc.

Pour soulever de grands blocs de ciment, on emploie de préférence des barres qui traversent des trous verticaux dans lesquelles elles sont retenues par des dispositifs spéciaux. Certains de ces derniers sont munis d'un appareil de relâchement automatique. Ces dispositifs sont entièrement satisfaisants pour la pose des blocs horizontalement comme dans la construction d'un mur ordinaire. Mais il arrive que pour la construction des digues, un mode plus compliqué de pose est nécessaire et les blocs sont posés alors à un certain angle "en plan incliné" ce qui présente une résistance beaucoup plus considérable à la mer que si les blocs étaient posés horizontalement. Le problème de disposer des blocs "en plan incliné" présente certaines difficultés qui sont résolues au moyen d'un ingénieux système d'accrochage appelé "Engrenage Fidler" et qui consiste en une poutrelle suspendue à un joint pivotant, le tout suspendu à un palan à quatre poulies. Le mouvement circulaire de la poutrelle sur le pivot est commandé par une vis sans fin qui engrène avec un pignon sur

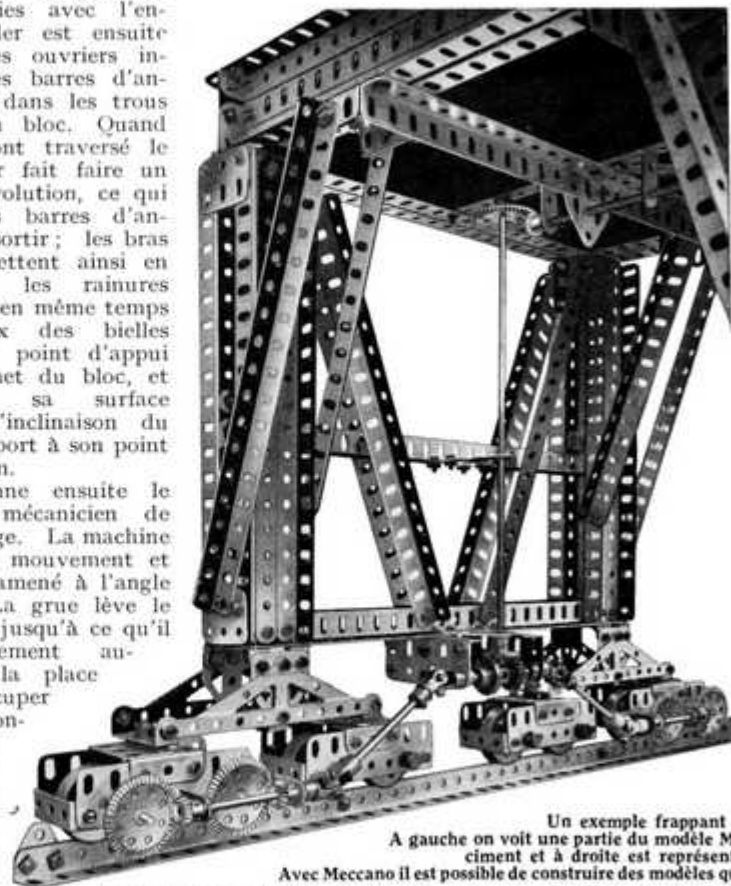
LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Appareil de levage de blocs

la barre pivotante verticale. Aux extrémités de la poutrelle sont suspendus deux joints auxquels sont fixées deux bielles, à ces dernières sont attachées deux barres d'ancrage en forme de T.

Dans l'opération du levage voici ce qui se passe. Le bloc de béton est amené sur un truck spécial du chantier et posé à côté de la grue qui doit le mettre en place sur la digue. Le palan à quatre poulies avec l'engrenage Fidler est ensuite baissé et les ouvriers introduisent les barres d'ancrage en T dans les trous verticaux du bloc. Quand les barres ont traversé le bloc on leur fait faire un quart de révolution, ce qui empêche les barres d'ancrage de ressortir; les bras du T se mettent ainsi en croix avec les rainures verticales et en même temps les rouleaux des bielles prennent un point d'appui sur le sommet du bloc, et roulent à sa surface changeant l'inclinaison du bloc par rapport à son point de suspension.

On donne ensuite le signal au mécanicien de lever la charge. La machine est mise en mouvement et le bloc est amené à l'angle demandé. La grue lève le bloc, pivote jusqu'à ce qu'il soit exactement au-dessus de la place qu'il doit occuper dans la construction de la jetée et l'abaisse ensuite au niveau requis. Quand le bloc est enfin mis en position, les tringles en forme de T sont de nouveau manœuvrées afin qu'elles puissent glisser dans les trous du bloc. La grue recommence le mouvement de levage et les barres de Lewis ou barres en T sont facilement retirées, laissant le bloc en place à l'angle voulu. Des grues de ce type ont été utilisées dans la construction de quelques uns des ports les plus connus du monde, et ils ont joué un rôle important dans les progrès de la civilisation. Prenons par exemple Port Elizabeth, situé à 640 km. de Capetown, qui est la seconde ville de la colonie, sur la baie d'Algoa, à peu près à 11 kilomètres de l'embouchure de la rivière Zwartkop. Son port est redevable de sa prospérité, uniquement à son bassin; il est



Un exemple frappant de la Mécanique en miniature. A gauche on voit une partie du modèle Meccano de la Grue Géante pour transporter les blocs de ciment et à droite est représentée la même partie de la véritable grue.

Avec Meccano il est possible de construire des modèles qui sont l'exacte reproduction en miniature des véritables constructions.

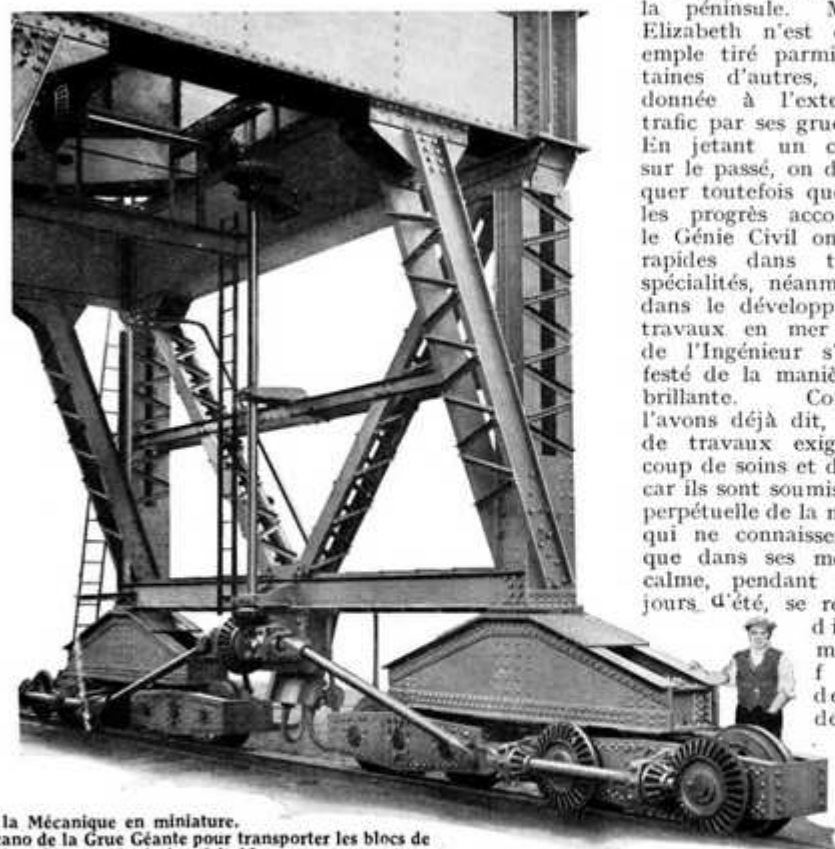
Pose en plan incliné

devenu un centre de commerce, pour une grande partie de l'intérieur du pays. Auparavant, il n'y existait pas de quai, pouvant servir à charger et à décharger les navires. Les travaux d'amélioration furent exécutés en 1881, époque à laquelle on construisit l'ancienne jetée de 260 mètres. Depuis, d'autres travaux, encore plus importants, ont été achevés, et le bassin du port est actuellement l'un

des plus considérables de la péninsule. Mais Port Elizabeth n'est qu'un exemple tiré parmi des centaines d'autres, de l'aide donnée à l'extension du trafic par ses grues géantes. En jetant un coup d'œil sur le passé, on doit remarquer toutefois que, quoique les progrès accomplis par le Génie Civil ont été très rapides dans toutes les spécialités, néanmoins, c'est dans le développement des travaux en mer que l'art de l'Ingénieur s'est manifesté de la manière la plus brillante. Comme nous l'avons déjà dit, ces sortes de travaux exigent beaucoup de soins et d'attention, car ils sont soumis à l'action perpétuelle de la mer. Ceux qui ne connaissent la mer que dans ses moments de calme, pendant les beaux jours d'été, se représentent

difficilement la force destructive des vagues.

Une mer déchainée peut déplacer et rouler des rochers de plusieurs



tonnes. Il en existe de nombreux exemples probants. Ainsi l'ingénieur célèbre, Sir William Matthews, nous raconte qu'en 1898, une partie de la digue de Peterhead, d'un poids de 3,300 tonnes, fut démolie par l'action des vagues. En 1875, un mur en blocs de ciment, pesant chacun 100 tonnes, fut construit dans le bassin de Wick. Ce mur était surmonté d'une solide maçonnerie en ciment de 800 tonnes. Les ingénieurs qui construisirent ce mur formidable étaient convaincus qu'il résisterait facilement à la fureur des flots, mais à leur grand étonnement, la mer non seulement déplaça la masse entière, mais la tourna à l'intérieur du bassin. Et comme pour montrer qu'ils n'étaient pas aux limites de leurs forces, les vagues

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Puissance destructive des vagues

éparpillèrent partout des blocs de 80 tonnes. Les dégâts ayant été réparés, et les blocs remis en place, les ingénieurs, qui tenaient absolument à remporter une victoire définitive sur la mer, disposèrent au dessus de la jetée une construction trois fois plus lourde que celle d'avant. Cette fois encore, ce fut la mer qui eut le dernier mot, car deux ans ne s'étaient pas passés, que cette puissante construction de 2,600 tonnes, était déplacée et brisée en deux.

Etablir des constructions assez solides pour résister à l'assaut de pareilles forces, semble une œuvre impossible. Pourtant, on a réussi quand même à les construire et leur influence sur le progrès de la civilisation est énorme. En qualité de nation maritime, la Grande Bretagne s'est toujours

beaucoup occupée des questions concernant la construction des ports. Dans les siècles passés, ni la marine de guerre, ni la flotte marchande, n'étaient pas encore assez importantes pour avoir besoin d'autres ports et bassins, que ceux créés par la nature elle-même, comme des baies, des golfs, et les embouchures des fleuves, par exemple : Portsmouth, Plymouth, Weymouth, Falmouth. En 1540, il n'y avait que 4 vaisseaux de 120 enregistres sur la Tamise,—au siècle de la Reine Elisabeth, la flotte de Liverpool se montait à un total de 223 tonneaux, et le plus grand des navires ne jaugeait que 42 tonneaux. Que l'on compare ces chiffres à ceux que nous connaissons maintenant : un total de 47,000,000 tonneaux de navires sur la Tamise, et de 26,000,000 tonneaux sur le Mersey !

Le développement des docks et des bassins a correspondu à l'augmentation de la flotte. Ainsi, au commencement du 19ème siècle Londres ne possédait pas un seul dock, tandis qu'aujourd'hui, on en compte des douzaines de kilomètres. Les docks de Cardiff, de Newport, de Barrow, de Middlesbrough n'existaient pas à ce moment. Même en 1816, Liverpool ne possédait que 648 ares de superficie de dock et Hull et Grimsby n'étaient que des ports de pêcheurs. En dehors de la Grande Bretagne nous trouvons le même tableau : la digue de Table Bay ne fut commencée qu'en 1860, jusqu'en 1875 le port de Calais n'avait que 75 cm. d'eau au dessus de sa barre à marée basse ; le bassin de Colombo ne fut commencé qu'en 1870 ; Douvres ne fut transformé en véritable port qu'en 1845, et les travaux de la construction de la digue de Newhaven ne furent commencés qu'en 1878. On pourrait continuer indéfiniment ces exemples qui démontrent que pendant le siècle dernier les travaux de construction de bassins et de ports ont été poursuivis à une allure formidable. Mais même les progrès énormes des dernières années, n'ont pas pu suivre le développement de la marine. La construction des digues et des bassins a provoqué la construction de navires plus grands, ce qui oblige l'ingénieur à augmenter encore la capacité des ports. Ainsi, à Liverpool, par exemple, les docks Gladstone furent ouverts en 1827. Ils couvrent



Engrenage Fidler, prêt à être attaché à un bloc de ciment.



(Dessus) Bloc de ciment maintenu en position par un engrenage Fidler. (Dessous) Modèle Meccano de l'engrenage Fidler reproduisant tous les mouvements de l'original.



Développement de la Navigation

une superficie de 2,349 ares, possèdent une écluse de 330 mètres et sont certainement les docks les plus vastes du monde, mais les armateurs ont déjà établi un projet de navire trop grand, même pour ces docks immenses. C'est le nouveau paquebot du White Star, de 305 m. de long, auquel on commence déjà à travailler, et dont la construction laisse prévoir que le moment arrivera où mêmes les vastes docks du Mersey ne seront plus suffisants et qu'il faudra faire encore un pas en avant dans l'établissement de nouveaux docks.

Ces grands travaux de construction et d'extension de ports ont acquis actuellement une énorme importance pour la navigation française. La France possède plusieurs ports de premier ordre et qui, pourtant ne suffisent plus au trafic. Ainsi de

grands travaux ont ils été entrepris pour l'agrandissement notamment des ports de Marseille et d'Alger. Le premier de ces ports sera relié par une série de canaux avec le Rhône, qui, par la Saône, créera ainsi une voie de navigation de la Méditerranée à la vallée du Rhin. Le port d'Alger, le troisième des ports français après Marseille et le Havre, est également en voie de transformation. Les travaux prévus comprennent la construction de deux nouvelles jetées de 1,200 m. et de 839 m. ainsi que d'un môle et de terre-pleins, gagnés sur la mer.

La construction consistera en un empilage méthodique de ces blocs qui s'emboîteront les uns entre les autres ce qui nécessitera un outillage très puissant. Il a donc été établi à cet effet tout un système consistant en une série d'appareils et chalands pour charger et transporter ces énormes blocs jusqu'à l'engin mouleur de blocs. Ce dernier est constitué par un portique flottant capable de soulever des charges de 450 tonnes.

Sur la partie supérieure du portique est fixé un chemin de roulement circulaire, destiné à recevoir un grand châssis tournant. Le châssis tournant supporte à son tour deux chariots roulants identiques, auxquels sont suspendus les dispositifs de prise des blocs.

La particularité de cet appareil consiste en ceci que les blocs sont manœuvrés par la rotation de la superstructure pivotante, établie sur l'appareil sans que ce dernier participe au mouvement. Ce dispositif présente des avantages considérables sur les autres types de mouleurs de blocs qui ne peuvent manœuvrer les blocs que par un mouvement de tout l'appareil, opération longue et peu précise. Avec le nouvel appareil d'Alger les différentes manœuvres de mouillage des blocs s'effectuent, au contraire, avec toute la précision nécessaire.

Ainsi va le progrès, par perfectionnements successifs, et il est évident que les limites de puissance des appareils pour la construction des bassins est loin d'être encore atteint et que nous pouvons être certains de voir, un jour, appareils plus puissants non seulement que les "Titans" et les "Goliath" mais même que le portique géant du port d'Alger.



Modèle Meccano de l'engrenage Fidler, à comparer avec l'originale à gauche de la page.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Le Génie Civil de l'Avenir

LES progrès réalisés par le Génie Civil durant le dernier siècle ont été si considérables qu'il semble impossible qu'ils puissent être dépassés. Nous sommes entourés d'un si grand nombre de merveilles exécutés par le génie de l'homme qu'il nous paraît avoir atteint les limites de son pouvoir. Et pourtant c'est une erreur. Dans certains pays, il est vrai, le travail de l'Ingénieur a eu une énorme influence, mais à part les Etats Unis, c'est plutôt les petits pays d'Europe qui ont bénéficié des progrès de la technique moderne, et il existe encore d'énormes contrées où l'on peut voyager pendant des jours et des jours sans rien apercevoir qui puisse déceler le travail de l'Ingénieur. Les perspectives qui s'ouvrent devant le Génie Civil sont ainsi énormes. Par exemple certains régions sont dépendantes, pour leur culture, d'une irrigation que les habitants ne peuvent établir que d'après des sources incertaines et variables, comme des puits et des ruisseaux. Nous avons vu plus haut que l'art de l'Ingénieur a pu rendre ces régions d'une fertilité remarquable. Des réservoirs immenses, des barrages ont été construits qui ont assuré à ces pays une irrigation continue et suffisante, même pendant les saisons les plus arides.

Si nous passons au moyens de transport, nous voyons que la locomotive a nécessité toute une série de nouvelles constructions comme celles des ponts, du percement des tunnels, etc. D'autre part, l'invention de l'auto a créé le besoin de nouvelles routes tandis que l'aviation exige l'établissement de parcs spéciaux, d'hangars, de phares, etc.

Mais si nous considérons ces travaux comme pourrait le faire l'habitant d'une autre planète, nous serions loin d'être émerveillés des résultats obtenus. Que verrions nous en effet sur la terre ? Des pays où les moyens de production, les chemins de fer, la navigation sont suffisamment développés, mais également d'autres contrées



Dans la ville de l'avenir les bâtiments sont plus grands et plus hauts que les constructions d'aujourd'hui. Cette photographie de San Francisco, représentant le quartier commercial de la ville avec la baie merveilleuse au fond, montre comment s'effectue le développement d'une ville moderne.

où ces travaux ne sont qu'à l'état d'ébauche, et enfin d'autres encore dans lesquels les habitants ne subsistent que grâce à leur travail manuel. C'est à l'Ingénieur de transformer tout ceci, et il n'est pas douteux que c'est vers l'expansion de ces œuvres du Génie Civil que sera dirigé son activité. Les chemins de fer et les routes sillonneront la totalité du globe, facilitant les communications et le transport des produits du travail; les fabriques s'élèveront partout où existe la matière première et l'eau sera utilisée comme houille blanche pour produire la force motrice nécessaire. L'énormité de ces travaux produira une simplification dans la construction des ponts, des barrages et autres ce qui amènera une standardisation des pièces et une production en série. Ainsi par exemple la construction des grands ponts exige actuellement un travail de plusieurs années. Lorsqu'on a

établi un projet il faut encore construire des ateliers spéciaux près de l'endroit des travaux, et, même, parfois, établir de nouvelles machines pour faciliter le travail. Comparons ceci à la construction d'un petit pont de chemin de fer. Que fait-on alors ? Des poutrelles et des plaques de grandeur voulue sont fabriquées par des usines spéciales et simplement transportées à l'emplacement des travaux; on n'a plus qu'à les monter et peu de temps après le pont est prêt pour le trafic.

Eh bien, c'est justement ce qui doit se passer dans l'avenir pour la construction des ponts de n'importe quelles dimensions. On établira une série de projets pouvant être appliqués aux ponts de tous types et on n'aura plus qu'à fabriquer des pièces standardisées qui serviront à la construction de n'importe quel pont, exactement comme cela se fait pour le montage des modèles Meccano.

L'idée de la construction en série peut sembler quelque peu ridicule si on l'applique à des ponts de l'importance de celui de Québec, par exemple. Il est vrai qu'un voyageur de commerce qui essaierait de placer des ponts de ces dimensions

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Construction des ponts en pièces standardisées

éprouverait quelque difficulté à trouver acheteur et pourrait s'estimer heureux d'en vendre un tous les dix ans. D'autre part il est évident que la construction d'usines, capables d'exécuter des pièces standardisées pour les ponts du monde entier reviendrait à un prix exorbitant. Pourtant on devrait se rappeler que c'est justement les observations qu'on avait fait valoir à Henry Ford lorsqu'il commençait à fabriquer ses autos en série, ce qui ne l'a pas empêché d'appliquer son système dans la certitude que la standardisation amènerait une réduction considérable de prix ce qui lui permettrait de créer pour ses autos un marché illimité. Rien ne nous empêche de penser que le même système peut être appliqué à n'importe quelle construction, même à celle d'un pont traversant la Manche. Il faut prendre également en considération que les ponts ne sont construits maintenant que quand ils sont absolument indispensables, tandis que dans un monde gouverné par les sages principes de la mécanique, cette nécessité serait prévue à l'avance. Ainsi, par exemple, la ligne du Canadian Pacific Railway a été construite avant même que son besoin absolu ne se fasse sentir, simplement par la prévoyance de son utilité pour l'avenir.

Ajoutons que la standardisation des pièces sera considérablement facilitée par l'introduction de nouveaux matériaux de construction. Ainsi en ce moment nous vivons à l'époque du fer, mais ce matériel est loin de satisfaire à toutes les exigences de la technique, car il a l'inconvénient de s'oxyder et de se rouiller très facilement. On a pu calculer que la perte annuelle due à la rouille et à l'oxydation se monte à 500,000,000 de livres ou 62,500,000,000 de francs et ne connaît pas d'autres moyens de combattre ce défaut que l'usage de la peinture. Si on utilise actuellement le fer c'est qu'on n'a pas d'autre métal pour le remplacer. Mais l'introduction récente de l'acier inoxydable supprimera cet inconvénient et fera de ce métal le premier des matériaux de construction.

L'acier inoxydable est un alliage contenant près de 13% de chrome. Il résiste à la plupart des formes d'oxydation et trouvera probablement une grande utilisation dans les pompes hydrauliques et dans la construction des docks des ponts et des bateaux. Une autre question très importante, en ce qui concerne l'utilisation du fer, c'est que la quantité de ce métal est limitée. Un géologue célèbre a calculé que si la consommation en fer du monde entier continuait à croître comme avant la guerre, la quantité de ce métal serait probablement utilisée d'ici 130 ou 150 ans. Il est évident que, dans ces conditions, le moment est venu de chercher un autre matériel de construction pour remplacer le fer. Quel sera ce métal? Il est difficile de le prévoir à l'heure qu'il est. L'aluminium



Les cités de grattes-ciel de l'avenir seront loin d'être laides. Leurs constructions en fer et en ciment réuniront l'utile à l'aspect décoratif comme le montre cette photographie de l'Hôtel de Ville de Los Angeles.

Le successeur du fer et de l'acier

ou le magnésium pourraient très bien jouer ce rôle car des alliages contenant ces métaux combinent la légèreté avec la solidité et des expériences actuellement en cours feront peut être trouver des alliages d'une résistance nécessaire.

En ce qui concerne la construction des réservoirs, des barrages et même en partie celle des ponts, l'emploi du béton armé facilite considérablement ce que nous venons de dire sur la standardisation. En effet, des blocs en béton de dimensions standardisées peuvent être fabriqués facilement partout où on en a besoin et même on peut faciliter encore ce travail en disposant les moules directement à l'endroit et dans la position que doit occuper le bloc de ciment dans la construction et en versant la masse liquide dans ces moules. Ce procédé a été utilisé en Amérique pour la construction des immenses gratte-ciel si caractéristiques pour ce pays. Un autre avantage important du béton c'est que son usage pourra économiser une certaine quantité de fer car on a beaucoup moins besoin de ce métal dans ce genre de construction, mais celui qu'on emploie est protégé en partie de l'air par le béton dans lequel il est enrobé.

Mais l'avenir du Génie Civil ne consiste pas uniquement dans l'application de nouveaux procédés de construction et dans l'invention de nouveaux matériaux. Les progrès de la technique dont nous avons parlé nécessiteront, non seulement, un plus grand nombre d'ingénieurs expérimentés mais également des études approfondies des principes mêmes de la science. Ces études seront poursuivies par des générations beaucoup plus au courant des méthodes du Génie Civil que la nôtre et on peut dire en passant que cette éducation sera redevable en grande partie à la vulgarisation du Génie Civil par Meccano. Ces études scientifiques appliquées aux recherches de nouveaux matériaux de construction ne pourront manquer d'amener la découverte de nouveaux principes ainsi qu'une nouvelle application des principes anciens.

Aucun Génie au monde ne saurait prédire quels seront les nouveaux principes découverts dans l'avenir par la science, mais il n'est pas douteux qu'ils nous paraîtraient tout aussi étonnants que nos découvertes modernes dans la mécanique et l'électricité auraient semblé incroyables à nos aïeux.

Rappelons nous que ce n'est que sous Louis XIV qu'on commença à munir les carrosses de vitres et que cette innovation excitait l'admiration générale tandis qu'à une époque plus récente le remplacement des voitures par les chemins de fer a été considéré comme une véritable révolution. Il ne faudrait pas oublier non plus que Napoléon ne croyait pas à l'avenir du bateau à vapeur et que Thiers appelait les premiers chemins de fer un amusement qui passera de mode.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

L'avenir du transport

Il est fort probable que des surprises semblables nous sont réservées pour l'avenir. Certains esprits ont une tendance à ne prévoir que l'extension des inventions les plus nouvelles. Ces prophètes estiment par exemple que seuls les avions et les dirigeables seront employés pour le transport à l'exclusion de tous les autres moyens en usage actuellement. Il n'est pas douteux, certainement, que les appareils volants seront améliorés au point de vue de stabilité, de rayon d'action et de dimensions de façon à rendre un voyage en avion autour du monde beaucoup plus simple et moins dangereux qu'une promenade en mer sur un bateau d'une cinquantaine de tonnes actuellement. Mais cela ne signifie en aucune façon, que l'homme devra abandonner la terre et l'eau pour ses déplacements. Les ingénieurs n'abandonnent jamais aucun des progrès de la technique avant d'en avoir extrait tout ce qu'il comporte d'utile. Si même certains travaux, certaines découvertes restent quelque temps inutilisées, il arrive toujours un moment où on leur trouve un nouvel usage, comme nous venons de le dire au sujet des routes; ainsi, les travaux qui ont été exécutés en France et en Angleterre au dix-huitième siècle pour l'amélioration des routes n'ont pas été perdus, malgré l'invention des chemins de fer, puisqu'ils ont pu servir à l'automobile.

Quelle forme prendra le transport sur terre de l'avenir? On a exprimé l'opinion qu'une sorte de voie roulante, dans le genre du trottoir roulant de la dernière Exposition Universelle de Paris en 1900, pourrait remplacer les chemins de fer. Cette voie serait constituée par une série de plate-formes roulant parallèlement à des vitesses différentes de façon à ce que les voyageurs puissent passer facilement de l'une à l'autre; elles comprendrait tout le confort des meilleurs trains de luxe actuels. On comprend facilement l'immense avantage de ce mode de transport: plus d'horaire à observer, plus de trains à attendre, plus d'accidents à craindre. Mais, d'autre part, quels immenses centres de force motrice seraient nécessaires pour alimenter cette traction incessante et quels matériaux d'une résistance encore inconnue devraient être employés pour des roues et des engrenages soumis à un tel travail. Il est vrai que ces difficultés pourraient être surmontées par de patientes recherches et expériences mais il est néanmoins probable qu'on obtiendrait des résultats plus économiques et presque aussi satisfaisants par le développement des véhicules modernes et des routes existant actuellement. Le

Création de routes mobiles

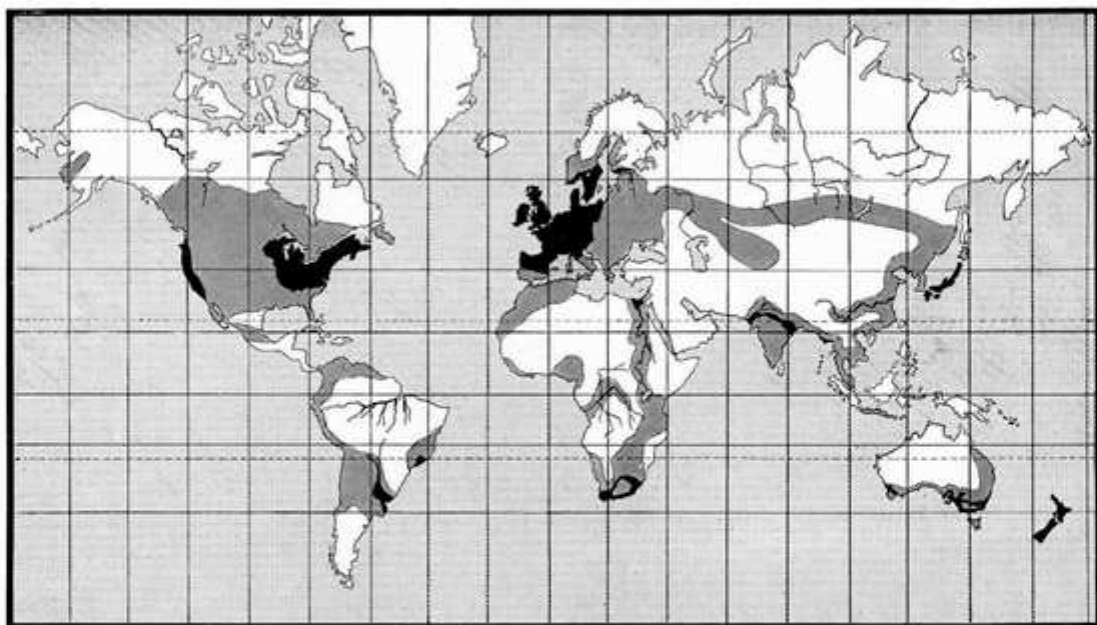
danger créé par un trafic trop intense sur les routes pourrait être combattu par la suppression du mouvement dans les deux sens; il n'y aurait donc, comme sur les voies ferrées qu'une seule direction pour chaque voie, ou chaque route.

Une autre question importante est celle de la rivalité entre la roue à bandage de caoutchouc et la roue sur rails. C'est probablement cette dernière qui remportera la victoire et ceci pour deux raisons. Premièrement l'augmentation de la population de la terre exigera une telle extension de la culture des produits de l'alimentation qu'il ne restera sur la surface du Globe plus assez d'espace disponible pour les plantations de caoutchouc; d'autre part la découverte de ces alliages métalliques légers et résistants dont nous avons parlé plus haut facilitera considérablement la production des roues et des rails en métal. La victoire du rail amènera la suppression des rails parallèles par le monorail sur lequel circuleront des voitures équilibrées par des gyroscopes. Ces rails uniques seront d'une force de résistance différente suivant le poids du véhicule à supporter et l'importance du trafic et un réseau immense en couvrira tous les pays. Le propriétaire d'une voiture

privée, par exemple, pourra utiliser ce réseau en branchant son rail spécial au rail public ou bien en transportant lui-même sa voiture pour la placer sur le rail car la voiture de l'avenir, établie en alliage léger n'aura qu'un poids insignifiant.

Il est certain que les difficultés existant actuellement pour la transmission de la force motrice sur de grandes distances seront surmontées d'une façon quelconque et peut être le rail servira-t-il lui-même à transmettre au moteur et au gyroscope la force nécessaire. Ce moteur semblerait extrêmement petit à l'automobiliste d'aujourd'hui, habitué à la lourde masse du moteur à essence, des engrenages, de l'arbre de transmission des autos considérés actuellement comme des chefs d'œuvre de mécanique. Mais la réduction de poids provoquée par l'absence complète de poids mort, comme par exemple celui de l'engrenage, de l'essence et de l'eau nécessaire au radiateur, rendra possible à un moteur de force très réduite de faire marcher le monocar de l'avenir à des allures considérables.

En outre des voitures privées il existera des voitures de transport en commun. Leur construction sera à peu près semblable mais ces dernières seront établies avec un tel confort que les voyageurs de l'avenir examineront dans les musées les plus beaux de nos Pullman avec le sincère étonnement que des êtres humains aient



Sur cette carte les endroits indiqués en noir représentent les parties du monde où l'œuvre de l'ingénieur s'est poursuivie pendant une période considérable, tandis que les parties grisées indiquent les régions où ce travail commence seulement à s'effectuer. Enfin les parties laissées en blanc sont celles où l'œuvre du génie civil n'a pas encore pénétré. On voit d'après ce plan que la partie du monde dans laquelle l'ingénieur a atteint des progrès considérables est très petite en comparaison de celle qui n'ont pas encore été atteinte par son œuvre.

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

L'Ère des mono-rails

pu se risquer à voyager dans ces voitures cahotantes roulant à l'allure ridicule-ment petite de 100 km. à l'heure! En passant des voyages sur terre aux voyages sur mer nous devons nous attendre à ce que les navires deviennent

de plus en plus grands; les systèmes de standardisation faciliteront également leur construction qui deviendra ainsi beaucoup moins chère et nécessitera moins de temps. Le mécanisme deviendra certainement plus compacte et plus puissant. Les types qui seront adoptés dépendront beaucoup du combustible mais il n'est pas douteux que dans la transmission de la force motrice on obtiendra une simplification notable sur les systèmes actuellement en usage. Il n'est pas impossible également qu'on puisse utiliser des câbles trans-océaniques par lesquels les navires recevront le courant électrique nécessaire pour le fonctionnement de leur moteur. Aussi étonnant qu'il puisse paraître ce projet n'est pas beaucoup plus audacieux que le projet actuellement à l'étude de l'établissement d'une série d'îles flottantes, sur l'océan, destinées à servir de stations aux avions.

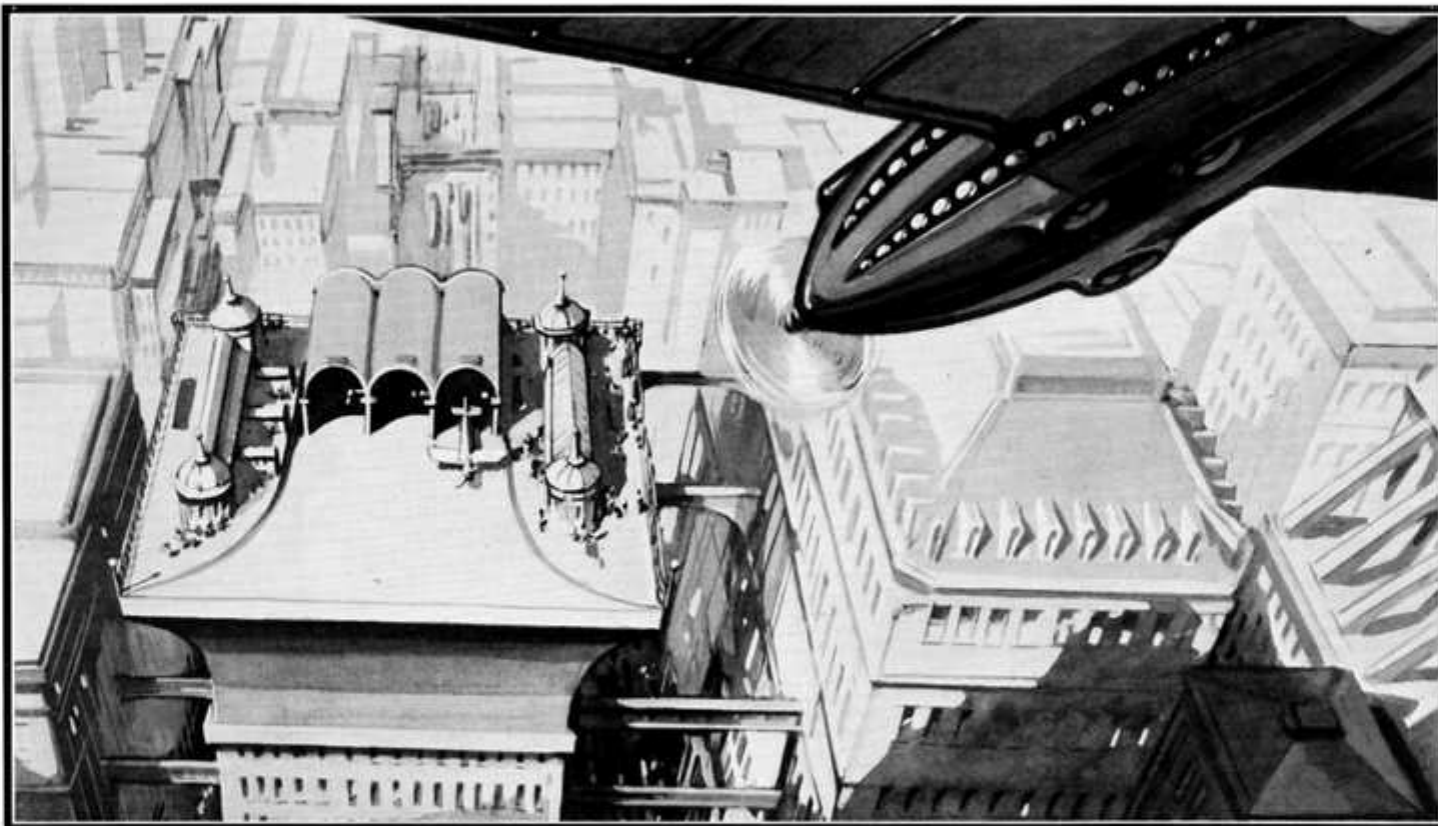
D'autre part si les navires sont destinés à se déplacer par leurs propres moyens, comme actuellement, il semble qu'un type nouveau quelconque de moteur Diésel à transmission électrique aurait le plus de chance d'être employé pendant un temps assez long.

Cependant n'oublions pas que le pétrole ainsi que le charbon ne sont pas inépuisables sur le Globe et qu'un moment viendra où ces combustibles manqueront

Nouveau mode de transport sur mer

complètement. Il est vrai qu'on aura encore la ressource de la fabrication du carburant artificiel mais ce dernier aussi doit être tiré de matières premières qui un jour viendront à manquer. Ces perspectives ne doivent pas nous causer trop

d'alarmes; il nous restera encore d'autres sources! inépuisables de force, celle qui provient de la chaleur solaire, et que nous ne savons encore utiliser que d'une façon extrêmement primitive; celle des chutes d'eau ou "houille blanche" employée dans beaucoup d'endroits comme génératrice de courant et enfin celle des marées et du vent. Ces forces de la nature sont d'un emploi comparativement peu coûteux mais elle ne sont pas encore captées de façon à assurer un débit régulier. Dans l'avenir on trouvera sous l'empire de la nécessité des procédés plus



Une vision de l'avenir. Dans cette ville les gratte-ciel seront reliés entre eux à des hauteurs différentes par des ponts et des galeries sur lesquels pourront passer même des chemins de fer, ce qui évitera l'embouteillage des rues. Le voyageur de l'avenir sera monté en un clin d'œil par un ascenseur électrique sur le toit plat de l'un de ces bâtiments géants, où il trouvera un aéroport avec des navires de l'air partant dans toutes les directions et en arrivant.

directs pour l'utilisation de ces forces.

Lorsqu'on aura trouvé le véritable moyen d'utiliser la chaleur directe du soleil on établira, au lieu de ces milliers de petites usines génératrices disséminées sur toute la surface du Globe, quelques grandes stations distribuées à proximité de la ligne de l'équateur, là où la radiation du soleil est la plus puissante. La chaleur sera concentrée par des miroirs ou des lentilles de super-verre et utilisée pour faire évaporer le liquide contenu dans des chaudières, la vapeur qui en résultera étant utilisée dans des cylindres géants. Le liquide employé ne sera certainement pas de l'eau. Si on utilise actuellement l'eau ce n'est que grâce, aux facilités qu'on a à la trouver partout et à ce que son degré d'évaporation n'est pas trop élevé. Nous sommes tellement habitués à considérer l'eau comme l'unique

LES MERVEILLES DU GENIE CIVIL

Stations de grande puissance sous les Tropiques

liquide pouvant être utilisé dans les machines à vapeur qu'il nous semble étonnant d'entendre parler d'un autre liquide ; et pourtant des résultats beaucoup supérieurs pourraient être obtenus par l'emploi du mercure. Quoique ce dernier soit extrêmement cher et d'un degré d'évaporation assez élevé on a pu pourtant l'utiliser déjà dans l'industrie, sa vapeur étant condensée après avoir travaillé dans les cylindres et la chaleur ainsi libérée étant destinée à une nouvelle production de vapeur. D'autres liquides ayant des caractéristiques thermiques semblables à celles du mercure seront peut-être découverts dans l'avenir lorsqu'on possèdera une connaissance plus parfaite de la construction des chaudières et des cylindres capables de supporter des températures élevées. Il ne semble pas douteux que l'un de ces liquides ne soit utilisé à la place de l'eau.

La force produite près de l'équateur par ces usines géantes dont nous venons de parler devra être transmise à d'autres régions de la terre. Les formes de cette transmission dépendront certainement de l'objet de son application. L'électricité y jouera un rôle important et déjà actuellement, il est possible de transmettre des courants de très haut voltage à des distances énormes au moyen de cables. On a fait également des essais de transmission de cette force par T.S.F. mais jusqu'à maintenant ce procédé a rencontré de très grandes difficultés, la quantité totale de force reçue ne représentant qu'une très petite fraction de la force envoyée. Un perfectionnement quelconque du système de "Beams" pourrait résoudre peut-être ces difficultés, à moins qu'on ne trouve un procédé complètement nouveau, mais de toute façon de grandes modifications doivent être effectuées dans les appareils actuels pour arriver à transmettre, sans cables, la force réalisée de l'usine génératrice à destination sans une perte trop considérable.

Partout où la transmission de la force électrique par cables ou sans cables sera possible, ce procédé ne manquera certainement pas d'être adopté. Mais pour les navires en mer et pour les avions on pourrait très bien employer une autre source de force : l'air liquide. Il pourrait être produit dans des compresseurs actionnés par les grandes usines génératrices et conservées sous pression dans des

Aéroplanes propulsés par l'air liquide

cylindres facilement transportables. Cette source serait utilisée de deux façons. Ou bien on lui fera actionner de grandes turbines dans lesquelles grâce à sa grande pression l'air liquide sera beaucoup plus effectif que la vapeur ; ou bien dans les avions ou chaque augmentation de poids nécessite une augmentation équivalente de puissance, on remplacera complètement les moteurs

et les hélices par des jets d'air liquide qui projetés vers l'arrière de l'appareil le propulseront comme une fusée. Et il ne faut pas croire que c'est une idée de visionnaire ; ce projet a été déjà envisagé et si l'usage de l'air liquide comme force motrice n'est pas encore répandu ce n'est que grâce à son prix trop élevé.

Il est une autre force encore que certains esprits optimistes sont enclins à considérer comme supérieure à toutes celles qu'on a employées jusqu'à ce jour. Cette force immense est celle qu'on peut obtenir par la désintégration de l'atome. Il est tout à fait vrai que le radium, par exemple, est un générateur de force tout à fait exceptionnel et que le véritable bombardement atomique qui s'en dégage peut durer pendant des périodes pratiquement infinies. Quelques tonnes de radium pourraient donc

être très utiles comme force motrice mais malheureusement la quantité entière qui en a été extraite à ce jour de la terre ne dépasse pas une livre et il est très peu probable qu'il soit possible d'en trouver sur tout le globe même une tonne. L'énergie intra-atomique existe certainement puisqu'elle joue un rôle très important dans la température du soleil. Nous en profitons donc avec la chaleur solaire. Mais l'utiliser directement est tout autre chose. Il n'existe que très peu d'éléments qui rayonnent spontanément cette énergie et quoiqu'elle existe, en puissance, dans tous les atomes il faudrait pour la libérer employer beaucoup plus d'énergie que celle qu'on obtiendrait. A l'état actuel de la science la dépense d'énergie nécessaire pour obtenir cette force intra-atomique représente à peu près 100,000 fois la quantité d'énergie obtenue.

Prenons comme exemple la désintégration des atomes d'aluminium. Ce métal bombardé par les atomes du radium produit de l'hydrogène, mais si on projetait sur une feuille d'aluminium le rayonnement de tout le radium qui existe



La Rue de la Paix aura peut-être en l'année 2000 l'aspect de la rue représentée sur cette illustration, lorsque de rapides trains de banlieue auront remplacé les autos d'aujourd'hui.

Développement des cités de grattes-ciel

sur terre et ceci pendant 7 ans on n'obtiendrait qu'un millimètre cube d'hydrogène. Il est évident qu'on peut trouver au radium un emploi plus utile. Pourtant ces calculs ne sont exacts qu'à l'état actuel de la science; il n'est pas impossible qu'on arrive à obtenir l'énergie intra-atomique par des procédés plus simples, plus perfectionnés et moins coûteux.

En somme ce dont l'ingénieur a besoin pour ces travaux c'est, d'une part des matériaux appropriés et d'autre part une force motrice suffisante. Nous avons vu comment ceci peut être obtenu par la standardisation des matériaux et des recherches sur les métaux non oxydables ainsi que par l'utilisation directe de la chaleur solaire. Disposant de ces ressources l'ingénieur verra son rôle s'agrandir de plus en plus et devenir prépondérant dans la société de l'avenir.

Ce sont eux qui établiront les plans des villes et en construiront les bâtiments. Nous en voyons un exemple en Amérique ou des immeubles d'une hauteur fantastique construits en acier et en béton peuvent être considérés comme le type du bâtiment de l'avenir. On a fait des réserves quant aux qualités hygiéniques de ces maisons; les étages inférieurs, dit-on, manquent d'air et de lumière. Ces inconvénients sont facilement évitables par des aménagements appropriés qui font circuler l'air filtré jusqu'aux étages inférieurs au moyen de conduits tandis que des lampes spéciales donneront un mélange convenable de rayons infra-rouges et ultra-violet ainsi que de lumières ordinaires, plus utiles pour la santé que les véritables rayons de soleil.

L'augmentation continue du nombre d'habitants par mètre carré, surtout dans les villes industrielles et commerçantes, nécessitera l'organisation d'un système de circulation surélevée. En effet, on a calculé que si toutes les personnes habitant dans les gratte-ciel de Manhattan sortaient en même temps, il n'y aurait pas dans les rues assez de place pour tout le monde. Les bâtiments de l'avenir auront donc des ponts et des galeries disposés à diverses hauteurs pour la circulation à pied ou en auto. Des escaliers roulants seront également établis partout ainsi que des ascenseurs express. Ainsi un commerçant dont les bureaux seraient situés au cinquantième étage d'un immeuble sur la place de l'Opéra pourrait revenir chez lui à Argenteuil soit en voiture qui traverserait la ville sur des galeries à hauteurs différentes soit en empruntant une série d'escaliers roulant qui l'amèneraient chez lui par pentes successives.

Les Jeunes Meccano sont les Ingénieurs de l'avenir

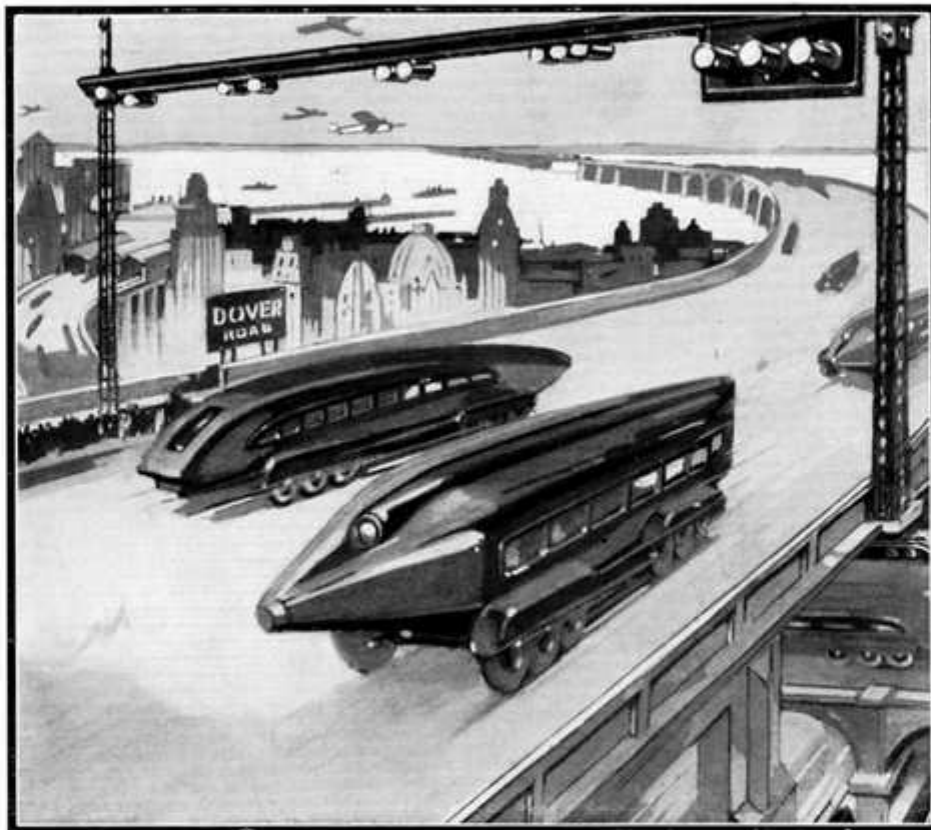
Un projet de cette sorte a déjà été établi à Chicago, une des villes américaines les plus avancées dans le progrès. On a proposé de construire une ligne de gratte-ciel le long du lac Michigan en disposant les bâtiments les plus hauts au milieu et les plus bas à chaque extrémité de la ligne. Les toits de ces immeubles seraient reliés par des ponts aux routes sur lesquelles passeraient les personnes habitant

les maisons ou y travaillant pour entrer ou sortir tandis que les autos seraient remisées dans des garages aux étages supérieurs. Un tel projet éviterait la congestion de la circulation dans les rues ce qui produirait une économie de temps considérable.

L'ingénieur dirigera également les usines et même en grande partie l'agriculture. Dans les premières il trouvera de nouveaux procédés de fabrication en quoi il sera aidé par le résultat de l'étude plus détaillée des lubrifiants ainsi que des nouveaux alliages produits par la métallurgie. Dans l'agriculture l'ingénieur s'occupera de l'amélioration des machines, pour lesquelles le moteur à vapeur ou à essence trouvera une application de plus en plus large. Toutefois la véritable mécanisation de l'agriculture ne pourra être atteinte que lorsque l'utilisation de la force électrique à bon marché sera un fait accompli.

Le foyer familial bénéficiera également des progrès de la mécanique et de la force motrice à bon marché. Un jour viendra où le travail manuel sera complètement remplacé dans les maisons par celui de différents appareils ménagers. Nous pouvons dire qu'il n'y aura pas de sphère où l'intelligence, le savoir de l'ingénieur ne trouveront pas leur application productive, même dans les questions scientifiques les plus abstraites auxquelles l'ingénieur saura donner une forme pratique qui les rendra utilisables pour le confort et l'amélioration de la vie.

Ce bref tableau du Génie civil de l'avenir est certainement incomplet. La force de notre imagination est limitée dans le temps et si en 1828 George Stéphenson a pu prédire les grands changements qui se produiraient dans le transport par l'invention de la machine à vapeur il n'aurait pas pu prévoir ni le moteur à essence ni la lumière et la force électriques. Ainsi les principes, les idées, les projets qui peuvent nous paraître étranges et fantastiques deviendront familiers aux ingénieurs de demain qui sont les jeunes Meccanos d'aujourd'hui, comme nos plus grands savants sont impuissants à prévoir toutes les découvertes de l'avenir.



Une vue impressionnante des formidables machines roulantes de l'avenir circulant sur des routes spéciales surélevées, triomphes de l'art de l'ingénieur.



La Jeunesse des Inventeurs Célèbres

La plupart des Inventeurs et Ingénieurs célèbres du monde entier manifestaient dès leur enfance une prédilection pour tout ce qui concernait la mécanique. Quel accueil enthousiaste auraient-ils fait à Meccano, alors !

L'écolier James Watt surprenait ses amis en construisant une petite machine électrique, montrant ainsi cette ardeur à "faire marcher les machines" qui plus tard lui valut la gloire et la fortune comme inventeur de la première locomotive utilisable.

Josèphe Jacquard, inventeur du métier à tisser, manifesta dans son enfance de surprenantes dispositions pour la mécanique et les travaux manuels et se distingua comme ouvrier relieur avant de devenir célèbre.

Samuel Smiles dans sa biographie de John Smeaton, le fameux constructeur du phare nous raconte que "Les

seuls modèles qui lui faisaient réellement plaisir étaient les modèles pouvant fonctionner." Le jeune James Nasmyth, le futur inventeur du marteau à vapeur passait des heures entières à tourner patiemment des toupies en bois et à fabriquer de petits canons en laiton.

George Stéphenson employait presque tout le peu de temps dont il disposait lorsqu'il était petit garçon, à construire des modèles de pompe, et des machines à enrouler en argile.

Edison, enfant, faisait des expériences avec un télégraphe dans lequel les fils étaient enveloppés de vieux chiffons et des bouteilles en verre servaient d'isolateurs.

Combien l'œuvre de ces hommes célèbres eut été facilitée s'ils avaient eu Meccano pour les aider dans leurs expériences !

La Joie d'Inventer

L'invention de nouveaux modèles et de nouveaux mécanismes en Meccano est le plus grand amusement que l'on puisse imaginer, et il n'est pas douteux que les inventeurs et ingénieurs célèbres de l'avenir construisent à l'heure actuelle des modèles Meccano.

Le système Meccano est spécialement adapté aux expériences et aux inventions, non seulement parce que les pièces en sont interchangeables, mais aussi à cause de leur exactitude exceptionnelle. Toutes les bandes, cornières et équerres ont des trous équidistants de $12\frac{1}{2}$ cm. et d'une précision de 1/400 de cm. Les engrenages et pignons sont taillés en cuivre de première qualité. Ils engrènent avec l'exactitude et le jeu nécessaire et fonctionnent de la même manière que les engrenages et les pignons employés dans les véritables machines. Il est intéressant de noter que beaucoup de grandes maisons industrielles ont toujours en réserve des pièces Meccano avec lesquelles elles font des

expériences et essaient leurs inventions.

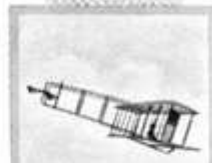
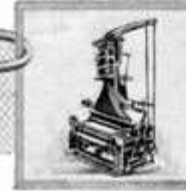
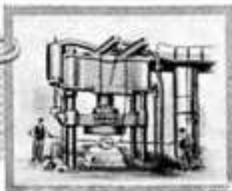
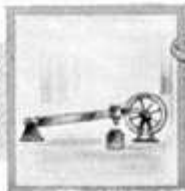
Dès qu'ils ont terminé les modèles représentés sur les Manuels, les Jeunes Meccanos doivent commencer à les perfectionner ou à construire d'autres modèles.

Des pièces nouvelles de grande valeur sont constamment ajoutées au système Meccano et chaque pièce donne aux jeunes gens la possibilité de construire une nouvelle série de modèles encore plus beaux et plus perfectionnés.

Chaque jeune Meccano doit essayer d'inventer car il n'y a rien au monde de comparable à la joie et à la satisfaction d'avoir créé quelque chose de nouveau.

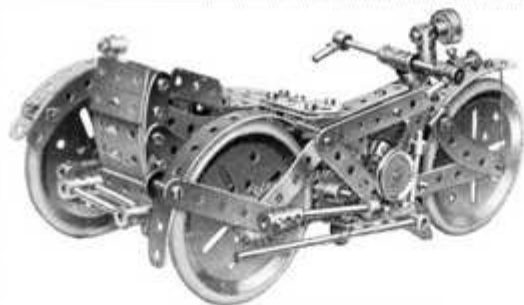
Quand un jeune garçon a réussi à construire un nouveau modèle il peut le présenter à l'un des concours de Modèles Meccano annoncés chaque mois dans le Meccano-Magazine.

De beaux prix sont attribués aux jeunes Meccanos qui feront preuve d'un esprit d'invention !



MECCANO

UN CHOIX DE SUPER-MODÈLES



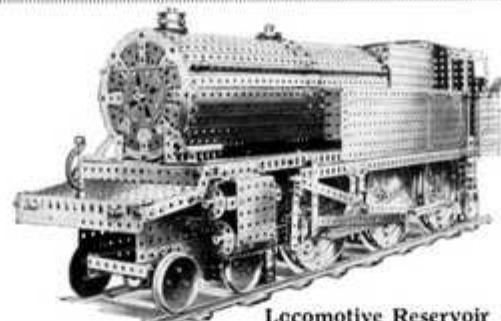
Motocyclette et Sidecar

Ceci est un excellent exemple de la mécanique en miniature Meccano. Le sidecar, d'un aspect très élégant, est monté sur ressorts. La motocyclette est complète, avec phare, klaxon, tuyau d'échappement, selle sur ressorts, etc.



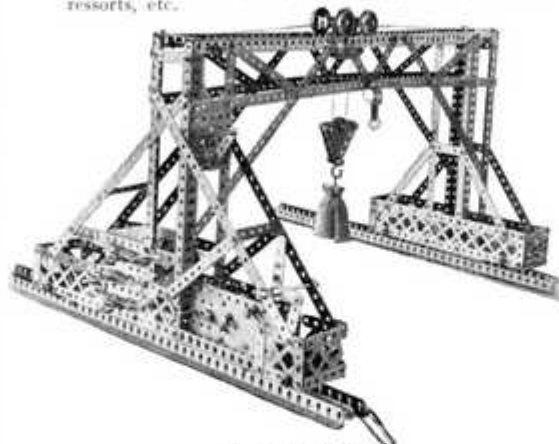
Chassis d'Auto

Ces modèles sont utilisés par les fabricants d'autos pour expliquer aux acheteurs tous les mouvements des automobiles les plus perfectionnées. Le modèle roule dans la perfection, actionné par sa propre force.



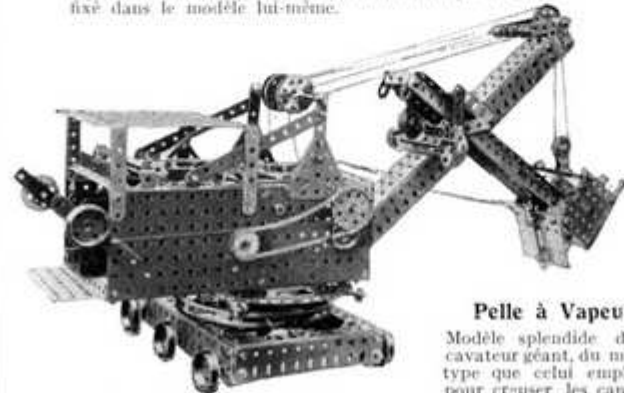
Locomotive Reservoir

Voici un modèle qui doit charmer les amateurs de trains. Une des caractéristiques très intéressantes de ce modèle consiste dans l'exacte reproduction, dans les moindres détails, du système de soupape Walscharts.



Crue à Portique

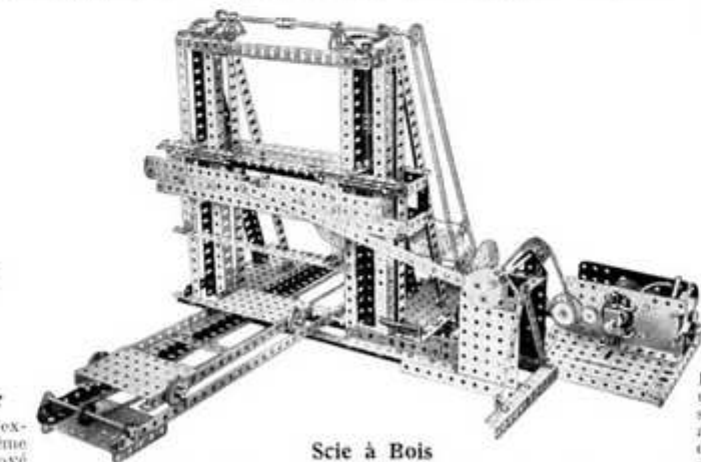
Ce modèle, d'aspect très réaliste, est d'une grande puissance. Il exécute une série de mouvements très intéressants pouvant être effectués simultanément ou séparément au moyen d'un moteur électrique 4 volts fixé dans le modèle lui-même.



Pelle à Vapeur

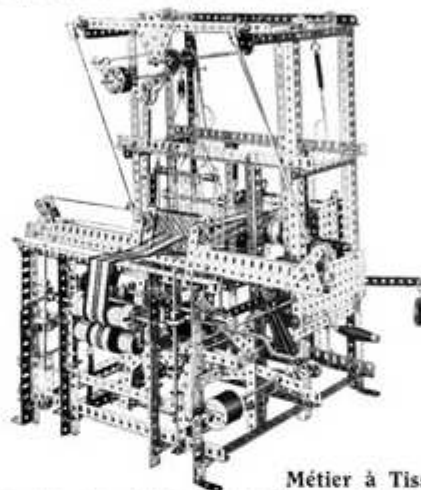
Modèle splendide d'excavateur géant, du même type que celui employé pour creuser les canaux

ou tracer les voies ferrées. Les mouvements de roulement et de rotation de l'excavateur, ainsi que celui de la flèche sont effectués par un moteur électrique.



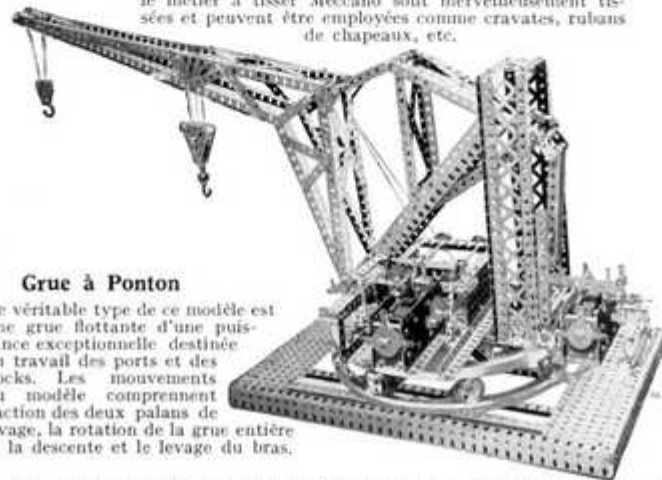
Scie à Bois

Ce modèle est celui d'une machine employée dans les scieries pour le découpage et le façonnage des troncs d'arbres, tels qu'ils arrivent des chantiers. La scie est animée d'un rapide mouvement alternatif pendant que le plateau roule lentement au dessous.



Métier à Tisser

Ce modèle est peut-être le chef d'œuvre de la longue série des succès Meccano. Les étoffes exécutées par le métier à tisser Meccano sont merveilleusement tissées et peuvent être employées comme cravates, rubans de chapeaux, etc.



Grue à Ponton

Le véritable type de ce modèle est une grue flottante d'une puissance exceptionnelle destinée au travail des ports et des docks. Les mouvements du modèle comprennent l'action des deux palans de levage, la rotation de la grue entière et la descente et le levage du bras.

Les modèles représentés sur cette page démontrent les possibilités de Meccano. Ils constituent un choix des super-modèles que nous avons fait spécialement établir d'après les indications de nos ingénieurs. Chaque modèle de cette série est un chef-d'œuvre et il n'est pas de jeune garçon au monde qui ne soit impatient d'en construire un lui-même.

Ces modèles sont si importants que nous avons chargé des spécialistes de donner leur description et qu'une brochure spéciale, ornée de belles illustrations, a été composée pour chacun d'eux.

Une feuille d'explication, donnant les détails des modèles de cette série ainsi que les prix des brochures spéciales d'instructions, vous sera offerte gracieusement par votre fournisseur de Meccano ou envoyée par Meccano (France) Ltd., 78 80, rue Rébeval, Paris (XIXème) pour peu que vous nous la demandiez.

MECCANO

Le Jouet qui a popularisé l'Art de l'Ingénieur

La Mécanique pour Tous

Le système Meccano est composé de deux cents pièces différentes, la plupart en acier et en cuivre et dont chacune a une attribution mécanique déterminée. Leur ensemble constitue un système complet avec lequel on peut reproduire en pratique, sous forme de modèles, tous les mouvements de la Mécanique.

Il est possible d'obtenir avec Meccano des résultats que les autres jeux de construction ne sauraient donner, car aucun autre système ne présente les mêmes possibilités.

L'ingéniosité de Meccano se trouve dans ses pièces mêmes et c'est pourquoi le garçon le plus jeune peut commencer à construire des modèles dès qu'il a ouvert sa Boîte.

Des Centaines de Modèles

Le nombre de modèles que vous pouvez construire avec Meccano est pratiquement illimité. Grues, Horloges, Automobiles, Chargeurs à Charbon, Locomotives, bref, tout ce qui peut intéresser un jeune garçon ingénieux, surgit sous vos doigts comme par enchantement. Et ce qui est véritablement merveilleux dans Meccano, c'est que, tout en étant de la véritable Mécanique, ce jouet passionnant est si simple que le jeune garçon le plus inexpérimenté peut se procurer la joie de construire de beaux modèles sans aucune étude préalable.

Un joli Manuel d'instructions, richement illustré, expliquant comment on construit les modèles, est compris dans chaque boîte, et un tournevis est le seul outil nécessaire.

Les Jeunes Meccanos Construisent et Inventent

L'éducation du cerveau, de l'œil et de la main par Meccano, est certainement considérable. Mais Meccano développe également chez les jeunes Meccanos une autre faculté d'une immense importance—celle de la création. En effet le jeune garçon ne se contente pas de construire les modèles tels qu'ils sont expliqués ; il commence à créer de nouveaux modèles et de nouveaux projets, créations de leur propre esprit.

Comment Débuter

Meccano est présenté en 9 boîtes numérotées de 00 à 7. Toutes les pièces Meccano sont de la même qualité et du même fini, mais les boîtes plus grandes contiennent un choix et un nombre plus considérables de pièces, rendant possible la construction de modèles plus importants.

Chaque boîte peut être convertie en une boîte du No. supérieur par l'adjonction d'une boîte complémentaire (voir page 41).

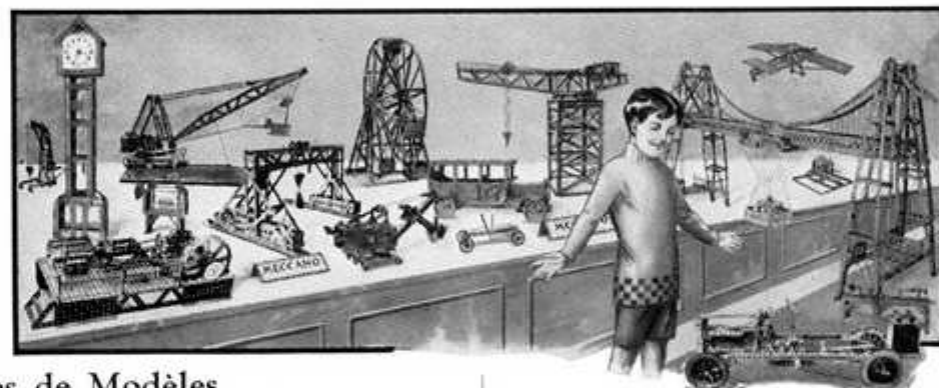
Ainsi, si la boîte No. 2 est la première achetée, on peut la convertir en un No. 3, par l'adjonction de la boîte No. 2A, la boîte 3A convertira la boîte No. 3 en No. 4, et ainsi de suite jusqu'à la boîte No. 7. De cette façon quelle que soit la boîte de début, vous pouvez graduellement vous constituer une boîte No. 7.

Les pièces Meccano peuvent être achetées séparément en tous temps et en n'importe quelle quantité. (voir tarif illustré à la fin de ce livre).

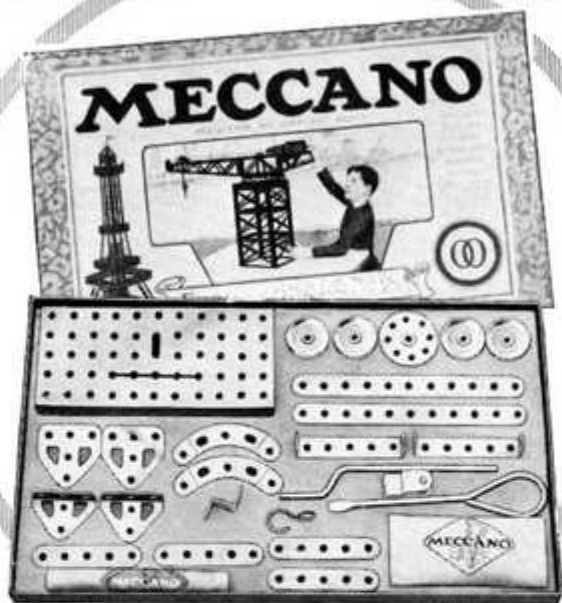
Nos Services Meccano

Le jeune Meccano d'aujourd'hui deviendra l'Ingénieur célèbre de demain. Et nous sommes tout prêts à l'aider dès maintenant. S'il vous arrive de ne pas trouver dans nos livres ce qui vous intéresse sur les questions de la Mécanique, ou lorsqu'un problème difficile vous embarrasse—écrivez-nous. Nous recevons journellement, et durant toute l'année, des centaines de lettres des jeunes gens qui nous écrivent soit pour demander notre avis sur n'importe quelle question qui les embarrasse, sur le choix d'une carrière, sur leur travail ou leurs plaisirs, soit simplement pour bavarder avec nous, et nous sommes heureux de leur répondre et de savoir qu'ils nous considèrent comme des amis.

Et c'est justement dans l'intérêt de nos jeunes amis que nous publions notre Revue le "Meccano-Magazine" (voir page IV de la couverture).



MECCANO



Boîte No. 00

La Boîte No. 00 est spécialement destinée aux très jeunes garçons. Un Manuel d'instructions spécial compris dans la Boîte explique comment on peut construire 116 modèles intéressants dont chacun est capable de procurer des heures d'amusement. Un choix de modèles qu'on peut construire avec la boîte No. 00 est représenté sur cette page.

Prix Frs. 20.00

La Boîte complémentaire No. 00A convertit le No. 00 en boîte No. 0.
Voir page 41.



MECCANO

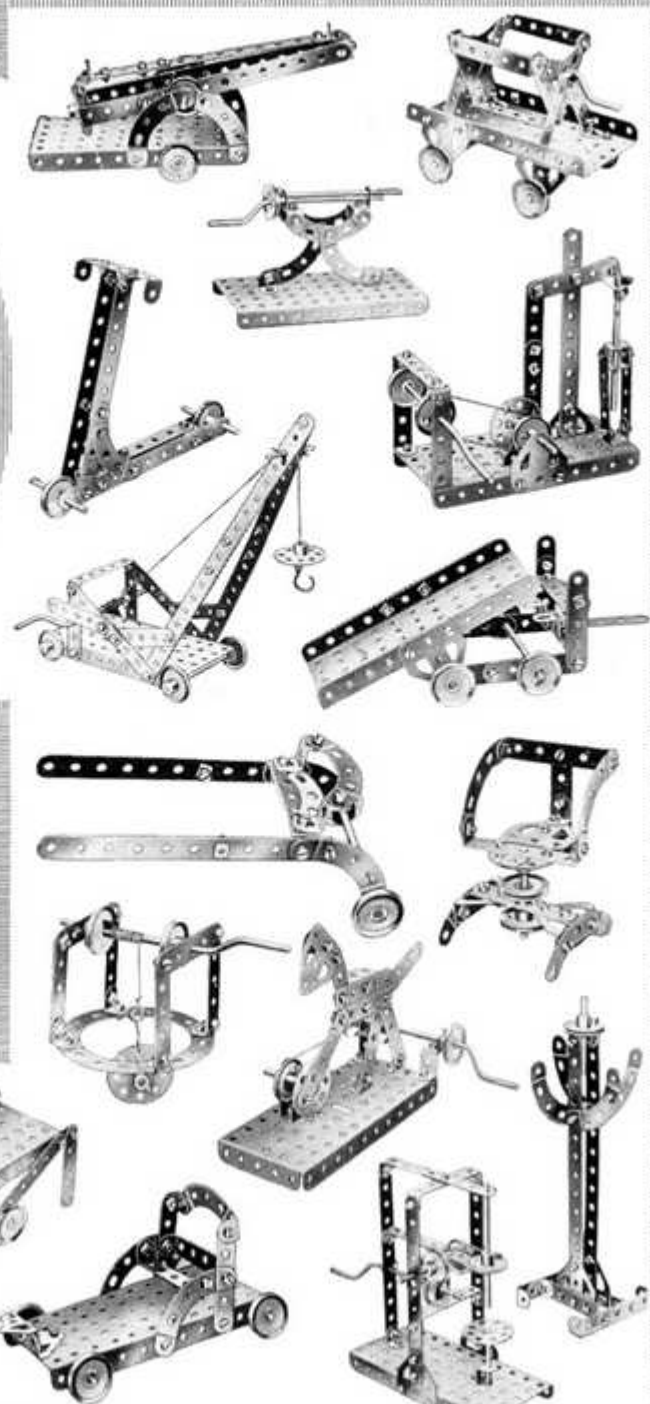


Boite No. 0

Cette boîte contient un assortiment splendide de pièces Meccano et un Manuel d'instructions donnant 184 modèles qu'on peut construire avec le contenu de cette boîte. Un assortiment de ces modèles est représenté sur cette page. Tout ce qu'il faut pour commencer immédiatement à construire est compris dans la boîte.

Prix Frs. 30.00

*La Boîte complémentaire No. 0x convertit le No. 0 en boîte No. 1.
Voir page 41.*



MECCANO



Boite No. 1

Cette boîte contient un grand nombre de pièces Meccano avec lesquelles on peut construire une série de beaux modèles. Il est facile de se rendre compte des possibilités de construction de la boîte No. 1 d'après les exemples qu'on voit sur cette page. Un grand Manuel donnant les descriptions de 348 modèles qu'on peut construire avec le contenu de cette boîte y est compris.

Prix Frs. 60.00

*La Boîte complémentaire No. 1A convertit le No. 1 en boîte No. 2.
Voir page 41.*



MECCANO

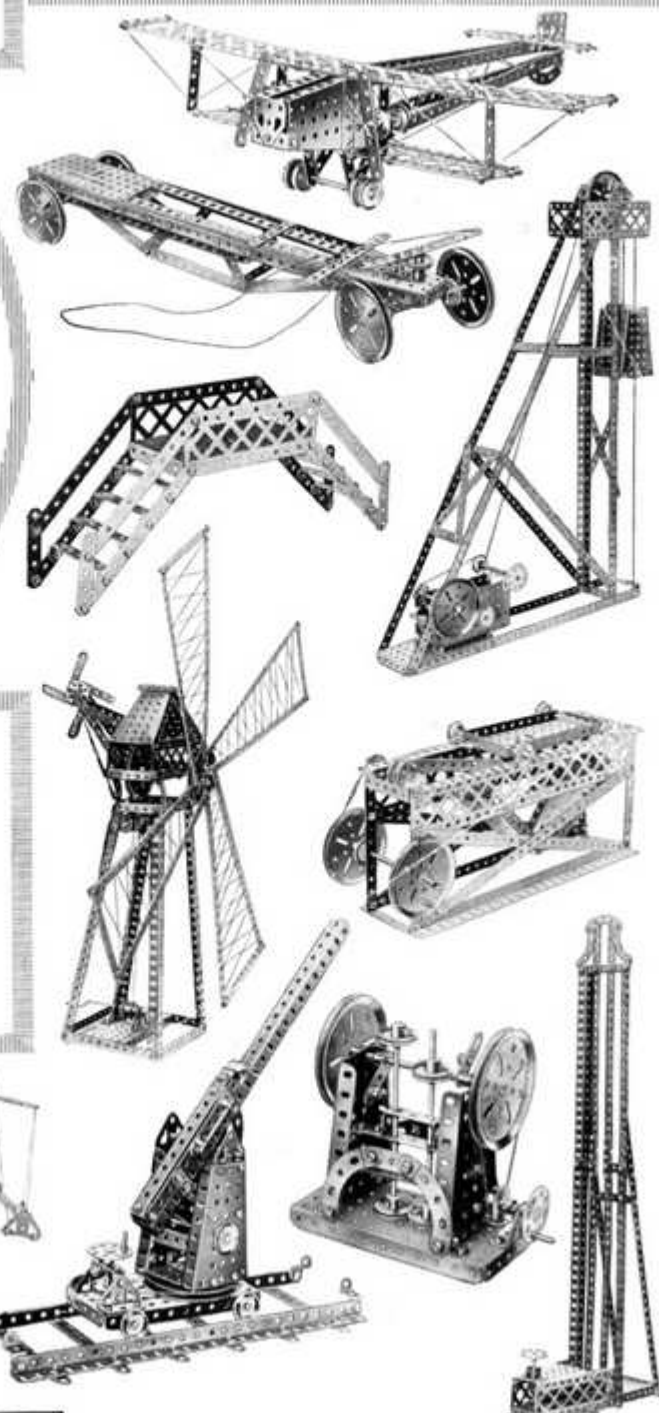
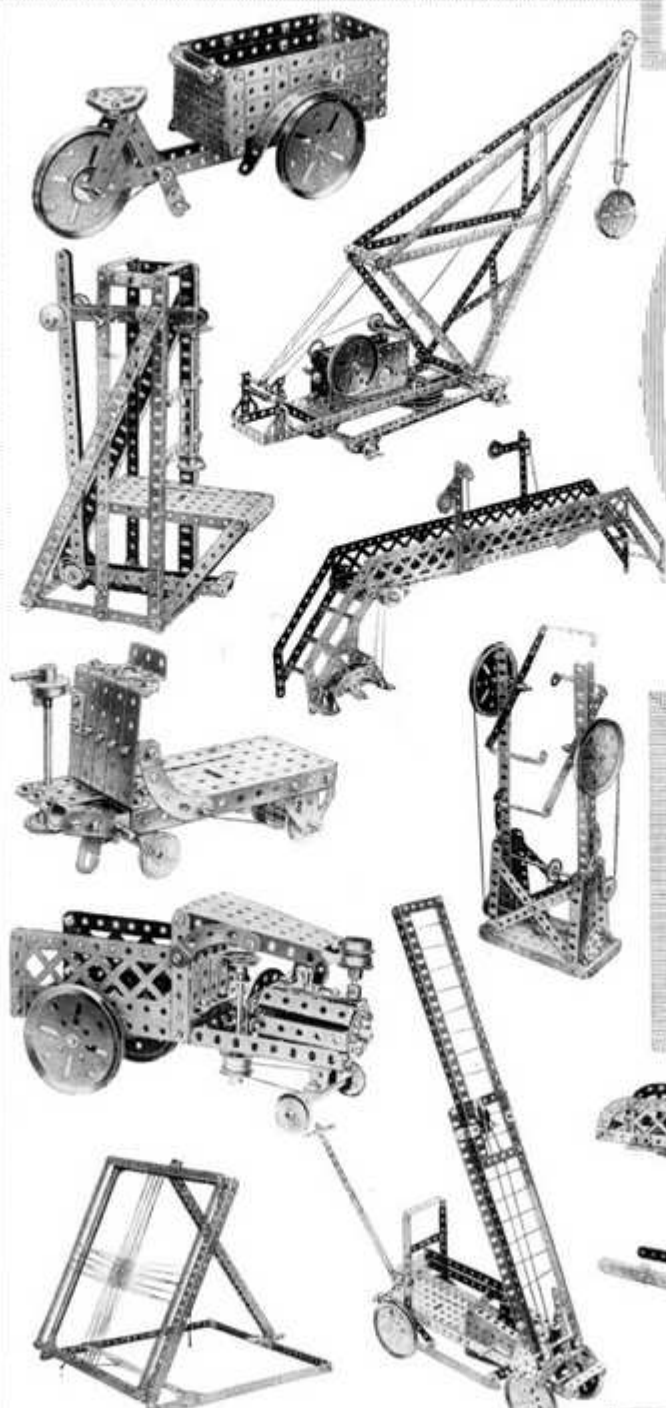


Boîte No. 2

L'heureux possesseur d'une boîte No. 2 est à même de construire des modèles plus compliqués et, par conséquent, plus intéressants. Un choix de ces beaux modèles est représenté sur cette page. Tous les modèles sont établis d'après les principes exacts de la mécanique et des instructions complètes pour en construire 396 sont comprises avec la boîte.

Prix Frs. 110.00

*La Boîte complémentaire No. 2A convertit le No. 2 en boîte No. 3.
Voir page 41.*



MECCANO

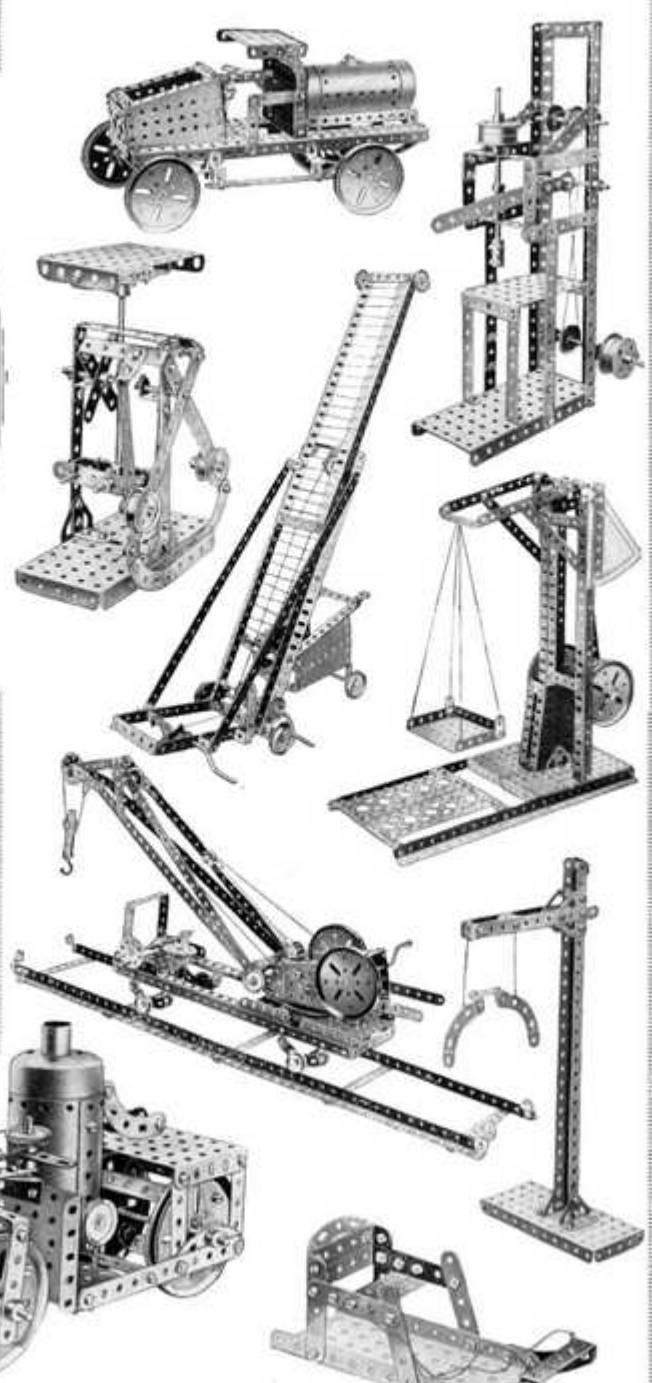
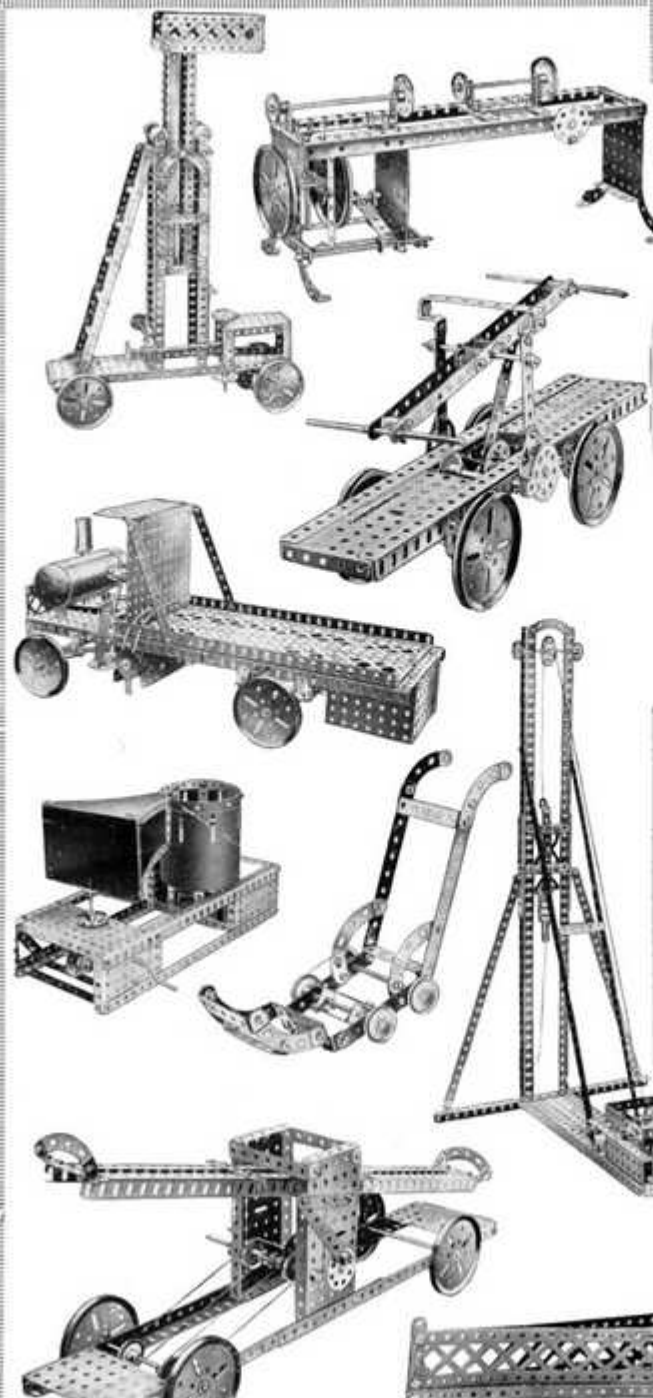


Boite No. 3

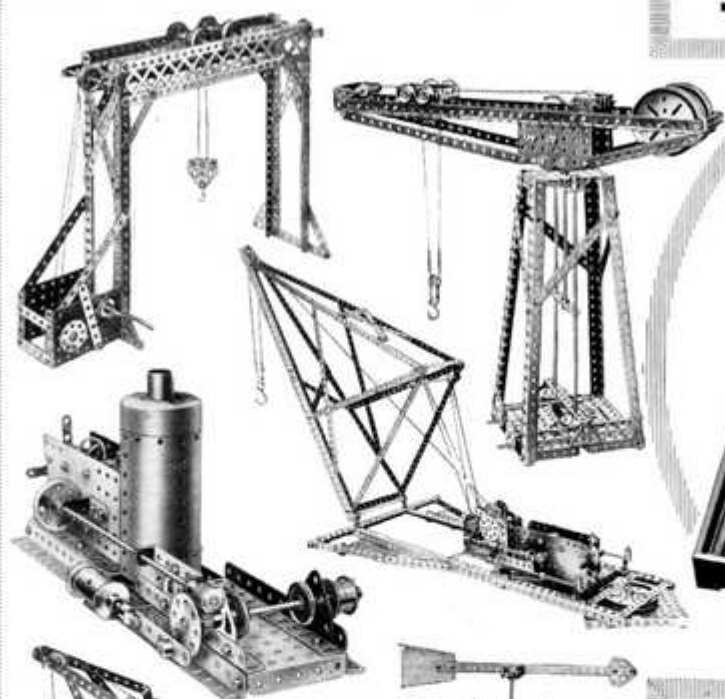
Cette excellente boîte contient des pièces de type technique plus avancé et les modèles qu'elle permet de construire sont, par conséquent, encore plus perfectionnés, comme on peut le voir d'après les exemples représentés sur cette page. Un Manuel donnant les instructions pour construire 447 modèles est compris dans la boîte.

Prix Frs. 185.00

*La Boîte complémentaire No. 3a convertit le No. 3 en boîte No. 4.
Voir page 41.*



MECCANO

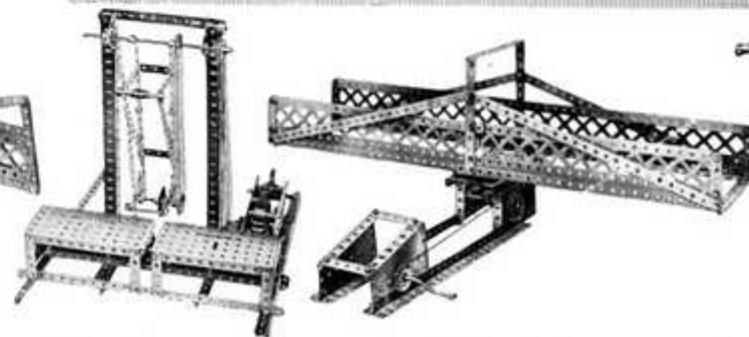
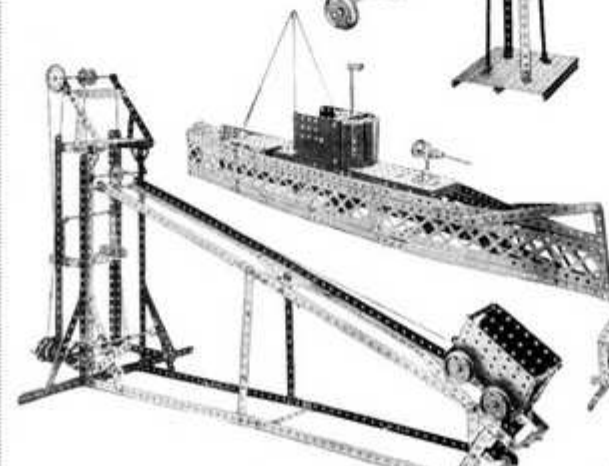
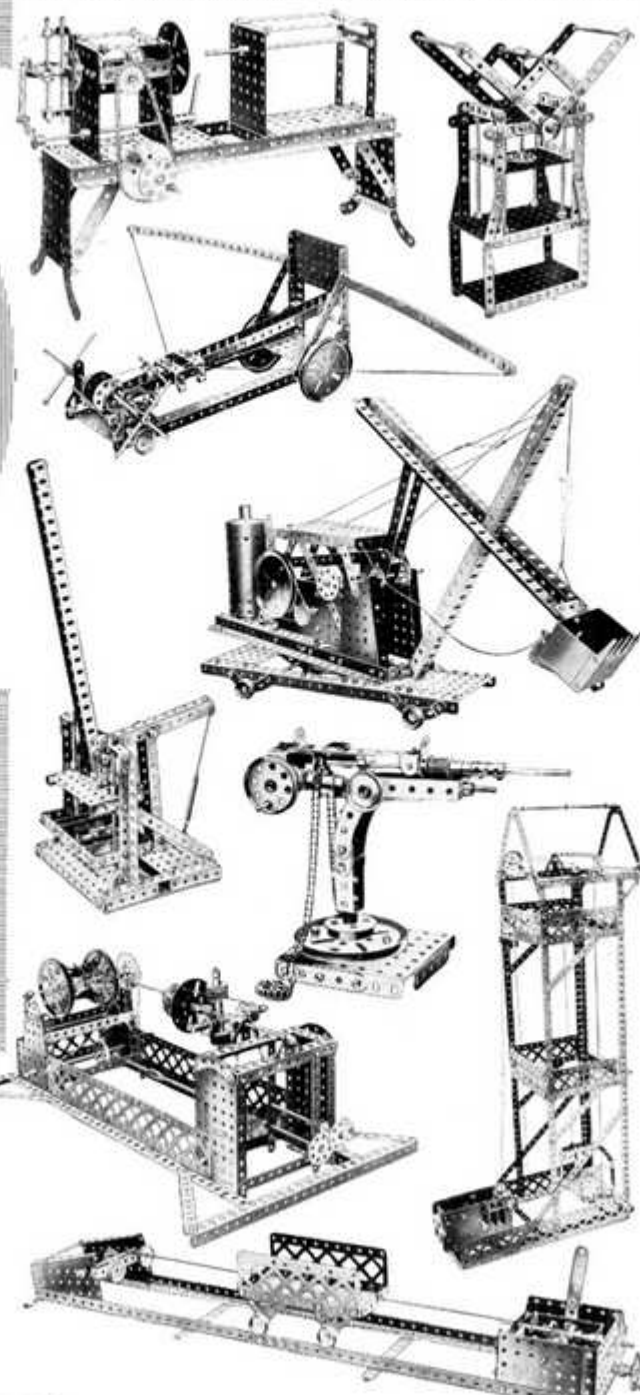


Boite No. 4

Cette belle boîte contient un choix splendide de pièces Meccano, avec lesquelles on peut construire une variété de modèles superbes. Les Manuels d'instructions qui y sont compris donnent les détails des 504 modèles qu'on peut construire avec cette boîte, et dont quelques-uns sont représentés sur cette page.

Prix Frs. 340.00

*La Boîte complémentaire No. 4x convertit le No. 4 en boîte No. 5.
Voir page 41.*



MECCANO



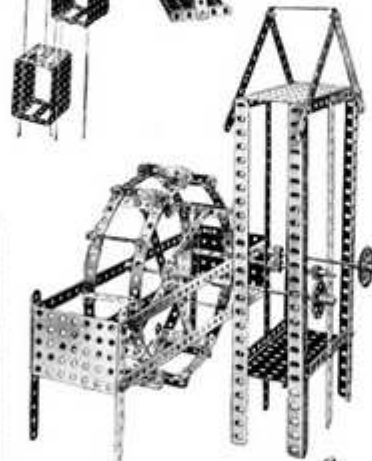
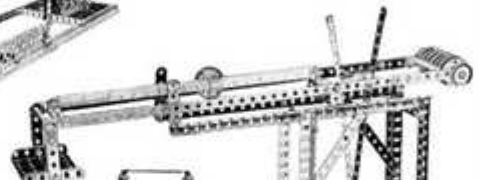
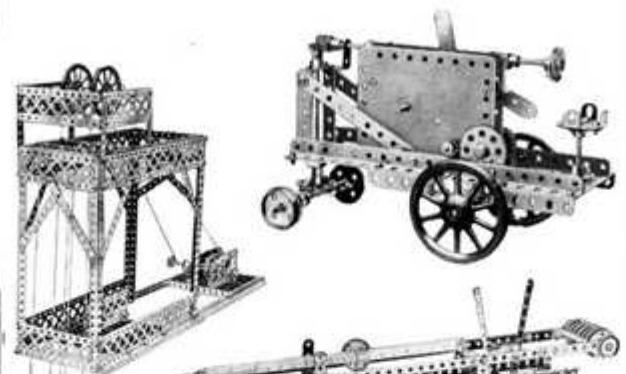
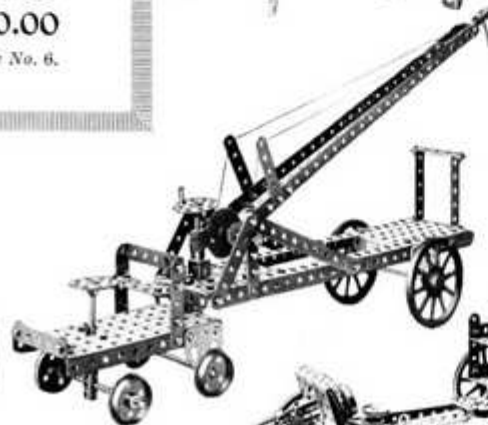
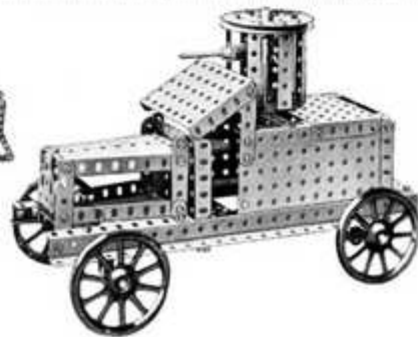
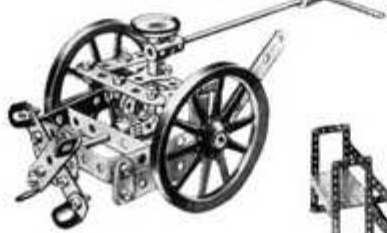
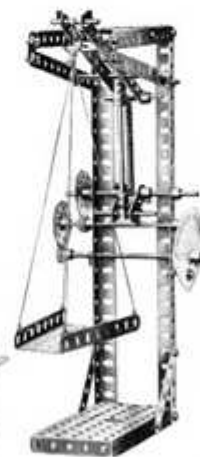
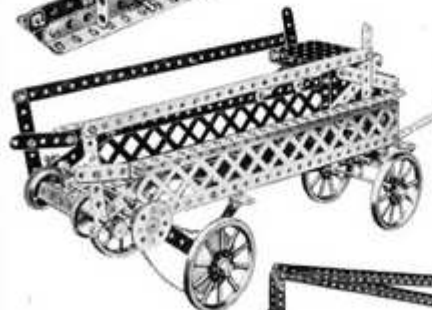
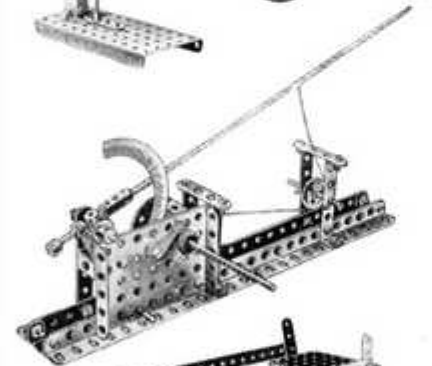
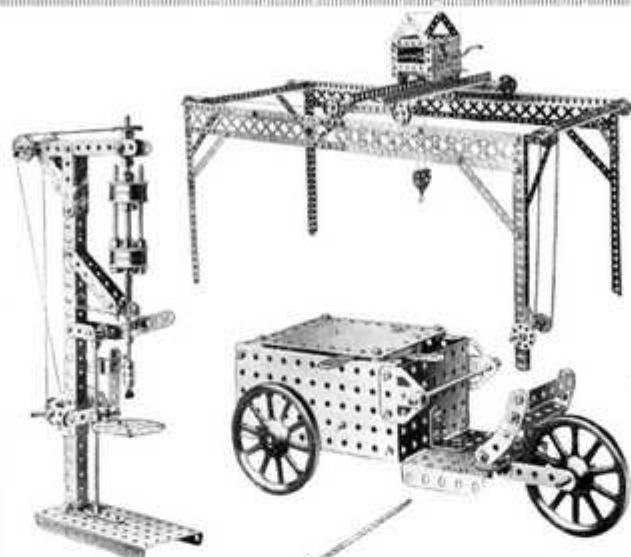
Boite No. 5

Le contenu de la boîte No. 5 est livré, soit dans une boîte en carton solide, soit dans un joli coffret en chêne. Les beaux modèles représentés sur cette page sont extraits du Manuel (compris dans la Boîte) qui donne 547 exemples de modèles qu'on peut construire.

Prix (Boîte en carton solide) Frs. 465.00

Prix (Coffret en Chêne avec serrure et clef) Frs. 600.00

La Boîte complémentaire No. 5x convertit le No. 5 en boîte No. 6.
Voir page 41.



MECCANO



Boite No. 6

Le contenu de la boîte No. 6 est livré, soit dans une boîte en carton solide, soit dans un coffret chêne. Tous les modèles des boîtes précédentes et beaucoup d'autres peuvent être construits avec cette boîte. Le Manuel, compris dans la boîte, donne la description de 594 modèles.

Prix (Boîte en carton solide) Frs. 800.00

Prix (Coffret en Chêne avec serrure et clef) Frs. 1000.00

La Boîte complémentaire No. 6a convertit le No. 6 en boîte No. 7.
Voir page 41.

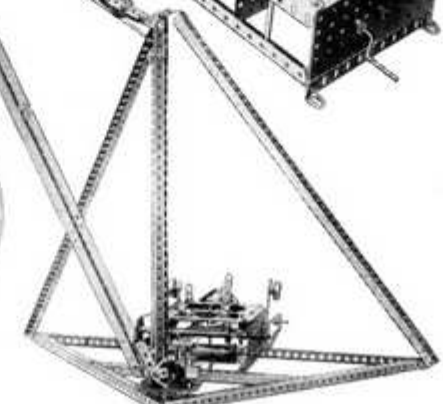
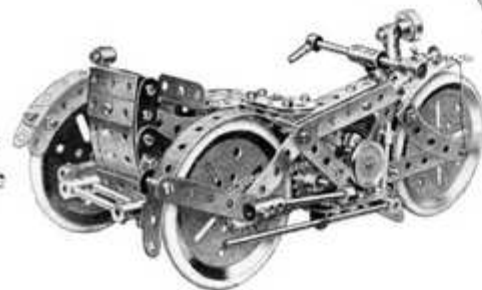
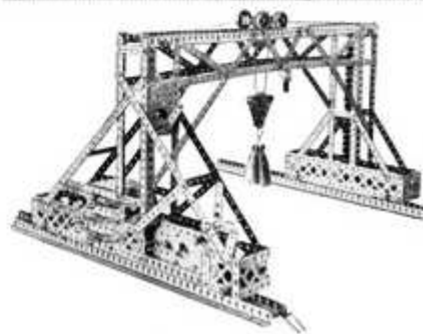
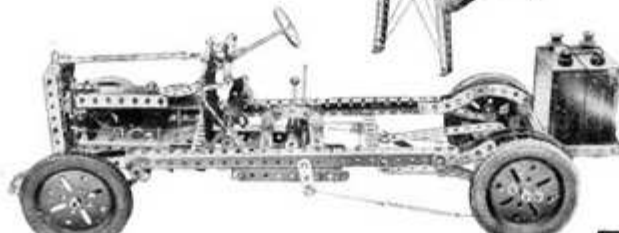
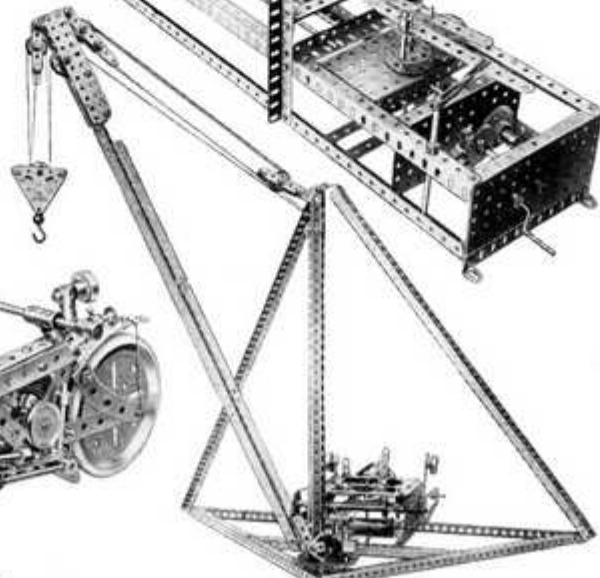
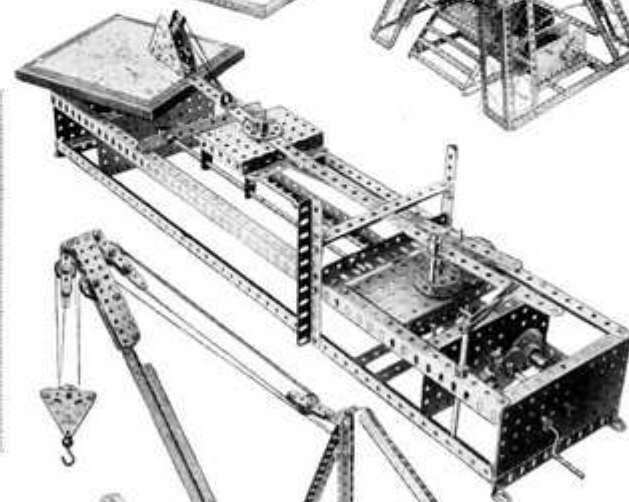
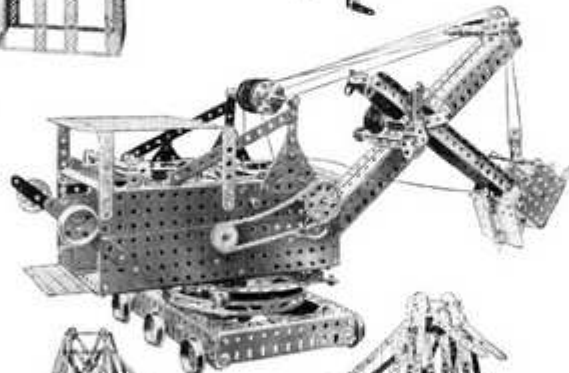
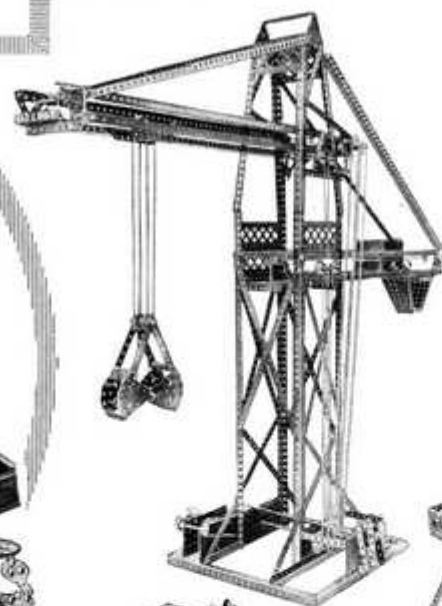
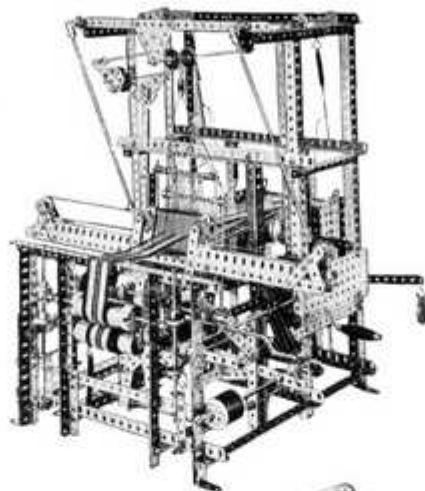
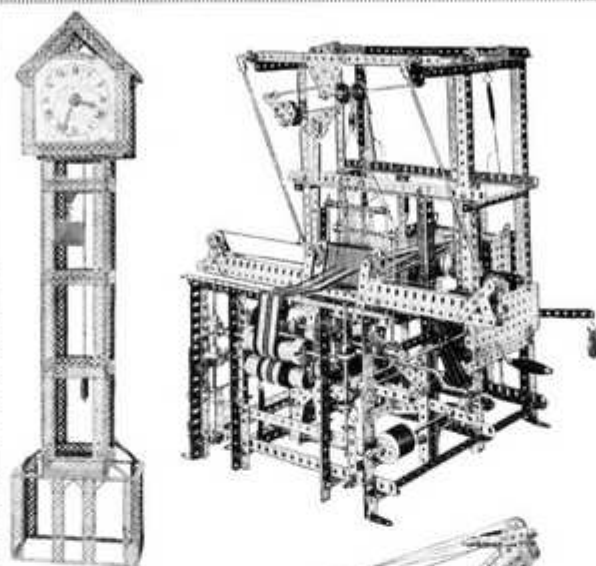
MECCANO



Boite No. 7

Cette grande Boite complète contient toutes les pièces Meccano, nécessaires pour la construction de chacun des modèles de tous les Manuels d'instructions. Quelques exemples des super-modèles Meccano qui peuvent être construits avec la boîte No. 7 sont représentés sur cette page. C'est le cadeau idéal pour un jeune garçon qui s'intéresse à la mécanique ou à l'électricité.

Prix (Dans un coffret en Chêne de qualité supérieure avec serrure et clef) ... Frs. 2400.00



NOUVEAUTES MECCANO



Boîtes Complémentaires Meccano

La gravure représente une des boîtes complémentaires Meccano. Ces boîtes servent de traits d'union entre celles allant du No. 00 au No. 7, et rendent possible au jeune Meccano qui débute par une des plus simples, de compléter, par une des plus commodes, son outillage jusqu'à acquisition intégrale de l'ensemble des pièces dont se compose le système tout entier.

Prix des Boîtes Complémentaires Meccano:

							Frs.
Le No. 00a convertit un No. 00 en	No. 0	...	...	...	...	...	10-00
" 0a	" 0	" 1	...	...	...	...	31-00
" 1a	" 1	" 2	...	...	...	...	38-00
" 2a	" 2	" 3	...	...	...	...	70-00
" 3a	" 3	" 4	...	...	...	...	160-00
" 4a	" 4	" 5	...	...	...	...	125-00
" 5a(Carton),,	" 5c	" 6 (Carton)	...	...	...	...	335-00
" 5a (Boîte) ,,	" 5b	" 6 (Boîte)	...	...	...	...	470-00
" 6a	" 6	" 7	...	...	...	...	1350-00



Boîte Inventeur

La nouvelle boîte inventeur contient un beau choix des dernières pièces détachées Meccano. Elle est destinée aux jeunes gens qui possèdent déjà un Meccano et voudraient pouvoir construire des modèles spéciaux.

Cette boîte a la même présentation que les autres boîtes Meccano et nous sommes certains qu'elle deviendra rapidement très populaire.

Frs. 125-00

Les Roulements Meccano

Les roulements servent pour l'établissement des grues, ponts tournants, etc., et généralement pour tous les modèles qui doivent pivoter. Ces pièces réduisent au minimum la friction et permettent un entraînement facile de la pièce pivotante, autour de son axe.

La boîte Inventeur contient un de ces roulements.



Roulement à Rouleaux

Ce Roulement, établi avec trois pièces Meccano, peut être utilement employé dans les modèles pivotants possédant une surface plane pour y disposer les rouleaux.

Prix des Pièces Composant les Roulements

Roulement à Rouleaux

2 No. 167A Chemin de roulement avec denture de 192 dents	Frs. 52-00	16 No.147a Boulon-pivot à 2 écrous	Frs. 12-00
1 No. 167b Anneau porteur de rouleaux pour roulement	" 17-00	2 No. 24 Roue Barillet	" 4-00
1 No. 167c Pignon d'attaque de 16 dents pour roulements à rouleaux	" 6-00	6 No. 37 Ecrous et boulons de 5 mm.	" 1-00
16 No. 20a Roue à boudin, 19 mm. de diam.	" 32-00	1 No. 18a Tringle de 38 mm.	" 0-20
		1 No. 1A Bande de 19 trous 24 cm.	" 0-70

Roulement à Billes

168a Plateau à rebords de roulement à billes	Frs. 3-00	168b Plateau à denture pour roulement à billes	Frs. 4-50
168c Anneau monté avec billes	...	Frs. 10-50	

Roulement à Billes

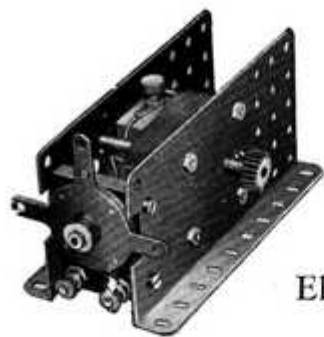
Ce dispositif est composé de trois pièces qui peuvent être achetées séparément. Il est d'une très grande utilité pour la construction de nombreux modèles, surtout dans les cas où l'espace ne permet pas l'établissement d'un Roulement à Rouleaux.



168 - Roulement à billes.

Frs. 18-00

MOTEURS MECCANO



**Moteur
Meccano
Electrique No. 1**
(4 volts)

Le moteur 4 volts est spécialement compris pour pouvoir être fixé aux modèles Meccano. Il peut être actionné à l'aide d'un accumulateur 4 volts ou du transformateur décrit ci-dessous, branché directement sur le courant de la ville. Il est muni d'un renversement de marche, de commandes d'arrêt et de démarrage.

Prix Frs. 110.00

Transformateur

Au moyen de ce transformateur, le moteur Meccano No. 1 (4 volts) peut être actionné directement par le courant de la ville. Ce transformateur est établi pour tous les voltages standardisés de 100 à 250 volts et toutes les fréquences. Bien spécifier le voltage et la fréquence sur la commande.

Prix Frs. 120.00

Accumulateur Meccano

(4 volts)

Cet excellent accumulateur a été spécialement établi pour actionner le moteur électrique Meccano No. 1, 4 volts.

Accumulateur 4 volts, 8 ampères-heures.

Prix Frs. 100.00

Contrôleur de Résistance

En employant cette résistance variable, la vitesse du moteur électrique No. 1 (4 volts) peut être réglée comme on le désire. Le contrôleur est branché en série avec le moteur et l'accumulateur ou bien avec le moteur et le transformateur, si ce dernier est employé comme générateur. Ce contrôleur de résistance ne réglera pas la vitesse d'un moteur à voltage élevé marchant avec le courant de la ville.

Prix Frs. 20.00



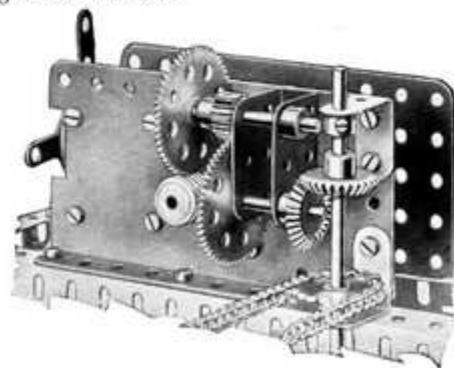
Faites Marcher vos Modèles Meccano avec un Moteur Meccano

Si vous désirez obtenir du Meccano tout l'amusement qu'il comporte, vous devez faire fonctionner vos modèles avec un moteur Meccano. Pensez à la joie que vous éprouverez en voyant votre Chargeur à Charbon, votre Pont Roulant, votre Auto, et tant d'autres modèles s'animer, sous l'impulsion de votre moteur, et se mettre en mouvement comme de véritables machines !

Les moteurs Meccano sont robustes et d'une fabrication particulièrement soignée, qui assure toute satisfaction à leurs propriétaires. Les côtés et la base en sont percés de trous équidistants, d'après le Standard Meccano, ce qui permet de fixer ces moteurs à n'importe quel modèle Meccano, dans l'exacte position nécessaire.

Différentes combinaisons d'engrenages peuvent être montées sur les moteurs, afin de réduire la vitesse des axes de commande et d'augmenter ainsi la force tangentielle. Un exemple de ce qu'il est possible de réaliser dans ce sens est montré par l'illustration ci-dessous.

Tous les moteurs sont munis d'un renversement de marche, dispositif qui permet de varier considérablement la marche des modèles et d'en augmenter l'intérêt.



Cette illustration démontre la facilité qu'il y a à monter des engrenages sur un moteur électrique Meccano. Dans ce modèle, le dernier renvoi d'engrenage ne fait qu'un tour pendant que l'induit du moteur en effectue 171.

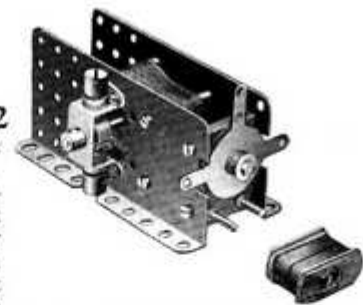
Moteur Meccano Electrique No. 2

(100-250 volts A.C. ou D.C.)

Ce moteur électrique est spécialement compris pour actionner les modèles Meccano. Il est spécialement construit pour être branché sur le courant de la ville, de 100-120 (ou de 200-250 volts (alternatif ou continu) ; il est muni d'une prise de courant remise aux fiches du moteur. Une résistance convenable est nécessaire lorsque le moteur est actionné par un courant de 200-250 volts ; on obtient cette résistance en mettant une lampe de 600 watts en série avec le moteur. Prix Frs. 150.00

Une planchette sur laquelle sont montés une douille de lampe et un interrupteur peut être livrée séparément.

Planchette (avec douille de lampe et interrupteur) Prix Frs. 20.00



Rhéostat Meccano

(pour moteur de 110 volts)

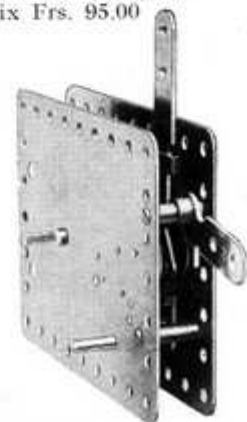
Ce rhéostat est destiné à régler la vitesse du moteur Meccano No. 2 ou le Train Métro de haut voltage. Il peut être relié au courant électrique de la ville au moyen d'une douille et utilisé avec un courant de 100 à 250 volts, soit alternatif, soit continu. Une lampe de 60 watts (non comprise) est nécessaire pour le fonctionnement du rhéostat.

Prix Frs. 95.00



Moteur a Ressort

C'est un splendide moteur pour actionner les Modèles Meccano. Il est muni de leviers de démarrage, d'arrêt et de renversement de marche et tous ses mouvements sont expliqués en détails dans la feuille d'instructions qui l'accompagne. Prix Frs. 50.00.



MANUELS, BURETTES, EMAIL ETC. MECCANO



Les Manuels d'Instructions Meccano

Les Manuels Meccano sont tous merveilleusement édités et ornés de belles illustrations. Tout jeune Meccano devrait posséder un exemplaire de chacun des manuels du 00-3 au 4-7, contenant 626 modèles, ainsi qu'un exemplaire du Manuel des Mécanismes Standard, reproduisant un beau choix de véritables mécanismes employés dans le Génie Civil, et qui peuvent être montés en pièces Meccano.

Les Manuels d'instructions peuvent être achetés séparément ou en un seul volume, joliment relié, en toile anglaise, avec fers dorés.

Les prix de la série complète des Manuels Meccano sont les suivants :—

Manuel d'instructions No. 0	...	...	...	...	Prix Frs.	2-00	Manuel des Mécanismes Standard	...	...	...	...	Prix Frs.	7-50
" " No. 00-3	...	...	...	...	"	10-00	Manuel Complet d'instruction relié	...	...	...	...	"	32-50
" " No. 4-7	...	...	...	...	"	10-00							



Burette a Huile (Type "K")

Cette Burette en Miniature fonctionne parfaitement. L'huile est exprimée goutte à goutte par une pression sur le piston. Prix Frs. 20-00



Aventures au Pays Meccano

Voici un livre qui vous amusera ! Les merveilleuses aventures de Bob vous ouvriront un nouveau monde, dont vous ne faites encore que soupçonner l'existence, mais lisez-le vous-même !

Prix Fr. 1-00



Livre de Nouveaux Modèles

Aucun jeune Meccano ne saurait se passer de ce nouveau livre indispensable. Il contient des illustrations et la description des modèles primés à nos concours, et des mécanismes et idées de l'année.

Prix Frs. 3-50

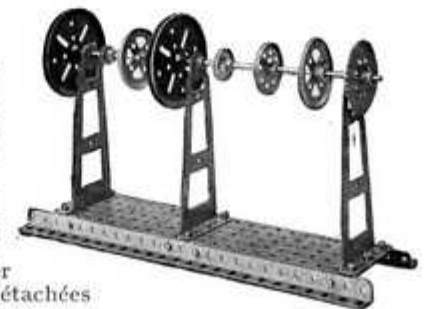
Email Meccano

L'email Meccano a été établi pour permettre aux constructeurs de modèles de convertir leurs pièces détachées nickelées en pièces de couleur et de retoucher ces derniers s'il y a lieu. Il est livré en rouge et en vert, chaque couleur étant identique à l'email utilisé dans les Usines Meccano pour la peinture des pièces à l'aérographe. Prix du port Frs. 4-50



Transmission sur Palier

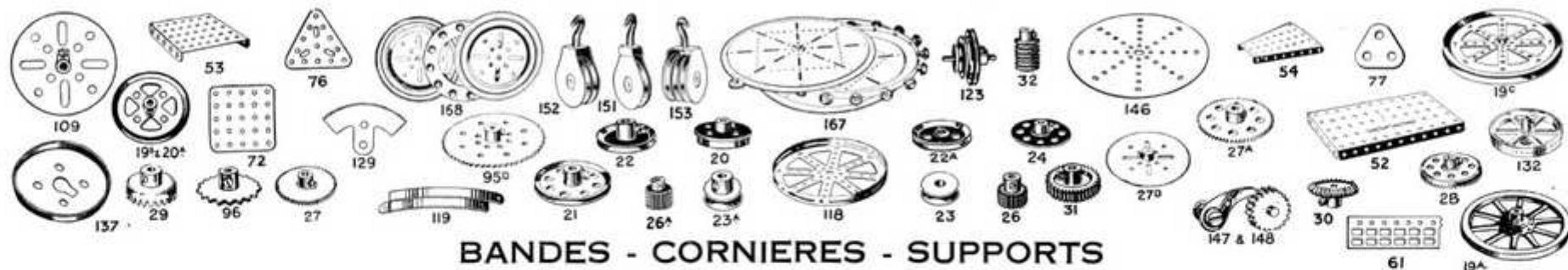
Accessoire réaliste, solidement construit suivant le principe Meccano et pourvu de perforations équidistantes. La gravure montre un jeu de transmission établi moyennant le palier grand et des pièces détachées Meccano.



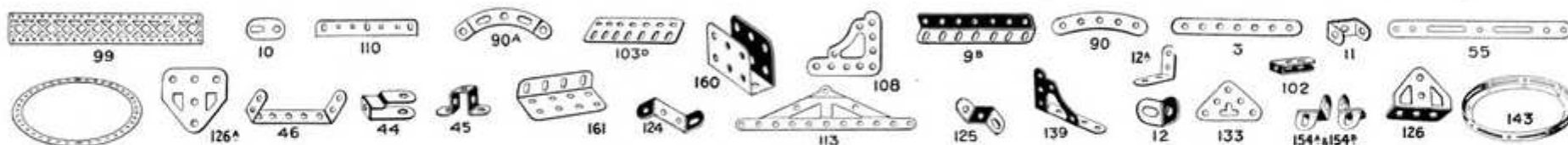
Palier seul, grand Frs. 3-00
" " petit " 2-00

PIÈCES DÉTACHÉES MECCANO

ROUES - ENGRENAGES - ETC.



BANDES - CORNIÈRES - SUPPORTS



No.	Description	Quantité	Unité	Prix
1.	Bandes Perforées, 32 cm.	1/2 douz.		5-40
1a.	"	24		4-20
1b.	"	19		3-60
2.	"	14		2-70
2a.	"	11 1/2		2-45
3.	"	9		2-19
4.	"	7 1/2		1-80
5.	"	6		1-50
6.	"	5		1-50
6a.	"	38 mm.		1-20
7.	Cornières, 62 cm.		pièce	4-00
7a.	"	47		3-00
8.	"	32		1/2 douz. 10-50
8a.	"	24		8-40
8b.	"	19		6-90
9.	"	14		5-40
9a.	"	11 1/2		4-80
9b.	"	9		4-20
9c.	"	7 1/2		3-60
9d.	"	6		3-30
9e.	"	5		3-00
9f.	"	38 mm.		2-70
*10.	Supports plats			0-90
*11.	" doubles		pièce	0-50
*12.	Equerres, 12 x 12 mm.		douz.	1-50
*12a.	" 25 x 25		1/2 douz.	2-10
*12b.	" 25 x 12			1-80
13.	Tringles, 29 cm.		pièce	1-00
13a.	"	20		0-75
14.	"	16 1/2		0-60
15.	"	13		0-50
15a.	"	11 1/2		0-45
16.	"	9		0-40

No.	Description	Quantité	Unité	Prix
16a.	Tringles, 6 cm.		pièce	0-30
16b.	"	7 1/2		0-35
17.	"	5		0-25
18a.	"	38 mm.		0-20
18b.	"	25		0-15
19.	Manivelle à main (grande)			1-20
19a.	" (petite)			1-00
19a.	Roue de 75 mm. avec vis d'arrêt			3-50
20.	" à boudin de 28 mm. de diam.			2-50
20b.	"	19		2-00
19b.	Poulie de 75 mm. avec vis d'arrêt			4-00
19c.	"	15 cm.		12-00
20a.	"	5		2-50
21.	"	38 mm.		2-00
22.	"	25		1-50
22a.	"	25	sans	1-00
23.	"	12		0-75
23a.	"	12	avec	1-50
24.	Roue barillet			2-00
25.	Pignon de 19 mm.			3-00
25a.	"	19	double long	4-00
26.	"	12		2-00
26a.	"	12	double long	3-00
27.	Roue de 50 dents			3-00
27a.	"	57		3-90
27b.	"	133	9 cm. dia.	7-50
28.	"	19	champ de 38 mm.	4-00
29.	"	19		3-00
30.	Engrenage conique, 26 dents, 22 mm.			4-50
30a.	"	16 dents, 12 mm.	ne peuvent pas être employés	3-00
30c.	Engrenage conique 48 dents, 38 mm. } séparément			9-00

No.	Description	Quantité	Unité	Prix
31.	Roue de 38 dents, 25 mm.		pièce	6-00
32.	Vis sans fin			2-50
*34.	Clef anglaise			1-00
*34b.	"			1-50
35.	Clavettes		douz.	1-80
*36.	Tournevis (longueur spéciale)		pièce	1-50
*36a.	"			3-00
37.	Ecrous et boulons, 5 mm.		douz.	2-00
37a.	" seuls			1-00
37b.	Boulons seuls, 5 mm.			1-00
*38.	Rondelles métalliques			0-50
40.	Echeveau de corde		pièce	0-65
41.	Pales d'hélice		paire	2-00
43.	Ressort		pièce	1-00
*44.	Bande à simple courbure			0-50
45.	" double			0-50
46.	Bandes courbées, 60 x 25 mm.	1/2 douz.		3-00
47.	"	60 x 38		4-50
47a.	"	75 x 38		5-00
48.	"	38 x 12		2-00
48a.	"	60 x 12		2-70
48b.	"	90 x 12		3-30
48c.	"	115 x 12		3-90
48d.	"	140 x 12		4-50
50.	Pièce à coillet		pièce	0-60
50a.	" avec vis d'arrêt			1-50
52.	Plaque à rebords de 14 x 6 cm.			2-50
52a.	" sans rebords de 14 x 9 cm.			2-00
53.	" à rebords de 9 x 6 cm.			1-75
53a.	" sans rebords de 11 1/2 x 6 cm.			1-50
54.	" secteur à rebords			1-50
55.	Bande-glissière de 14 cm.			1-00

No.	Description	Quantité	Unité	Prix
55a.	Bande-glissière de 5 cm.		pièce	0-50
56.	Manuel d'Instructions No. 4-7			10-00
56a.	" " " " No. 00-3			10-00
56b.	" " " " No. 0			2-00
56c.	" " Mécanismes Standard			7-00
56d.	Livre des nouveaux modèles			3-00
57.	Crochet			0-50
57a.	" scientifique			0-50
57b.	" chargé			2-30
58.	Corde élastique			4-40
59.	Collier avec vis d'arrêt			1-00
61.	Aile de moulin			0-75
62.	Manivelle			1-50
62a.	" avec trou fileté			2-50
62b.	" à deux bras			1-50
63.	Accouplement			3-00
63a.	" octogonal			3-50
63b.	" pour bandes fileté			3-50
63c.	" fileté			3-00
64.	Raccord fileté			1-00
65.	Fourchette de centrage			0-75
66.	Poids de 50 grammes			5-00
67.	" 25			5-00
68.	Vis à bois, 12 mm.		douz.	1-00
69.	" d'arrêt			1-50
69a.	Chevilles taraudées, 4 mm.			2-00
69b.	" 5			2-50
70.	Plaque de 14 x 6 cm.		pièce	1-70
72.	" 6 x 6			1-00
76.	" triangulaire 6 cm.			0-80
77.	" 25 mm.			0-50
78.	Tiges filetées 29 cm.			3-00
79.	" 20			2-25

IMPORTANT.—Suivant le choix du client il lui sera envoyé des pièces nickelées ou en couleurs.
*Ces pièces ne sont fournies que nickelées.