

BIBLIOTHÈQUE DE LA NATURE

LES TRAVAUX PUBLICS AU XIX^e SIÈCLE

LES NOUVELLES
ROUTES DU GLOBE

PAR

MAXIME HÉLÈNE

DIRECTEUR DE LA SOCIÉTÉ CONTINENTALE DE GLYCÉRINES ET DYNAMITES
EX-SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'ENTREPRISE DE PERCEMENT DU GRAND TUNNEL DU SAINT-GOTHARD

AVEC UNE LETTRE DE

M. FERDINAND DE LESSEPS

CANAUX ISTHMIQUES ET ROUTES SOUTERRAINES

SUEZ, PANAMA, CORINTHE, MALACCA, SAINT-GOTHARD, MONT-CENIS, ARLBERG
SIMPLON, MONT-BLANC, PYRÉNÉES

LE TUNNEL SOUS-MARIN DU PAS-DE-CALAIS

LE CANAL MARITIME DE GABÈS (MER D'ALGÉRIE). — LES ROUTES DE LA PENSÉE

Avec 92 gravures

dont quatre planches hors texte

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, en face de l'École de Médecine



La statue de Christophe Colomb, à Coloir-Aspinwall (Isthme de Panama).



BIBLIOTHÈQUE DE LA NATURE

LES TRAVAUX PUBLICS AU XIX^e SIÈCLE

LES NOUVELLES
ROUTES DU GLOBE

PAR

MAXIME HÉLÈNE

DIRECTEUR DE LA SOCIÉTÉ CONTINENTALE DE GLYCÉRINES ET DYNAMITES
EX-SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'ENTREPRISE DE PERCEMENT DU GRAND TUNNEL DU SAINT-GOTHARD

AVEC UNE LETTRE DE

M. FERDINAND DE LESSEPS

CANAUx ISTHMIQUES ET ROUTES SOUTERRAINES

SUEZ, PANAMA, CORINTHE, MALACCA, SAINT-GOTHARD, MONT-CENIS, ARLBERG
SIMPLON, MONT-BLANC, PYRÉNÉES

LE TUNNEL SOUS-MARIN DU PAS-DE-CALAIS

LE CANAL MARITIME DE GABÈS (MER D'ALGÉRIE). — LES ROUTES DE LA PENSÉE

Avec 92 gravures

dont quatre planches hors texte

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, en face de l'École de Médecine



A

FERDINAND DE LESSEPS

CRÉATEUR DES
NOUVELLES ROUTES DU GLOBE
PAR
SUEZ ET PANAMA
CONTINUEUR
DE L'ŒUVRE IMMORTELLE
DES NAVIGATEURS DES XV^e ET XVI^e SIÈCLES
COLOMB — GAMA — MAGELLAN
QUI TRACÈRENT LES
ROUTES NATURELLES DU MONDE
PAR LES CAPS ET LES DÉTROITS

Je dédie respectueusement ces pages.

MAXIME HÉLÈNE (MAXIME VUILLAUME).

LETTRE DE M. FERDINAND DE LESSEPS A M. MAXIME HÉLÈNE

Paris, le 6 novembre 1882.

MONSIEUR,

J'accepte la dédicace de votre livre. L'idée que vous avez eue de réunir, pour en former un unique recueil, une série de monographies sur les « Nouvelles routes du globe » est une excellente idée, et bien consolante.

Toutes ces entreprises d'intérêt universel, — les unes exécutées, les autres en cours d'exécution ou projetées, — ont un but identique : le rapprochement des peuples et par conséquent l'avènement d'une ère où les hommes, se connaissant, cesseront enfin de se combattre.

Je vous félicite d'avoir compris dans ces « Nouvelles routes, » — avec les canaux maritimes de Suez, de Panama, de Corinthe et de Malacca, avec les tunnels du Saint-Gothard, du Mont-Cenis, de l'Arlberg, du Simplon, du Mont-Blanc et des Pyrénées, — le Tunnel sous-marin du Pas-de-Calais et la Mer intérieure d'Afrique, que vous considérez comme inévitables, c'est-à-dire comme faits, malgré les appréhensions au moins singulières qui se sont manifestées à l'occasion de ces deux derniers projets.

Je pense qu'il faut se hâter, Monsieur, de remplir la Mer intérieure d'Afrique et de percer le tunnel Franco-Anglais, si nous ne voulons pas léguer au siècle prochain, avec la gloire d'achever ces œuvres nécessaires, le droit de s'étonner de nos hésitations et peut-être de nos préjugés.

FERDINAND DE LESSEPS.

CHAPITRE PREMIER

ROUTES ANCIENNES ET ROUTES NOUVELLES

§ 1. — Routes naturelles et routes artificielles. — Le cap de Bonne-Espérance et le canal de Suez. — Le cap Horn et le canal de Panama.

L'histoire des « routes du globe » ou, pour parler plus exactement, celle des variations survenues dans leurs tracés, depuis les temps les plus reculés de la vie commerciale jusqu'à nos jours, est un des chapitres les plus curieux de l'étude de la civilisation générale elle-même. A peine les glorieuses découvertes de Gama et de Magellan ont-elles ouvert aux navigateurs les routes du cap de Bonne-Espérance et du cap Horn, que les chemins anciens sont brusquement délaissés, et, en même temps qu'eux, les cités puissantes qui voyaient affluer dans leurs murs les richesses du monde asiatique. La fin du quinzième siècle marque la décadence de la Méditerranée et inaugure le grand mouvement qui va désormais sillonner les Océans nouveaux. Le curieux développement imprimé, dans ces vingt dernières années, aux grands travaux publics, devait venir à son tour contrebalancer, après plus de trois siècles de victoire, l'influence des routes « naturelles » par celle des chemins « artificiels » créés par la main des hommes, remplaçant le cap de Bonne-Espérance par le détroit de Suez, le cap Horn par le détroit de Panama.

Cette révolution colossale accomplie dans la navigation par la création des nouvelles routes maritimes, l'établissement des voies ferrées internationales devait la compléter par le creusement des grands tunnels qui traversent aujourd'hui de part en part les obstacles, jadis infranchissables, des hautes chaînes de montagnes. Canaux maritimes, tels que ceux de Suez ou de Panama, et ceux moins importants de Corinthe et de Malacca ;

souterrains tels que le Mont-Cenis et le Saint-Gothard — véritables détroits artificiels, trouées gigantesques, dont l'antiquité eût attribué tout l'honneur au poignet du divin Hercule — ont eu ou auront, sur le développement général des échanges et sur l'accroissement de la civilisation, une influence dont notre siècle ne reconnaît peut-être point assez la grandeur. On l'a répété souvent : l'établissement des voies ferrées, et en général de toute voie de communication, est l'élément civilisateur par excellence ; il rapproche les peuples voisins, permet les rapides échanges, — échanges matériels ou ceux plus profitables encore de la pensée, — il active la fusion des races, aplanit le monde. Le bien-être général a atteint de nos jours un tel degré d'expansion, que nous devenons de moins en moins aptes à discerner ces progrès ; une courte incursion dans le domaine de l'histoire va nous montrer, mieux encore que ne le feraient des exemples récents, la puissante influence qu'a exercée sur la civilisation la découverte ou plutôt la création des « nouvelles routes du globe ».

Reportons-nous à moins de quatre cents ans en arrière, à la fin du quinzième siècle. Les Médicis règnent à Florence ; quelques années encore, et François I^{er} va continuer en France la glorieuse campagne artistique que les grands Florentins ont entreprise et dont l'Italie actuelle garde les merveilleux vestiges. Nous sommes donc en pleine époque moderne ; il nous semble que ces temps sont les nôtres, et que quelques années nous séparent à peine de l'époque où Michel-Ange sculptait ses œuvres immortelles. Venise et Gênes, et avec elles la Méditerranée, sont à l'apogée de leur splendeur. Sur la péninsule italienne viennent converger les deux seules routes par lesquelles arrivent les mille produits de l'Orient : les étoffes de soie, si merveilleuses qu'elles se vendent au poids de l'or, les pierres précieuses, les épices, les parfums et les perles. Tout le trafic avec ce pays, qui n'est guère connu, à cette époque lointaine, que par les récits de Marco Polo, se fait ou par voie de terre, de l'intérieur de l'Asie à la mer Noire, à travers de mystérieuses contrées, — ou par voie de mer, de l'Inde à la mer Rouge, et de là par le Nil et la Méditerranée. Le monde connu se réduit encore au grand « cercle de terre » dont la Méditerranée occupe le milieu. Au delà de ce cercle, l'imagination populaire et celle des navigateurs placent une mer ténébreuse, pleine de tempêtes, bordant la région terrible de l'enfer chrétien. C'est cependant le siècle où Colomb rêve une voie nouvelle pour se rendre directement aux Indes ; où Gama, poursuivant l'œuvre de Barthélémy Diaz, songe à doubler le vaste continent

africain ; où Magellan va contourner le Nouveau Monde et, le premier, entrer triomphalement dans la majestueuse étendue du Pacifique. Ces trois victoires maritimes, qui devaient résoudre d'une façon définitive le problème de la forme et de l'étendue du globe, eurent pour contre-coup immédiat de déplacer entièrement le centre autour duquel avait évolué jusqu'à ce jour la richesse générale, désormais ravie à la Méditerranée, pour accaparer le vaste domaine de l'Océan. Gênes et Venise vont renoncer pour de longues années au sceptre mondial qu'elles croyaient conserver à jamais dans leurs mains.

Voilà ce qu'ont fait les découvertes des routes naturelles ; en même temps qu'elles élargissaient le monde et multipliaient son empire, elles bouleversaient de fond en comble le vieux continent, ruinaient ses cités les plus célèbres, fermant les antiques chemins qui leur avaient jusque-là assuré la prépondérance et la gloire ; faisaient surgir de leur longue obscurité des peuples nouveaux, qui bientôt céderont eux-mêmes la place à des vainqueurs inconnus. Comme nous le verrons par la suite, l'influence des routes artificielles, de ces gigantesques travaux publics dont l'achèvement sera la gloire du dix-neuvième siècle, canaux de Suez et de Panama, routes souterraines des Alpes, est parfaitement comparable à celle qu'avaient exercée jusqu'à ce jour les passages naturels de Gama et de Magellan. L'ouverture du canal de Suez est-elle autre chose que la découverte d'un détroit nouveau, ou, si l'on veut, la reconstitution d'un détroit antique lentement comblé par les soulèvements géologiques ! Certes, nous ne retrouverons pas, sur la lande de l'isthme attaqué par les travailleurs, cette poésie brillante du premier voyage de circumnavigation africaine, qu'ont célébré « les Lusiades » ; mais le résultat acquis n'en est pas moins considérable pour cela. Nos passages maritimes modernes, établis par la main des hommes, ont édifié une géographie nouvelle ; ils ont, en unissant les Océans, séparé des mondes soudés de toute éternité, mis le sceau à l'œuvre inachevée de la Création.

§ 2. — Les routes de l'Orient jusqu'au seizième siècle. — La royauté méditerranéenne. — Venise maîtresse du monde.

Longtemps, les produits précieux de l'Orient eurent une origine mystérieuse. D'où venaient ces soies chatoyantes, réservées aux

orgueilleuses patriciennes, ces épices recherchées, accompagnement envié des célèbres orgies romaines ? On raconte que Rome, cernée par les Barbares et espérant les détourner du pillage, fournit à leur chef Alaric quatre mille robes de soie et trois mille onces de poivre. Pauvre rançon, si nous la comparons aux fameuses dettes de guerre exigées de nos jours — d'une incalculable richesse, lorsque soies et épices venaient des régions inconnues du soleil levant. Il suffit de jeter un regard sur la carte du double continent européen et asiatique, pour se rendre compte des mille difficultés qu'entraînait après lui un commerce d'échanges, alors que les vallées naturelles, les cours souvent torrentueux des fleuves, les hautes chaînes de montagnes, les mers mal explorées, servaient de routes longues et périlleuses aux caravanes ou aux flottes insuffisamment équipées. Par combien de transbordements devaient passer ces marchandises avant d'arriver saines et sauves à leur destination ! Leur valeur en était plus que décuplée ; parfois même, grâce aux droits exorbitants prélevés dans les pays de transit, par le sultan du Soudan entre autres, ce qui valait un ducat sur les places de l'Inde en coûtait cent à Venise, et plus encore dans les pays que fournissaient les puissants comptoirs méditerranéens.

La grande route commerciale terrestre suivie sous l'empire romain remontait le Gange ou l'Indus, rejoignant leurs vallées au Thibet, et ensuite l'Oxus, aujourd'hui tributaire du lac d'Aral, jadis de la mer Caspienne. De la Caspienne à la mer Noire, les caravanes suivaient les vallées du Phase et du Kour, se soudant presque à mi-chemin des deux mers. Le Danube traçait ensuite la route de l'Occident. Bactra, capitale de la Bactriane, était alors le marché central ; dans ses docks immenses venaient se déverser les marchandises de l'Europe, de la Chine, de l'Inde, les incomparables richesses de l'Asie orientale. De Bactra, rayonnaient les routes qui aboutissaient aux rivages occidentaux. L'une, par l'Oxus, la mer Caspienne et le Pont-Euxin, allait trouver les navigateurs grecs venus de Corinthe, d'Athènes ou de Byzance ; l'autre se dirigeait sur les riches contrées de la Mésopotamie, de la Syrie, de l'Asie Mineure, en passant par Antioche et Ecbatane, Babylone, Damas, Palmyre « la reine des déserts », s'approvisionnaient ainsi des richesses asiatiques dont elles utilisaient les splendeurs. Les villes d'Occident n'étaient alors qu'un bien pâle reflet de ces merveilleuses et incomparables cités antiques, berceau de notre civilisation, dont les ruines grandioses éveillent encore en nous

d'inoubliables souvenirs. De Babylone, les caravanes rejoignaient la côte de Syrie jusqu'à Beryte, aujourd'hui Beyrouth.

L'empire romain établit également les voies maritimes qui seront fréquentées jusqu'à Gama, et qui, par un curieux retour du passé, devaient, après un abandon de quatre siècles, être reconstituées par l'ouverture du canal de Suez. D'Alexandrie, les navires chargés de vins d'Italie, de métaux, d'armes, de tissus, de vêtements occidentaux, remontaient le Nil jusqu'à Coptos, d'où elles étaient transportées par voie de terre jusqu'à Bérénice, port de la mer Erythrée ou mer Rouge. Là, les marchandises étaient embarquées et se dirigeaient, en longeant les côtes, jusqu'à la pointe méridionale de l'Inde, où elles étaient échangées contre les pierres précieuses, les épices, les soies, les esclaves. Les côtes arabiques fournissaient les parfums renommés du « pays des aromates ». Après avoir été déchargées à Bérénice, les cargaisons descendaient, au retour, le Nil de Coptos à Alexandrie, et allaient enrichir les marchés des places méditerranéennes, Ostie, Corinthe, Cadix, Marseille. Une variante de cette grande voie maritime partait du Caire pour traverser l'isthme de Suez et l'Arabie, rejoindre le golfe Persique et de là se diriger sur les places de l'Inde.

L'invasion des Barbares, la conquête arabe et celle des Mogols apportèrent peu de changements dans la direction des échanges ; jusqu'à la découverte de Gama, la grande route des Indes vers la Méditerranée est toujours la mer Rouge et les États du Soudan, soit par Suez, soit par la Mecque. Les deux places de l'Inde sont Calicut, à la pointe méridionale de la péninsule asiatique, et Cambaye, où abordera le grand navigateur portugais. En dehors de cette route maritime du Sud, notons la voie terrestre du Nord, allant en Chine, jusqu'à Pékin, par la Caspienne, le fleuve Oural, le Turkestan, exigeant pour l'aller et le retour huit à neuf mois de périlleuse traversée.

Tels étaient, à l'époque où Gama rêvait la conquête de l'Inde, la situation des routes du globe, et les rapports commerciaux entre les pays du Levant et cette « mer du milieu » dont la décadence approchait. L'Orient inconnu, Venise possédant le sceptre de la mer, une seule route apportant dans les eaux latines les richesses de tout un monde, les places du Nord tributaires des puissantes cités italiennes : la découverte du cap de Bonne-Espérance allait renverser tout cet échafaudage de gloire, anéantir en un jour l'édifice que les siècles semblaient avoir bâti d'une façon inébranlable.

§ 3. — Vasco de Gama. — La route du cap de Bonne-Espérance et la découverte du « pays des perles ».

Dès le commencement du quinzième siècle, cette côte africaine, dont l'exploration complète devait avoir d'aussi incomparables résultats, avait déjà attiré l'attention des hardis pionniers qui commencèrent l'œuvre de Gama. Le Normand Jean de Béthencourt visite, vers 1400, les Canaries, les Iles Fortunées, désormais le point de départ de tous les navigateurs. En 1445, Diaz découvre les îles du Cap-Vert, et, dans une expédition postérieure, atteint le cap des Tempêtes, le double et plante, au 33e degré de latitude, un pilier monumental, témoin de sa conquête. Le long voyage sur la côte occidentale d'Afrique, la constante inclinaison des terres et leur relèvement brusque à partir du cap, firent prévoir que la côte orientale devait présenter une configuration identique, et que, de ce côté, en naviguant vers l'Est, pouvait bien être la route nouvelle du pays des richesses mystérieuses. Le 8 juillet 1497, une petite flottille de quatre vaisseaux partait de Lisbonne à la recherche du chemin tant désiré. Vasco de Gama commandait un équipage choisi parmi ces navigateurs portugais habitués à voguer sur la mer ténébreuse, méprisant les colères de l'Océan au point de l'accuser de « trembler devant eux » lorsque, secoué par quelque commotion souterraine, il déferlait sur le rivage ses vagues tourmentées. De tels conquérants ne pouvaient se laisser vaincre par aucune des misères d'une expédition si aventureuse.

Après qu'ils se furent reposés aux îles du Cap-Vert, qu'ils eurent doublé le Cap et visité le dernier des piliers élevés par Diaz, les navigateurs entrèrent dans la région inconnue, et le 2 mars 1498, ils abordaient à Mozambique, où stationnaient des navires maures chargés d'or, d'argent, de draps, d'épices et de perles ; les pilotes de ces bâtiments affirmaient aux compagnons de Gama que « dorénavant, ils allaient trouver ces marchandises en grande quantité ». Au milieu de souffrances sans nombre, les héroïques aventuriers se dirigèrent vers l'Est, guidés par un pilote de Mélinde qui avait déjà visité la fameuse ville de Calicut, l'entrepôt méridional de la péninsule indienne, qu'ils atteignirent enfin. Le « pays des perles » était trouvé. Le 29 août, Gama rentrait à Lisbonne, rapportant à son pays le secret de la puissance de Venise. Ainsi se trouvait réalisée la prédiction du colossal fantôme qui, dans la légende des anciens navigateurs, était apparu un jour sur l'une des îles Canaries, montrant du doigt la route

vers l'Est. Bientôt l'Inde était au pouvoir des nouveaux conquérants, et le roi de Portugal se faisait appeler « souverain du commerce des Indes et de l'Éthiopie ».

Il ne suffisait pas d'avoir trouvé les Indes, et tracé une route nouvelle ; il fallait acquérir le monopole du trafic des marchandises précieuses de l'Orient, rayer de la carte du monde commercial les voies adoptées par les cités méditerranéennes. Gama soumit le sultan du Soudan, et défendit sous peine de mort tout échange avec les Vénitiens par l'Égypte. C'était la ruine de Venise. Il ne restait à la puissante cité que la longue route de terre à travers l'Asie centrale ; les Portugais entravèrent encore le commerce par cette voie, dès qu'ils eurent abordé sur la côte asiatique orientale, à Macao. La route du Cap restait maîtresse du trafic oriental. Plus de transbordements, plus de douanes à payer au sultan égyptien ; désormais, Anvers et les villes du Nord vont voir affluer dans leurs ports ces soies orientales, ces épices, ces rubis, que Venise ne leur accordait qu'à des prix fabuleux. Ce fut en vain que les marchands vénitiens envoyèrent à Lisbonne des agents chargés de se renseigner sur la route nouvelle ; la peine capitale était prononcée contre quiconque dressait une carte du monde découvert par Gama. Pendant un siècle, Lisbonne sera le grand entrepôt de l'Occident. De toute cette gloire, il ne reste aujourd'hui d'impérissable que les strophes immortelles du Camoëns.

§ 4. — Magellan. — La route du Cap Horn.

Il était réservé à Magellan de découvrir à son tour une autre voie, dont l'importance ne le cède en rien à celle du cap de Bonne-Espérance : la route de l'Amérique méridionale par le détroit qui porte le nom du célèbre navigateur. C'est toujours l'Inde, le pays de la fortune, qu'il s'agit de rejoindre. L'Amérique est déjà découverte ; une vague conception de ressemblance entre les continents africain et américain, l'idée qu'il se trouve au Sud un cap analogue à celui de Gama, et qu'en doublant ce cap, on finira par aborder aux « îles des épices » : telle est la pensée dominatrice de Magellan. Le 20 septembre 1519, la flottille qu'il commande quitte les côtes d'Espagne, et se dirige vers le Nouveau-Monde. Le 10 janvier 1520, Magellan atteint le Brésil, et le 28 novembre, il débouche dans le Pacifique. Le 16 mars suivant, il aborde aux Philippines, où il périt sous les coups des

insulaire. Ses compagnons continuèrent la route de circumnavigation, et, le 6 septembre 1522, ceux d'entre eux qui avaient été assez fortunés pour survivre aux dures privations de toute sorte de ce long voyage, rentrèrent triomphalement au port d'où ils étaient partis, trois années auparavant, à la conquête d'une mer nouvelle. Sébastiano del Cano, qui pouvait être regardé comme le dernier des chefs survivants de la courageuse expédition, reçut de Charles-Quint, outre une récompense en numéraire, des armoiries qui devaient rappeler à ses descendants l'acte héroïque du navigateur — un globe terrestre, avec la devise : *primus circumdedisti me*. L'éternelle gloire d'avoir découvert la seconde grande route de circumnavigation du monde reste malgré cela tout entière à Magellan. Avec lui, notre planète est connue dans ses dispositions principales ; aucun continent, aucune route, ne sont restés inexplorés. Ce sont ces deux passages de Gama et de Magellan qui garderont, pendant trois siècles, le monopole de la navigation et du commerce universels, jusqu'à ce que Suez et Panama viennent poser leur redoutable concurrence.

§ 5. — Cristophe Colomb. — La route des Indes et la découverte de l'Amérique.

Avant Magellan, avant Gama, un homme, dont le nom surpasse tous les autres en grandeur, avait cherché lui aussi la route des Indes, et dans sa course aventureuse et grandiose, s'était heurté à une découverte bien autrement colossale. L'Amérique lui avait subitement barré la route. En abordant à l'île San-Salvador, dans la nuit du 11 au 12 octobre 1492, Cristophe Colomb croyait toucher les rivages de la Chine. Il mourut en 1506 sans avoir reconnu son erreur. Colomb ouvrit toutefois la voie aux conquérants qui reconnurent définitivement le Nouveau-Monde, à Cortès, à Balboa, que nous trouverons en 1519, posant le premier le pied sur cette terre de l'Amérique centrale, qui devait de nos jours servir de base à l'une des œuvres les plus gigantesques qu'ait conçues la pensée humaine : l'union des deux Océans par le canal de Panama, l'achèvement de la ceinture du monde, déjà dénouée à Suez. C'est à Colomb que revient tout l'honneur de la découverte du Nouveau-Monde ; aussi est-ce sa statue qui se dresse à Aspinwal, le visage tourné vers cette rive asiatique dont il cherchait la voie, bientôt creusée à ses pieds. Comme le montre notre frontispice, le statuaire

a représenté le grand navigateur, debout dans sa longue robe, couvrant de sa protection puissante la jeune Amérique encore craintive. Le sujet est identique à celui du monument qui orne la place de la gare de Gênes, sa patrie. Près de Gênes, à Cogoleto, on montre une pauvre auberge, où, dit-on, naquit Colomb, et dont la façade porte une inscription qui rappelle la grande œuvre accomplie par le héros

Hospes, siste gradum. Fuit hic lux prima Columbo ;
Orbe viro majori heu nimis arcta domus !
Unus erat mundus. Duo sunt, ait ille. Fuere.

Colomb, Gama, Magellan, ces trois noms sont indissolublement liés à l'histoire du monde, d'une façon bien autrement solide que ceux des conquérants dont la renommée éphémère se perdra dans les mille replis de l'histoire. Bien plus profitable, bien plus grandiose est l'œuvre qu'ils ont accomplie ; la terre existe par eux, et nous leur devons de nous connaître nous-mêmes. Pendant trois siècles, le chemin qu'ils ont tracé sur l'immensité des Océans sera suivi fidèlement par les navigateurs. Grâce à eux, le mouvement maritime grandira de jour en jour ; réduit jusqu'au quinzième siècle au cabotage des côtes méditerranéennes, il va s'aventurer hardiment sur la « mer ténébreuse ». Le progrès s'accroît dans la construction même des vaisseaux. Aux caravelles de Gama, jaugeant cent à cent trente tonneaux, succèdent de véritables bâtiments de commerce ; la carène s'allonge, la voile accuse des formes plus compatibles avec la direction des vents ; l'art nautique lui-même, la mécanique maritime, prennent chaque jour un plus grand essor. Lorsqu'à ce développement toujours grandissant, viendront s'ajouter la vapeur et les voies ferrées, l'œuvre de Gama et de Magellan aura atteint son plus complet épanouissement. La grandeur même du résultat acquis va désormais conseiller l'abandon de ces routes qui auront fait la fortune de trois siècles de navigation ; on songe déjà au raccourcissement possible des voies maritimes. De cette idée naîtra le projet de percement de l'isthme de Suez, ramenant le trafic du cap de Bonne-Espérance vers l'antique chemin qu'il avait suivi jusqu'au seizième siècle.

§ 6. — Les routes artificielles. — Le nouveau tour du monde par Suez et Panama. — Les Alpes perforées.

L'ère dans laquelle nous entrons diffère essentiellement, au point de vue des moyens de réalisation mis en pratique, de celle des « routes naturelles » que nous venons d'esquisser. Plus de découvertes géographiques, plus d'expéditions lointaines à la recherche d'un chemin déjà créé : le passage n'existe pas, mais il doit, pour l'avenir des relations commerciales, être ouvert à l'endroit le plus propice. Ce sera plus qu'une découverte : une création. L'isthme de Suez est là, qui nous barre la route directe des Indes, obligeant nos vaisseaux à contourner l'énorme péninsule africaine. Que faudrait-il pour supprimer cet obstacle ? Qu'il existât à cette même place un détroit, un canal, analogue au Bosphore qui joint la mer Noire à la Méditerranée. Prodigious résultat : ce sera par milliers de lieues que nous compterons l'économie de traversée des navires se rendant des Indes aux places maritimes du monde ! La vieille route de Magellan se verra vite remplacée par l'œuvre nouvelle, coupant le globe suivant sa ligne la plus courte. Canal de Suez, détroit artificiel de Panama, seront ce que nous appelons les « nouvelles routes du globe », différant des anciennes voies en ce qu'elles sont l'œuvre du génie humain, modifiant selon ses pensées les routes tracées par la nature elle-même.

La conception des grands chemins creusés artificiellement n'est point l'apanage exclusif de notre siècle. Aussi loin que nous descendions dans l'histoire, nous retrouvons les traces indéniables des vastes projets conçus par les anciens. Avant que MM. Wyse et Reclus eussent rapporté de Panama leur projet de canal, les conquistadores espagnols, et le premier d'entre eux, Fernand Cortès, cherchant le « secret du détroit », avaient reconnu la nécessité d'une communication maritime entre les deux Océans : les deux Amériques étaient encore à peine explorées, que déjà on songeait à trancher la langue de terre qui les soudait l'une à l'autre, comme deux véritables sœurs jumelles. L'indifférence du gouvernement espagnol et plus encore l'insuffisance des connaissances techniques à cette époque, firent que le projet de Cortès, aussi bien que les études qui furent proposées dans la suite, ne reçurent même pas un commencement d'exécution.

Pendant de longues années, les métaux précieux du pays des Incas, apportés par mer du Pérou jusqu'à Panama, traversèrent l'isthme par l'étroit sentier qui aboutissait à la côte atlantique, à Porto-Bello, où ils étaient

embarqués pour Cadix. Une autre route partait de Saint-Laurent-du-Chagres, remontait le Chagres jusqu'à Cruces, au point où sera établi le colossal barrage compris dans le devis d'exécution du canal interocéanique, et descendait le versant Pacifique de l'isthme jusqu'à Panama. C'est cette dernière route que prit, en 1670, le fameux boucanier Morgan, pour aller détruire et piller la riche et populeuse cité espagnole. Plus récemment, lors de la découverte des placers californiens, nombre d'aventuriers de tous pays suivirent de nouveau la route tracée par les anciens rois d'Espagne, sur laquelle l'épaisse végétation tropicale avait repris tous ses droits. La voie ferrée Colon-Panama, terminée en 1855, a adopté cette même voie des conquistadores du seizième siècle.

Le percement de l'isthme de Corinthe, détachant de la Grèce la presqu'île du Péloponèse, ouvrant aux vaisseaux une route directe de l'Adriatique ou de la Méditerranée elle-même dans la mer qui baigne les côtes de l'Asie Mineure, sans qu'ils soient exposés à la périlleuse traversée de l'archipel grec, fut commencé par Néron ; c'est sur l'emplacement des tranchées romaines que M. le général Türr creuse le canal moderne.

Plus loin encore dans la nuit des temps, les Pharaons égyptiens ont tenté, à diverses reprises, d'établir une voie indirecte entre les deux mers. Les historiens arabes racontent que, vers 2173 av. notre ère, un roi de la XVI^e dynastie fit creuser un canal de Kolzoum au Nil. Vers 1200 av. J.-C., à l'époque de la prise de Troie, un travail identique est repris par Sésostris. Six cents ans après, 200,000 esclaves périrent dans la construction du canal de Nécros, dont Hérodote rapporte « qu'il avait quatre journées de navigation, et assez de largeur pour le passage de deux trirèmes ; il était rempli par l'eau du Nil, prise à Bubastis (Le Caire actuel). » Continué par Darius, qui l'interrompit dans la crainte d'inonder l'Égypte, il fut achevé par Ptolémée, qui y établit de fortes écluses, formées de portes que l'on enlevait l'une après l'autre. Strabon le mentionne : « Diodore dit que le deuxième Ptolémée (de 285 à 247 av. J.-C.) acheva le canal. Il pratiqua dans le lieu le plus convenable une sorte de barrière construite avec beaucoup d'art, qui s'ouvrait lorsqu'on voulait faire passer des bâtiments, et se refermait aussitôt ». Strabon ajoute que le canal mesurait environ 100 coudées de largeur, soit 150 pieds. Trajan, Hadrien, y firent travailler, et sous les Antonins, vers le milieu du VI^e siècle, il était encore navigable. Obstrué lors de la conquête des Arabes, Amrou, lieutenant d'Omar, l'amena de nouveau jusqu'au Caire, et lui donna le nom de « canal du prince des

fidèles ». Abandonné sous les califes, il fut détruit vers l'an 1380 par Al Mansour, pour affamer la Mecque. La découverte de Gama contribua à laisser dans l'oubli la route de Suez, qui ne devait véritablement être reprise que par M. de Lesseps.

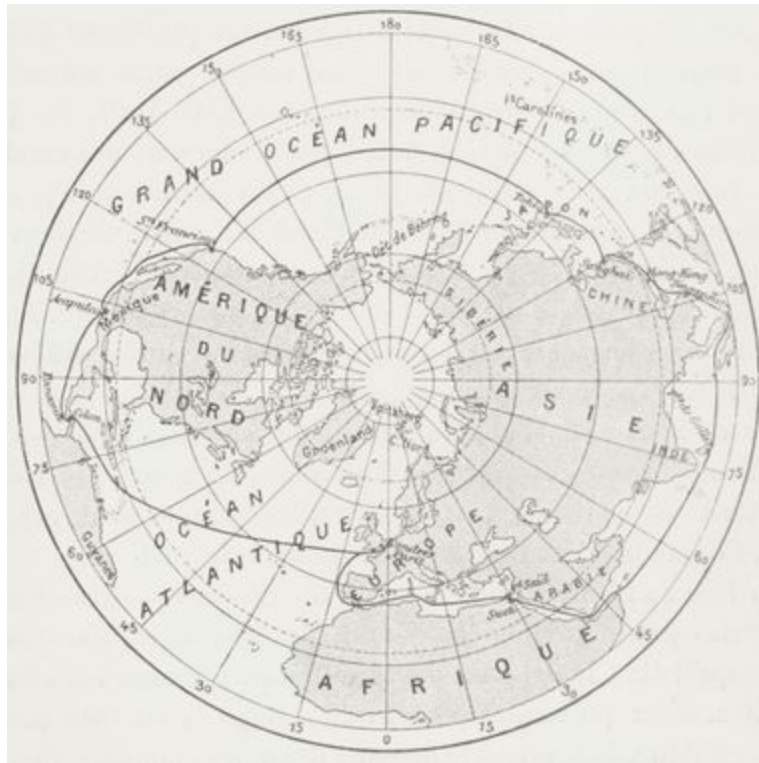
L'histoire des « routes artificielles du globe » est donc plus ancienne que celle des routes maritimes elles-mêmes. Avant Gama et Magellan, les peuples de l'antiquité avaient songé au raccourcissement des distances, base de tout mouvement commercial. Il ne faudrait toutefois pas attacher trop d'importance à ces travaux, que nous avons le droit de traiter de gigantesques au point de vue des efforts pratiques qu'ils ont nécessités, mais qui ne présentaient aucun des caractères de grandeur qui distinguent nos œuvres modernes. En creusant leur canal à travers le désert de Suez, les Égyptiens n'avaient nullement en vue le développement des relations générales, bien restreintes du reste dans ces temps où la civilisation ne rayonnait que sur une faible portion du globe ; leur seul but était de relier leurs possessions de la vallée du Nil et du Delta aux pays asiatiques. Le canal des Ptolémées n'est point à la vérité un canal maritime, comparable à ceux que nous creusons de nos jours, mais une simple communication entre le Nil et le golfe de Suez. Remarque importante, et qui pourrait même faire naître quelque doute sur l'existence d'une exploitation régulière de cette voie, il n'en est point question dans la description des routes commerciales de l'antiquité, et si l'on se reporte à l'examen que nous en avons fait antérieurement, nous ne voyons pas mentionnée la route du canal dans le chemin suivi par les caravanes pour leurs échanges entre le monde méditerranéen et les mystérieuses contrées de l'Inde. Les vestiges du vieux canal sont cependant parfaitement reconnaissables au nord-ouest de Suez, sur une vingtaine de kilomètres dans le désert.

Arrivés à ce point de notre étude des routes naturelles et des routes artificielles du globe, il nous est facile de prévoir le rôle important que vont jouer désormais ces dernières. Jetons encore une fois les yeux sur la carte du globe, ou plutôt sur le seul hémisphère nord, comprenant la plus grande partie du monde civilisé : l'Europe, l'Afrique connue, les États-Unis, les pays Asiatiques, réunis les uns aux autres par la merveilleuse ceinture de Suez et de Panama. Suivons le sillage du steamer qui, partant de Liverpool, prendra la route de Gibraltar, Suez, Ceylan, Sumatra, Shangai, le Japon, San Francisco, Panama, l'Atlantique, et enfin retournera à son point de départ, Liverpool (fig. 1). Le tour du monde sans avoir touché l'équateur ! Quelle

différence avec le voyage de circumnavigation de Magellan ! Les barrières de Suez et de Panama sont tombées ; plus de caps — cap des Tempêtes ou cap Horn — à doubler. La route précise est réduite à son parcours le plus strict, les mondes sont rapprochés, l'immensité des Océans est à jamais vaincue !

En face de l'histoire des routes naturelles et des grandes découvertes géographiques qui les ont fait connaître, nous avons pensé qu'il était intéressant d'écrire l'histoire de ces routes artificielles, assez puissantes pour avoir changé la face du monde géographique, bouleversé le système des voies commerciales, déplacé les centres de richesses et de vie intellectuelle du globe. Là, il est vrai, nous ne rencontrerons aucun de ces récits merveilleux, comme nous en ont laissé les navigateurs des quinzième et seizième siècles, aux péripéties multiples, pleines de riantes illusions ou plus souvent de sombres découragements ; pour aller à la recherche de nos nouvelles routes du globe, ce n'est plus à la mer inconstante que nous confierons nos destinées : la science sera notre seul guide et nous conduira directement au but qu'elle aura marqué d'avance. Si grandes que soient les difficultés de l'œuvre entreprise, si insurmontables qu'elles puissent paraître, le génie de l'homme saura les vaincre ; les routes que nous nous proposons de construire, de créer, seront achevées au jour fixe, et nous pouvons prédire, dès le principe de l'œuvre, l'heure à laquelle la voie nouvelle se posera en rivale victorieuse des passages séculaires de Gama et de Magellan.

Fig. 1. — Le tour du monde par Suez et Panama.



Aussi, par quelles armes invincibles ne sommes-nous point protégés ! Qu'il s'agisse du creusement d'un canal maritime, à travers le désert de Suez ou dans les régions tropicales de l'Amérique, d'une trouée de quinze kilomètres au cœur du puissant massif des Alpes, nous avons à notre disposition l'inépuisable trésor de la science moderne, inconnue des anciens. La géodésie et la météorologie vont nous renseigner tout d'abord sur le relief de l'isthme ou de la montagne, sur le régime des mers qui baignent les côtes ou des vallées qui aboutissent aux deux flancs du colosse ; les altitudes seront définies, les portes de la route nouvelle marquées avec précision. Sur la paroi grisâtre et humide du rocher, ou sur la nappe sableuse de la plage, nous pouvons déjà tracer hardiment la ligne du sillage des navires qui traverseront la route maritime, ou la place que la locomotive estompera de son panache de fumée. Par le relief de l'isthme ou par celui de la montagne, nous connaissons exactement la quantité, le cube de rocher ou de sable, de granit ou d'alluvions, qu'il faudra enlever à l'écorce terrestre pour tracer notre chemin nouveau. Plus précieuse encore, la géologie nous dira la nature intime des roches traversées, leur dureté, leur consistance, leur hygrométrie. Enlèverons-nous les sables à la pelle et à la

dragage, comme le faisaient les fellahs égyptiens, comme se creusent en ce moment les plaines marécageuses de Colon à Gatun, ou faudra-t-il, comme au Mont-Cenis et au Gothard, comme pour la gigantesque traversée de Panama, ouvrir la route nouvelle à travers une roche résistante, faire battre la perforatrice contre le massif granitique, faire « parler la poudre » ou mieux encore, la dynamite ! La mécanique enfin, cette « âme du métal » nous apportera ses combinaisons profondes, ses dragues colossales. ses excavateurs, ses compresseurs d'air, ses perforatrices, toutes les mille richesses de son domaine, qui bientôt jetteront aux quatre vents de l'horizon leur ronflement sonore, faisant trembler sur leurs assises les colosses des Alpes et des Cordillères, réveillant dans leurs sarcophages les Pharaons endormis depuis soixante siècles !

CHAPITRE II

LE CANAL MARITIME DE SUEZ

§ 1. — De la Méditerranée à la mer Rouge. — Cent soixante kilomètres dans le désert. — La première victoire de M. de Lesseps.

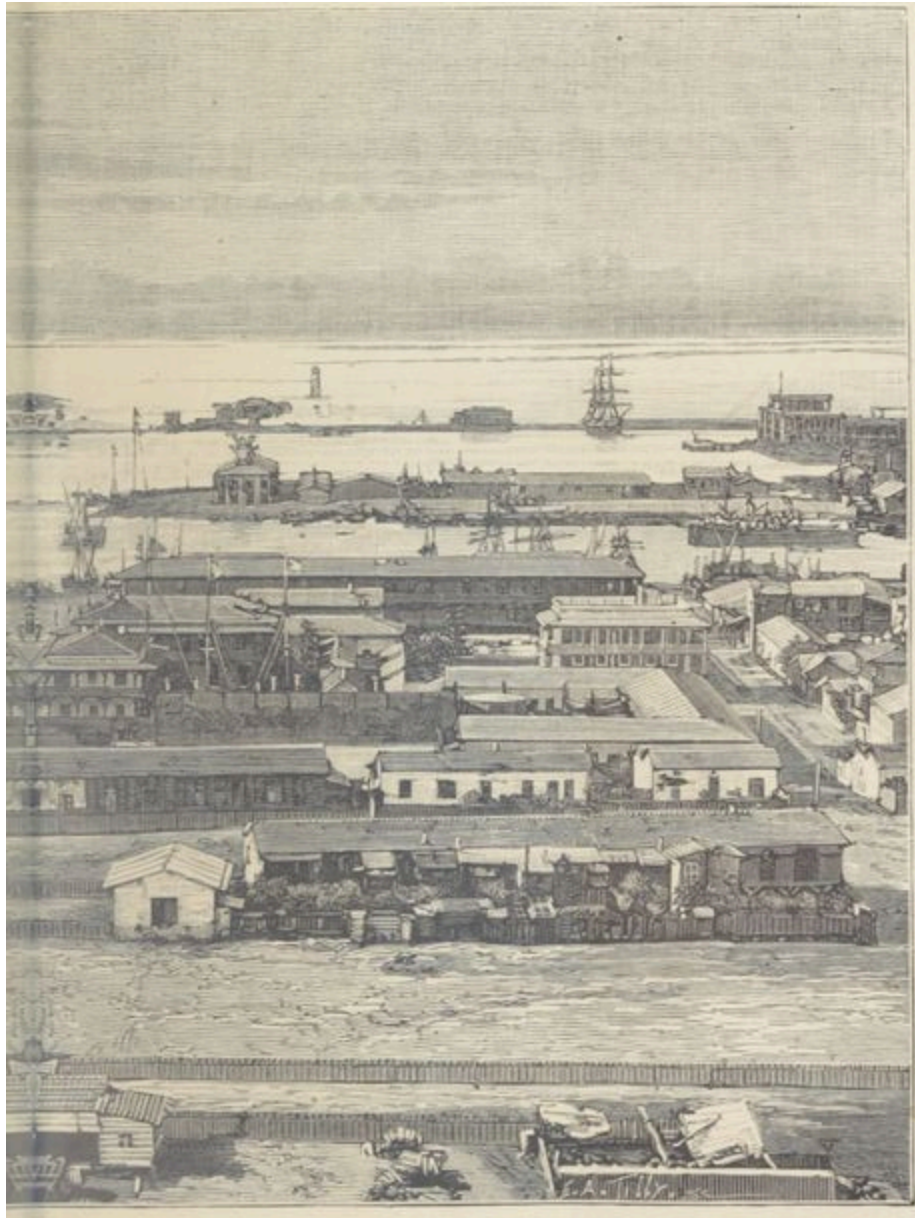
Entre la Méditerranée et la mer Rouge, fermant encore, il y a peu d'années, la route des Indes et du monde oriental aux produits des places méditerranéennes ou transatlantiques, se dresse la mince barrière de l'isthme de Suez, soudant les deux continents jumeaux, asiatique et africain. Longtemps et à maintes reprises — nous l'avons déjà signalé — le problème de la traversée de l'isthme de Suez occupa les anciens ; l'histoire des tentatives et des réalisations plus ou moins parfaites qui précédèrent l'œuvre merveilleuse de M. de Lesseps, commence aux temps les plus reculés de la vie égyptienne. Le projet ne devait toutefois, après avoir passé par mille péripéties, recevoir sa consécration complète et devenir le sujet d'études vraiment sérieuses, que lorsque la découverte du Nouveau Monde et le prodigieux développement des voies internationales eurent imposé l'établissement de routes maritimes rapides, permettant de multiplier les échanges, et par suite la richesse commerciale. Aussi avons-nous vu les peuples anciens s'occuper plus particulièrement d'unir les plaines du Delta à la mer Rouge, en vue des relations de contrée à contrée, entre l'Égypte et l'Arabie principalement, tandis que le monde moderne, élargissant la conception antique, s'évertue à créer le véritable canal, reliant la Méditerranée à l'océan Indien, ou, pour mieux dire, les océans et les mondes les uns avec les autres.

LES NOUVELLES ROUTES DU GLOBE. — PL. I.

Aspect actuel du canal maritime. (D'après une
LE CANAL MARITIME DE SUEZ.



Photographie exécutée lors du passage du Sérapis.)



L'isthme qui sépare les deux mers n'a pas plus de 113 kilomètres de largeur en ligne droite, du golfe Arabique à la Méditerranée ; l'isthme de Panama qui, dans la direction du canal interocéanique, compte seulement 73 kilomètres, est donc encore plus étroit. La différence de latitude entre Suez — $29^{\circ}58'37''$ — et l'emplacement de l'ancienne Péluse — $31^{\circ}3'37''$ — n'est que de $1^{\circ}5'$. Du Sud au Nord, sensiblement dans la direction précédente, règne une longue dépression, utilisée pour l'établissement du canal maritime ; de même, la vallée de l'Ouady, l'ancienne terre de Gessen

des Hébreux, a reçu le lit du canal d'eau douce qui alimente Ismaïlia, Suez et Port-Saïd. Le sol général de l'isthme ne présente qu'un très faible relief au-dessus du niveau de la mer ; les élévations peu nombreuses, celles d'El-Guisr, du Serapeum et de Chalouf, ne sont que des ondulations, des seuils, de 10 à 15 mètres de hauteur. Les dépressions n'offrent également qu'une importance secondaire. En réalité, le parcours du canal ne se heurte à aucun obstacle important, comparable à la traversée colossale du massif rocheux de l'isthme de Panama.

Suivons, de Port-Saïd à Suez, le tracé de l'œuvre (fig. 2). Derrière l'étroite lande de sable qui s'étend en arc de cercle de Damiette à Jaffa, sur une largeur qui ne surpasse guère 100 à 200 mètres, nous traversons les 45 kilomètres de marais auxquels on a donné le nom de lacs Menzaleh. A peine sommes-nous atterris à Kantarah, que nous rentrons dans le lac Ballah, pour nous arrêter à la première ondulation, au premier « Seuil » d'El-Guisr, point culminant de l'isthme. Derrière ce seuil, nous entrons dans le lac Timsah, dont le fond, presque toujours à sec avant l'achèvement des travaux, sauf dans les grandes crues du Nil, n'est qu'à 6 mètres au-dessous du niveau de la mer ; aujourd'hui le lac Timsah contient environ 80 millions de mètres cubes d'eau. La rive sud du lac Timsah s'appuie sur le second seuil du Sérapeum, et, après 12 kilomètres de traversée, aboutit au vaste bassin des lacs Amers. Ici le canal traverse une double cuvette elliptique, divisée en deux parties par un endiguement naturel ; le plus grand de ces deux lacs a reçu, pour son remplissage, près de un milliard et demi de mètres cubes d'eau. Après le passage des lacs Amers, le canal coupe le dernier seuil de Chalouf et se dirige vers la mer Rouge à travers la plaine de Suez.

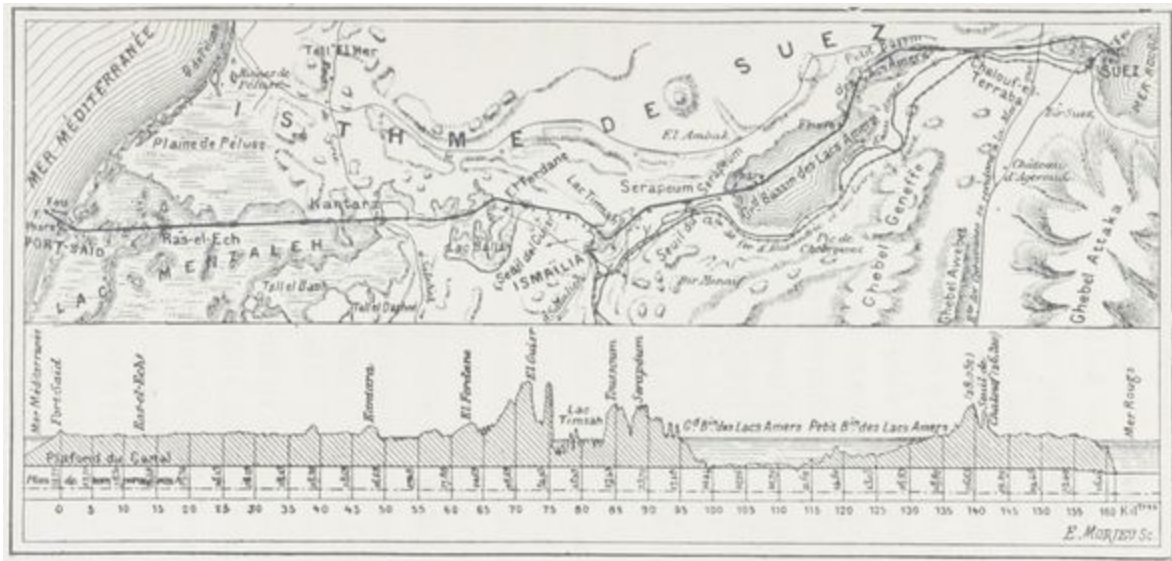
En résumé, les 160 kilomètres — exactement, 157^k,956 — qui composent le tracé du canal maritime pouvaient, au point de vue des travaux à exécuter, être partagés en trois catégories, suivant leurs altitudes. Les marais de Menzaleh et la plaine de Suez pouvaient être considérés comme au niveau de la mer, le lac Timsah et les deux lacs Amers composant la partie basse du travail, et les trois barrières d'El-Guisr, du Sérapeum et de Chalouf formant la région à ouvrir en tranchées. Le canal ayant 8 mètres de profondeur, 22 mètres de largeur au plafond et 100 mètres à la ligne d'eau, le cube total des déblais à enlever, eu égard aux circonstances énoncées plus haut, s'élevait à 74 millions de mètres cubes. Rapprochement curieux, le canal de Panama, d'une ossature toute différente, puisqu'il n'a que 73 kilomètres de longueur, et qu'il comporte le

percement de la plus colossale tranchée que nous connaissions — mesurant 15 kilomètres de longueur sur 80 mètres de hauteur, et cubant plus de 20 millions de mètres — nécessite l'enlèvement de la même quantité de déblais, 73 millions de mètres cubes. Nos lecteurs pourront comparer à ce sujet le profil du canal de Suez avec celui du canal interocéanique (Planche II).

Il suffit de jeter les yeux sur la carte topographique de l'isthme et de se remémorer ensuite les récits du désert, souvent exagérés il est vrai, mais qui ont trop frappé l'imagination populaire pour être facilement contredits, pour se faire une idée exacte de l'appréhension que suscita dans le public l'annonce de l'audacieux projet de M. de Lesseps. Établir un canal au milieu des sables, endiguer le désert, promesse tout au moins téméraire ! Avouons même que quelques-uns d'entre nous, qui ne nous expliquons guère aujourd'hui l'opposition faite au grand novateur, n'eussent peut-être pas été inaccessibles à un certain doute. Le désert n'était point le seul ennemi. La longue traversée des marais qui recouvrent l'emplacement de l'ancienne portion du Delta où se déversaient les cinq branches aujourd'hui oblitérées du Nil, parmi lesquelles la branche pélusiaque qui s'en allait jusqu'à Péluse — les lacs Menzaleh — ne devaient-ils point cacher, sous la mince couche liquide de leurs eaux, des dépôts séculaires d'une vase infranchissable ! Était-ce sur cette étroite lande sableuse, qui marque d'une façon toute géométrique la séparation entre la mer et les marais de Menzaleh, qu'il fallait songer à établir un port d'entrée du canal ! Objection suprême : le niveau respectif des deux mers était-il, comme l'annonçait M. de Lesseps, sensiblement le même, ou bien, comme l'avait affirmé la Commission d'Égypte chargée par Bonaparte d'étudier cette question, n'existait-il pas une différence notable entre les deux altitudes, présage d'une inondation diluvienne après l'ouverture du canal !

Fig. 2. — Plan et profil du canal maritime, de Port-Saïd à Suez.

(L'échelle des hauteurs est, dans le profil, d'environ 600 fois celle des longueurs.)



Ces craintes, analogues à celles que nous verrons formuler par les adversaires du percement du tunnel du Mont-Cenis, lorsque Cavour proposa la première traversée des Alpes, ne se propageaient pas seulement dans le public même ; des hommes de science éminents, des ingénieurs du plus haut mérite, s'efforçaient d'entraver l'exécution définitive de l'œuvre annoncée. Le canal même fût-il exécutable, où l'entreprise trouverait-elle les milliers de travailleurs condamnés à creuser le sable brûlant du désert, à 150 kilomètres des terres habitées, sans vivres, sans eau surtout !

M. de Lesseps réfuta victorieusement toutes les objections. Quatre années passées dans l'isthme, des observations multiples, lui permirent d'affirmer, sans réponse possible, que les sables du désert ne s'accumulent pas, suivant la croyance vulgaire, et qu'il n'y avait nullement à craindre le comblement précipité du canal. De nouvelles mensurations confirmèrent l'égalité de niveau des deux mers ; il fallait faire son deuil du déluge annoncé. Un séjour d'une année sur la plage des lacs Menzaleh démontra que l'étroite lande pouvait parfaitement offrir un sûr abri aux navires, et un emplacement où ils pussent facilement jeter l'ancre. Enfin, des sondages répétés sur tout le parcours du futur canal renseignèrent exactement, et sur l'absence des sables mobiles, et, ce qui était plus sérieux, sur la constitution des terrains de l'isthme au point de vue de la facilité des travaux.

Dix-neuf forages furent exécutés de la mer Rouge à la Méditerranée, aux points principaux du tracé qui peuvent être suivis sur notre plan, soit : la rade de Suez, le seuil qui sépare la plaine de Suez des lacs Amers, le bassin même des lacs, le seuil du Sérapeum, le lac Timsah, le seuil d'El-Guisr, et enfin le lac Menzaleh. Cette inspection minutieuse de l'isthme servit tout d'abord à montrer que le sol entier est parfaitement fixé, soit par le gravier, soit par la végétation du désert. Si, du reste, les craintes émises sur le comblement du canal eussent été justifiées, le dépôt séculaire des sables mobiles eût-il laissé subsister les dépressions à sec des lacs Amers et du lac Timsah ? Ne nous arrêtons donc plus aux objections intéressées de la première heure — qui n'ont pour nous qu'un intérêt historique, mais qu'il était bon toutefois de rappeler, parce qu'elles se renouvellent à chaque annonce d'un travail nouveau — et suivons le profil géologique de l'isthme, tel qu'il a été dressé d'après les observations superficielles et les sondages.

Sur toute la longueur du lac Menzaleh, le canal traverse des sables fins, plus ou moins vaseux, des argiles assez compactes, des bancs minces de sables agglomérés, médiocrement durs, des vases de consistance variable. De Kantarah aux lacs Amers, sur 55 kilomètres environ, le sol de l'isthme est composé presque entièrement de sable fin, parfois légèrement aggloméré, dans lequel se rencontrent çà et là quelques couches d'argile, quelques bancs de calcaire et de gypse plus ou moins dur, d'une faible épaisseur. En se rapprochant des lacs Amers, le terrain devient argileux, et une argile gypseuse forme le fond de la plus petite cuvette sud. Jusqu'à Suez, le même terrain se présente, avec quelques alternances de sable. La constitution géologique de l'isthme ne comprend donc que des sables et des argiles, suffisamment compactes et pouvant être extraites à la drague. Seule, entre les lacs Amers et la plaine de Suez, la tranchée de Chalouf mit à nu, à 3 mètres au-dessous du niveau de la mer, une lentille de roche dure, de 20,000 mètres cubes, qu'il fallut détruire à la mine, travail facile en réalité, et qui ne saurait nous arrêter, aujourd'hui que, grâce à la dynamite, les sautages de rochers sont devenus presque un jeu d'enfant.

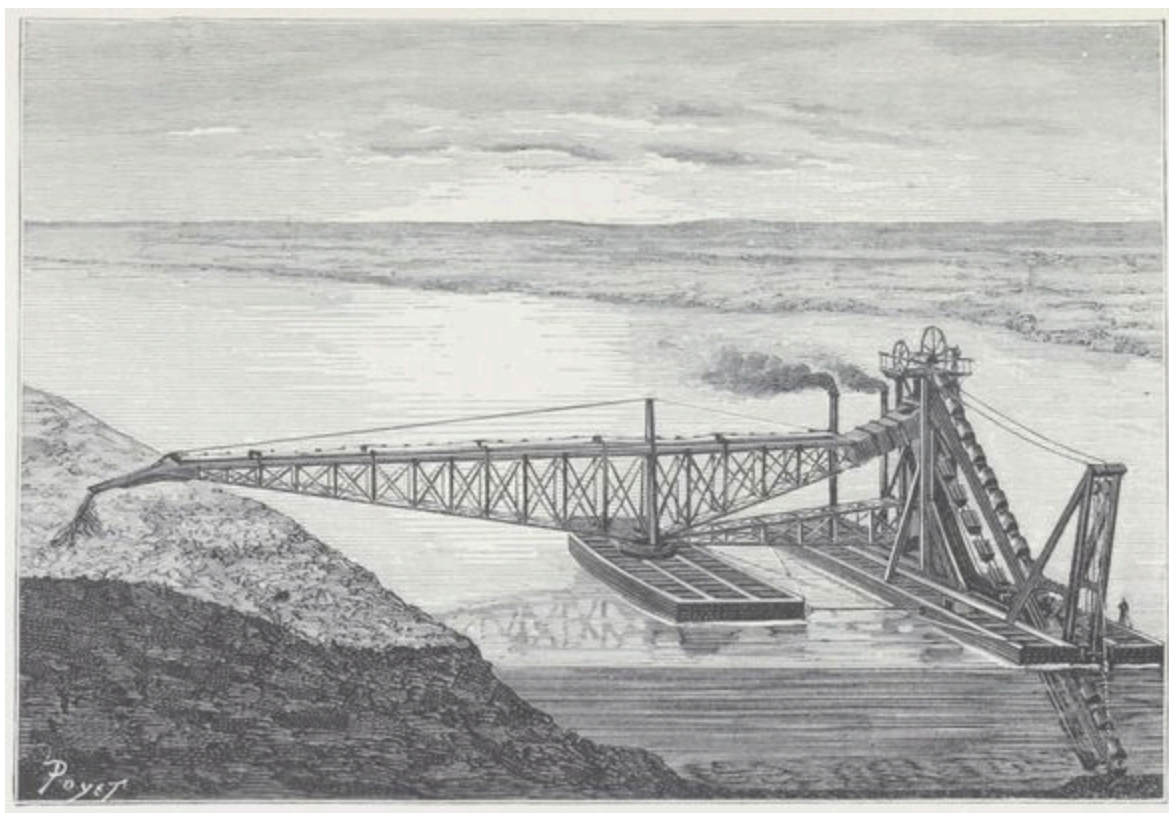
Voilà donc le problème nettement posé, les objections réduites à néant. Il n'existe aucune différence de niveau entre les deux mers. Le projet de canal est réalisable sans écluses : ce sera mieux encore qu'un canal, un véritable « détroit artificiel ». Le terrain est suffisamment solide ; les sables mobiles du désert, les vases du lac Menzaleh, les seuils, sont facilement franchissables et feront place à des ouvrages résistants ; les lacs seront

remplis régulièrement et redeviendront ce qu'ils étaient dans les âges écoulés, des prolongements de la mer Rouge. L'existence de l'armée de travailleurs, disséminés sur le long parcours de la ligne, sera assurée par l'établissement du canal d'eau douce alimenté par le Nil, suivant la vallée de Gessen pour aboutir au Serapeum et de là verser ses eaux jusqu'à Suez et Port-Saïd. La construction du détroit de Suez n'est plus qu'une question financière qui va se résoudre, grâce à l'énergie et à la ténacité du promoteur de l'œuvre. A lord Palmerston qui, parlant du futur canal, disait : « C'est une intrigue et une mystification déshonnête », M. de Lesseps pouvait certes répondre, avec son audace tranquille : « C'est un fleuve qui roulera de l'or. » Aujourd'hui le détroit de Suez est créé ; l'antique prédiction de la légende orientale, montrant, dans un avenir lointain, « l'union de la mer des perles et de la mer du corail » — de la mer Rouge et de la Méditerranée — est réalisée. Le fleuve « . roule de l'or ».

§ 2. — Le creusement du canal maritime. — Dragues et excavateurs. — Les marais de Menzaleh, le seuil d'El-Guisr, le Serapeum et les lacs Amers.

Si nous nous reportons au profil de l'isthme suivant le tracé du canal, et à la classification sommaire des terrains qu'il renferme, sables, argiles ou vases, ne comprenant aucune roche d'une dureté même secondaire, nous nous représenterons facilement les moyens d'excavation qui ont dû être adoptés pour mener le colossal ouvrage à bonne fin. Le creusement du canal maritime, de Port-Saïd à Suez, sur ses 160 kilomètres de parcours, n'a été, à la vérité, qu'un « long coup de drague » dans les plaines sableuses du désert.

Fig. 3. — Exécution du canal maritime de Suez. — La drague à long couloir.



La réalisation pratique surpasse toutefois de beaucoup la conception si simple que nous exposons. Quel gigantesque travail, en effet, que celui qui va employer à la fois près de quatre-vingts grandes dragues ! Vingt d'entre elles supportent un couloir dont la longueur surpasse de moitié celle de la colonne Vendôme ; elles déversent ensemble en un mois, sur la berge du canal, assez de déblais pour couvrir toute la chaussée des Champs-Élysées, entre l'Obélisque et l'Arc-de-Triomphe, jusqu'à la hauteur des arbres. Ce chiffre de 2 millions de mètres cubes, enlevé mensuellement par les dragues de Suez, a donné lieu à des évaluations non moins curieuses que la précédente. Cette montagne de déblais, étalée de la Madeleine à la Bastille, comblerait le boulevard jusqu'au premier étage. Versée dans la place Vendôme, il faudrait élever, les unes sur les autres, cinq circonférences de maisons identiques à celles existant déjà pour la renfermer. Quant au cube total de 74 millions de mètres du canal entier, on pourrait construire avec lui une pyramide gigantesque, du même modèle que la pyramide des Pharaons, mais ayant un kilomètre de côté à la base, et 225 mètres de hauteur !

L'immense matériel de creusement du canal, en dehors des engins accessoires dont nous donnerons plus loin l'énumération succincte, comprendra donc, avant tout, des appareils de dragage, proportionnés, il est vrai, à la grandeur du travail à accomplir, mais dont cependant les dragues ordinaires, que nous voyons fonctionner chaque jour sous nos yeux, soit sur les berges de la Seine, soit dans un bassin quelconque, donnent une idée exacte. L'intérêt qui s'attache à la description du matériel de l'isthme réside surtout, comme nous allons le voir, dans le mode de déversement des déblais recueillis par les godets et transportés sur le rivage, soit au moyen de longs couloirs, soit à l'aide d'élévateurs, soit enfin par les wagonnets annexés à l'excavateur. Lorsque les déblais n'étaient point rejetés sur la rive pour assujettir les berges du canal, ou quand le travail était effectué à proximité de la mer ou des lacs intérieurs, ils étaient reçus dans des bateaux porteurs à clapets qui les déversaient en mer ou dans les lacs.

La drague à long couloir (fig. 3), se compose essentiellement d'une drague ordinaire dont on a allongé le déversoir, jusqu'à ce qu'il forme un conduit semi-elliptique de 70 mètres de longueur, 1^m,50 de largeur et 0^m,60 de profondeur, soutenu par une charpente en fer, supportée elle-même par un chaland. Le système entier est rendu rigide par des entretoises reliant la drague au bateau porteur de la charpente métallique. Une chaîne balayeuse, ou un jet d'eau entretenu par une pompe, active dans le couloir la descente des sables, qui se déversent ainsi sous des inclinaisons de 0^m,04 à 0^m,05 par mètre. Les vases descendent naturellement sous une pente à peine sensible. Le couloir peut être élevé ou abaissé, suivant l'inclinaison voulue, au moyen de deux petites presses hydrauliques. Le chaland qui supporte la charpente reçoit une plaque tournante, autour de laquelle le couloir peut se mouvoir en direction. Quatre ancres maintiennent le système entier.

Le fonctionnement de la drague à long couloir est ainsi entièrement automatique. L'appareil complet fait à lui seul le creusement du canal et le déversement du déblai qui en résulte, reproduisant à l'extérieur le cube de l'excavation sous-marine. Le mécanicien qui surveille la machine n'a qu'à tourner le robinet d'introduction de la vapeur dans le cylindre moteur ; la chaîne qui supporte les godets prend son mouvement régulier de descente et de montée, et chaque godet vient rejeter à l'entrée du long couloir 400 litres de sable ou de vase arrachés au désert. Entre l'arrachement du déblai et son dépôt sur la rive, il n'existe aucune opération intermédiaire de transport par

chalands, comme nous allons le constater pour le dragage servi par les élévateurs.

Si ingénieux que fût son fonctionnement, la drague à long couloir ne permettait point de surpasser, dans la hauteur des déblais versés sur le rivage, une certaine limite, en rapport avec la position du point d'attache du couloir lui-même au sommet de la drague excavatrice, et avec la pente indispensable pour le glissement des sables, activé encore par la chaîne balayeuse, ou même simplement par des ouvriers munis de râdeaux. Le point d'attache du couloir ne pouvant être à plus de 14 ou 15 mètres au-dessus du niveau de l'eau, la hauteur des déblais déposés ne surpassait guère 5 à 6 mètres. Force fut donc d'installer, à côté de la drague à couloir, un autre système permettant de déposer une hauteur de sables plus considérable. Nos lecteurs voudront bien suivre la courte description que nous allons faire sur la [figure 4](#), qui représente la machine construite sous la direction de MM. Borel et Lavalley. Notons tout d'abord que l'appareil est un simple élévateur, une sorte de voie ferrée artificielle, un plan incliné, si l'on veut, desservi par des dragues fonctionnant sur le canal à des distances variables, et envoyant sous l'élévateur les sables qu'elles ont excavés.

L'élévateur ([fig. 4](#)) se compose d'un système métallique triangulaire, dont la base porte deux voies, sur lesquelles peuvent rouler les caisses remplies des déblais du canal ; l'un des côtés du triangle regarde le canal, l'autre regarde la rive. Le système entier peut se mouvoir sur une voie ferrée établie sur la berge ; son fonctionnement est très simple. Un bateau flotteur garni de caisses de déblais est amené sous l'extrémité inférieure de l'élévateur ; une manœuvre quelconque permet de saisir la caisse et de lui faire parcourir la longueur du plan incliné jusqu'à son extrémité supérieure, où elle se déverse sur la rive. La caisse redescend vide, vient se replacer dans le chaland flotteur, et on vide ainsi une à une toutes les caisses. Le flotteur quitte alors sa position pour retourner se remplir à la drague, et un nouveau bateau garni de caisses pleines vient se placer sous l'élévateur, qui peut se déplacer à volonté sur sa voie, lorsque la hauteur maxima de la berge, environ 14 mètres, est atteinte.

Les deux appareils que nous venons de décrire, la drague à long couloir et l'élévateur, ce dernier accompagné des dragues ordinaires et des bateaux porteurs de déblais qui le desservent, ont servi à creuser la partie du canal maritime dans laquelle l'eau avait déjà pu être introduite. Ainsi s'est accomplie la longue et laborieuse traversée du lac Menzaleh, du Sérapeum,

du lac Timsah, des lacs Amers. Dans certaines parties de la traversée de l'isthme, dans le seuil d'El-Guisr par exemple, où l'eau nécessaire à la flottaison des dragues ne put être introduite dès le commencement de l'excavation, on dut avoir recours à un troisième appareil, désormais usuel dans l'exécution des grands travaux publics, l'excavateur à sec, dû à M. Couvreux, entrepreneur de l'une des sections du canal, et aujourd'hui entrepreneur, avec M. Hersent, du percement de Panama.

L'excavateur de M. Couvreux (fig. 5) présente l'aspect d'une drague manœuvrée par une machine à vapeur placée sur le talus de la tranchée à excaver, et dont les godets se déversent dans des wagonnets remorqués par une locomotive. L'élince de la drague reçoit l'inclinaison voulue au moyen d'un palan qui la soutient. A mesure que la tranchée s'élargit, la voie est déplacée. Lorsque la tranchée, ainsi creusée à sec, était arrivée à 20 mètres de largeur, les excavateurs l'approfondissaient jusqu'à 2m,20 au-dessous du niveau de la mer, qui, amenée dans ce premier canal, permettait en même temps le travail d'excavation sous-marine, au moyen des dragues et des élévateurs.

Côte à côte avec ces trois engins principaux — la drague à long couloir, l'élévateur et l'excavateur à sec — le gigantesque travail de Suez a nécessité l'emploi d'un matériel colossal — dragues ordinaires ou à couloir, élévateurs, excavateurs, gabarres à clapets, allant déverser les déblais à la mer ou dans les lacs, chalands flotteurs et leurs caisses à déblais, grues à vapeur, chalands-citernes, bateaux en fer pour le transport du charbon, canots à vapeur, locomobiles, locomotives, wagonnets, exigeant 10,000 chevaux de force. Vingt-deux mille ouvriers apportaient le secours de leurs bras à ce matériel, qui se chiffra par une dépense de 40 millions.

Puissance incomparable de la machine ! Qu'il s'agisse de percer des montagnes, comme le Mont-Cenis ou le Gothard, de creuser des détroits, comme Suez ou Panama, de traverser des élévations sous-marines, comme le Pas-de-Calais, la machine, inconsciente par elle-même, remporte toujours la victoire. Lorsque nous nous trouvons en face des travaux accomplis, des Alpes perforées, des isthmes creusés, des mers traversées dans leurs assises éternelles, nous oublions volontiers les durs labeurs qui ont précédé ces conquêtes brillantes du génie humain. Se souviendra-t-on, se souvient-on déjà aujourd'hui, des fellahs courbés dans la vase séculaire du lac Menzaleh, arrachant péniblement aux anciens lits du delta pélusiaque les sables mouvants dont ils ont fait, pièce par pièce, poignée par poignée, les

premières berges du grand canal international ? Pauvres fellahs, outils disparus, dont les 200,000 ancêtres ont jonché les rives du canal de Nécros, aussi oubliés que ceux qui bâtirent jadis les Pyramides, ou qui creusèrent les tombes orgueilleuses du Sérapeum de Memphis !

Et, cependant, dans l'histoire du canal de Suez, il est impossible de ne pas signaler ce que l'on est convenu d'appeler le récit « héroïque » des travaux, lorsque, aux premiers jours de lutte, la puissance de la machine n'était point encore venue prêter à l'homme son invulnérable appui. La traversée première du lac Menzaleh rappelle les travaux antiques. Avant que les dragues pussent être introduites dans ces longs marais, où la couche de vase n'était guère recouverte que de 20 à 40 centimètres d'eau, 400,000 mètres cubes de cette vase semi-liquide furent extraits, sur 4 à 5 mètres de largeur de rigole, par des fellahs qui la recueillaient entre leurs mains, la pressaient sur leur poitrine pour l'égoutter et en former des poignées solides. Souvent même la vase était plaquée sur le dos du travailleur voisin qui la retenait entre ses bras croisés et l'emportait sur la berge, comme le ferait un manœuvre avec sa hotte. L'ouvrier européen était rare, sinon totalement absent, de ces travaux qui nous rappellent les corvées des âges primitifs.

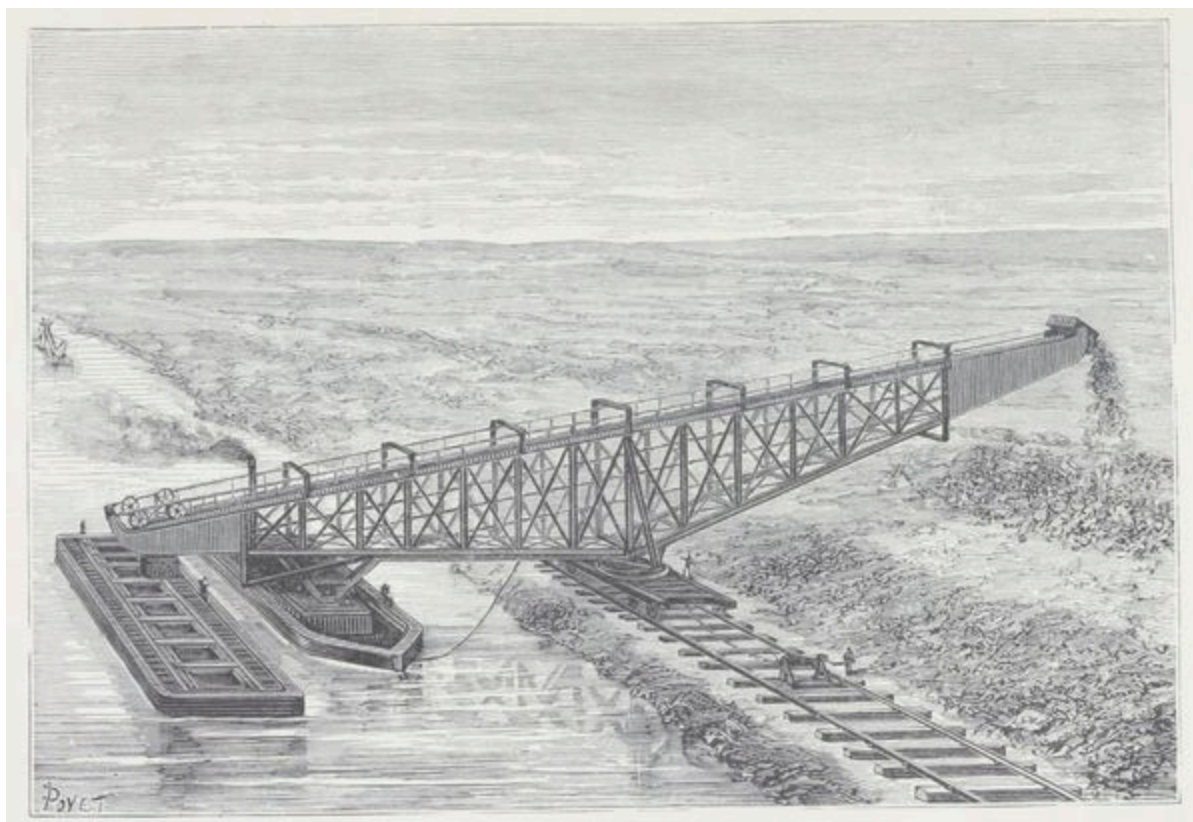
L'enlèvement des seuils, celui d'El-Guisr par exemple, fut, dans une certaine proportion, exécuté à la main, avant d'être attaqué à la machine. Quarante mille fellahs travaillèrent au creusement du seuil, et les corbeilles de déblais qu'ils ont extraites, mises les unes au bout des autres, feraient trois fois le tour du monde. Là, au moins, le travail est normal, l'entreprise est installée, les vivres abondants, l'état sanitaire assez satisfaisant pour que les décès dans cette population irrégulière ne se chiffrent que par 2 pour 100 des hommes.

Machines et fellahs ont achevé l'œuvre en dix années. Le 25 août 1859, M. de Lesseps donnait, sur la plage déserte où s'élève en ce moment Port-Saïd, le premier coup de pioche qui marquait l'embouchure du futur canal maritime. Le 15 août 1869, Ali-Pacha perçait le dernier rempart qui s'opposait artificiellement à l'union complète des deux mers à Suez. Trois mois après, le 17 novembre, les flottes de toutes les nations traversaient, dans une marche triomphale, la nouvelle route de l'Orient.

§ 3. — Suez, Ismaïlia et Port-Saïd. — Le canal d'eau douce. L'ouverture de la nouvelle route des Indes.

La salle spéciale du Musée de la Marine — salle de Lesseps — affectée à l'histoire du canal maritime, renferme de remarquables modèles des puissantes machines de Suez — dragues à long couloir, élévateurs des sables, excavateurs à sec — donnant une idée très exacte de la marche du colossal travail. Ceux de nos lecteurs qui habitent Paris pourront donc, pour compléter une description que nous avons tenté de rendre la plus claire et la plus brève possible, aller faire une courte station devant les dragues minuscules, réduites avec une exactitude merveilleuse, ancrées sur le fond sableux de la tranchée, versant le sable du désert dans le long couloir qui aboutit au monticule déjà exhaussé de la rive. Sous les élévateurs, les chalands montrent leurs caisses remplies de déblais ; l'excavateur à sec allonge sa chaîne de godets sur le talus du canal ; et la microscopique machine à vapeur, qui commande à tout cet assemblage, semble prête à fonctionner. Pour que l'illusion fût complète, il suffirait d'avoir disposé ce joujou mécanique de telle façon qu'un simple effort imprimé au système fît tourner les chaînes à godets et rouler les wagons sur, leur plan incliné.

Fig. 4. — Exécution du canal maritime de Suez. — L'élévateur des sables.



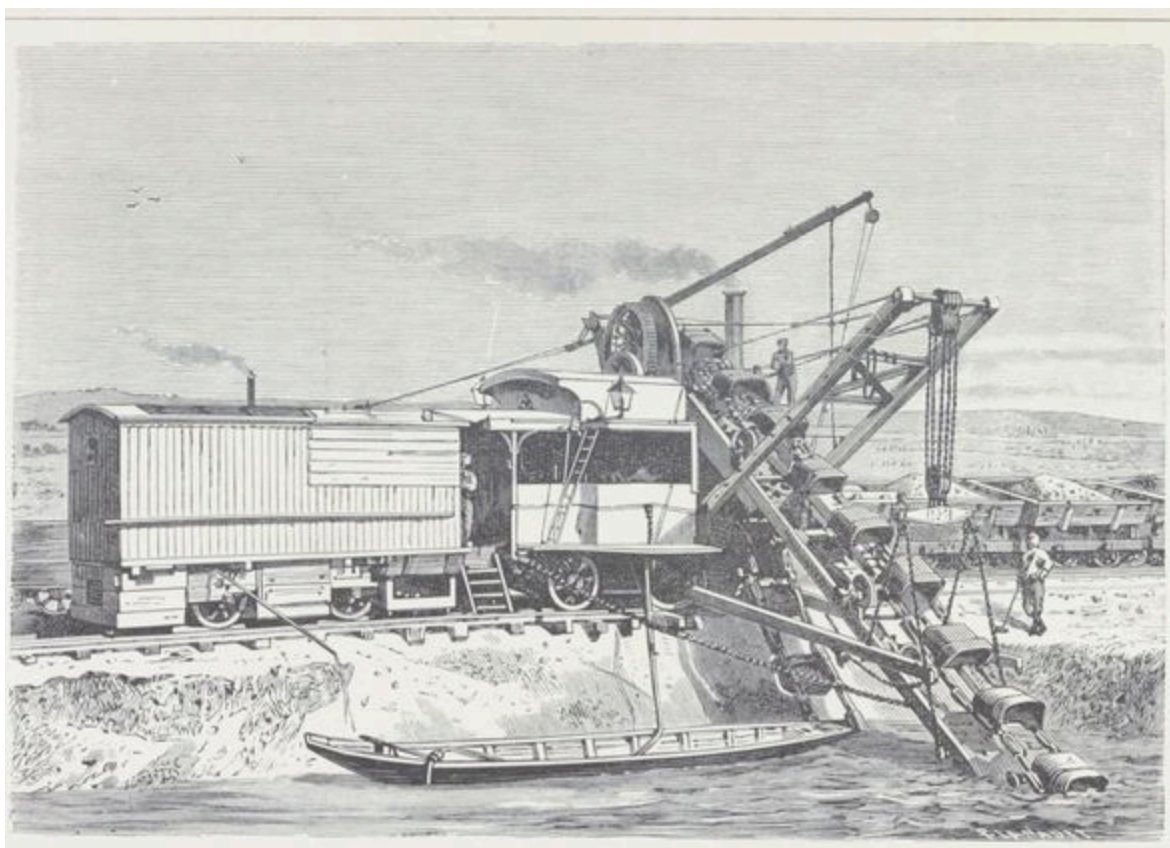
Donnons pour quelques instants la vie à chacun de ces appareils que nous avons décrits séparément l'un de l'autre, et nous reconstituerons fidèlement le mode de travail adopté pour chacune des grandes sections de creusement de l'isthme. Si nous faisons fonctionner les dragues et les élévateurs, nous verrons creuser sous nos yeux les parties basses du désert, les marais de Menzaleh, les abords des lacs Timsah et Amers, la plaine de Suez. Mettons en marche l'excavateur, et nous reproduirons l'installation de la grande tranchée d'El-Guisr (fig. 6), exécutée par M. Couvreux. Sur le talus déjà approfondi par les premiers travaux des fellahs égyptiens, sont montés la charpente de l'excavateur et le moteur qui commande le mouvement de la chaîne à godets. Le déblai arraché se déverse sans interruption dans des trains de wagonnets qui l'emportent au chantier de décharge. L'appareil entier, moteur et excavateur, roule sur rails et peut être déplacé sur des voies appropriées, lorsque la marche du travail l'exige. Le fonctionnement de l'excavateur, comme celui des dragues qui viendront après lui parachever le creusement sous-marin, est certainement très facile à comprendre ; nous n'avons besoin d'entrer à cet égard dans aucun détail mécanique, chacun de

nos lecteurs se représentant sans effort le progrès accompli chaque jour, jusqu'à ce que les 4,500,000 mètres cubes de la tranchée soient enlevés. Ce que nous ne pouvons toutefois décrire, et que les modèles du Musée de la Marine ne sauraient reproduire davantage, c'est le mouvement grandiose qui anime un chantier semblable à celui d'El-Guisr, faisant de la machine en activité une sorte d'être vivant dont l'outil au repos n'est que la forme inerte.

A côté des spécimens de machines, le Musée de la Marine possède encore un plan en relief de l'isthme tout entier, établi sous la savante direction de M. le vice-amiral Pâris, conservateur du Musée. L'examen de ce plan, qui mesure 10 mètres de longueur sur 2m,40 de largeur, et qui a été dressé à l'échelle de 0^m,06 par kilomètre, est presque indispensable à ceux qui veulent acquérir une conception nette de la superficie de l'isthme. Lorsque l'on parle de travail colossal, de millions de mètres cubes de sable ou d'argile à enlever, il nous a toujours semblé que l'on était porté trop facilement à se faire une idée préconçue de l'œuvre, que l'on aime à se figurer grandiose, avec de hautes montagnes à perforer, semée d'obstacles naturels presque insurmontables ! Nous l'avons déjà dit, le canal de Suez était loin de présenter ces conditions de difficultés extraordinaires. L'isthme est une langue que l'on peut considérer comme au niveau de la mer. Les « seuils » d'El-Guisr, du Serapeum et de Chalouf se reconnaissent à peine sur le plan en relief du Musée, dont on a cependant exagéré l'échelle des hauteurs.

Aussi, la gloire d'avoir achevé le canal, et d'avoir, en tranchant cette soudure de l'Afrique à l'Asie, créé entre deux mondes une route nouvelle, réside-t-elle principalement, non dans l'opération mécanique de l'enlèvement des sables, avec quelque intelligence et quelque hardiesse qu'elle ait été exécutée, mais dans l'installation générale de l'œuvre tout entière, dans le caractère de grandeur que M. de Lesseps a su lui imprimer, fixant d'avance, avec une clarté de vue merveilleuse, le stock de richesses qui viendra aborder sur les quais de Suez et de Port-Saïd. La fondation de cette ville de Port-Saïd, audacieusement élevée sur l'étroit Lido méditerranéen, l'achèvement du canal d'eau douce qui dessert Ismaïlia, et, vivifiant l'isthme entier, dirige ensuite ses eaux vers la mer Rouge et vers la Méditerranée, sont deux des plus intéressants chapitres de l'histoire du canal maritime.

Fig. 5. — Exécution du canal maritime de Suez. — excavateur Couvreux.



Lorsque l'on voit le Port-Saïd actuel, avec ses bassins admirables, ses deux jetées gigantesques, entre lesquelles naviguent les steamers avant de s'engager dans le canal (Pl. I) et ensuite dans les plaines marécageuses de Menzaleh, on a certainement peine à se représenter les commencements de cette ville improvisée, lorsque, il y a seulement vingt années, l'aménagement des premiers travailleurs, campés dans les cabanes élevées sur pilotis, battues par les vagues méditerranéennes, ressemblait assez aux cités lacustres des âges préhistoriques. En 1859, la population du coin de lande déserte qui devait, dix années plus tard, offrir une hospitalité splendide aux représentants des puissances du monde entier, se composait de douze Européens et de cent fellahs ! En 1860, on élève les premiers abris ; en 1861, on reçoit quelques pelles et quelques brouettes. L'eau douce — plus souvent saumâtre — vient de Damiette, dans une citerne ; plus tard, elle arrive par le lac Menzaleh, et coûte seize francs le mètre cube ! « On se battait presque à son arrivée. » Enfin, la première drague, qui n'avait encore rien de comparable aux imposantes machines de la période réelle de travail, est traînée à grand'peine, morceau par morceau, à travers les boues du lac

Menzaleh. A partir de cette époque, Port-Saïd s'élève comme par enchantement.

Sur toute la longueur de l'arc de cercle qui sépare la Méditerranée des marais jadis arrosés par les branches obliuées du Nil, le choix de Port-Saïd n'avait point été confié au hasard. On avait d'abord songé à choisir la baie de Péluse comme embouchure du futur canal ; mais, pour trouver devant Péluse un fond de 8 mètres, nécessaire pour l'aménagement du port d'embouchure, il fallait s'éloigner en mer jusqu'à 7,500 mètres de la plage. Après de longues et minutieuses études de la côte, Port-Saïd fut choisi, le chenal creusé, la plage approfondie, et bientôt, les deux superbes jetées que nous voyons s'allonger, comme deux bras immenses, au-devant du port (fig. 8), montrèrent peu à peu leurs blocs énormes au-dessus des vagues. L'une de ces jetées a 3,000 mètres de longueur, l'autre 2,000 mètres. Disons tout de suite que, contrairement au port méditerranéen, Suez n'a pas de jetées, les eaux du golfe étant suffisamment calmes. A son entrée dans la mer Rouge, le canal maritime débouche entre les deux quais de la ville (fig. 7).

La construction des jetées de Port-Saïd, formées par l'entassement de blocs de 10 mètres cubes de volume et pesant chacun 20,000 kilogrammes, comptera parmi les travaux les plus importants de l'isthme. Ces blocs, amenés au point d'immersion qui leur était assigné, étaient coulés en mer, « à bloc perdu », sur l'emplacement de la jetée, soit au moyen de plans inclinés, soit au moyen de grues qui les soulevaient pour les laisser retomber à la mer. Le talus de la jetée se formait ainsi avec l'inclinaison que prenaient d'eux-mêmes les blocs immergés. Il ne fallait pas songer à apporter jusqu'à Port-Saïd des blocs naturels ; les pierres de la jetée furent donc créées artificiellement avec du sable et de la chaux de l'Ardèche, à raison de 325 kilogrammes de chaux par mètre cube. Ces deux admirables ouvrages ont été construits par MM. Dussaud frères, entrepreneurs marseillais, qui avaient déjà exécuté les travaux des ports de Cherbourg, Marseille et Alger, et qui construisent en ce moment le nouveau port de Gênes.

Entre Port-Saïd et Suez, à égale distance des mers, s'élève, sur les bords du lac Timsah, la troisième capitale du royaume conquis sur le désert par M. de Lesseps — Ismaïlia. Ismaïlia donne la vie à l'isthme entier. C'est par son canal d'eau douce, amenant l'eau du Nil, prise au Caire, à 10^m,36 au-dessus de la mer Rouge, que l'existence du canal maritime et de ses deux

embouchures est assurée. La largeur du canal est de 17 mètres, et il peut débiter par jour, du Caire à Ismaïlia, 330,000 mètres cubes d'eau. A 4 kilomètres d'Ismaïlia, à Néfiche, il se bifurque, pour arroser Suez et Port-Saïd : Suez, par un prolongement du canal lui-même ; Port-Saïd, par une double conduite en fonte de 80 kilomètres de longueur, posée sur la berge du canal maritime. Cette magnifique installation permet, pendant la durée des travaux, de faire vivre les vingt-cinq mille ouvriers disséminés sur toute la longueur des chantiers, et pour lesquels on avait dû aménager, dans le principe, une véritable armée de deux mille chameaux, allant chercher l'eau à 25 kilomètres d'Ismaïlia, et rapportant chacun deux barils de 60 litres. Avant l'établissement du canal d'eau douce, les trains d'eau qui desservaient Suez occasionnaient une dépense annuelle de 1,200,000 francs ! Aujourd'hui, Suez, comme Port-Saïd, est largement approvisionné, et, sur tout le parcours du canal d'eau douce, l'antique vallée de Gessen des Hébreux est rendue à la fertilité.

Fig. 6. — Exécution du canal maritime de Suez. — Les excavateurs dans la grande tranchée d'El-Guisr.



L'importance du canal d'eau douce ne saurait, à notre avis être mieux représentée que par la comparaison humoristique qu'établissait M. de Lesseps, dans le discours qu'il prononça le jour où, pour la première fois, l'eau du Nil arriva sur les rives du lac Timsah : « Il y a sept ans, disait M. de Lesseps, en décembre 1854, je devais faire la première exploration du désert de l'isthme ; il m'a fallu quinze jours de préparatifs, quarante chameaux, dont vingt pour l'eau, des tentes, des provisions de toute espèce, des gens d'escorte, de service, le tout pour quatre personnes. Avant d'arriver au lieu où nous nous trouvons réunis, nous avons employé quinze jours et une dizaine de mille francs. — En janvier 1862, il y a trois jours, je suis parti du Caire dans une barque ; après quarante heures de trajet, j'ai débarqué à quelques pas d'ici, n'ayant dépensé que 20 francs ! »

Cette spirituelle appréciation du rôle du canal d'eau douce par le créateur du détroit de Suez peut, en l'élargissant, être appliquée au canal maritime lui-même. Il y a peu d'années encore, dans la première moitié de ce siècle, les échanges entre le continent asiatique et les divers pays du globe s'effectuaient par la longue route du cap de Bonne-Espérance. De Bombay à Marseille ou Bordeaux, par exemple, la distance n'était pas moindre de 5,650 lieues. Jusqu'au Havre, on comptait 5,800 lieues ; jusqu'à Londres, Trieste ou Amsterdam, 5,950 lieues ; jusqu'à New-York, 6,200 lieues ! Depuis l'ouverture du canal maritime, ces distances se sont réduites d'une façon considérable (fig. 9). De Bombay à Marseille, au lieu de 5,650 lieues, nous n'en avons plus que 2,375 ; de Bombay à Londres, 3,100 au lieu de 5,950 ; de Bombay à New-York, 3,760 au lieu de 6,200 ! La route des Indes est aujourd'hui une voie directe ; le Vieux Monde ne forme plus, à la vérité, qu'un seul et même continent commercial, dont le centre vital est sur cette lande déserte de Suez.

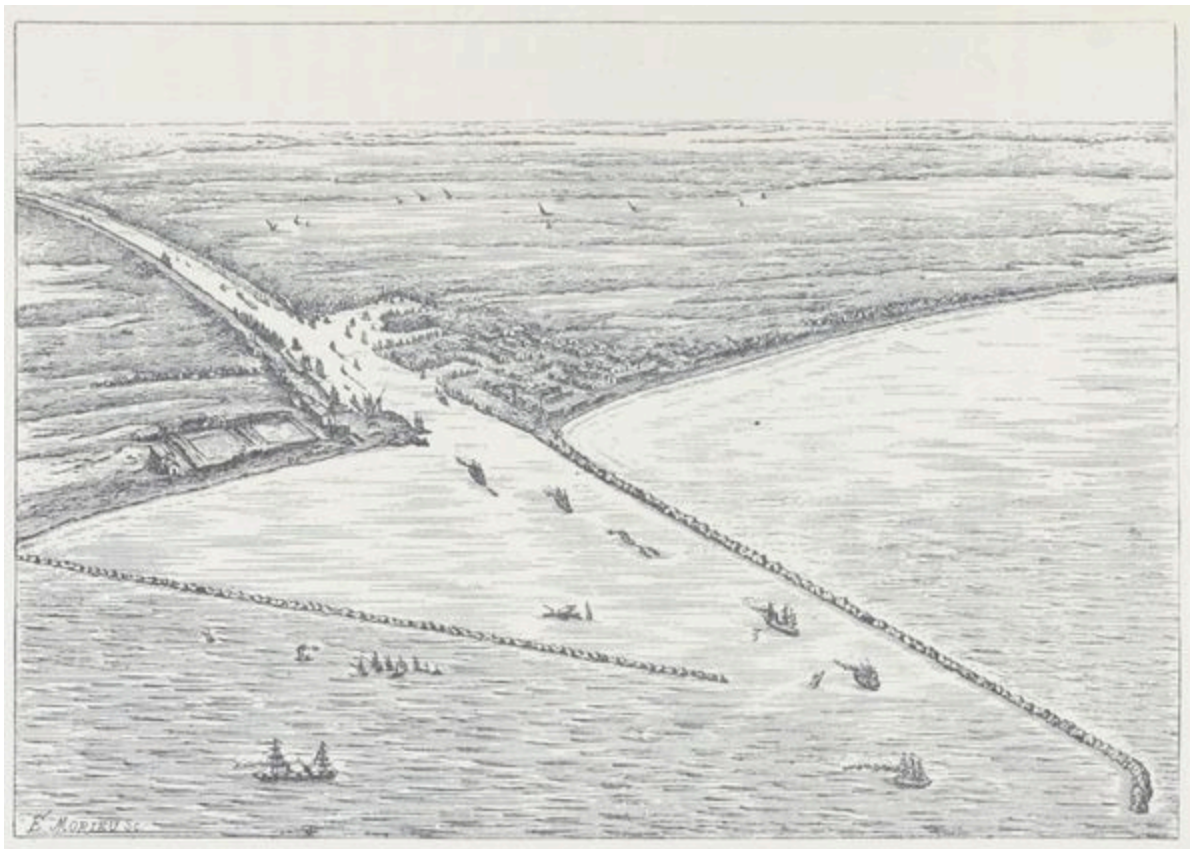
Dans la dernière année 1881, 2,727 navires, jaugeant 5, 794,401 tonneaux, ont transité par le canal. D'année en année, la progression s'accroît ; en 1880, on avait compté Seulement 2,026 navires avec 4,344,519 tonneaux, et, en 1879, 1,477 navires avec 3,236,942 tonneaux. De 1870 à 1881, le tonnage des navires traversant le canal, ainsi que les recettes, ont plus que décuplé, comme le montre le tableau suivant :

Fig. 7. — Entrée du canal maritime dans la plaine de Suez.



	Navires.	Tonnes.	Recettes.
1870.....	486	435.911	5.159.327 fr.
1871.....	765	761.467	8.993.732
1872.....	1.082	1.439.169	16.407.591
1873.....	1.173	2.085.072	22.897.319
1874.....	1.264	2.423.672	24.859.383
1875.....	1.494	2.940.708	28.886.302
1876.....	1.457	3.072.167	29.974.998
1877.....	1.663	3.418.949	32.774.344
1878.....	1.593	3.291.535	31.098.229
1879.....	1.477	3.236.942	29.686.060
1880.....	2.026	4.344.519	39.840.487
1881.....	2.727	5.794.401	51.274.352

Fig. 8. — Vue panoramique de Port-Saïd et de l'entrée du canal maritime de Suez dans le lac Menzalch.



Ce chiffre de six millions de tonnes, qu'a atteint à peu de chose près le mouvement maritime du canal, en 1881, M. de Lesseps ne craint pas de le doubler encore, et d'assigner à la route de Suez, dans un avenir prochain, un passage de douze millions de tonnes, apportant aux intéressés une recette de 120 millions de francs pour un droit de passage de 10 francs par tonne. Comme nous le répétons au commencement de cette étude, le fleuve nouveau « roule de l'or » ; pouvait-il en être autrement d'une œuvre qui, en raccourcissant les distances, imposait un nouvel essor à la vie commerciale des peuples, tout en réduisant les éléments du trafic à la plus stricte économie !

En dehors des travaux, que l'on peut appeler préhistoriques, exécutés dans l'isthme par les anciens, par le pharaon Necos, par les Ptolémées, par les Califes, l'histoire du percement de l'isthme de Suez, avant l'adoption du projet définitif de M. de Lesseps, est longue et instructive. Pendant son expédition d'Égypte, Bonaparte reconnaît l'ancien canal égyptien, et forme le projet de l'ouvrir de nouveau du Caire à Suez : il charge l'ingénieur

Lepère du nivellement de l'isthme, mais, comme nous l'avons signalé, Lepère trouve une différence de niveau entre les deux mers de près de 10 mètres ; du reste, le conquérant allait avoir d'autres soucis que l'établissement d'une voie toute pacifique : le projet fut abandonné. En 1840, M. Linant de Bellefonds ; en 1846, Enfantin ; en 1847, M. Talabot, puis M. Barrault, proposent des projets différents. Au cours des études du projet Talabot, les nivellements de M. Bourdaloue constatent pour la première fois l'égalité de niveau des deux mers, confirmant ainsi les assertions de Laplace et de Fourier.

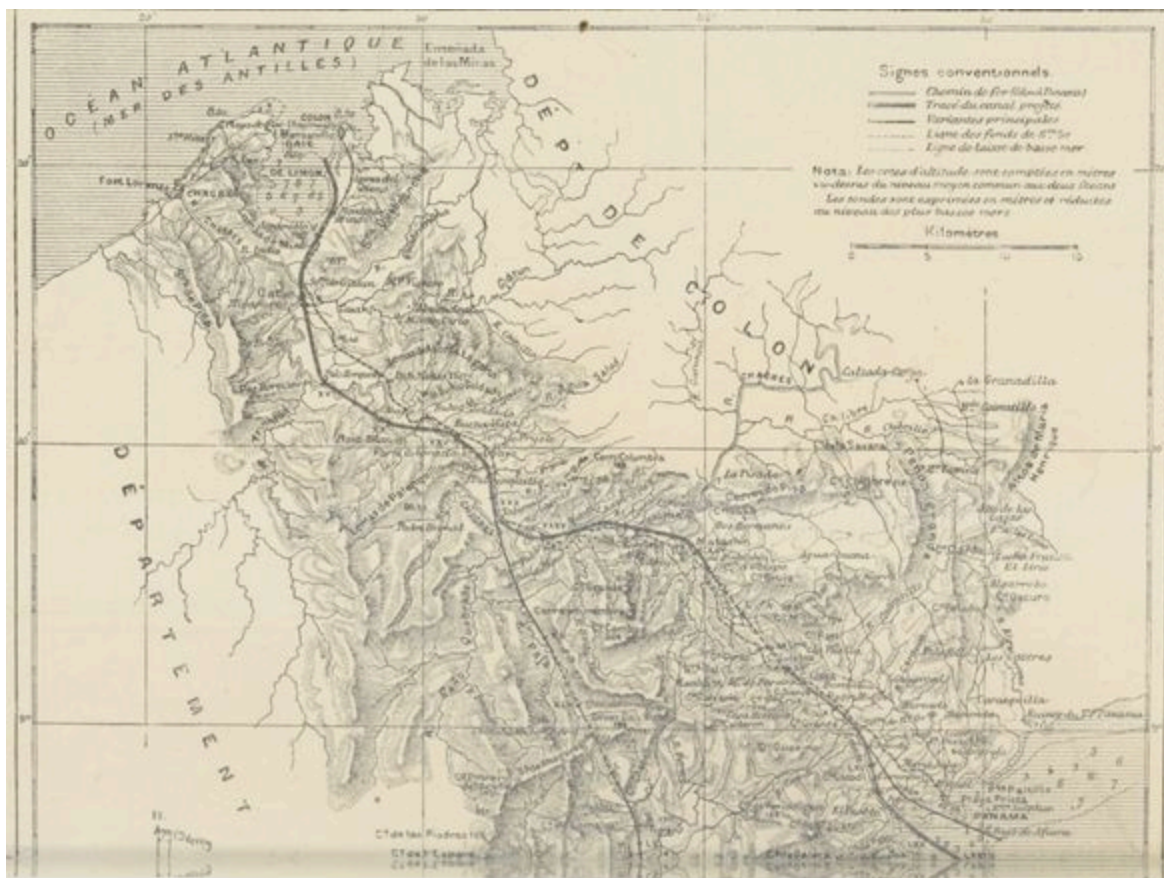
Il serait injuste de ne point nommer encore, à côté de M. de Lesseps, deux hommes qui, à des titres absolument différents, ont mérité la reconnaissance publique : Mohamed-Saïd et Waghorn. Mohamed-Saïd est le khédive qui accorda à M. de Lesseps la concession du canal, concession sans laquelle l'œuvre ne pouvait être entreprise ; on sait que en outre le souverain égyptien eut à combattre à maintes reprises l'influence anglaise, hostile au canal, et dont le jugement à cette époque se reflétait dans les paroles de Palmerston. Waghorn est ce capitaine anglais qui, pendant sept années, de 1829 à 1837, lutta contre l'opinion avec une ténacité sans exemple. Pour montrer que, même par voie de terre, au milieu de difficultés naturelles sans nombre, la route de l'isthme était encore préférable à celle du Cap, Waghorn transportait, sur des bateaux arabes et à dos de chameaux, les duplicata des lettres envoyées par la route de Bonne-Espérance. C'est à la suite des preuves matérielles accumulées ainsi par Waghorn que la Compagnie Péninsulaire organisa son premier service de steamers dans la mer Rouge, et qu'un service de diligences fut établi de Suez au Caire ; la route de l'isthme était créée en principe. Le khédive a donné son nom au port méditerranéen de l'isthme, et, par une attention pleine d'une délicate modestie, M. de Lesseps a voulu que le buste du pionnier de l'isthme, Waghorn, s'élevât sur le quai de Suez.

Fig. 9. — La route des Indes par Suez et par le cap de Bonne-Espérance.

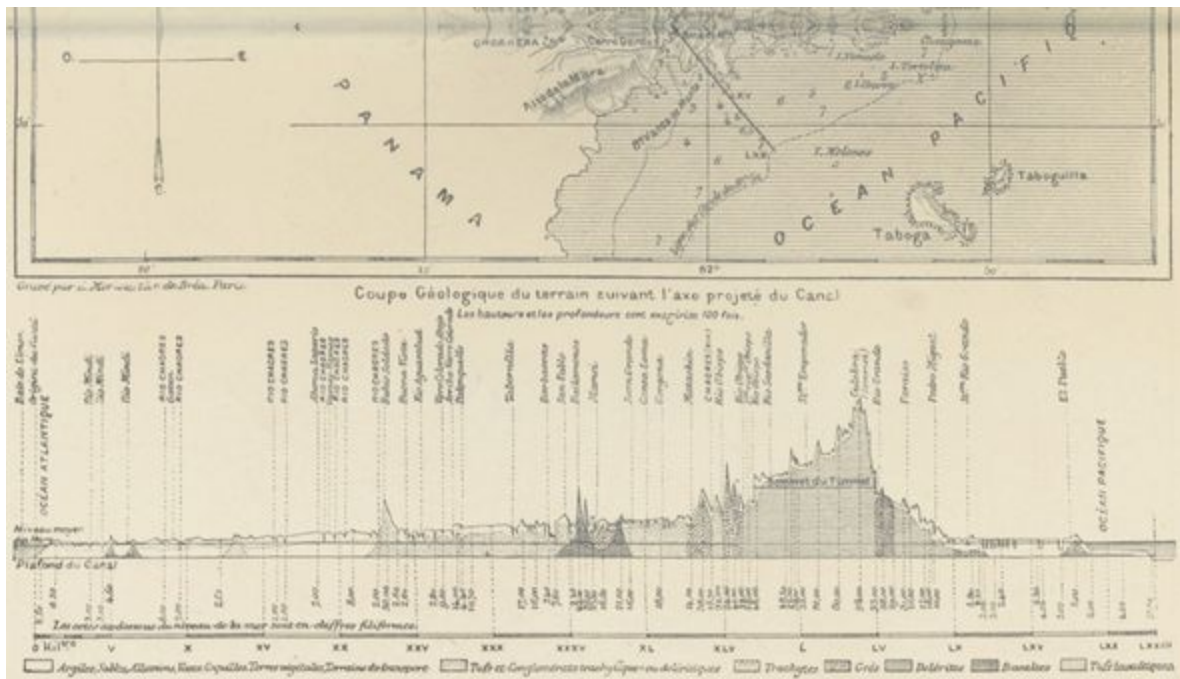


Ce tribut de reconnaissance et d'admiration payé aux deux hommes dont les études ou la puissance l'avaient aidé dans l'accomplissement de son œuvre, les derniers feux d'artifice des fêtes de l'inauguration éteints, tout autre que M. de Lesseps se fût peut-être retiré dans une retraite bien gagnée ; mais l'audacieux travailleur roulait déjà dans son esprit le projet de percement de l'isthme américain. Dix ans plus tard, nous retrouverons le créateur du premier canal maritime, parcourant, comme jadis le désert de Suez, les plaines marécageuses de Panama, franchissant les cols de l'isthme, marquant, le premier, le tracé de la nouvelle route interocéanique, convoquant à Paris un Congrès d'ingénieurs et de savants, infatigable, plein d'espoir dans le succès final de son œuvre, se prodiguant en démarches, en conférences, en voyages, aplanissant les difficultés de tous ordres, diplomatiques, techniques, financières, obéissant ainsi à la fière devise qu'il a adoptée : *aperire terram gentibus*.

LES NOUVELLES ROUTES DU GLOBE. — PL. II. LE CANAL
INTEROCÉANIQUE DE PANAMA.



Plan et profil du canal interocéanique de Panama. N. B. — Nous avons laissé subsister, sur le plan et sur le profil du canal, le grand souterrain des Cordillères, proposé par MM. Wyse et Reclus, et remplacé dans le tracé définitif par la tranchée de la Culebra.



CHAPITRE III

LE CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

§ 1^{er} — Quatre siècles d'explorations. — De Balboa à MM. Wyse et Reclus. — Le Congrès international de Paris.

Les premières recherches relatives au percement de l'isthme américain suivirent de près la découverte du Nouveau Monde et la reconnaissance de l'océan Pacifique, rencontré pour la première fois, le 29 septembre 1519, par Vasco Nuñez de Balboa, au cours de son aventureuse expédition dans les terres nouvelles, inconnues à ses devanciers. Dix ans plus tard, Fernand Cortès rêve le creusement d'un canal à travers l'isthme, dans la partie nord de son étranglement, au-dessous des possessions espagnoles du Mexique qu'il venait d'édifier sur les ruines de l'antique empire des Aztèques. Charles-Quint n'accorda qu'une faible attention aux projets de traversée de l'isthme qui lui furent présentés, soit par Fernand Cortès qui lui proposait le percement par Tehuantepec, soit par Angel Saavedra qui préconisait le Darien. Dès 1550, quatre projets divers furent mis en avant par Antonio Galvao, célèbre navigateur portugais : entre les golfes d'Uraba et de San-Miguel, à travers l'isthme de Panama, par le Nicaragua et Tehuantepec. Moins d'un demi-siècle après la découverte de l'isthme, la question de traversée était donc posée au point de vue de la fixation des passages, identiques comme position à ceux qui ont été discutés, en 1879, au fameux Congrès international d'études du canal interocéanique réuni par M. de Lesseps. La question du percement lui-même ne pouvait malheureusement faire de progrès sérieux ; la géographie de l'isthme étant peu ou point connue, les ressources techniques plus qu'insuffisantes, les exposés des premiers promoteurs devaient se renfermer dans des généralités sans aucune portée scientifique.

Entre autres documents curieux qui se rattachent à ces premiers projets de traversée de l'isthme, nous pouvons citer, comme l'un des plus

remarquables, la description de l'isthme de Panama faite par Samuel de Champlain, l'illustre colonisateur français au Canada et le fondateur de Québec, qui écrivait en 1599 : « En ce lieu de Panama, s'assemble tout l'or et l'argent qui vient du Pérou, où l'on les charge et toutes les autres richesses, sur une petite rivière qui vient des montaignes et qui descend à Portouella, laquelle est à quatre lieues de Panama, dont il faut porter l'or, l'argent et autres marchandises sur mulets ; et estant embarqués sur ladite rivière, il y a encore dix-huict lieues jusqu'à Portouella. L'on peult juger que sy ces quatre lieues de terre qu'il y a de Panama à ceste rivière estoient coupées, l'on pourroit venir de la mer du su en celle deça, et par ainsy l'on accourceroit le chemin de plus de quinze cents lieues ; et depuis Panama jusques au destroit de Magellan, ce seroit une isle, et de Panama jusques aux Terres nœufes une autre isle, de sorte que toute l'Amérique seroit en deux isles. » Le percement de l'isthme américain se trouve ainsi formellement indiqué dans ce récit du seizième siècle, et ses conséquences économiques clairement entrevues dès cette époque lointaine.

Le dix-septième siècle laisse dans l'ombre l'idée d'un canal interocéanique ; et ce n'est que vers la fin du dix-huitième, en 1778, que Nelson, chargé par le gouvernement anglais de reconnaître le passage par le Nicaragua et de conquérir en même temps le pays, s'avance par le fleuve San Juan jusqu'au lac. Vaincu par la résistance opiniâtre du fort San Carlos et par la maladie qui vient décimer ses hommes, le futur vainqueur de Trafalgar se voit forcé de rebrousser chemin, après des pertes sensibles. En 1780, deux ingénieurs, l'un français, Martin de la Bastide, l'autre espagnol, don Manoel Galistro, sont envoyés par Charles III pour reconnaître l'isthme de Panama. En 1804, Humboldt, après un examen attentif, conseille la traversée par le Darien, appuyant son choix sur l'existence d'une dépression de la Cordillère. En 1814, les Cortès espagnoles ordonnent au vice-roi de la Nouvelle-Espagne d'étudier un tracé par l'isthme de Tehuantepec ; en 1821, le général Orbegoso exécute un levé de la ligne, et en 1842, sous la présidence du général Santa-Anna, don José de Garay reprend ces études, après avoir obtenu la concession du canal. Son fils, M. Francesco de Garay, viendra plaider, devant le Congrès de 1879, la cause du passage mexicain.

En 1844, notre compatriote Garella, ingénieur des mines, fournit, le premier, des données exactes sur la topographie de l'isthme de Panama, qu'avait condamné Humboldt : « Il paraît, disait l'illustre savant, à la suite de son exploration de 1804, d'après l'ensemble des renseignements que j'ai

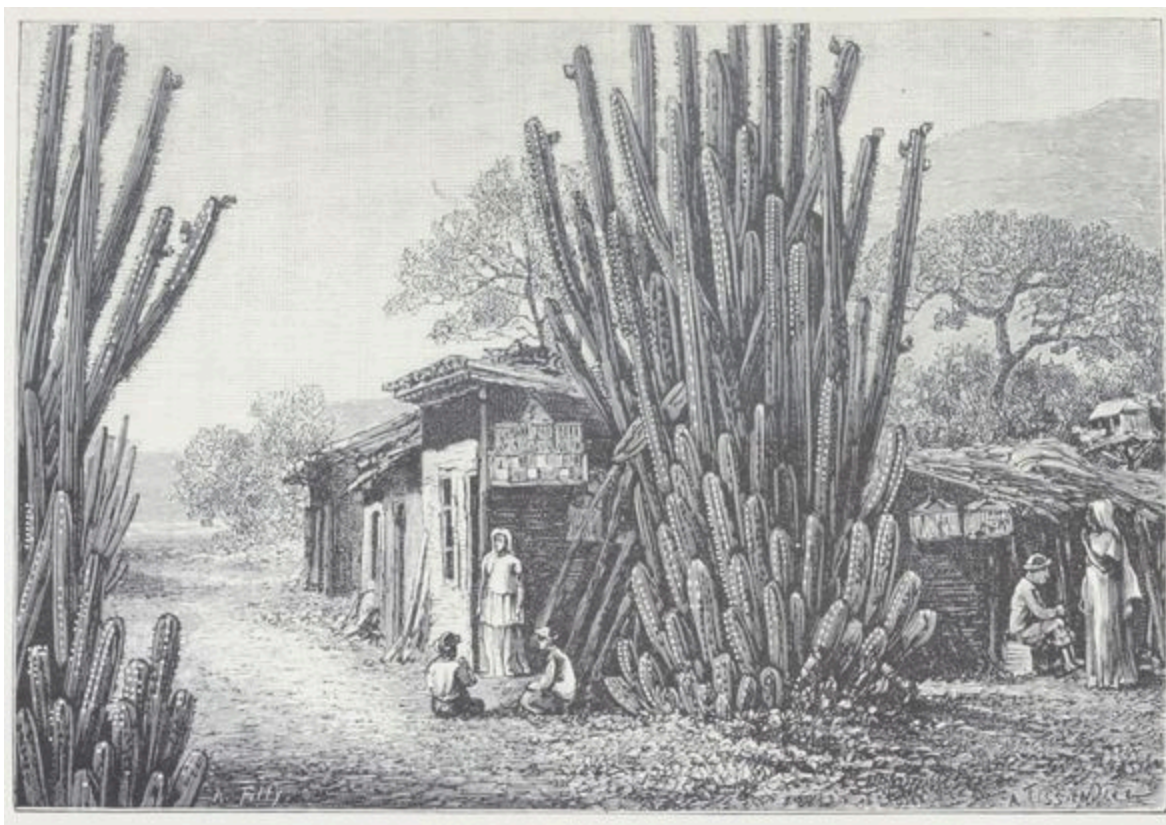
pu me procurer à Carthagène et à Guayaquil, que l'on doit abandonner l'espoir d'un canal de 7 mètres de profondeur, et de 22 à 28 mètres de largeur qui, semblable à une passe ou à un détroit, traverserait l'isthme de Panama de mer en mer, et recevrait les mêmes navires qui font voile de l'Europe aux Grandes Indes. L'élévation du terrain forcera l'ingénieur à avoir recours soit à des galeries souterraines, soit au système des écluses... Dans le cas où le canal serait creusé, il est probable que le plus grand nombre des vaisseaux, craignant les retards causés par des écluses trop multipliées, continueraient leurs voyages autour du cap de Bonne-Espérance. » Garella avait rapporté de son expédition toutes les données nécessaires pour la construction, soit d'un canal, soit d'un chemin de fer ; la Compagnie qui avait fait les frais de recherches se prononça pour la voie ferrée, mais elle laissa périmer la concession, et fut remplacée par la Société américaine qui a construit la ligne actuelle de Colon à Panama.

A partir de 1850, les explorations se continuent sans relâche à travers les différents passages de l'isthme, en particulier dans cette région mystérieuse du Darien, à laquelle était attaché le grand nom de Humboldt. Chaque explorateur rapporte le fruit de ses recherches, qui vient grossir le dossier d'examen du futur canal interocéanique. En 1850, le général du génie américain Barnard est chargé par son gouvernement d'étudier le passage par l'isthme de Tehuantepec, et rapporte un avis défavorable. Squiers, Trautwine et Jeffer étudient le Honduras, et s'opposent également à tout projet de traversée dans cette direction. Childs et Fay adoptent le Nicaragua, exploré encore par Félix Belly et l'ingénieur américain Crossmann ¹. En 1853, Lane et Kennisch explorent le Darien, et après eux, nombre de savants dont les recherches ont, pour quelques-uns, l'issue la plus tragique. C'est ainsi que, aux environs du Savannah, périssent Paterson et ses compagnons écossais. Dix-sept des explorateurs qui avaient suivi Strain succombent de privations et de fatigues dans le Darien ; Strain meurt exténué en abordant aux États-Unis. Les Indiens massacrent l'expédition Prévost, et Gisborne est forcé de reculer devant l'attitude menaçante des indigènes. Déjà Crossmann s'était noyé en voulant franchir la barre de Greytown, au début même de son expédition dans le Nicaragua. Le martyrologe de l'isthme américain comptait donc, avant la décision du Congrès de Paris et la dernière expédition de MM. Wyse et Reclus, de nombreuses victimes. Le Darien avait été le grand objectif de tous ces courageux pionniers dont la science conservera les noms, malgré l'insuccès

final de leurs aventureuses recherches. Ne disait-on pas que dans cette région, privilégiée entre toutes, les deux grands fleuves, l'Atrato du côté du Pacifique, la Tuyra du côté de l'Atlantique, n'étaient séparés en un certain point que de quelques lieues, et que même, d'après le témoignage des Indiens, « on pouvait, en portant pendant une heure sa barque sur le dos, aller d'une mer à l'autre. »

Avant d'aborder la phase véritablement sérieuse des travaux d'exploration qui devaient conduire au vote du Congrès de 1879, nous ne pouvons manquer de mentionner un des épisodes les plus curieux de l'histoire rétrospective du canal interocéanique, le projet de traversée de l'isthme de Nicaragua par le prince Louis-Napoléon Bonaparte, devenu quelques années plus tard l'empereur Napoléon III. Dans la conférence qu'il fit, en novembre 1879, à la salle du boulevard des Capucines, M. de Lesseps raconta que le prince, alors prisonnier à Ham, avait cherché et trouvé le moyen de se faire donner la concession du canal interocéanique, qui devait porter le nom de « canal Napoléon ». Pour ce travail, le prince avait été aidé dans sa prison par un officier de marine, M. Doré, capitaine de vaisseau, et avait envoyé sur les lieux d'autres personnes pour prendre de plus amples renseignements. Lorsqu'il eut rédigé son projet, Louis-Napoléon écrivit à M. Thiers pour lui demander de le faire sortir de Ham, « ne voulant plus s'occuper de politique », afin de se rendre en Angleterre où il avait organisé une Compagnie. M. Thiers, ministre à cette époque, ne répondit pas. Sur ces entrefaites, le prince s'échappa de Ham. D'Angleterre, il allait partir pour le Nicaragua, lorsque les événements de 1848 survinrent, et eurent pour lui les conséquences historiques que l'on sait. Nous livrons par la même occasion cet épisode aux réflexions de ceux qui ajoutent une foi si grande aux lois « immuables » de l'histoire.

Fig. 10. — Paysage de l'intérieur de l'isthme de Panama. (D'après une photographie.)

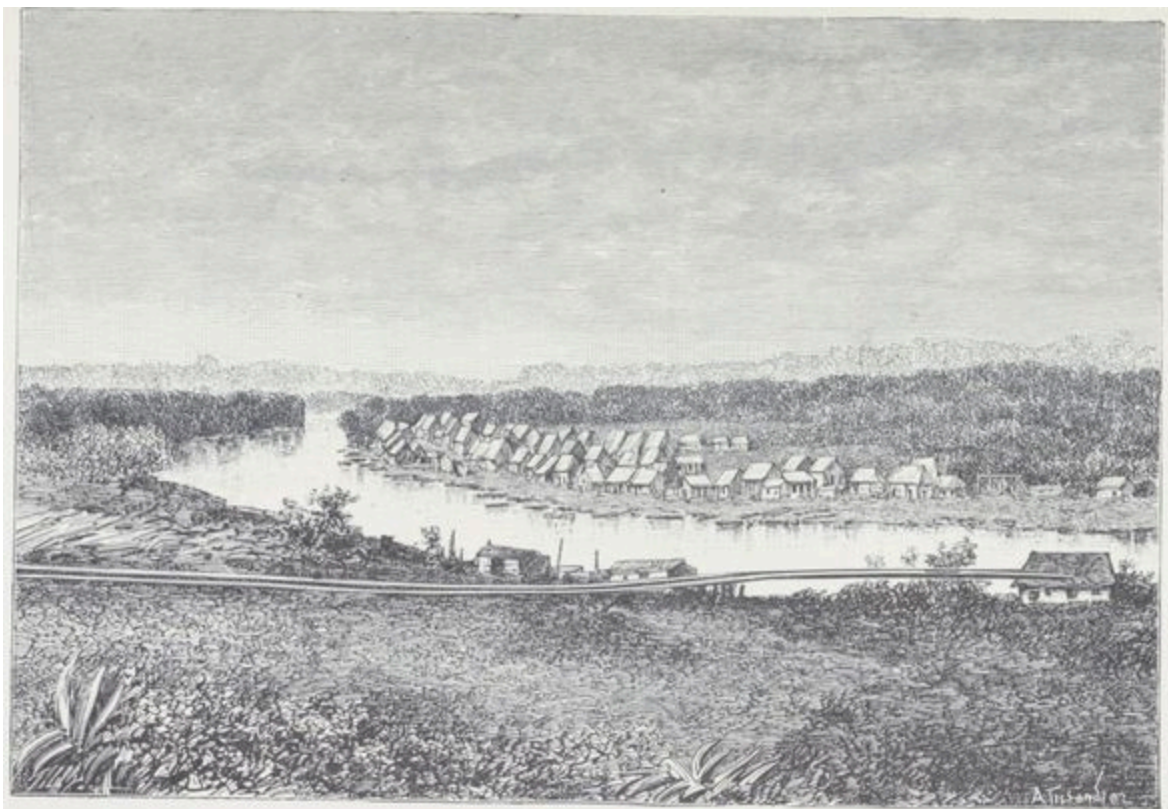


En 1870, le gouvernement des États-Unis, prenant une initiative que l'on ne saurait trop admirer, décide la formation d'une Compagnie d'ingénieurs, astronomes et marins, auxquels serait confiée la tâche de dresser la topographie exacte de l'isthme, tâche ardue entre toutes, lorsque l'on considère l'aspect superficiel du terrain sur lequel on doit opérer, enseveli sous une épaisse couche marécageuse ou recouvert par d'impénétrables forêts vierges, offrant comme unique ressource à l'explorateur quelques misérables cabanes adossées à d'étranges végétations tropicales (fig. 10) ou de rares villages indigènes de peu d'importance (fig. 11). Le commodore Shuffeld étudie le passage de Tehuantepec ; les commanders Hatfield et Lull, celui de Nicaragua, poussant au besoin, comme le fit Lull, jusqu'à Panama ; le Darien et une faible partie du Cauca (Colombie) sont explorés par le commander Selfridge et le lieutenant Collins. Ces explorations, qui durèrent trois années, donnèrent naissance à une série de projets très soigneusement dressés, mais qui laissaient entre eux des lacunes sensibles, principalement dans la partie de l'isthme qui devait plus tard recevoir le

canal définitif. L'année suivante, le Congrès des sciences géographiques d'Anvers prend en considération un projet de traversée par le Darien de M. de Gogorza, empruntant les cours de la Tuyra, de l'Atrato et de son affluent le Caquirri, projet qui fut également recommandé par le Congrès tenu aux Tuileries en 1875. Ce fut à cette réunion, où la question du canal se posait devant un auditoire compétent, sous l'impression du succès toujours grandissant de Suez, que la résolution suivante fut prise, sur l'initiative de M. de Lesseps : « Le Congrès exprime le vœu que les gouvernements intéressés à l'ouverture d'un canal interocéanique en poursuivent les études avec le plus d'activité possible et s'attachent aux tracés qui présentent à la navigation les plus grandes facilités d'accès et de navigation. » Cette dernière recommandation condamnait en principe la grande majorité, pour ne pas dire la totalité des projets exposés, exigeant tous des écluses nombreuses, dont l'inconvénient capital avait déjà été signalé par Humboldt.

Le vœu du Congrès géographique de 1875 amenait bientôt, grâce à l'initiative de la Commission de Géographie commerciale et de la Société de Géographie réunies, la constitution d'un Comité français d'études pour le percement d'un canal interocéanique américain. M. de Lesseps fut nommé président du comité, avec MM. le vice-amiral de La Roncière Le Noury et Meurand, comme vice-présidents. Les membres, au nombre de neuf, étaient MM. Daubrée, directeur de l'École des Mines, Levasseur et Delesse (de l'Institut), Foucher de Careil, Malte-Brun, Cotard, Maunoir et Hertz. M. Bionne, qui succomba depuis dans un de ses voyages à l'isthme, était secrétaire de la Commission, à laquelle s'adjoignirent MM. Georges Périn, de Watteville, Herpin, Dauzats, ingénieur de la Compagnie de Suez, Gauthiot et Capitaine. A peine ce Comité était-il constitué qu'une Société civile pour les explorations se formait sous les auspices de M. le général Türr, que nous retrouvons aujourd'hui à la tête de l'entreprise de percement de l'isthme de Corinthe, et de M. L. N. B.-Wyse, l'auteur, avec M. Armand Reclus, du tracé actuel du canal. Il nous faut ici citer tous les noms ; l'œuvre touche à son accomplissement, elle sort du domaine de l'histoire pour entrer dans celui de la réalisation, et nous avons à relater les laborieuses démarches qui ont précédé la mise en activité d'un travail que la France a bien le droit de revendiquer et d'inscrire au nombre de ses plus grandes et plus profitables victoires.

Fig. 11. — Vue du village de Gatun, que traversera le canal de Panama. (D'après une photographie)



L'expédition décidée par la Société et composée de MM. Wyse, Reclus, Bixio, officier d'ordonnance de S. M. le roi d'Italie, Gerster, Brooks, de Lacharme et Musso, explora les divers passages du Darien, la voie Tuyra-Acanti, l'isthme de San Blas et l'isthme de Panama. Toutes les vallées du versant méridional de la Cordillère furent reconnues, depuis le golfe de San Miguel jusqu'à Panama. Au cours du voyage, MM. Bixio, Brooks et Musso succombèrent glorieusement à la tâche : ils furent remplacés dans la seconde période du travail par MM. Verbrugghe et Sosa. L'expédition terminée, MM. Wyse et Reclus rapportèrent au Comité français d'étude tous les documents nécessaires pour soumettre la question à un Congrès international que M. de Lesseps ne tarda pas à provoquer, et qui devait, comme nous le savons, résoudre la question tout en faveur des derniers explorateurs.

Le Congrès s'ouvrit le 15 mai 1879, à l'hôtel de la Société de géographie. Chaque nation avait tenu à honneur d'y envoyer ses illustrations les plus célèbres, ingénieurs, économistes, navigateurs. Cinq commissions furent formées pour l'examen détaillé des divers projets, aux points de vue de la

statistique, de l'économie commerciale, de la navigation, de la construction et des voies et moyens. MM. Ed. Charton, Marius Fontane, Levasseur, Simonin, Dupuy de Lôme, Flachet, Foucher de Careil, Georges Périn, Cérésolle, d'Hane-Steenhuyse, Cristoforo Negri, Cotard, Daubrée, Dauzats, Delesse, Hawkshaw, Ruelle, Selfridge, apportaient le concours de leurs diverses aptitudes à ces discussions mémorables. Parmi les plus compétents dans la question technique de traversée de l'isthme : MM. Couvreur, l'entrepreneur du canal de Suez, des travaux de régularisation du Danube, du port d'Anvers ; Louis Favre, le regretté entrepreneur du tunnel du Gothard ; Daniel Colladon, le savant physicien genevois, à qui l'on doit l'installation des machines à air comprimé des souterrains des Alpes ; Lavalley, l'entrepreneur des dragages du canal de Suez ; Dirks, ingénieur en chef du Waterstaat de Hollande ; Voisin, ancien directeur général des travaux de Suez, etc., etc... Une telle assemblée, librement consultée par M. de Lesseps, pouvait à bon droit être considérée comme un tribunal jugeant sans appel.

§ 2. — Les cinq grands passages de l'isthme américain : Tehuantepec, Nicaragua, Panama, San Blas, le Darien. — La seconde victoire de M. de Lesseps.

Suivons, du Nord au Sud, la carte de l'isthme, sur laquelle nous avons marqué distinctement les cinq tracés principaux (fig. 17). Nous voyons tout d'abord au Nord, à la base de la grande corne mexicaine, le canal par l'isthme de Tehuantepec. Sa longueur est de 240 kilomètres ; la durée du passage sera de douze jours, et sur son parcours devront être installées cent vingt écluses. Impossible de tracer un canal à niveau. — Plus bas, voici le canal de Nicaragua, empruntant le lac du même nom, d'une longueur de 292 kilomètres, nécessitant une durée de quatre jours et demi pour le passage, avec dix-sept écluses. Impossible également de songer à un canal à niveau. — Dans le plus mince étranglement de la presqu'île, là où tous les yeux se portent de prime abord, lorsque l'on songe à séparer les deux continents, à trancher cette soudure qui retient ensemble les deux Amériques jumelles, deux tracés, par l'isthme de Panama ou l'isthme de San Blas. Tous deux offrent les conditions nécessaires pour un canal à niveau, sans écluses ; pour tous deux, la durée du passage est réduite à un

jour ; la longueur par Panama sera de 73 kilomètres, celle par San Blas de 53 kilomètres ; mais l'établissement du canal de San Blas nécessitera un tunnel inévitable de 16 kilomètres de longueur, tandis que le canal de Panama traversera le massif montagneux par une gigantesque tranchée. — Enfin, tracé inférieur du Darien par l'Atrato et le Napipi, de 290 kilomètres, dont 4 kilomètres en tunnel, exigeant deux écluses et une traversée de trois jours.

Pour ces cinq traversées de l'isthme, la Commission technique nommée par le Congrès n'eut pas à étudier moins de quatorze projets de canal, la plupart à écluses. L'isthme de Tehuantepec ne donna lieu qu'à un seul projet : un canal à écluses dont le développement, dressé par M. le capitaine Shuffeldt et M. l'ingénieur Fuentes, avait été modifié par le rapporteur, M. de Garay. — Le passage de Nicaragua donna naissance à quatre projets : le premier de MM. Lull et Menocal, les trois autres de MM. Blanchet, le regretté collaborateur de MM. Cuvreux et Hersent, décédé depuis sur les travaux mêmes, Mainfroy et Belly. M. Mainfroy avait dirigé personnellement les études de nivellement exécutées pour le compte de la Société organisée en 1858 par Thomé de Gamond. — Trois projets de traversée de l'isthme de Panama furent présentés par MM. Lull et Menocal (canal à écluses), Wyse et Reclus (canal à niveau) ; le troisième projet reposait sur la création d'un lac artificiel servant à l'alimentation d'un canal à écluses. — MM. Wyse et Reclus, et subsidiairement M. Kelley, présentèrent un projet de canal à niveau par San Blas. — La partie méridionale de l'isthme du Darien donna lieu à trois tracés, dont un à écluses de M. l'ingénieur Celler, par l'Atrato et la Tuyra, et deux à niveau : le premier de MM. Wyse et Reclus, du golfe d'Acanti à la Tuyra ; le second de M. de Puydt, de Porto-Escondido à la Tuyra. Les deux derniers passages de l'isthme par l'Atrato et le Napipi, avec débouchés dans la baie Chirichiri, sur le Pacifique, se seraient effectués, soit par un canal à niveau, soit par un canal à écluses, tous deux présentés par M. le commandant Selfridge.

Avant de procéder à l'examen de ces quatorze projets, la Commission technique, à laquelle incombait le glorieux mandat de faire un choix définitif, posa les bases générales sur lesquelles serait installé le nouveau canal maritime. — Le canal interocéanique, à l'exemple du canal de Suez, devait être à une seule voie, avec garages de distance en distance pour les croisements des navires. La largeur du canal à la base serait de 22 mètres, avec 8^m,50 de profondeur comptée en contre-bas du niveau des plus basses

eaux dans le canal, afin d'offrir une marge suffisante pour les envasements qui ne pourront manquer de se produire, et qu'il convient de n'enlever que périodiquement : la largeur à la ligne d'eau sera d'environ 56 mètres. Les talus, convenablement inclinés suivant la tenue des roches, se prolongeront jusqu'à 2 mètres au-dessus du niveau de l'eau, et seront surmontés d'une banquette de 2 mètres de largeur. — Dans les traversées du canal en roche dure, les parois latérales de la cuvette présenteront une inclinaison se rapprochant de la verticale, et pourront être protégées, à la hauteur de la ligne d'eau, par une défense en charpente destinée à éviter tout frottement des navires contre les roches. A une hauteur de 2 mètres au-dessus de la ligne d'eau, le talus sera interrompu par une banquette. — Les garages seront établis de 10 en 10 kilomètres dans les terrains ordinaires, et, en raison de la moindre vitesse que devront adopter les navires dans le canal en roches dures, ils seront distancés, dans cette partie spéciale de la traversée, de 5 à 6 kilomètres seulement. Ces garages n'existeront que d'un seul côté du canal, sur 500 mètres de longueur. La série de profils ([fig. 12](#) à 16) montre les sections du canal dans ses diverses parties, en roches tendres et dures, dans les garages et dans les chenaux qui devront être creusés en mer pour atteindre les fonds de 9 mètres. Le rayon minimum des courbes du tracé sera fixé à 2,000 mètres.

[Fig. 12.](#) — Profil du canal interocéanique dans les terres.



[Fig. 13.](#) — Profil du canal interocéanique dans les roches. The diagram shows a cross-section of a canal cut into hard rock. The water level is indicated by a horizontal line. The width of the waterway at the water level is marked as 28m. The sides of the canal are steep and vertical, contrasting with the sloping sides in Fig. 12. Above the water level, there are horizontal lines representing embankments or banquettes.



Fig. 14. — Gare du canal interocéanique dans les terres.

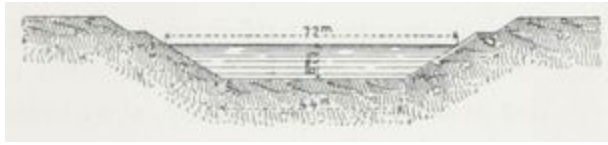


Fig. 15. — Gare du canal interocéanique dans les roches.



Fig. 16. — Chenaux du canal interocéanique en mer.



Chacun des projets présentés au Congrès devait passer au crible de ces exigences techniques, et nous verrons rejeter plusieurs d'entre eux pour n'avoir point satisfait à telle ou telle des conditions de ce programme parfaitement justifié. Prenons, par exemple, la fixation du minimum des courbes du canal interocéanique à 2,000 mètres, et représentons-nous un de nos navires de fort tonnage, mesurant parfois une longueur de 140 mètres, de la poupe à la proue ; il serait certainement impossible de le faire évoluer avec sa marche normale, si on voulait le contraindre à suivre tous les plis et replis, à s'engager dans les méandres étroits et resserrés d'un canal établi avec des courbes de faible rayon. Mais au-dessus de toutes ces considérations, comme la pierre angulaire de ces solennelles discussions, s'élevait la question capitale qui a été définitivement tranchée par le Congrès, la lutte entre le canal à écluses et le canal à niveau, résolue, disons-le tout de suite, en faveur de ce dernier système. Panama, comme Suez, sera un canal à niveau, n'offrant sur toute la longueur de sa traversée aucun obstacle artificiel ; ne forçant point les navires qui emprunteront son lit, à faire, devant chaque porte d'écluse, de longues et inévitables stations, ne partageant pas une traversée en une série de voyages distincts : 17 à Nicaragua, 120 à Tehuantepec !

Se représente-t-on bien ce qu'est la traversée d'un canal à écluses, de quelles longueurs, de quelles pertes de temps irréparables ces voyages se trouvent grevés. Prenons, par exemple, ce qui se passe dans nos canaux fluviaux. La durée du passage d'une écluse par un bateau n'y dépasse jamais vingt minutes ; mais, en dehors de l'éclusage proprement dit, il faut songer aux nombreuses manœuvres, aux causes de retard multiples, plus ou moins accidentelles, qui augmentent de beaucoup le temps consacré effectivement par les bateaux à cette opération. On admet en général que le passage d'une écluse équivaut à une marche d'environ 2 kilomètres, c'est-à-dire que deux canaux, l'un de 100 kilomètres sans écluses, l'autre de 60 kilomètres avec vingt écluses, seront équivalents pour les transports, comme temps et comme prix du frêt, les vingt écluses du second compensant l'économie de parcours de 40 kilomètres qu'il présente sur le premier. Telle est l'opinion émise par l'un de nos ingénieurs les plus distingués, M. l'ingénieur en chef Flamant, dans le rapport qu'il adressa à M. de Freycinet sur le projet d'établissement du canal des houillères du Nord. S'il en est ainsi pour un canal fluvial, que serait-ce pour un canal maritime, obligé de satisfaire à un transit immédiat, voyant les navires frapper à la porte de ses écluses, réclamant impérieusement l'économie de temps, donc de dépenses, qui leur a été promise en retour de leur passage par la route nouvelle !

Fig. 17. — Les cinq traversées de l'Amérique Centrale (Tehuantepec, Nicaragua, Panama, San Blas, le Darien.)



Nous ferons ressortir encore mieux l'impossibilité d'admettre le système à écluses en établissant simplement le devis du temps nécessaire au libre passage d'un nombre donné de navires dans les eaux du canal. Le tonnage total prévu pour le canal interocéanique étant fixé, par des calculs que nous examinerons plus loin, à 6 millions de tonnes, et le tonnage moyen des navires, basé sur celui de Suez, à 2050 tonnes ², on voit que théoriquement il faudrait, pour obtenir ce mouvement annuel, que huit navires se présentassent chaque jour pour passer le canal. Il serait toutefois absolument imprudent d'accepter cette moyenne du passage de huit navires, résultant du simple partage du tonnage annuel par le nombre de jours de service du canal. Les grands échanges s'effectuent, en effet, à des époques déterminées. A Suez, la campagne active va de septembre en avril ; au canal interocéanique, on suppose avec raison qu'elle aura lieu à la saison des blés, qui nécessitera le passage journalier moyen de seize à vingt-quatre navires, représentant un mouvement commercial, pendant cette période, d'un

million de tonnes. Il faut en outre prévoir, comme cela se passe à Suez, un état de mer arrêtant souvent les navires un, deux ou trois jours au large, et les conduisant à se présenter en flotte à l'entrée du passage. Ce ne sera donc plus vingt-quatre, mais cinquante navires et plus qui devront transiter en un seul jour, ce que ne pourrait jamais permettre un canal à écluses. « L'expérience des manœuvres de garage dans le canal de Suez — disait M. Marius Fontane dans son rapport lu en séance générale du Congrès, au nom de la première Commission — me permet de dire qu'une seule écluse d'un navire, augmentée du temps d'approche et du temps de départ, demanderait deux heures, une heure au minimum. En conséquence, une seule écluse, dans un canal maritime, en supposant un travail constant de jour et de nuit, limiterait fatalement à douze ou vingt-quatre, au maximum, le nombre des navires à faire transiter, chiffre insuffisant pour satisfaire à un transit rapide. »

Les quelques considérations que nous venons d'exposer font déjà prévoir les résolutions du Congrès, touchant le système de canal à adopter. Comme Suez, le canal de Panama sera un canal à niveau, un véritable « bosphore artificiel », à larges inflexions, dans lequel les navires du plus haut tonnage, les cuirassés du plus haut rang, pourront évoluer librement. Déjà, vers la fin de 1869, après l'inauguration du passage de Suez, M. de Lesseps portait par anticipation ce jugement que les événements devaient pleinement ratifier : « En Égypte, depuis les temps historiques les plus reculés, on n'avait songé qu'à un canal intérieur, du Nil à la mer Rouge, et non à un canal maritime sans écluses entre les deux mers... Les anciens projets, y compris celui de M. Lepère, se servaient de l'eau du Nil pour la navigation du canal entre les deux mers, d'Alexandrie à Suez, au moyen de prises d'eau et d'écluses. C'était une erreur, et c'est ce qui fait que les projets américains, pour le percement de l'isthme de Panama, ne pourront pas réussir, tant qu'on n'aura pas trouvé le moyen de couper simplement l'isthme d'un Océan à l'autre. Jamais, en essayant d'amener l'eau d'un fleuve à la mer, on ne parviendra à faire un canal maritime. D'ailleurs, pour un parcours qui abrégera les voyages de trois mille lieues, il viendra nécessairement une époque où l'on pourra voir transiter cent bâtiments dans une journée. Le passage pour chaque écluse exigera au moins une demi-heure par navire. De plus, les écluses doivent être réparées, d'où des chômages forcés, une grande consommation d'eau, et pas de certitude absolue de ne pas en manquer. » Si cette sage observation du créateur du canal de Suez eût été écoutée,

combien de projets savamment étudiés, combien d'explorations périlleuses, dont les sciences géographiques ont quand même recueilli les fruits, eussent été abandonnés de prime abord ! Si les efforts de ces savants explorateurs, dispersés sur toute la longueur de l'isthme, de Tehuantepec à l'Atrato, se fussent tous dirigés vers le passage à niveau naturellement indiqué entre Colon et Panama, l'isthme américain serait peut-être aujourd'hui perforé, et la ceinture du monde complètement dénouée !

Des considérations d'un ordre tout aussi général que la distinction que nous venons d'établir entre les deux systèmes de canaux à écluses ou à niveau, devaient venir s'opposer à l'adoption de toute une famille de projets, en confirmant encore le choix du canal actuel de Panama. Nul n'ignore que l'Amérique centrale, qui n'est, à proprement parler, que le prolongement de la Cordillère des Andes vers les hauts plateaux du Mexique, est un des centres d'activité volcanique les plus étendus du globe ; il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner une carte de la distribution géographique des volcans ³. Les cinq États de Guatemala, San Salvador, Honduras, Nicaragua et Costa-Rica, renferment quatre-vingt-deux cratères volcaniques. L'État de Nicaragua, entre autres, sur le territoire duquel se trouve tracé le projet du grand canal à écluses du commandant Menocall, n'en compte pas moins de vingt-quatre, dont plusieurs en activité. Le volcan Consequina, lors de sa dernière éruption de 1835, couvrit le pays de scories à une distance de 180 kilomètres ; le Viejo, haut de 3000 mètres, est toujours en activité, comme celui de las Pilas. Le lac de Nicaragua est lui-même parsemé de nombreuses îles à cônes volcaniques, cratères et lacs cratériques ; deux de ces îles, Mandeira et Omotepe, sont en activité volcanique. Le Monte-Blanco mesure 3578 mètres d'altitude ; le San Miguel a vomi, dans sa dernière éruption, une plaine de lave de 40 kilomètres sur quinze ; l'Izalco, depuis son soulèvement de 1793, continue toujours à élever son cratère ; les volcans jumeaux de l'Aqua et du Fuego mesurent 4160 et 4268 mètres de hauteur ; le dernier de ces deux volcans, le Fuego, a fait éruption le 29 juin 1880, couvrant la plaine de ses scories. La chaîne volcanique de l'Amérique Centrale, qui s'étend entre le 16e et le 8e degré de latitude Nord, a pour dernier témoin, sur la frontière nord de l'État de Panama, le Chiriqui, depuis longtemps complètement éteint ; l'activité volcanique ne reparaît plus qu'à Quito. L'État de Panama, seul de l'isthme américain, est exempt de phénomènes volcaniques, comme le montre la carte (fig. 18), sur laquelle nous avons tracé les deux régions soumises, soit

aux phénomènes directs des éruptions, soit aux phénomènes secondaires des tremblements de terre.

Fig. 18. — L'activité volcanique dans l'Amérique Centrale.



Ces phénomènes volcaniques ont laissé sur plusieurs points de l'isthme des traces irrécusables de leur intensité. La capitale de Guatemala a dû se déplacer à la suite de ces mouvements souterrains ; la ville de Granada, tout près du lac de Nicaragua, est en ruines pour la même cause. Ce n'est donc pas sans raison que M. Daubrée, président de l'Académie des sciences, et après lui M. Huyssen, inspecteur général des mines en Allemagne, signalaient au Congrès international le rôle des volcans dans le choix d'un passage de l'isthme. Plus encore qu'un passage à niveau, les canaux à écluses devaient être atteints par les secousses volcaniques, les écluses endommagées, la navigation interrompue, pendant un temps plus ou moins long, le commerce international menacé de pertes irréparables.

En dehors des considérations spéciales, telles que la situation géographique pour le Tehuantepec, l'incertitude de l'embouchure des fleuves du Darien pour le tracé inférieur par l'Atrato, le long souterrain de 16 kilomètres qu'exige l'altitude des Cordillères dans le tracé de San Blas, la Commission technique du Congrès s'inspira de ces deux considérations principales, phénomènes volcaniques et inconvénients des écluses, pour rendre la délibération qui proposait le tracé définitif par l'isthme de Panama. « La Commission technique — conclut le rapporteur, M. Voisin-Bey, — se plaçant au point de vue pour lequel elle a été instituée, est d'avis que le canal interocéanique devra être dirigé du golfe de Limon à la baie de

Panama, et elle recommande spécialement l'établissement d'un canal maritime à niveau dans cette direction. » C'est sur cette conclusion que fut basée la proposition soumise au vote des membres du Congrès, et qui résume le travail entier de cette Assemblée à jamais mémorable : « Le Congrès estime que le percement d'un canal interocéanique à niveau constant, si désirable dans l'intérêt du commerce et de la navigation, est possible ; et que ce canal maritime, pour répondre aux facilités indispensables d'accès et d'utilisation que doit offrir avant tout un passage de ce genre, doit être dirigé du golfe de Limon à la baie de Panama. » Sur 98 membres du Congrès, 78 acclamèrent cette résolution. La route nouvelle reliant l'Europe aux riches contrées que baigne le Pacifique est désormais créée. Le tour du monde par Suez et Panama remplacera dans six années la longue et périlleuse traversée accomplie pour la première fois au seizième siècle par Magellan.

§ 3. — De l'Atlantique au Pacifique. — Le chemin de fer de Colon à Panama. — Le tracé du canal interocéanique.

C'est donc désormais sur cette région de l'isthme, entre les deux baies de Limon et de Panama, que nous allons concentrer nos observations, abandonnant les routes parcourues antérieurement, du Mexique à la Colombie, par les missions de Tehuantepec, du Nicaragua et du Darien. C'est bien au passage de Panama, au col désormais célèbre de la Culebra, entamé aujourd'hui par les excavateurs et la dynamite, que devait être tracé ce canal ; c'est là, en effet, que l'énorme colonne vertébrale de la Cordillère s'abaisse davantage, et que, en même temps qu'une plus faible largeur, l'isthme vient offrir encore une altitude remarquablement légère. Le col de Guyscoyol, entre le lac Nicaragua et le Pacifique, n'a, il est vrai, que 46 mètres de hauteur au-dessus du niveau moyen des mers ; mais la distance de côte à côte entre San Juan del Norte, sur la mer des Antilles, et Buto, sur le Grand Océan, est de 291 kilomètres. Le col de Tariffa, dans l'isthme de Tehuantepec, présente une altitude de 230 mètres ; le col de Tihulé, dans le Darien méridional, s'élève à 142 mètres, et celui de Tulegua, à 146 mètres. Les hautes altitudes, plus de 300 mètres, des cols de l'isthme de San Blas, dont la largeur, de la baie de San Blas à l'embouchure du Rio Bayano, sur le Pacifique, n'est que de 50 kilomètres, ont dû également faire rejeter toute

idée de traversée maritime de cette région, l'établissement d'un canal nécessitant le creusement d'un tunnel inévitable de 15 à 16 kilomètres de longueur. Panama seul, dans la topographie des Cordillères, réunit la double condition de rétrécissement de l'isthme, faible altitude du col, et, par suite, facilité d'établissement d'un canal à niveau et à ciel ouvert.

A la vérité, nous pouvons le dire dès maintenant, les premiers projets de MM. Wyse et Reclus avaient prévu le percement d'un tunnel au col de la Culebra, que l'on se propose de traverser aujourd'hui par une tranchée colossale. Les croquis ci-contre ([fig. 19](#)), qui représentent, à la même échelle, les profils du grand souterrain panamaïen et du tunnel du Mont-Cenis, que nous supposons percés côte à côte dans un même massif rocheux, montrent assez quelles eussent été les proportions gigantesques de cet ouvrage, où l'on eût pu faire entrer l'un de ces immenses caravansérails anglais à 12 ou 14 étages, hauts de 40 mètres, dont la Nature nous a donné une si intéressante description ⁴. Le sommet de l'énorme ouverture du col de la Culebra, dans le profil proposé, dont nous avons conservé la disposition, n'était pas à moins de 30 mètres au-dessus de la ligne d'eau, afin de permettre le passage des plus forts navires. Ce projet, le premier qui eût été conçu avec ces proportions inusitées, fut abandonné pour des causes techniques multiples, et l'on résolut de creuser, à travers le col, une tranchée sur toute la hauteur de la montagne. Au nombre des arguments qui firent mettre de côté l'ouverture du grand souterrain, on allégua les brouillards intenses qui eussent pu se produire dans la galerie, par le contact des eaux relativement chaudes du canal avec l'air froid intérieur, brouillards dangereux pour la navigation. Au-dessus de ces considérations, il est probable que la Commission, au point de vue même du travail d'exécution, préféra l'enlèvement certain de la tranchée entière à la construction problématique d'une galerie de proportions véritablement cyclopéennes.

Fig. 19. — Le grand souterrain de Panama, projeté par MM. Wyse et Reclus, comparé au tunnel du Mont-Cenis.

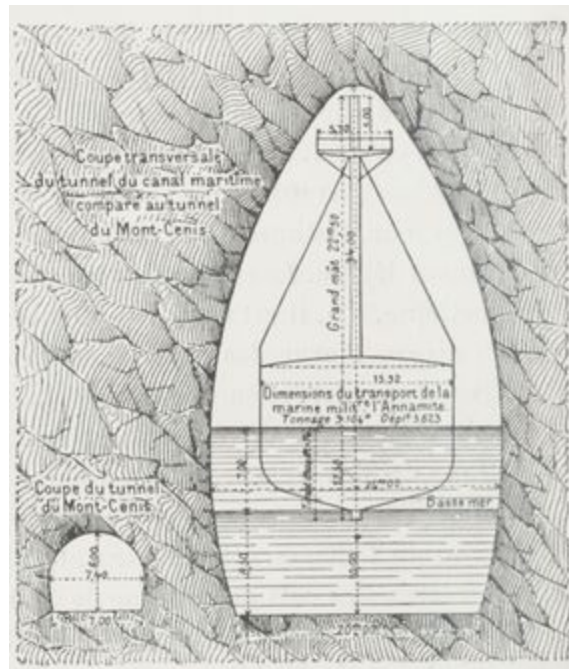
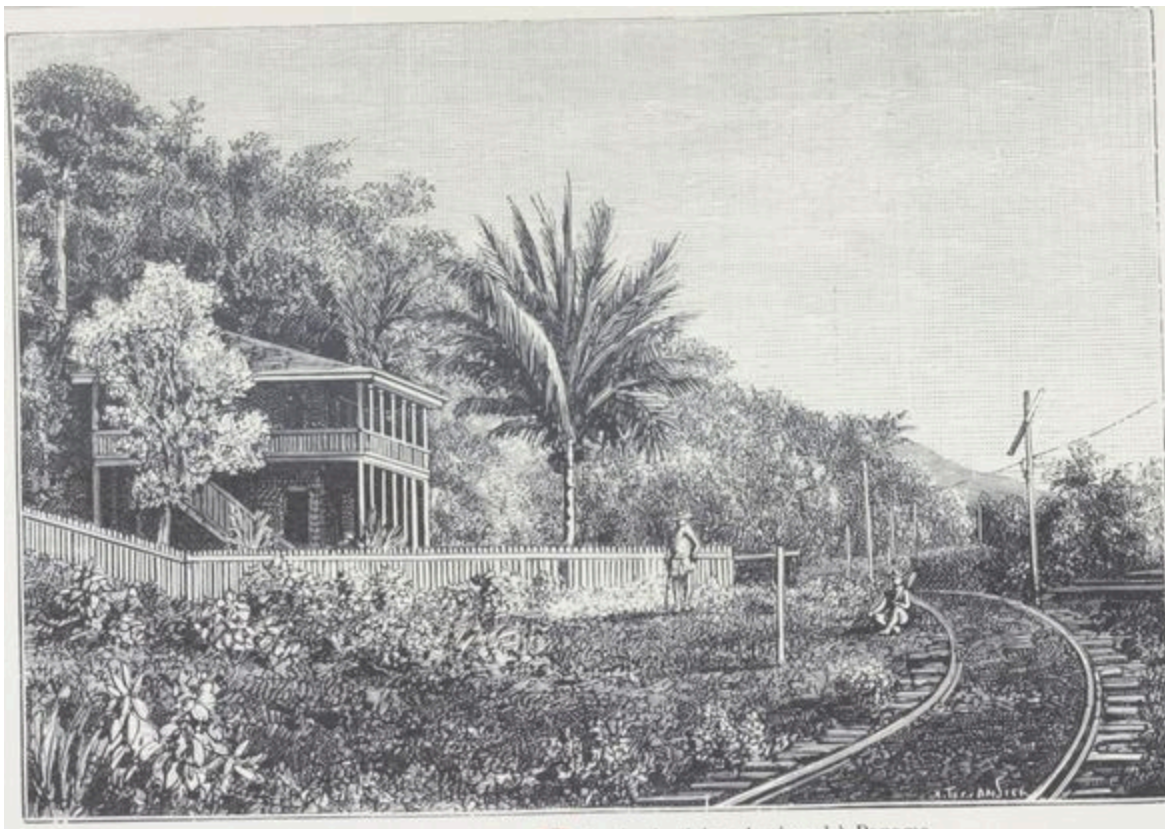


Fig. 20. — La traversée par voie ferrée de Colon-Aspinwal à Panama.



Entrons donc résolument dans l'isthme. Pour l'explorer dans toute sa largeur, nous ne saurions trouver de meilleur guide que le chemin de fer qui le traverse de Colon ou Aspinwal à Panama. Après avoir quitté Colon, tête de ligne sur l'Atlantique, bâtie sur l'île de Mnazanillo, à l'extrémité de la baie de Limon, la voie ferrée traverse le bras de mer qui sépare l'île de l'isthme, et s'engage, pendant un kilomètre environ, dans des plaines basses et marécageuses peuplées de palétuviers. Un contrefort de hauteurs rougeâtres et stériles sépare ces premières plaines du grand marais de Mindi, ombragé de papyrus, de mangliers, de mancenilliers, de palmiers, le long desquels grimpent de longues et fines fougères. Toute la luxuriante végétation des tropiques étale à nos yeux ses splendeurs : fleurs aux couleurs éclatantes, feuillages larges et touffus, laissant plonger dans le marais leurs dômes verdoyants. La voie s'élève sur le flanc de collines abruptes ; au-dessous coule le Chagres, décrivant une courbe-régulière autour du premier village, Gatun. C'est à Gatun que les femmes indigènes vous offrent la fleur del Espiritu Santo, orchidée commune dans les environs, dont les anthères et le pistil se groupent, sur la corolle d'une blancheur éclatante, en forme de colombe teintée de rose. Après le village, la voie traverse le Rio Gatun, et serpente tantôt entre des collines, tantôt au milieu de savanes aux végétations arborescentes (fig. 20). Près de Buhio-Soldado, le train s'engage dans une gorge à pic, au fond de laquelle coule le Chagres. On traverse ensuite Mamei, Gorgona, Matachin, la gorge de l'Obispo, et la locomotive s'arrête au pied du col de la Culebra, pour prendre une seconde machine qui l'aidera à gravir la Cordillère. Du sommet du col, on aperçoit le Rio Grande, et dans le lointain, Panama et le Pacifique, vers lequel on descend à freins serrés.

Rien ne saurait rendre, au dire des voyageurs qui ont traversé l'isthme, le sentiment qui vous envahit pendant ce court et merveilleux voyage, dont chaque station rappelle quelque souvenir grandiose et présage en même temps tout un avenir de développement nouveau. A travers ces mêmes gorges et ces mêmes marais, qui bientôt vont être creusés par l'excavateur et nivelés par les coups de mine, les premiers compagnons de Balboa se sont frayé un périlleux passage ; c'est sur l'emplacement de Panama que le fameux conquistador entra jusqu'à la ceinture dans les eaux du Pacifique, étalant pour la première fois sur cette plage aux yeux d'un Européen sa nappe indéfiniment déroulée, et proclama les terres et les mers nouvelles propriétés de la couronne de Castille, « tant que le monde existera et

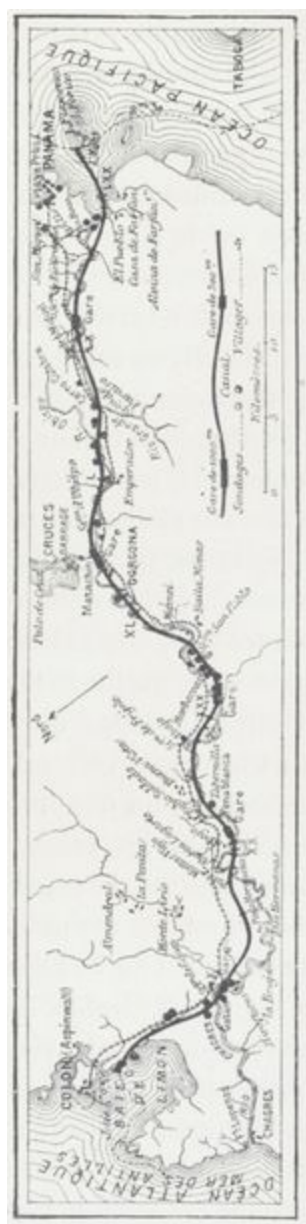
jusqu'au jour du jugement dernier ». Chacun sent que ce coin de terre, le plus infime de ce vaste et riche continent américain, pourrait, à une époque lointaine, réaliser la prédiction enthousiaste d'Ampère, déplaçant le centre intellectuel du monde pour le transporter dans l'Amérique Centrale, au milieu de l'or de Californie, de l'argent du Mexique, des diamants du Brésil, regardant d'un côté la Chine, de l'autre la vieille Europe, « qui sera le passé, un passé vénérable, car c'est d'elle que sera venu ce développement nouveau ».

Le canal côtoiera le chemin de fer sur presque tout son parcours, empruntant pour le mouvement de son matériel d'exploitation cette voie précieuse qui lui apportera ses machines, ses ouvriers, ses vivres. La contrée que traversera le canal, bien qu'elle n'offre, en aucune façon, les ressources des pays civilisés, sera toutefois moins déserte qu'à Suez. En dehors de Panama, qui a 14,000 habitants, les principaux centres de population sont, sur le versant sud : la Chorrera, 2,000 habitants ; sur le versant nord : Colon, tête du chemin de fer, avec 4,000 habitants ; Chagres, à l'embouchure du fleuve, 1,000 habitants, et, à 10 milles au Nord-Est, sur la côte, Porto-Bello avec 1,500 habitants. Gatun, la Gorgona et Cruces forment encore quelques agglomérations. Le versant de l'Atlantique est de beaucoup le plus large et le plus important. Du col de la Culebra, on descend vers la mer par la vallée du Chagres, qui, encaissé d'abord entre les gorges de la Cordillère, traverse ensuite les plaines marécageuses de Mindi. Le Cano Quebrado et le Rio Trinidad sur la rive gauche, le Frigole Grande et le Rio Gatun sur la rive droite, viennent grossir le lit du Chagres ; quant aux affluents du Rio Grande, sur la côte du Pacifique, on peut les considérer comme sans importance.

Nous sommes maintenant assez familiarisés avec la topographie et l'aspect extérieur de l'isthme pour suivre sur la carte annexée ([fig. 21](#)), à laquelle nous joignons le plan en relief de l'isthme ([fig. 22](#)), le tracé du canal maritime. Ayant son point de départ dans la partie est de la baie de Limon, par la profondeur naturelle de 8m,50, il traverse les marais de Mindi et se dirige sur le Chagres, qu'il atteint, après deux alignements (tracés du canal en ligne droite) aux environs de Gatun, vers le 10^e kilomètre. Il se maintient alors dans le voisinage du fleuve, dont il coupe le cours sinueux en plusieurs endroits ; et, au moyen de sept alignements, il arrive à Matachin, où il se sépare du Chagres, qui remonte vers le nord-est. C'est au-dessus de Matachin, à Cruces, vers le 45^e kilomètre en partant de Colon,

que sera installé le colossal barrage destiné à emmagasiner les eaux du Chagres pendant les grandes crues, et sur l'agencement duquel nous reviendrons. Matachin est resté tristement célèbre dans la légende de la construction meurtrière du chemin de fer d'Aspinwal. La nostalgie du suicide s'étant emparée des travailleurs chinois, mal nourris, manquant de tout, ces désespérés descendaient, dit-on, en compagnies funèbres vers le rivage et se laissaient emporter par la marée. Jusqu'à quel point doit-on ajouter foi à ces lugubres histoires, et croire que le nom de Matachin a véritablement pour étymologie « tue-chinois », nous ne saurions le dire ; mais, dans tous les cas, la légende qui, depuis l'achèvement des travaux du chemin de fer, a grandi en horreur, au point de publier que « chaque traverse de la voie recouvrait le cadavre d'un travailleur », n'a certainement rien de sérieux.

Fig. 21. - Tacé du canal interocéanique de Colon-Aspinwal à Panama, avec les sondages déjà effectué.



Après avoir quitté le Chagres, le canal s'engage dans la vallée de l'Obispo, affluent qui descend de la Culebra, traverse le col par une tranchée colossale, emprunte la vallée du Rio Grande et débouche enfin dans le golfe de Panama, près des îles Naos et Flamenco, par les fonds de 7m,30 au-dessous des plus basses mers. En résumé, le canal aura treize alignements, reliés par des courbes dont le rayon minimum est de 2,000 mètres ; sa longueur totale est de 73 kilomètres.

Le régime favorable des côtes, l'excellente situation des embouchures du canal, viennent s'ajouter encore aux avantages que présente le tracé de la route maritime par Panama. Du côté de l'Atlantique, la grande baie de Limon, dans laquelle débouchera le canal, est profonde ; sa superficie est de 35 kilomètres carrés, dont le tiers environ par des fonds de 9 mètres, d'excellente tenue. Cette magnifique baie est en dehors du parcours des ouragans ; une seule fois, en 1865, un de ces terribles météores s'est approché de la rade, causant des avaries aux navires. Bien que mal abritée, la rade n'en est pas moins sûre, les alizés perdant toute leur intensité à quelques milles de la côte ; cependant, dans les premiers jours de décembre, lorsque la saison sèche s'établit définitivement, elle inaugure son règne par deux à trois jours de violentes brises du Nord, qui soulèvent une grosse mer dans la baie. Sauf à cette époque de l'année, il n'y a absolument rien à craindre. Les marées de l'Atlantique sont très irrégulières et de peu d'importance. Aux mois d'août et de septembre, ont lieu les plus fortes marées de vives eaux, dont la dénivellation est de 0^m,49, et les plus fortes marées de mortes eaux, ayant une amplitude de 0^m,19. La dénivellation moyenne n'est que de 0^m,34 environ ⁵.

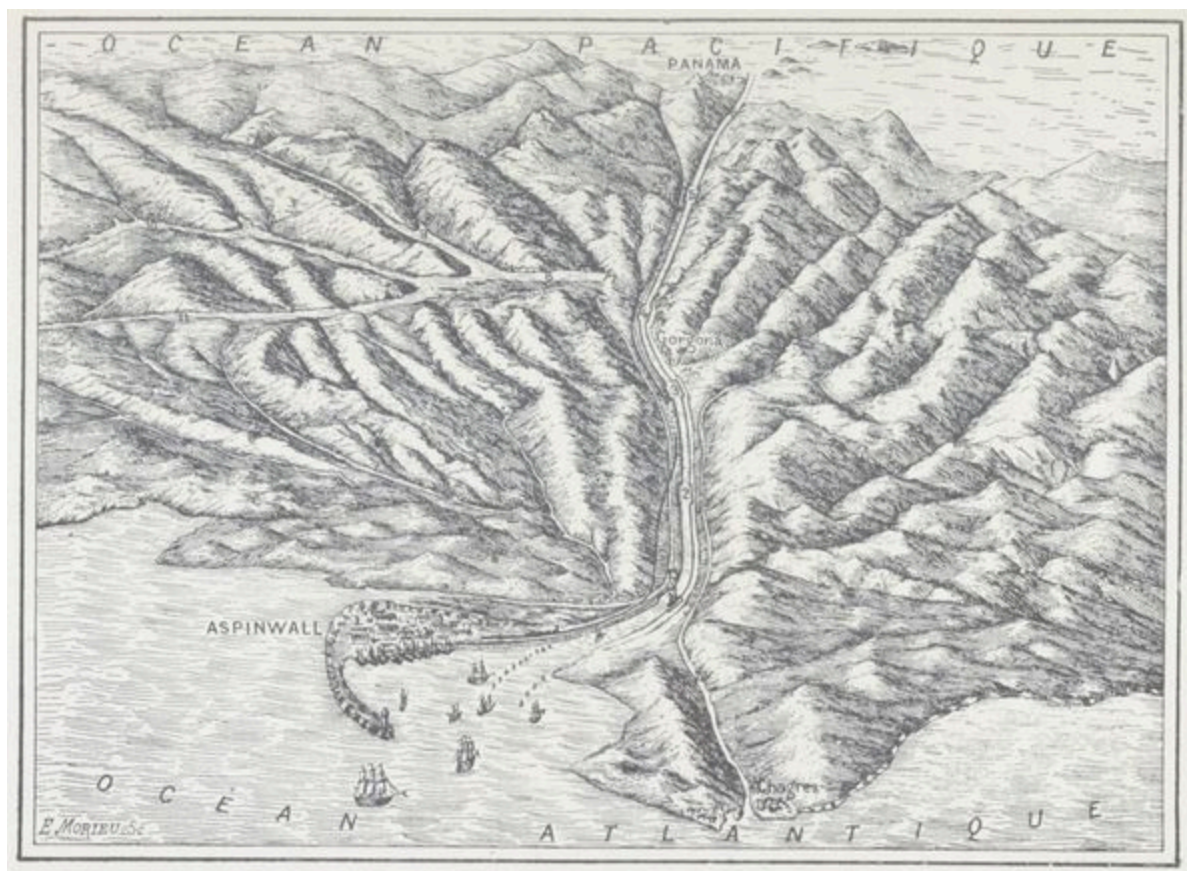
La côte du Pacifique présente des conditions toutes différentes. Comme on peut s'en rendre compte sur la [figure 21](#), les chenaux en mer devront être prolongés assez loin pour rencontrer les fonds de 8^m,50, que l'on trouve si facilement près de Colon. Les marées, presque insensibles dans l'Atlantique, atteignent dans le Pacifique une assez grande amplitude, qui est de 6m,49 maximum en novembre et décembre, et 5m,40 en mai et juin, l'amplitude moyenne variant de 3m,66 à 4^m,30. Cette énorme différence entre les marées du Pacifique et celles de l'Atlantique souleva des objections intéressantes, lors de la réunion du Congrès ; il fut question d'établir à l'embouchure Pacifique du canal une porte de marée, pour remédier aux courants violents qui devaient se manifester en même temps que l'élévation des eaux ; cette idée a, croyons-nous, été abandonnée depuis le dernier voyage dans l'isthme de la Commission des travaux, dont nous examinerons plus loin les études.

Nous avons parcouru l'isthme extérieurement au point de vue du tracé même du canal ; il nous reste à le traverser pour montrer sa constitution intime, sa coupe géologique, pour distinguer entre elles les roches dures et les roches tendres, les tranchées solides et les marais, les travaux qui seront

exécutés à la mine et ceux qui pourront être confiés aux godets des excavateurs et des dragues. La traversée de Panama n'est, en effet, nullement comparable à celle de Suez, où nous n'avons vu enlever, à part le mince rognon calcaire du seuil de Chalouf, que des sables et des argiles peu compactes ; la Cordillère présente là son dur massif, qu'il faudra entamer à la mine sur toute sa largeur, et sur une épaisseur que fixeront définitivement les sondages en cours d'exécution.

Depuis le rivage de l'Océan Atlantique jusqu'à Buhio-Soldado ⁶, au 22^e kilomètre, on ne rencontre que vases, coraux, argiles, terrains de transport, et très rarement des tufs trachytiques. Dans cette première section, on n'aura donc à excaver que des roches tendres. — Du 22^e au 36^e kilomètre, le tracé du canal étant très rapproché du thalweg du Chagres, on aura d'abord à creuser dans une couche d'alluvions d'une épaisseur minimum de 5 mètres ; au-dessous on percera en majeure partie des tufs, des brèches, ou des conglomérats trachytiques. En établissant une compensation entre les terres et les roches demi-dures, on peut admettre que le travail se fera encore dans des roches tendres. — Du 36^e au 44^e kilomètre, la couche d'alluvions diminue d'épaisseur ; elle ne peut plus être évaluée qu'à 4 ou 5 mètres, y compris la couche de blocs isolés et de roches délitées. Ici, les tufs trachytiques alternent avec quelques trachytes, et, sporadiquement, on trouve des dolérites. En moyenne, on travaillera dans des roches demi-dures. — Du 44^e au 48^e kilomètre, on rencontre du trachyte et de la dolérite, tant à l'état massif qu'à l'état bréchiforme. A partir de Paraiso jusqu'au 60^e kilomètre, règne la dolérite. C'est sur cette partie du tracé — du 44^e au 60^e kilomètre — que le canal interocéanique traverse le col de la Culebra ; les sondages effectués jusqu'à ce jour ont montré que la roche dure y est recouverte d'une couche assez épaisse de terrains relativement tendres. — Du 60^e kilomètre jusqu'au rivage du Pacifique, on traverse quelques roches stratifiées, et surtout les argiles de la vallée du Rio Grande ; on peut admettre que la dureté moyenne ne dépasse pas celle des terrains de la première section (alluvions, etc.). — Sur le rivage de l'Océan existent des strates de grès renfermant de la silice hydratée ; ces grès doivent se prolonger sous la couche de sable formant le fond de la baie de Panama ; et, en exécutant les travaux d'approfondissement du chenal d'entrée, peut-être que, sur quelques pieds d'épaisseur, il y aura à creuser dans ces grès.

Fig. 22. — Plan en relief de l'isthme de Panama, avec le tracé du canal interocéanique.



De même que les circonstances géologiques, l'étude des phénomènes météorologiques et climatiques de l'isthme a dû être exécutée avec le plus grand soin, au double point de vue de l'influence qu'ils peuvent exercer sur la marche générale des travaux et sur l'établissement d'oeuvres d'art, comme le grand barrage du Chagres, nécessité par les crues extraordinaires du fleuve pendant la saison des pluies. Ces crues peuvent, en certains endroits resserrés du lit du torrent, atteindre 11 mètres, avec l'énorme débit maximum de 1,200 mètres cubes par seconde.

Les grandes pluies des tropiques, résultat de l'amoncellement des nuages sous l'équateur, commencent en général vers le milieu ou la fin de mai. Vers la fin de juin, au solstice d'été, l'anneau de nuages a dépassé Panama, le beau temps renaît pendant un mois et demi, puis les pluies recommencent jusqu'à fin novembre ; l'averse se produit généralement vers cinq heures du soir. Les pluies de la saison humide n'exerceront pas cependant une influence directe sur la durée même du travail, les ouvriers ne devant quitter

les chantiers qu'une heure environ avant l'heure habituelle de la belle saison. Aux mines d'émeraudes de Muso (Colombie), où les recherches s'exécutent à ciel ouvert, on ne suspend les travaux qu'un jour par an en moyenne à cause des pluies. Les plus fortes hauteurs journalières de pluies observées sont très variables. A San Juan del Norte, on a constaté en 1851 douze orages ayant amené une chute d'eau de 25, 45, 50 et 75 millimètres ; deux orages se sont résolus en des hauteurs de pluie de 10 et 16 centimètres, et on cite à Colon un orage de 18 centimètres. En se basant sur ces chiffres, les crues du Chagres, qui draine le versant Atlantique de l'isthme sur une superficie de 2,650 kilomètres carrés, ont pu être parfaitement évaluées : pour un orage de 0^m, 18, l'augmentation de débit serait en moyenne de 486 mètres cubes en huit jours, le débit maximum atteignant ainsi 936 mètres cubes. Les crues de 800 et 1,000 mètres cubes sont tout à fait exceptionnelles, et elles seront, comme nous le verrons plus loin, largement emmagasinées et régularisées par le gigantesque barrage construit au-dessus de Matachin.

C'est à ces longues et abondantes pluies tropicales, autant qu'à la température suffisamment élevée, comprise entre 21 degrés, point le plus bas du thermomètre pendant la nuit, et 35 degrés, qu'il faut attribuer l'insalubrité relative du climat de certaines parties de l'isthme, principalement celles où l'évaporation amène à la surface les germes des masses fluides remuées dans les bas-fonds des plaines marécageuses. Est-ce à dire que le travailleur de l'isthme soit destiné à une mort certaine, et qu'il ira grossir le nombre des « victimes ensevelies sous les traverses du railway » ? Il serait alors préférable, si cette crainte était fondée, d'abandonner les travaux avant d'avoir ouvert ce charnier humain de Panama. Il n'en est heureusement point ainsi, et, d'après l'expérience des travaux exécutés à ce jour, on peut affirmer que, si le climat de l'isthme n'est pas absolument bienfaisant à certaines époques de l'année, il est du moins assez salubre en général, pour que la santé ne s'en ressente pas outre mesure. Les lugubres légendes colportées sur l'isthme rentraient trop bien dans les vues des ennemis de la grande entreprise pour qu'il ne leur fût point donné toute la publicité possible ; mais, depuis l'ouverture des travaux, on a dû revenir à la stricte vérité, et reconnaître que le climat de l'isthme n'est pas trop à redouter, à la condition expresse de prendre toutes précautions assignées dans les régions tropicales et à observer les règles de la plus stricte sobriété. On cherche souvent la raison pour laquelle le mineur

italien, par exemple, résiste mieux que tout autre travailleur aux durs travaux des tunnels, où la température atteint parfois 35 degrés, au milieu des gaz de la dynamite, des senteurs méphytiques accumulées par 1,000 ou 1,200 mineurs travaillant souvent dans le costume le plus primitif : la raison en est bien simple : l'Italien est sobre, ne boit guère que de l'eau... sauf les jours de paye, où le vin et le couteau reprennent leurs droits. N'aurions-nous d'autres preuves de la salubrité relative du climat de l'isthme que le long voyage qu'y fit M. de Lesseps, accompagné de la vaillante madame de Lesseps et de leurs jeunes enfants, le séjour presque ininterrompu de M. A. Reclus, celui de M. Abel Couvreur, ce serait déjà un bon point de repère pour assurer la vie des pionniers futurs du canal interocéanique, et pour faire justice des récits exagérés que nous avons tous entendu raconter ⁷.

§ 4. — Comment s'effectuera le grand travail. — Le colossal barrage du Chagres à Gamboa. — Les premiers sondages de la Culebra. — Les excavateurs dans la plaine de Mindi.

Le passage par Panama une fois adopté, la question des dépenses d'exécution entraînait en ligne, et c'est à cet examen capital que s'est livrée la Commission technique internationale qui s'est rendue dans l'isthme, et pendant cinquante jours, du 25 décembre 1879 au 15 février 1880, a refait pas à pas les études présentées au Congrès par MM. Wyse et Reclus. Les devis dressés par les deux savants explorateurs de l'isthme n'avaient en effet rien de définitif ; la somme totale des dépenses y était évaluée à 540 millions, qui semblaient répondre à toutes les exigences du tracé. La Commission du Congrès, après avoir rejeté l'établissement du gigantesque souterrain de 40 mètres d'ouverture, et décidé le passage en tranchée du col de la Culebra, modifia le prix d'unité des déblais, et éleva ce devis à plus d'un milliard, réduit par M. Wyse à 780 millions, et porté définitivement à 1,200 millions dans la dernière fixation du prix de revient par le Congrès international d'études ⁸. Ce prix de 1,200 millions était heureusement très exagéré, comme va le montrer le rapport de la Commission technique fait sur les lieux mêmes, estimant l'achèvement de l'œuvre, avec toutes les modifications que la Commission a cru utile d'apporter au projet primitif, à moins de 850 millions, dont nous suivrons très facilement le détail.

L'évaluation la plus considérable porte tout d'abord sur l'enlèvement des déblais, que nous avons déjà partagés en roches maniables, terres, vases, alluvions, rencontrées principalement dans les grandes plaines, comme le marais de Mindi, — en roches demi-dures et dures, pouvant être enlevées à l'excavateur, — en roches exigeant la mine, — et enfin en roches sous-marines. Les prix d'unité, par mètre cube, de ces travaux, avaient été primitivement fixés par le Congrès de Paris. Nous établirons donc, pour les 75 millions de mètres cubes à enlever sur le passage du canal, le devis suivant, se montant à 570 millions :

	Mètres cubes.	Prix par mèt. cube.	Francs.
Terres.....	27 350 000	2,50	68 760 000
Roches moyennement dures.....	825 000	7 »	5 775 000
Roches dures.....	27 734 000	12 »	332 800 000
Enlèvement de roches à l'aide d'épuisements.	6 409 000	18 »	115 362 000
Dragages et travaux sous l'eau. Vases et alluvions.....	12 005 000	2,50	30 500 000
Terrains durs pouvant être dragués.....	300 000	12 »	3 600 000
Enlèvement de roches sous l'eau.....	377 000	35 80	13 195 000
Totaux.....	75 000 000		570 000 000

Certes, la dépense la plus importante dans un travail semblable à celui de Panama consiste dans le cube de déblais à extraire, travail considérable exigeant l'installation de machines coûteuses, dragues et excavateurs, turbines, compresseurs d'air, conduites métalliques, matériel roulant nécessaire à l'enlèvement et au transport des déblais, dynamite, outils de toute sorte, et toutes les mille matières qu'exige l'entretien d'un chantier d'excavation de 72 kilomètres de longueur, isolé entre deux Océans. A ce détail du travail d'arrachement proprement dit, de creusement du lit du canal, nous devons toutefois joindre encore la dépense nécessitée par les travaux d'installation que nous avons déjà signalés, dont les principaux sont le grand barrage de Gamboa, au-dessus de Matachin, les rigoles de dérivation du Chagres, de l'Obispo et du Rio Trinidad, l'établissement d'une porte de marée sur le Pacifique, et la jetée de la baie de Limon sur l'Atlantique, soit 197 millions :

	Francs.
Barrage de Gamboa.....	100 000 000
Rigoles de dérivation du Chagres, de l'Obispo et du Rio Trinidad.....	75 000 000
Porte de marée sur le Pacifique.....	12 000 000
Jetée dans la baie de Limon.....	10 000 000
Total.....	197 000 000

Si maintenant, à la somme de ces deux évaluations, montant ensemble à 767 millions, nous ajoutons 10 pour 100 d'imprévu, soit 77,000,000, nous arrivons au chiffre de 844,000,000 qu'a fixé, dans son dernier voyage à l'isthme américain, la Commission technique convoquée par M. de Lesseps. La durée des travaux était en même temps estimée à huit années. Pour donner à la Commission technique le caractère de compétence internationale que les intéressés étaient en droit d'exiger d'elle, M. de Lesseps avait réuni autour de lui les ingénieurs les plus distingués, dont la haute expérience ne pouvait être révoquée en doute. C'étaient : — pour les États-Unis de l'Amérique du Nord, MM. le colonel Totten, ingénieur en chef et constructeur du chemin de fer de Colon à Panama, et Wright, général du génie ; — pour les Pays-Bas, M. Dirks, ingénieur en chef du canal d'Amsterdam à la mer ; — pour la France, MM. Boutan, ingénieur des mines ; Dauzats, ingénieur chef de service du canal de Suez ; Abel Couvreur et G. Blanchet, ingénieurs de MM. Couvreur et Hersent ; — pour les États-Unis de Colombie, MM. les ingénieurs Sosa et Ortega.

A peine le devis que nous venons de détailler était-il remis par la Commission à M. de Lesseps, que ce dernier rédigeait, en mer, à bord du paquebot américain Colon, une note tendant à réduire les évaluations de la Commission technique jusqu'au chiffre de 660 millions, introduisant ainsi une économie de près de 200 millions dans les devis précédents. Les réductions portent principalement : sur le chiffre d'évaluation du mètre cube de déblais dans les terres, porté à 2,50 par le Congrès de Paris, et que M. de Lesseps évalue à 1,50, soit 40 millions à retrancher ; — 80 millions au lieu de 100 pour le barrage du Chagres ; — 5 pour 100 d'imprévu au lieu de 10, considérant la manière large dont on a évalué la quantité de mètres cubes de terres ou de roches à déblayer ; — suppression de la dérivation du Chagres inférieur et de ses affluents, ainsi que de la porte de marée du Pacifique. Résumant le chapitre de ses économies, M. de Lesseps inscrivait donc :

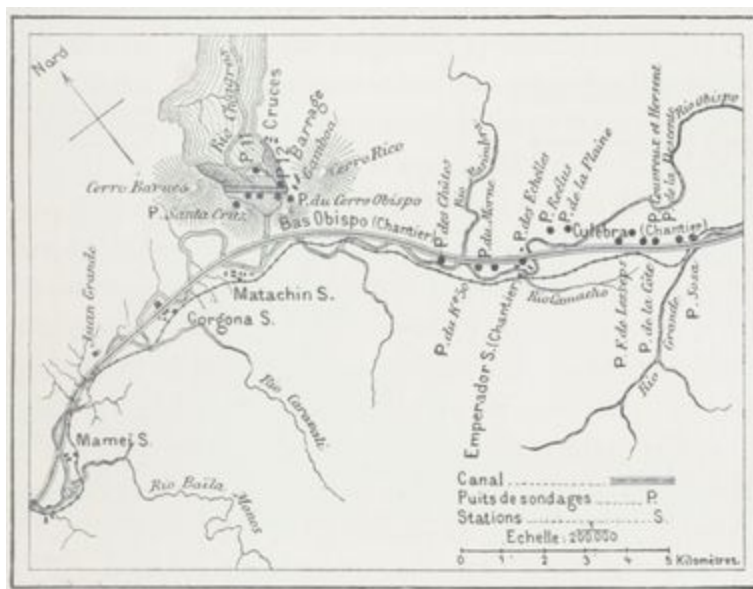
Dérivation du Chagres inférieur et de ses affluents...	75 000 000
Porte d'entrée du Pacifique.....	12 000 000
Déblais des terres.....	39 000 000
Barrage du Chagres.....	20 000 000
Imprévu (5 au lieu de 10 p. 100).....	38 000 000
Total... ..	184 000 000

Le devis d'exécution du canal interocéanique, d'après la Commission technique internationale, et en tenant compte des réductions établies par M. de Lesseps, se monterait donc à la somme réelle de 660 millions de francs, au lieu de 1,200 millions fixés par le Congrès international d'études de 1879. Arrêtons-nous sur ce chiffre de 660 millions, et même sur celui de 844 millions, établi par la Commission technique après son étude de l'isthme, et passons en revue les parties les plus intéressantes de l'œuvre, dans la traversée des plaines ou dans celle du fameux col de la Culebra, et, en premier lieu, le projet d'installation de l'un des ouvrages les plus grandioses qu'il sera donné à la science de l'ingénieur de mener à bonne fin : le barrage du Chagres à Gamboa, capable de retenir, suspendus aux flancs de sa digue gigantesque, plus d'un milliard de mètres cubes d'eau. Masse colossale, dont l'imagination se représentera la grandeur, lorsque, par un curieux calcul, on se sera convaincu que le barrage de Gamboa ne pourrait encore être rempli, si, depuis la première année de notre ère, depuis la naissance du Christ, il avait été versé, chaque minute de ces dix-neuf siècles ⁹, un mètre cube d'eau dans sa colossale cuvette ! Parmi les barrages importants que nous pouvons prendre comme exemples de celui du Chagres, citons : le barrage du Furens, près de Saint-Étienne ; celui de la Gileppe en Belgique, et celui d'Alicante. Le barrage du Furens a 56 mètres de hauteur, celui de la Gileppe 45 mètres, et celui d'Alicante, debout depuis trois siècles, 45 mètres sur 34 mètres d'épaisseur à la base.

Le barrage de Gamboa, que nous reconnaissons sur le plan partiel du canal ([fig. 23](#)), au-dessus de Matachin, à l'endroit où le Rio Chagres quitte le tracé pour se mettre presque à angle droit avec lui, est destiné, comme nous le savons déjà, à emmagasiner les eaux des grandes crues qui, pendant la saison des pluies, peuvent porter le débit du fleuve à 1,200 mètres cubes par seconde. Primitivement, avant l'exploration de la Commission technique, le Congrès de Paris avait prévu deux solutions pour remédier à cet inconvénient capital : la dérivation totale du Chagres dans un lit nouveau à ouvrir sur la rive orientale du canal, ou bien la construction, en

amont de Matachin, à Cruces, d'un barrage formant dans la vallée un réservoir régulateur, d'où l'on ferait régulièrement écouler les eaux.

Fig. 23. — Le grand barrage de Gambo'a, destiné à la régularisation des eaux du Rio Chagres.



L'étude des lieux et les renseignements certains obtenus sur le régime du Chagres ont convaincu la Commission technique qu'une dérivation totale était inexécutable. Établir à côté du canal un lit artificiel assez large et assez profond pour conduire à la mer des eaux qui, libres maintenant de s'étendre dans toute la vallée, y produisent quelquefois une véritable inondation, serait une opération secondaire plus considérable peut-être que le travail principal de creusement du canal interocéanique. On a donc accepté la solution du barrage, assez élevé pour recevoir les niveaux des grandes crues, et d'une rigole qui les conduira à la mer avec un débit maximum de 200 mètres cubes par seconde. Cette rigole qui recevrait encore les affluents de la rive droite du Chagres, pourra aboutir à l'orient de l'île de Manzanillo. La Commission technique décida, en outre, qu'une seconde rigole, occupant sur une assez grande longueur le lit du Chagres, serait ouverte le long du canal, du côté de l'Ouest, pour recevoir le Rio Trinidad et les autres affluents de la rive gauche. Ce sont ces deux ouvrages, retranschés par M. de Lesseps, qui figurent dans le devis de la Commission pour 75 millions de francs, à côté des 100 millions du barrage de Gamboa.

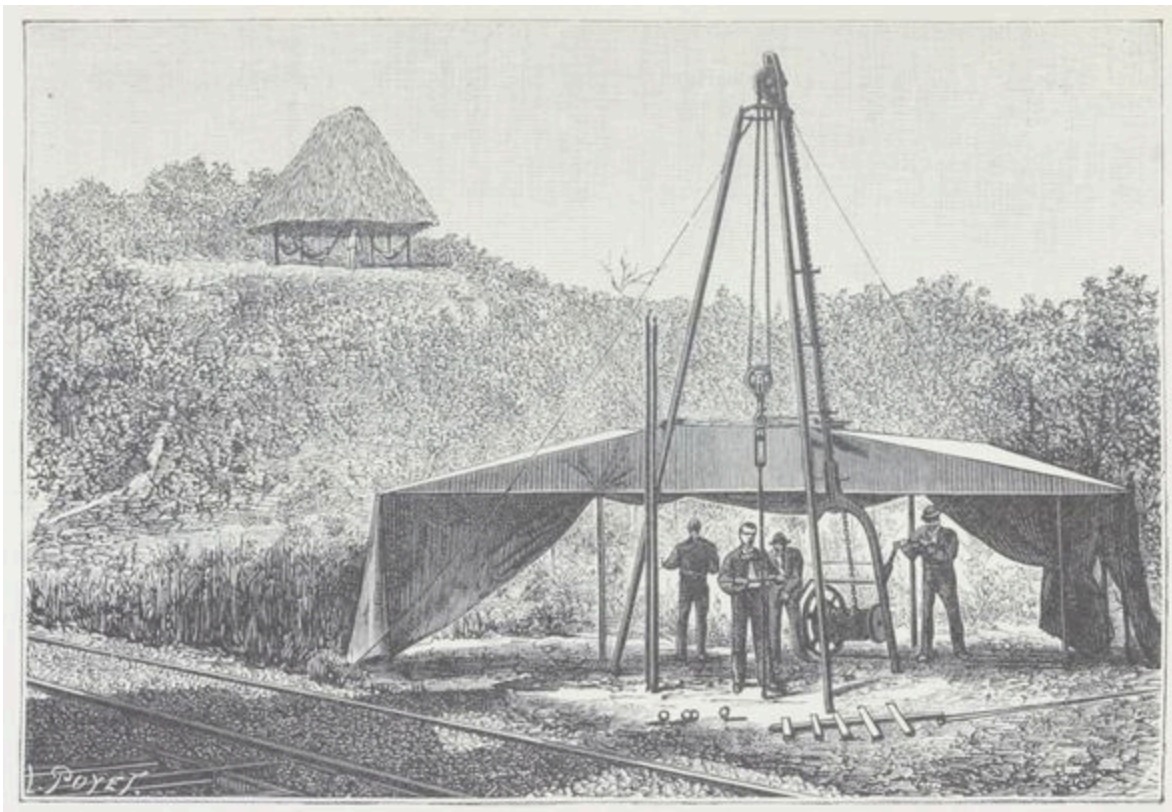
composé de roches dures, ou fallait-il croire, avec M. de Lesseps, que la puissante végétation qui couvre le sol devait descendre ses racines dans la profondeur d'une épaisse couche végétale ? Les sondages exécutés à la Culebra semblent donner raison à cette prédiction favorable ; les tréfans traversent les bancs de roche dure à des distances de la surface beaucoup plus considérables que celles qui avaient été fixées tout d'abord, et l'allure générale du terrain est celle d'un immense conglomérat à pâte argileuse et à fragments globulaires doléritiques. La structure bréchiforme domine partout. Conclusion : les terrains de la grande tranchée de la Culebra, sur une grande partie de leur développement, n'offriront pas aux machines la résistance de la roche dure compacte ; les déblais seront donc plus faciles et moins coûteux, et leur consistance sera malgré cela suffisante pour la bonne tenue des talus du canal. Ces données ressortent des échantillons fournis par les sondages du col. que nous représentons sur notre [figure 24](#), dans leur installation actuelle, manœuvrés les uns à vapeur, les autres à main, comme les puits Ferdinand de Lesseps, Couvreux et Hersent, Reclus, etc. ([fig. 25](#) et 26).

Les résultats des sondages exécutés à Gatun du côté de l'Atlantique, ont été également très favorables. Les cinq puits creusés sur ce point ont donné de l'argile, du sable agglutiné et des terrains éboulés, jusqu'à 17 mètres de profondeur. Les dragues trouveront là un vaste champ d'opérations, et, en ce moment déjà, les travaux sur la section Colon-Gatun, 13 kilomètres environ, ont été adjugés à une Compagnie américaine. La quantité à excaver est de 6 millions de mètres cubes, au prix de 1 fr. 50 le mètre, soit, comme l'avait prévu M. Lesseps, 25 pour 100 au-dessous des prix fixés par le Congrès et adoptés provisoirement par la Commission. Les excavateurs employés pourront extraire 7,500 mètres cubes dans une journée de dix heures. Les entrepreneurs pensent travailler seize heures par jour avec deux équipes d'ouvriers, et enlever ainsi 10,000 mètres cubes par jour, ce qui leur permettrait d'achever en moins de deux années la totalité de la section Colon-Gatun, avançant d'une année le terme de trois ans qui leur a été imposé par contrat.

Si maintenant, devant la date d'installation véritable des travaux, lorsque : sur toute la longueur de son parcours, de la baie de Limon au golfe de Panama, machines et ouvriers réuniront leurs efforts pour creuser la voie maritime nouvelle, nous voulons nous faire une idée générale du colossal mouvement qui animera l'isthme tout entier, reportons-nous par la pensée

dans les grandes plaines sableuses de Suez ou dans les marécages de Menzaleh ; reconstituons ces vastes chantiers avec leurs dragues et leurs excavateurs, leurs trains de wagonnets qui s'en vont verser les déblais loin de la machine qui les a arrachés, — ou bien encore à Port-Saïd, lorsque, un à un, les blocs sont coulés à la mer jusqu'à ce que le solide rempart artificiel émerge des flots. A Colon comme à Port-Saïd, en effet, on établira un môle de 2 kilomètres de longueur, ayant son origine à l'île de Manzanillo, et se dirigeant vers l'Ouest, avec une légère inflexion.

Fig. 25 — Exécution du canal interocéanique de Panama. — Installation d'un sondage à la main au col de la Culebra. Puits Ferdinand de Lesseps. (D'après une photographie.)



Quelque intéressants que soient ces derniers travaux, l'attention publique se portera spécialement vers le centre de l'isthme, aux deux grands chantiers du barrage et de la tranchée, à Gamboa ou Cruces et à la Culebra, à la tranchée surtout, où un chantier, celui d'Emperador, a déjà été ouvert le 21 janvier. Lorsque l'excavateur aura déblayé l'épaisse couche de terre végétale ou de roches maniables qui recouvre le col, lorsque le dur squelette de la montagne aura été mis à nu, alors commenceront les véritables travaux

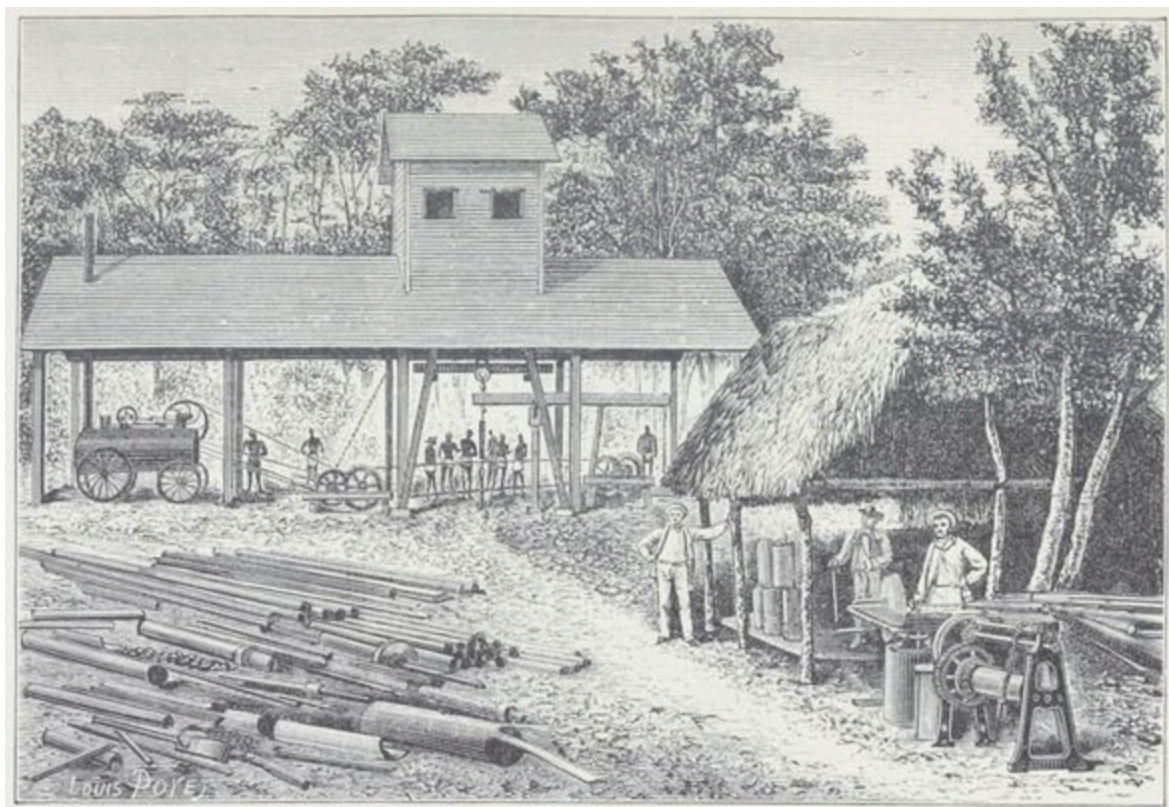
d'enlèvement à la mine. Compresseurs d'air et perforatrices, activés par la chute que l'on obtiendra avec le barrage du Chagres, creuseront sans relâche les trous de mine, que feront éclater les puissants explosifs à base de nitroglycérine. Se représente-t-on cette énorme tranchée, sillonnée de conduites d'air desservant les divers chantiers d'attaque mécanique, et, en dehors d'elle, dans un bâtiment spécial, l'imposante file des compresseurs, les grands volants, les cylindres avec leurs soupapes, aspirant l'air emprunté à l'atmosphère et le refoulant dans les cylindres où il reste emmagasiné, les turbines contre lesquelles vient se briser la colonne d'eau motrice, tout ce matériel merveilleux que nous allons voir en activité aux souterrains du Mont-Cenis, du Gothard, de l'Arlberg, et que nous rencontrerons encore dans la construction de la route sous-marine du Pas-de-Calais. A Panama, le spectacle sera plus grandiose encore qu'au Gothard. L'installation mécanique des compresseurs d'air absorbera en effet une grosse partie des 15,000 chevaux de force prévus pour le travail entier, et la marche de l'excavation à ciel ouvert, par gradins gigantesques, ne sera pas limitée à la largeur restreinte d'un tunnel.

Certes, toute cette colossale installation, destinée à la période réelle du travail, est loin d'être en activité au moment où nous écrivons, et sur les 74 millions de mètres cubes qui doivent être enlevés au sol marécageux de Mindi, aux savanes de l'intérieur, ou aux assises de la Culebra, une bien faible portion a déjà été arrachée par l'excavateur ou par la mine. Le canal n'en est pas moins commencé, le travail inauguré, et, à travers les forêts impénétrables, coupant les lianes gigantesques, nivelant le sol vierge depuis des siècles, une trochas, une route de 10 à 20 mètres de large, a été tracée, de Colon à Panama, par la courageuse brigade qui a vérifié la ligne du canal. Dans six années, sur remplacement de cette route primitive, quand les excavateurs auront creusé leur dernier godet de sables, et que la dernière mine aura jeté à l'écho des Cordillères le bruit de son explosion, le majestueux défilé des navires de tout pavillon traversera, devant la statue du grand navigateur génois, le canal interocéanique, saluant à Panama, comme vingt années auparavant à Suez, le créateur de cette nouvelle route du monde, M. de Lesseps, peut-être encore en quête d'un isthme à perforer !

§ 5. — Le canal interocéanique après son ouverture. — La doctrine de Monroë. — L'inauguration prochaine.

Arrivés à ce point de notre étude, après avoir conduit par anticipation notre lecteur jusqu'à l'ouverture du canal, l'avoir fait assister à toutes les phases de cette conception grandiose d'une route entre les deux Océans, depuis les premières et lointaines explorations de Balboa jusqu'à rétablissement du devis de la Commission technique internationale, il nous reste encore, pour compléter notre travail, à examiner quel peut être, lors de son ouverture, le rendement du nouveau passage maritime, quel nombre approximatif de tonnes de marchandises transiteront dans ses eaux, qu'elles viennent des côtes asiatiques, des ports européens ou des places américaines, quelle juste rétribution enfin peuvent espérer ceux qui ont vaillamment apporté leur obole pour doter le monde de l'une de ses œuvres les plus merveilleuses et les plus fécondes.

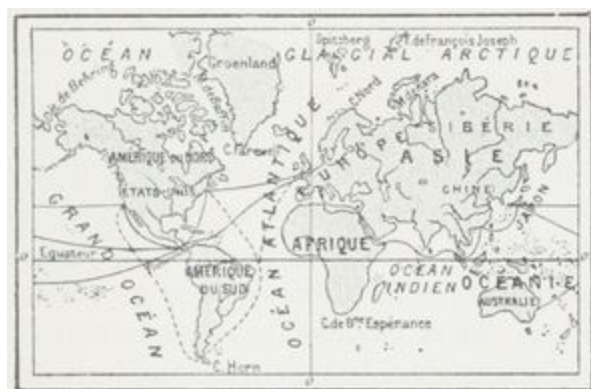
Fig. 26. — Exécution du canal interocéanique de Panama. — Installation d'un sondage (à vapeur) au col de la Culebra. Puits Couvreux et Hersent. (D'après une photographie.)



Interrogeons pour cela la carte des deux hémisphères, et plaçons-nous sur l'isthme même, à ce centre futur du monde nouveau, selon l'expression d'Ampère. A l'Est, l'Europe ; à l'Ouest, les riches contrées asiatiques, la

Chine et le Japon, l'Australie, Yokohama, Shanghai, Hong-Kong, Sidney ; au Nord, les deux côtes des Etats-Unis, New-York et San Francisco ; au Sud, les places du Chili, du Pérou et du Brésil. La voie lointaine et périlleuse du cap Horn et du détroit de Magellan, où l'on rencontre les plus hautes vagues des mers, sera supprimée pour toute cette vaste étendue commerciale, qui comprend la presque totalité des deux mondes. De même que, dans notre étude sur le premier canal maritime africain, nous avons placé en regard la nouvelle route par Suez et l'ancienne route du cap de Bonne-Espérance, nous avons tracé sur la carte annexée (fig. 27) les routes suivies par le cap Horn (traits pointillés) et par le canal de Panama (traits pleins) pour des navires partant de différents points de la zone d'attraction du canal ; on se rendra donc facilement compte du raccourcissement considérable qui résultera du choix de la voie nouvelle : 3,500 lieues pour les navires allant de Londres ou Liverpool à San Francisco ; 3,300 lieues du Havre à San Francisco ; 2,200 lieues de Londres ou du Havre à Sidney, 2800 lieues de Londres aux îles Sandwich, et enfin, pour ne citer que les lignes les plus importantes, 1,400 lieues entre Bordeaux et Valparaíso. Le tour du monde deviendra chose rapide et facile, à travers les trois détroits de Suez, Gibraltar et Panama (fig. 1).

Fig. 27. — Les routes nouvelles par le canal interocéanique de Panama.



Plus encore que le canal de Suez, déjà si riche en transit, le canal américain sera la véritable route maritime, admettant indifféremment dans ses eaux les navires à voiles et les navires à vapeur. Par Suez, en effet, le transit par voiliers est, sinon impossible, du moins assez défectueux, étant donnée la largeur restreinte de la Mer Rouge, l'inconstance des vents, variant alternativement du Sud au Nord et du Nord au Sud, forçant les voiliers qui s'engageraient dans les eaux de la Mer Rouge à évoluer pendant

de longs et inutiles jours entre deux côtes rapprochées, sur toute la longueur de cette langue chauffée à blanc par les températures torrides de l'Afrique australe et de l'Arabie. Aussi voyons-nous le transit de Suez, tout en se développant par la force du courant toujours grandissant des échanges, augmenter en passages de navires à vapeur, tandis qu'en général le voilier adopte encore la route du cap de Bonne-Espérance. A Panama il n'en sera pas ainsi. Le voilier, comme le vapeur, y rencontrera une route sûre, protégée par les alizés, et le conduisant, suivant sa destination, en Chine ou en Australie. Cette circonstance, spéciale aux mers réunies dans un avenir prochain, est destinée à faire la fortune immédiate de l'œuvre nouvelle de M. de Lesseps, contrairement à Suez, dont le transit n'a atteint les chiffres actuels qu'au bout de dix années d'accroissement successif : le tonnage de Suez, fixé en 1881 à 5,800,000 tonnes, avec 2,727 navires, n'atteignait que 3,000,000 de tonnes en 1875, avec moins de 1,500 navires, et seulement 1,450,000 tonnes et 1,082 navires en 1872. En résumé, cette difficulté de passage des voiliers par Suez réduit le transit du détroit africain au tiers environ des échanges réels entre l'Orient et les pays occidentaux.

La Commission déléguée par le Congrès d'études de 1879 n'a certes pas exagéré le tonnage qui passera, dès l'ouverture du canal, des eaux de l'Atlantique dans celles du Pacifique, en l'évaluant à 6 millions de tonnes, comprenant, en dehors du grand mouvement d'échanges entre les places commerciales des continents par le service des steamers, le passage des voiliers, et l'énorme cabotage qui va s'installer entre les rives orientale et occidentale des deux Amériques. La situation géographique des deux continents américains peut, en effet, être assez fidèlement représentée par une double boucle en forme de 8, dont il faut faire le tour complet pour aller d'un point à un autre point opposé ; séparez ces deux boucles, et leurs distances seront raccourcies de moitié par le passage ainsi créé. Examinons, par exemple, deux des principaux éléments du trafic qui s'effectue entre la côte orientale et la côte occidentale de l'Amérique, la côte chilienne et les places des États-Unis : le nitrate de soude ou salpêtre du Chili, employé spécialement dans la fabrication de l'acide nitrique, et le guano du Pérou, dont il se fait une consommation si considérable pour les engrais. Salpêtre et guano, qui suivent aujourd'hui, de Valparaíso ou de Lima pour New-York, la route du cap Horn, adopteront certainement, dès son ouverture, la route interocéanique, qui raccourcira dans des proportions avantageuses le temps de la traversée. Les bénéfices de cette nouvelle ère de transactions

seront doubles : bénéfiques pour l'armateur, qui pourra expédier avec plus de vitesse ; bénéfiques pour l'acheteur, qui verra s'abaisser d'autant le prix de revient de la matière importée. Le même raisonnement pourrait être appliqué, pour des places différentes, aux mille matières échangées dans ce rayon commercial qui embrassera la moitié de la surface du globe, l'Asie orientale, l'Océanie, la Polynésie, les deux Amériques et l'Europe.

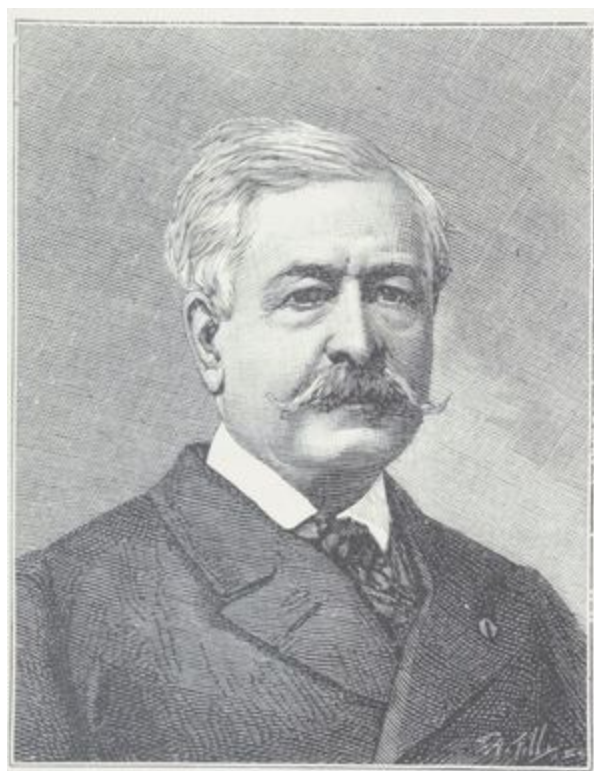
Prenant donc pour base de nos calculs ce chiffre prévu et parfaitement justifié de 6 millions de tonnes transitant par le canal, et fixant, comme l'a fait le Congrès, à 15 francs par tonne le droit de passage, il nous sera facile de calculer, avec assez d'exactitude, le revenu approximatif que procurera à ses intéressés l'œuvre de Panama. A la vérité, nous sommes, dès le principe, arrêté par le chiffre des dépenses probables, qui n'est pas encore absolument connu, mais que nous pouvons évaluer déjà à 800 millions, chiffre très large si nous nous basons sur les propositions faites à M. de Lesseps, pour la construction entière du canal, par MM. Couvreux et Hersent, que nous avons déjà vus à Suez, au Danube, à Anvers, partout où il y a de grands et difficiles travaux à exécuter. Si donc nous mettons en regard les recettes estimées, pour 6 millions de tonnes à 15 francs, à 90 millions de francs, et les charges qui pèseront sur l'entreprise, redevance au gouvernement colombien, garanties au chemin de fer, frais d'exploitation, il restera une part de dividende représentant plus de 8 p. 100 par action, dès l'ouverture du canal. Sans vouloir entrer ici dans des détails financiers, nous pouvons rappeler la plus-value colossale des valeurs de Suez, depuis l'ouverture du canal africain, et, par analogie, prédire à la route transocéanique un succès au moins égal.

Il nous semble que nous avons dès maintenant examiné la question de Panama sous toutes ses faces, aussi complètement qu'elle peut l'être, aujourd'hui que nous sommes encore dans la période préparatoire de ces travaux gigantesques. C'est à peine, en effet, si, sur les hauteurs de la Culebra ou dans les plaines de Mindi, les premiers excavateurs ont commencé à mordre les terres vierges de l'isthme. Nous ne voulons cependant point clore notre étude sans au moins définir une expression souvent prononcée dans les discussions soulevées autour de l'œuvre de M. de Lesseps : nous voulons parler de la fameuse déclaration du président Monroe. Qu'est-ce que la « doctrine Monroe », et comment a-t-elle été mêlée à l'œuvre de l'isthme américain, au point de nécessiter des déclarations catégoriques, enlevant à cette doctrine toute interprétation

défavorable à l'établissement du canal interocéanique ? Nous avons besoin pour cela de redescendre un peu dans l'histoire, au Congrès de Laybach et à la restauration du roi Ferdinand sur le trône d'Espagne.

Ce fut à ce Congrès de Laybach, en 1822, que les monarques alliés firent cette déclaration fameuse, que nous ne manquerions pas de trouver aujourd'hui tout au moins fort originale, « qu'ils avaient le droit d'intervenir dans les affaires d'un autre Etat, et de réformer son gouvernement, afin d'empêcher les effets de son mauvais exemple, c'est-à-dire le fonctionnement d'un gouvernement libre. » La Russie, la Prusse, l'Autriche et la France votèrent cette déclaration, que l'Angleterre repoussa, à sa louange. L'année suivante, en 1825, les troupes françaises entraient en Espagne, renversaient le gouvernement des Cortès, et rétablissaient Ferdinand dans ses pouvoirs royaux. Après cette première campagne sur le continent, les nations monarchiques alliées allaient-elles également rétablir, dans les colonies espagnoles soulevées de l'Amérique Centrale, le gouvernement royal chassé par la junte de 1810 et remplacé par le célèbre Bolivar ? C'est dans cette situation, devant la possibilité d'une intervention en Amérique, et pour seconder l'action de l'Angleterre, que le président des États-Unis, Monroe, fit sa déclaration, s'opposant en principe à toute intervention étrangère sur le territoire américain, intervention que les États-Unis jugeraient « comme une manifestation de dispositions non amicales à leur égard ». Telle est la doctrine de Monroe, dont on a voulu appliquer les termes à l'entreprise de M. de Lesseps, assimilant à une intervention armée une œuvre toute pacifique, librement consentie par le gouvernement de Colombie, et pour laquelle il est stipulé une absolue neutralité en cas de guerre.

Fig. 28. — Ferdinand de Lesseps.



Et maintenant, bonne chance au nouveau canal interocéanique, auquel Louis Bonaparte avait rêvé de donner le nom de Canal Napoléon, et que nous pourrions appeler « Canal Français » ou « Canal de Lesseps ». Grande est l'œuvre à accomplir, mais les résultats en seront incalculables. Dans l'une des séances du Congrès de Paris, M. le commandeur Cristoforo Negri, envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire du gouvernement italien, parlant de l'avenir du canal, des dépenses d'exécution que nécessiteront son établissement, et mettant en regard l'avenir de richesses que nous réservait son ouverture, invoquait l'exemple des digues du Pô et de la somme de travail colossal qu'a nécessitée leur construction : « Lorsque je jette les yeux sur ma patrie, la Lombardie — disait éloquemment M. Negri, — lorsque je contemple les digues prodigieuses du Pô qui, sur ses deux rives, dirigent et renferment ses eaux, de Plaisance à la mer, sur une longueur d'environ 200 milles, digues dont la largeur au sommet, toujours aussi grande que celle des boulevards à Paris, l'est en quelques localités deux ou trois fois plus, je vois que, pour sauver ces quelques hectares de terre italienne, on a exécuté un transport de déblais plus considérable que celui qui serait nécessaire au percement de l'isthme américain, c'est-à-dire à une

œuvre qui intéresse l'économie du monde entier. » L'œuvre est aujourd' hui décidée ; il ne s'agit heureusement plus de convaincre, mais de vaincre, et c'est chose facile à M. de Lesseps. Le créateur de Suez nous a annoncé que dans six années, il irait lui-même inaugurer le canal de Panama. Cela suffit pour que nous soyons certain de l'y rencontrer à date précise.

CHAPITRE IV

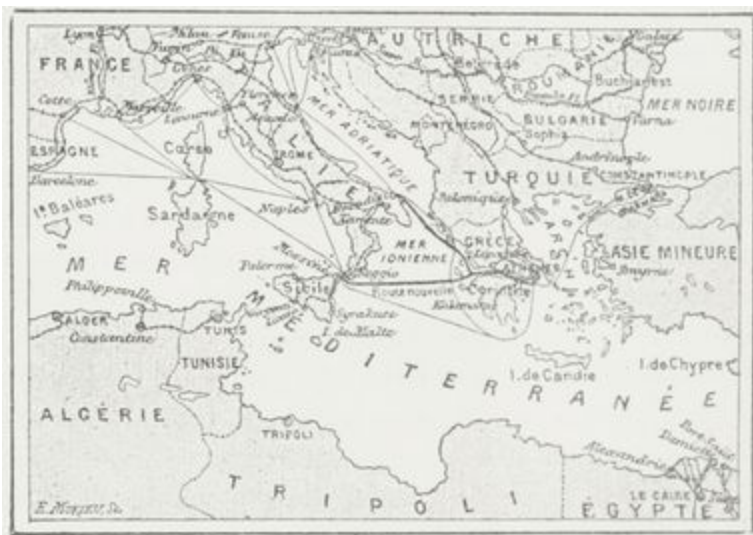
LE CANAL MARITIME DE CORINTHE

§ 1. — La Méditerranée et l'isthme de Corinthe. — Les premiers travaux de l'empereur Néron.

Moins vaste que les Océans, réunis aujourd'hui, ou près de l'être, par les détroits de Suez et de Panama, la Méditerranée, dont la surface n'est que six fois celle de la France, n'en possède pas moins un mouvement commercial considérable. Pendant de longs siècles, la « mer du Milieu » fut le centre des échanges du monde civilisé ; et les écrivains anciens, en considérant les sinuosités admirables de ses rives, aux golfes profonds et sûrs, aux promontoires et aux îles distribués à profusion dans ses eaux, ne craignaient pas de comparer sa merveilleuse configuration aux plis et replis du cerveau du monde. La découverte de l'Amérique, celle du cap de Bonne-Espérance, l'élargissement infini de nos connaissances maritimes, reléguèrent la Méditerranée dans un rôle plus modeste. Elle n'en montre pas moins encore sur ses bords quelques-unes des premières places commerciales, Barcelone, Marseille, Gênes, Alexandrie, Trieste, Venise, Constantinople. La Méditerranée possède trente mille navires, sans compter les embarcations de pêche, d'une capacité totale de 2 millions 1 /2 de tonneaux, soit plus du quart de la flotte commerciale du monde entier et le sixième de son tonnage. Quiconque a eu l'occasion de visiter les ports méditerranéens, n'a point oublié le coup d'œil vraiment féérique que présentent leurs bassins, avec leurs longues files de navires, vapeurs ou voiliers, supportant l'épaisse forêt de mâtures, qui balance au gré de la mer ses pavillons multicolores. Au chiffre déjà colossal de la flotte méditerranéenne, il convient d'ajouter encore le tonnage des navires de toutes nations, principalement anglais, qui viennent trafiquer sur ses côtes, de Gibraltar à la mer d'Azof, apportant les charbons de Cardiff ou de Newcastle, les pétroles d'Amérique. toutes les matières premières ou fabriquées du Nouveau Monde, remportant les blés

de Russie, les soufres de Sicile, les minerais de Sardaigne, d'Afrique ou de Grèce, toutes les productions si variées de ce bassin sur lequel trois continents, trois mondes différents, viennent affleurer. Le commerce méditerranéen tout entier est représenté par un trafic de 82 millions de tonnes, d'une valeur de 8 milliards de francs.

Fig. 29. — Les routes nouvelles par le canal maritime de Corinthe.



Cette appréciation générale du mouvement auquel la Méditerranée sert de véhicule suffirait presque pour nous faire apprécier l'utilité de l'œuvre qui est venue s'imposer à nous, après ses deux aînées de Suez et de Panama. Placé sur la route directe que suivent, dans la voie de leurs échanges, les places orientales et occidentales de la Méditerranée, le canal qui coupera l'isthme de Corinthe ne peut manquer d'attirer dans ses eaux la totalité des navires qui contournent aujourd'hui les promontoires de la Grèce. Un simple examen de la carte de cette partie du bassin maritime suffira pour nous en convaincre. L'isthme de Corinthe étant situé sur le 38^e degré de latitude, et le cap Matapan sur le 36°, les navires qui font le commerce des ports occidentaux français, espagnols, italiens, autrichiens, avec les ports orientaux de la Grèce, de la Turquie d'Europe, de l'Asie Mineure, du bas Danube, de la mer Noire, gagneront ainsi un parcours qui peut s'évaluer de 95 à 185 milles, soit 180 à 345 kilomètres, suivant qu'ils viendront de la Méditerranée elle-même ou de l'Adriatique. Sur la carte annexée (fig. 29), nous avons indiqué avec un trait fort la route nouvelle par l'isthme, partant de Messine pour les navires venant de la Méditerranée, de Brindisi pour les

provenances de l'Adriatique, et se dirigeant tous deux vers l'isthme par le golfe de Patras et la baie de Corinthe. Les traits plus légers, qui réunissent entre eux les différents ports, indiquent les routes maritimes suivies à ce jour, en particulier celle qui contourne la presqu'île grecque du Péloponèse.

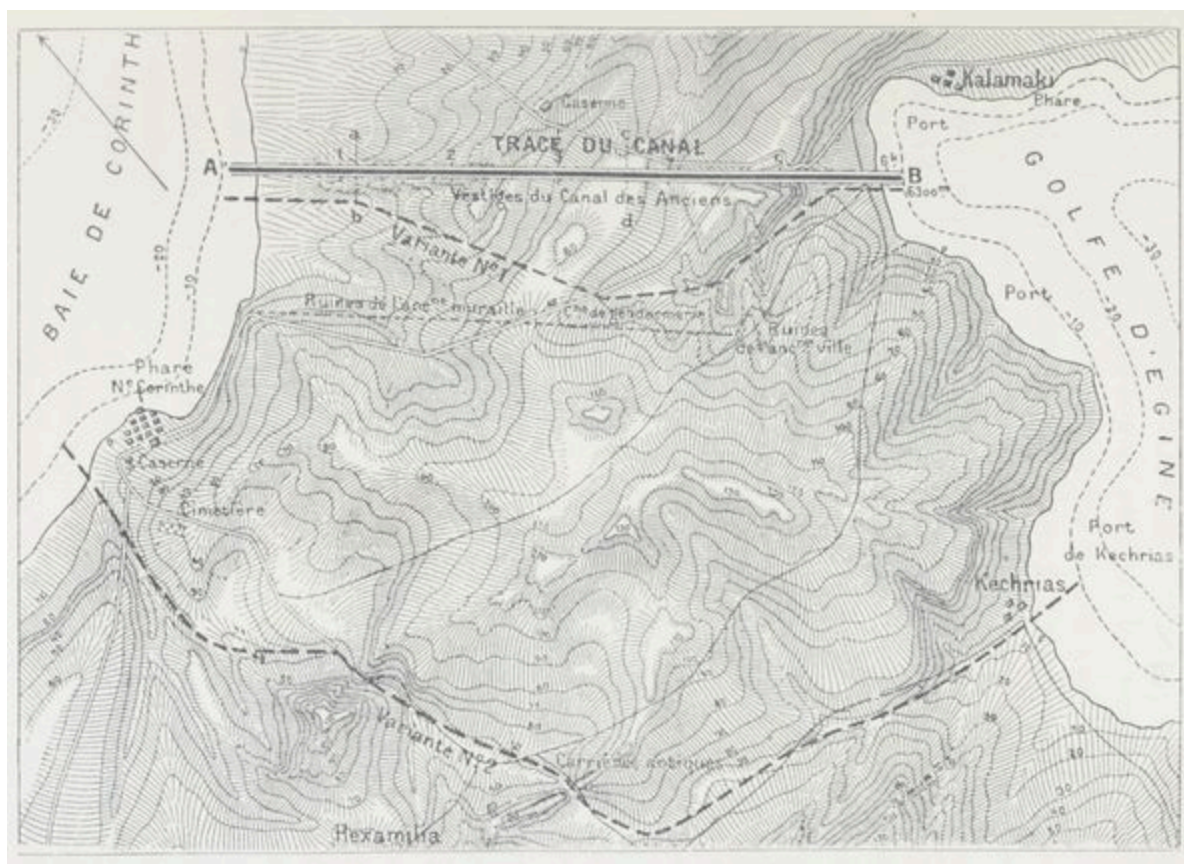
A côté de l'économie de temps dont bénéficieront voyageurs et marchandises, on peut encore faire valoir, en faveur de la traversée par l'isthme, la suppression pour les navires du dangereux passage des caps de la presqu'île. De toute antiquité, les deux promontoires grecs ont joui de la plus détestable réputation. Le plus rapproché de la côte asiatique, le cap Malia, était la terreur des marins hellènes ou phéniciens forcés de s'aventurer dans cette passe terrible, où la mer, rendue furieuse par le choc de courants contraires, passait pour être sans merci. « As-tu doublé le cap, disaient les anciens navigateurs, oublie le nom de ta patrie. » Le promontoire voisin du Ténare, avec ses deux caps, le Matapan et le Grosso, était redouté à l'égal du cap Malia. C'est aux grottes profondes du Grosso, dans lesquelles s'engouffrent avec un clapotis lugubre les rafales de mer, que la mythologie faisait entendre les aboiements de Cerbère. Quant au cap lui-même, il était pour nos ancêtres « le grand tueur d'hommes ». Pour s'être soustraits de nos jours à la glorieuse et terrible vénération que lui portaient les anciens, le cap Matapan et l'archipel qui l'avoisine n'en ont pas moins conservé leur mer inhospitalière, peu favorable à la navigation, si nous nous rappelons surtout qu'une très grosse part du mouvement maritime s'y fait avec des voiliers d'assez faible tonnage.

La réalisation du vaste et utile projet à la tête duquel est placé le général Türr, et que patronne, comme toutes les grandes œuvres de civilisation, M. de Lesseps, avait été rêvée maintes fois par les anciens. Déjà, 628 ans avant notre ère, Périandre, tyran de Corinthe, songe à la percée de l'isthme ; trois siècles plus tard, Démétrius Poliorcète, l'un des successeurs d'Alexandre le Grand, confie à des ingénieurs égyptiens la mission d'explorer le futur passage, et les charge d'établir un plan d'exécution ; mais les savants de l'antiquité déclarent que le niveau du golfe de Corinthe est supérieur à celui du golfe d'Égine. Rapprochement curieux : deux mille années plus tard, — vingt siècles ! — une erreur similaire devait entraver le percement de l'isthme africain. Jules César songe au percement de Corinthe, comme il voulait entreprendre le dessèchement du lac Fuccino et la création du port d'Ostie. Caligula a un instant l'idée de reprendre le projet de César, mais

pour lui comme pour le conquérant des Gaules, une mort tragique vient renverser le projet que reprendra Néron.

Avec Néron, la traversée de l'isthme entre réellement dans une phase de travail sérieux. Nous pouvons en juger aujourd'hui par les vestiges imposants qu'ont laissés derrière eux les travailleurs anciens. Au dernier Congrès géographique de Venise, M. le général Türr, dans le remarquable exposé qu'il fit de son projet, signalait les travaux de Néron, qui, comme nous allons nous en rendre compte, présentent une importance réelle. Au point où l'isthme offre sa plus faible largeur, sur la ligne qui coïncide avec le tracé actuel, les excavations anciennes se montrent sur les deux rives. Du côté du golfe d'Égine, règne, sur 1,500 mètres de longueur, une vaste dépression d'environ 40 mètres de largeur à la base. Les roches enlevées ont été déposées latéralement, et elles forment des remblais parfaitement reconnaissables. Cette tranchée présente plusieurs gradins d'attaque, qui s'élèvent jusqu'à 59 mètres d'altitude, mais chaque gradin n'est creusé que sur quelques mètres de profondeur. Sur le versant opposé du golfe de Corinthe, les vestiges de la tranchée sont visibles jusqu'à 2 kilomètres de la mer. Entre les deux tranchées antiques, on trouve encore en ligne droite une succession de puits carrés, au nombre de vingt-six, creusés à des profondeurs qui varient de 3 jusqu'à 16 mètres, dont les parois verticales sont restées à peu près intactes. A côté des puits, deux vastes citernes de la même époque, dont l'une mesure 15 mètres de diamètre, montrent leurs ouvertures, béantes depuis dix-huit siècles.

Fig. 30. — Carte isométrique de l'isthme de Corinthe et tracé du canal maritime.



Dion Cassius et Pline rapportent que, lors de l'inauguration des travaux d'excavation, Néron, qui s'était rendu à l'isthme, prit une pioche d'or, creusa la terre dont il emplit une corbeille, la chargea sur ses épaules et s'en alla la verser lui-même sur l'emplacement des déblais futurs. Le tragique empereur, dont le nom reste encore attaché aux premiers travaux du lac Fuccino, avait donc d'autres soucis que de chausser le cothurne et pincer la harpe d'or aux fêtes du Cirque ; la persévérance qu'il mit à poursuivre la réalisation de grandes œuvres d'utilité publique tend à faire croire que, pour lui comme pour beaucoup d'autres, l'histoire ne nous a légué que des documents incomplets ou même inexacts, exagérant les vices et passant sous silence les qualités du tyran. Les travaux entrepris par Néron furent malheureusement entravés par le fanatisme des prêtres de Corinthe, qui, craignant de voir leur temple oublié par les voyageurs, et les offrandes diminuer par la même occasion, entretenirent parmi les travailleurs l'idée d'une inondation subite résultant de l'inégalité de niveau des deux mers. On racontait que, en certains endroits, la pioche faisait jaillir du sang, et que

des cris souterrains annonçaient une catastrophe imminente. Les gradins furent délaissés, et bientôt ces chantiers dont Néron avait détaché la première pierre furent complètement déserts. De combien de sueurs cependant avaient-ils dû être arrosés, si insuffisants que nous semblent les résultats, dans un temps où le matériel d'exploitation, sans machines et sans poudres explosives, ne comportait que les outils les plus rudimentaires !

Jusqu'aux époques modernes, les travaux de percement de l'isthme devaient rester ce que les avait faits Néron. Au temps de la grandeur de Venise, ils furent repris, puis vite abandonnés, et nous retrouvons seulement en 1829 un projet de percement, dressé par M. Virlet d'Aoust, membre de la Commission scientifique attachée au corps expéditionnaire français, sur la demande du comte Capo d'Istria, alors président de la Grèce. Ce projet se montait à 40 millions, et consistait à reprendre en principe les travaux des Romains et des Vénitiens. En 1832, M. Léonidas Lyghounès, ingénieur crétois, directeur des travaux du barrage du Nil, reprend l'idée d'une coupure de l'isthme, mais sans succès pratique ; le percement de Suez était à cette époque en trop grande défaveur pour que l'on pût songer à une entreprise analogue. M. Grimaud de Caux fait effectuer, en 1852, le nivellement de l'isthme, par M. de Dubuitz, ingénieur bavarois. Le 24 juillet 1869, au milieu de son triomphe de Suez, M. de Lesseps visite le tracé du futur canal. Le projet traverse, dans les années suivantes, diverses péripéties ; deux fois la concession est accordée, et enfin elle est donnée définitivement à M. le général Türr. Cette concession coïncide très heureusement avec la construction des nouveaux chemins de fer grecs, qui doivent traverser la presqu'île sur toute sa longueur, pour aller, en coupant l'isthme, se relier par Athènes aux chemins turcs à Salonique. Canal maritime et voies ferrées vont vivifier de nouveau cette terre qui fut jadis le berceau du monde méditerranéen, et sur laquelle la nuit ne s'est jamais complètement étendue. « Après vingt siècles de déchéance — dit Élisée Reclus — la Grèce n'a cessé de nous éclairer, comme ces étoiles déjà éteintes dont les rayons continuent d'illuminer la terre. »

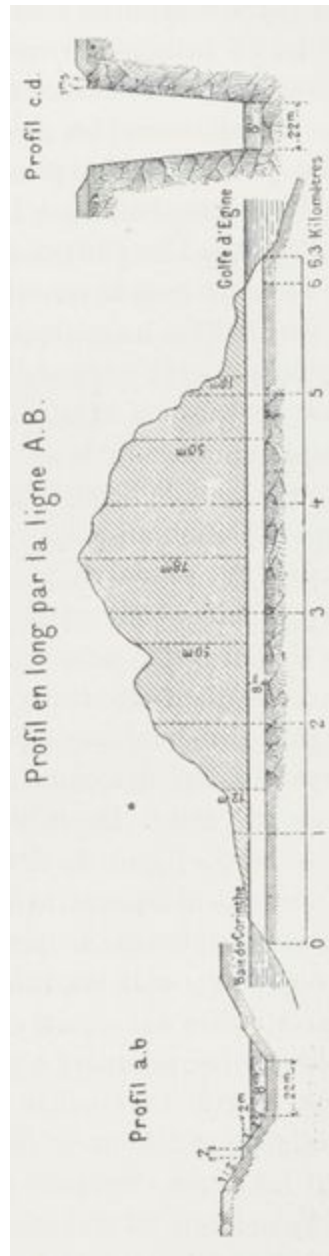
§ 2. — Le projet de M. le général Türr. — De la baie de Corinthe au golfe d'Égine. — L'avenir du canal maritime grec.

La carte isométrique des environs du canal (fig. 30) nous donne, mieux que ne pourrait le faire une vue pittoresque, le relief de l'isthme et des terrains qui l'entourent. Resserré entre deux pics dont l'altitude ne dépasse pas, d'après les courbes de niveau, 150 mètres, l'isthme qui, du sommet des montagnes environnantes, des monts Oniens ou de l'Acrocorinthe, apparaît comme une langue de terre plate, n'en présente pas moins un relief assez prononcé, qui atteint 78 mètres au-dessus du niveau de la mer (fig. 31). A 1,200 mètres ou 1,300 mètres environ de la baie de Corinthe, le canal, qui a jusque-là traversé des alluvions pouvant s'enlever à la drague, s'engage dans la montagne, formée de calcaire tertiaire, d'une teinte gris jaunâtre, d'une dureté moyenne, et d'une « tenue » parfaitement suffisante pour que les frais d'entretien de la tranchée excavée puissent être considérés comme nuls. Le massif montagneux s'élève assez brusquement ; au deuxième kilomètre, l'altitude est de près de 50 mètres ; à 3,500 mètres de la baie de Corinthe, de 78 mètres, soit 86 mètres au-dessus du plafond du canal, qui aura, comme celui de Suez, 8 mètres de profondeur. La montagne redescend avec une pente plus rapide encore vers le golfe d'Égine, et après le cinquième kilomètre, à 800 mètres environ de la mer, le canal est de nouveau creusé dans les sables d'alluvions. En résumé, le percement de l'isthme nécessitera l'enlèvement d'environ 9 millions 1/2 de mètres cubes de déblais, dont la plus grande partie en roches consistantes ; sa longueur totale, y compris le chenal qu'il faudra creuser dans chacune des deux baies pour rejoindre les fonds de 8 mètres, à 200 ou 300 mètres du rivage, sera de 6,300 mètres. Les figures 32 et 33 nous renseignent suffisamment sur les profils du canal à excaver, sans qu'il soit besoin d'entrer dans des détails plus longs. La figure 32 représente la section du canal dans les sables des plages ; la figure 33, le canal en tranchée, qui sera, comme celui de Panama, blindé en bois jusqu' à une certaine hauteur, pour éviter le choc des navires sur la paroi rocheuse.

En dehors de ce tracé direct, en ligne droite, épousant absolument le tracé de Néron, M. le général Türr avait fait étudier deux autres tracés, représentés sur notre plan isométrique, sous l'indication de « variantes n° 1 et n° 2 ». Tandis que le tracé définitivement adopté a 6,342 mètres de longueur et 78 mètres d'altitude au sommet, la variante n° 1, suivant les deux vallées qui contournent le massif, a 6,740 mètres de longueur et 75 mètres d'altitude ; la variante n° 2, plus au Sud, partant de Kechrioës, sur le golfe d'Égine, suit une vallée à peu près parallèle à celle du tracé n° 2, puis

coupe plusieurs fois des gorges sinueuses, entre dans la vallée de la rivière Levka sur l'autre versant, et, après en avoir épousé le cours sur une faible distance, aboutit enfin à la mer, au sud de la nouvelle ville de Corinthe. Ce tracé a un développement de 11 kilomètres, soit de 4,600 mètres supérieur au tracé direct. Le tracé des anciens, soit le canal actuel, et la variante n° 1, ont, à peu de chose près, le même cube de déblais, 9,430,000 mètr. cub. pour le premier, 9,186,000 mètr. cub. pour le second ; le troisième tracé, variante sud n° 2, a 12,424,000 mètres cubes. Remarquons encore que les deux variantes présentent forcément des courbes, dont le rayon minimum avait été, comme à Panama, fixé à 2,000 mètres, tandis que le tracé définitif conserve la précieuse direction de la ligne droite, garantie d'une navigation rapide et facile. Les deux variantes devraient traverser en outre des grès beaucoup plus durs que les calcaires et les grès tendres du tracé direct.

Fig. 32. - Canal les sables. Fig. 31. - Profil en long du canal maritime de Corinthe. Fig. 33. - Cabak eb tranchée.



La question technique d'exécution des travaux sera résolue sur les mêmes bases que le travail beaucoup plus considérable de Panama. Les alluvions des tranchées en plaine seront enlevées à la drague, le massif rocheux avec l'emploi simultané de la perforation mécanique des trous de mine et des puissants explosifs dont la science dispose à ce jour. Ce que nous connaissons des projets d'installation mécanique de perforation de la grande tranchée rocheuse de l'isthme, de la disposition des perforatrices et

de leurs affûts, du relèvement des déblais projetés par l'explosion au moyen de dragues appropriées, nous permet de prédire à l'œuvre de percement un développement rapide. Au point où en sont arrivées aujourd'hui, depuis la grande trouée du Gothard, que nous examinerons dans la suite, les méthodes de creusement des trous de mine et d'enlèvement des roches, on peut dire hardiment que le problème d'achèvement de tranchées colossales, comme celles de Panama et de Corinthe, est d'avance résolu. De même que l'enlèvement des sables n'est qu'un long « coup de drague », l'enlèvement des roches n'est qu'une gigantesque série de trous de mine, perforés côte à côte, faisaient explosion à mesure, et approfondissant d'autant le lit du futur canal maritime. Ces travaux en tranchées, où les mètres cubes à enlever se chiffrent par millions, ne sont du reste pas les premiers qui aient été exécutés dans ces dimensions. La grande tranchée mexicaine du Desague de Huehuetoca, établie pour détourner les eaux de la rivière de Couantitlan, dont les crues menacent d'inonder Mexico à certaines époques de l'année, a 20 kilomètres de longueur, et atteint parfois 50 mètres à 60 mètres de hauteur. La tranchée du Gabelbach, en Bavière, a 730 mètres de longueur sur 27^m,40 de hauteur ; celle de Harbastofen, 500 mètres de longueur sur 32 mètres de hauteur maxima.

Laissant maintenant de côté la question technique elle-même, le coût et la durée des travaux, estimés à 24,600,000 francs et à quatre années, par M. Dauzats, ingénieur en chef des travaux du canal de Suez et conseil technique du canal de Panama, examinons brièvement quel peut être le rôle commercial du canal de Corinthe dans le mouvement des échanges méditerranéens, dont nous avons déjà fait ressortir l'importance générale. M. le général Türr, se basant sur les statistiques marines des divers pays en rapport avec le Levant, estime à 5,900,000 tonnes le passage du canal de Corinthe pendant les premières années de son exploitation, soit : 750,000 tonnes pour les ports français, et 650,000 tonnes pour Marseille seul, dont le mouvement d'échanges avec l'Orient atteignait un million de tonnes en 1879 — 1,800,000 tonnes pour les ports italiens — un million pour Constantinople, — 200,000 tonnes pour les autres nations — et enfin un million de tonnes pour la Grèce elle-même, dont le mouvement s'est chiffré, en 1875, par plus de 8 millions de tonnes. Il faut compter encore qu'en dehors des nombreux voiliers, le cap Matapan est doublé annuellement par environ 5,800 grands bateaux à vapeur postaux et de commerce, et 300 navires de guerre, dont le plus grand nombre auront

intérêt à passer par le canal. En fixant, comme le fait le général Türr, à 1 franc pour les bateaux venant de l'Adriatique, et à 50 centimes pour ceux qui viennent de la Méditerranée, la redevance par personne et par tonne traversant le canal, le revenu annuel du canal atteindrait ainsi un chiffre supérieur à 4 millions 1/2 de francs, rémunérant le capital de 30 millions nécessaire pour l'achèvement de l'œuvre.

Le percement de l'isthme de Corinthe et le développement du transit du canal, après son achèvement, se présentent donc sous les meilleurs auspices. Abréviation de la route maritime pour les navires ne quittant plus, de Messine au golfe d'Athènes, le 36^e degré de latitude, au lieu de descendre jusqu'au 38^e ; — suppression du dangereux passage des promontoires de la presqu'île et des mers de l'Archipel ; — exécution relativement facile et rapide de l'œuvre par des méthodes aujourd'hui perfectionnées et connues ; — certitude d'un tonnage important attiré encore par la faible redevance du passage ; — il nous semble que ce sont là autant de motifs suffisants pour que l'isthme de Corinthe, après toutes les tentatives faites depuis les anciens jusqu'à nos jours, soit enfin doté d'un canal navigable. En ce moment, la pioche ouvre de nouveau les antiques tranchées commencées par Néron, et à la place même où le maître du monde romain déposa la première corbeille de rocher arraché à l'isthme de sa main impériale, les fils de l'Italie nouvelle, mineurs piémontais ou terrassiers napolitains, manient la barre à mine ou roulent la brouette de déblais. En même temps que se creusera le canal, bientôt, sur les rives du golfe, d'Athènes à Patras, traversant Éleusis, Mégare, Corinthe, et sur toute la longueur de la presqu'île, la première grande voie ferrée grecque s'établira. Si tous ces beaux projets se réalisent, la Grèce nouvelle sera fondée, et la vie commerciale européenne entrera enfin, pour s'y épanouir à son aise, dans ce coin de terre que les ruines de la grande muraille du Péloponèse semblaient clore comme une nécropole sacrée, inaccessible à toute autre chose qu'au lointain souvenir d'un passé plein de splendeurs.

CHAPITRE V

LE CANAL MARITIME DE MALACCA

§ 1. — De l'océan Indien aux mers de la Chine. — La route par Singapour et la traversée de la presqu'île malaise.

Quittons la Méditerranée avec Suez et Corinthe, les océans Atlantique et Pacifique avec Panama, et transportons-nous dans l'océan Indien, au milieu de ces riches contrées asiatiques dont Gama trouva le premier la route par le cap de Bonne-Espérance. Sur les côtes du golfe de Bengale et sur celles du golfe de Siam, nous rencontrons Madras, Calcutta, Malacca, Singapour, Bangkok, Saïgon, Hong-Kong, c'est-à-dire les Indes, Siam, la Cochinchine, l'Annam, la Chine et le Japon, entre lesquels s'effectue un mouvement considérable d'échanges, desservi par le seul passage du détroit de Malacca.

Il n'est pas besoin d'un long examen pour se convaincre qu'une coupure, analogue à celle des isthmes africain, américain et grec, pratiquée dans la péninsule de Malacca à un point convenable, offrirait à la navigation indo-chinoise une route à la fois plus rapide et plus sûre, partant plus économique que celle suivie jusqu'à ce jour. Un canal maritime, creusé au nord ([fig. 34](#)), longeant la frontière des possessions anglaises de la Birmanie, raccourcirait de quatre jours le trajet des navires passant par Singapour. En dehors de ce surcroît de vitesse dont nous allons développer les conséquences économiques, les navires éviteraient un passage offrant la plupart du temps un danger réel. Les cyclones et les typhons, si redoutés dans ces régions, n'ont en effet d'autres origines que les vents resserrés par les hautes terres qui encaissent l'étroit passage. Soit pour éviter ces cyclones, soit pour ne point s'aventurer au milieu des épais brouillards que les marins ont du reste baptisés du nom de « sumatras », les voiliers en charge à Singapour sont souvent forcés de séjourner quelques jours de plus dans le port, condamnés à un repos forcé par les dangers inhérents au détroit.

Nous n'attacherons point toutefois une importance trop grande aux périls marins, qui disparaissent presque totalement avec le développement de la navigation à vapeur, et nous étudierons principalement le côté « vitesse », c'est-à-dire l'économie qui peut résulter pour un navire du choix qu'il aura fait du passage par le canal projeté. Nous prendrons pour types les navires des deux compagnies puissantes qui font les services des mers de la Chine, la compagnie des Messageries maritimes et la Peninsular and Oriental Company. Un calcul bien simple va nous montrer que, pour ces seules lignes, l'ouverture d'une route maritime entre les golfes de Bengale et de Siam se traduira par une économie d'environ 50 p. 100 sur les frais supplémentaires du voyage par Singapour. Cette évaluation s'appliquera évidemment à tout autre navire qu'à ceux des deux compagnies précitées, et par suite à la totalité des bâtiments transitant annuellement par le détroit de Malacca.

Le combustible joue, comme l'on sait, un rôle prépondérant dans le prix de revient de l'exploitation d'une ligne de steamers ; on peut estimer à environ 45 tonnes de charbon la consommation quotidienne d'un transport mixte du type du Suez ou de l'Iraouaddy, appartenant à la compagnie des « Messageries » ou à la « Peninsular », jaugeant 2,470 tonneaux et d'une force nominale de 600 chevaux. Pour 52 voyages par année, soit 104 passages par le détroit, en estimant à 3 journées et demie l'excédant de longueur du trajet, on arrive à une consommation supplémentaire, inutile par le canal, de 16,000 tonnes de charbon, soit en le comptant à 55 ou 60 francs la tonne, prix moyen dans les mers de l'Inde, de 900,000 fr. à un million, ou 9,000 fr. par voyage, auxquels il faut joindre encore 7,000 fr. pour les dépenses relatives au service, à l'entretien des passagers, etc... En tout, 16,000 fr. que coûte par traversée aux steamers le passage du détroit. La dépense par le canal projeté serait restreinte à la redevance par tonne, que nous pouvons fixer à 3 ou 4 fr., soit un maximum de 8,000 fr. par steamer. La route directe apporterait donc aux navires une économie de 50 p. 100, les engageant sans aucun doute à transiter par la route nouvelle.

Si maintenant, cette réduction de dépenses une fois établie, nous examinons le chiffre d'échanges qui se produit entre les mers asiatiques, nous nous convaincrions facilement de l'importance que devra prendre rapidement l'exploitation du canal transmalaisien. Le tonnage général de Singapour, la grande escale des navires qui traversent le détroit, était, en 1878, pour le transit anglo-français, de 454,000 tonnes, soit 313,000 tonnes

pour l'Angleterre et 141,000 pour la France. Le tonnage des autres marines européennes, dans leurs échanges avec la Chine, peut être évalué à 200,000 tonnes, et le tonnage américain à 173,000 tonnes, soit un total de 827,000 tonnes, que nous considérons comme acquises au canal. Ce chiffre, loin d'être exagéré, est certainement au-dessous de la réalité, comme le montre le transit par Suez, qui s'est élevé en 1881 à 5,794,400 tonnes. Il est bon de noter encore que, en dehors du transit par Suez, bon nombre de navires qui ont continué d'adopter la route de Bonne-Espérance et de la Sonde, pourront passer par la nouvelle voie. Des documents présentés au congrès du canal interocéanique de Panama, il ressort que l'on peut fixer à 5 p. 100 l'accroissement moyen et annuel du commerce maritime en général ; si donc, on estime que le canal de Malacca pourrait être livré à l'exploitation dans une période de dix années, on arrive à établir un transit parfaitement acceptable de 1,300,000 et même 1,500,000 tonnes, assurant au canal un rendement moyen annuel de 4 à 6 millions.

En résumé, bénéfice de 50 p. 100 pour les navires qui préféreront la route directe de l'isthme au détour par le détroit, — tonnage suffisant et ne pouvant que s'accroître dans la même proportion que celui de Suez : la question du percement de la presque île malaise, que nous avons considérée jusqu'ici au point de vue exclusif de son avenir industriel, se présente donc dans des conditions particulièrement favorables, que vont faire ressortir encore davantage l'examen du tracé et la facilité relative de son exécution.

§ 2. — Le nouveau canal maritime du golfe de Bengale au golfe de Siam.

La presque île malaise, dite de Malacca, se prête merveilleusement à l'idée d'une traversée directe d'une rive à l'autre. Sa configuration est trop connue pour que nous la décrivions longuement. S'allongeant, comme une mince cédille, sous la masse du continent asiatique, elle est renfermée entre le premier et le 10^e degré de latitude nord, sur une longueur d'environ 1,200 kilomètres. Sa largeur est variable, mais ne surpasse pas 200 kilomètres, dans la partie méridionale qui ne saurait être visée par les projets de percement. Le relief de cette langue de terre est très accentué, principalement au sud, où le massif montagneux qui sépare les deux versants, à la façon des Apennins, atteint des altitudes de 2,000 mètres. Le

Pidi-Bangsa, à l'est de Quedah, a son sommet à 2,150 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ces altitudes s'accroissent encore davantage dans l'île de Sumatra, où, d'après Malte-Brun, le mont Ophir atteindrait la hauteur du mont Blanc. Si nous remontons vers le Nord, c'est précisément dans les parties les plus étroites que nous voyons les altitudes diminuer, en même temps que l'orientation des chaînes laisse des ouvertures, des cols, qui ont permis le passage de quelques routes d'un littoral à l'autre, celles de Quedah à Sungora, de Tzang à Ligor, de Ponga à Chai-Ya, et enfin celle de Krau.

Comme pour Suez et Panama, le premier projet de traversée de l'isthme porta sur l'établissement d'une voie ferrée. En 1861, deux officiers de la marine anglaise, MM. Forlong et Fraser, entreprirent un voyage d'exploration de l'océan Indien au golfe de Siam, en suivant la route de Krau, sur la limite même des possessions anglaises de la Birmanie. Les deux officiers rapportèrent de leur court voyage à travers l'isthme l'impression qu'il était très facile d'établir par voie de fer une communication entre les deux mers, l'exécution du railway interocéanique ne nécessitant aucun ouvrage important, et ne devant guère surpasser, comme dépense, huit millions de francs.

La mise en exploitation de la voie ferrée de Krau, d'après MM. Forlong et Fraser, assurait au transit une notable économie de temps sur le parcours par le détroit. De Calcutta à Hong-Kong, par exemple, la durée du trajet étant, à cette époque, de 360 heures, se trouvait réduite à 267 heures, soit une économie de 93 heures en adoptant la traversée par l'isthme. De Ceylan à Hong-Kong, on économisait 56 heures. Le rendement de la voie ferrée était estimé à 1,250,000 fr., représentant les intérêts d'un capital de 25,000,000 de fr. Les auteurs du projet n'admettant pas en principe la possibilité d'établir un canal, ne voyaient aucun écueil dans le système de transbordements que les marchandises et les voyageurs devaient subir aux deux stations extrêmes de la voie. Ces transbordements seuls suffirent pour faire rejeter aujourd'hui l'idée d'une communication par voie ferrée, établie en vue du transit entre les deux mers.

L'exploration des deux officiers anglais, bien qu'elle n'ait été suivie d'aucune réalisation pratique, servit du moins à fournir les premiers renseignements sur la configuration du sol au passage de Krau. Partis le 1^{er} avril 1861 de l'embouchure de la rivière Pakcham, les explorateurs remontèrent jusqu'à Krau, petit village d'une cinquantaine de maisons, où

le fonctionnaire du royaume de Siam leur fournit des coolies et un éléphant pour continuer leur route. Ils longèrent les rives de la rivière de Krau, ombragées par des bambous gigantesques, et arrivèrent dans une vaste prairie où de nombreuses sources alimentent les bassins des deux versants de la presqu'île. A 500 mètres de cette prairie, le sol commençait à s'incliner vers la côte, et les sources réunies formaient le Choomphaum, qui se jette dans le golfe de Siam près de Tayong, village de 200 maisons (aujourd'hui 500). Après avoir descendu la rivière jusqu'à la mer, les officiers retournèrent sur leurs pas ; le 5 avril, ils étaient de nouveau à Krau et, le lendemain, à bord de la Némésis, qui les avait conduits à la rivière Pakcham.

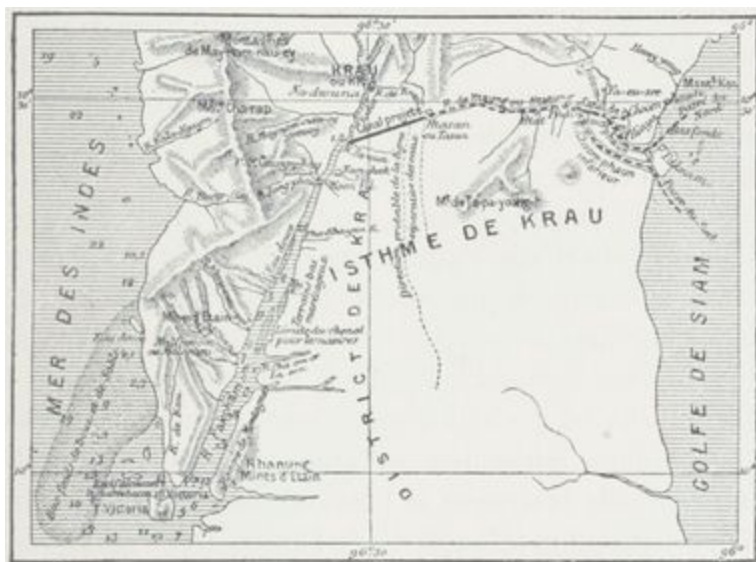
Si rapide qu'elle ait été — elle n'avait duré que cinq jours — l'exploration de MM. Forlong et Fraser va nous guider dans l'étude du projet de traversée par un canal de jonction entre les deux golfes. En principe, ce canal utilisera, d'un côté, la rivière Pakcham, sorte de grand estuaire qui s'allonge en se rétrécissant jusqu'à Krau, de l'autre, le cours du Choomphaum et de l'Htaoung, soudés ensemble par une tranchée creusée dans la longueur de l'isthme. Différents projets ont été proposés sur cette base, mais l'insuffisance de connaissances précises sur les conditions du terrain traversé n'ont pas encore permis de fixer un tracé définitif ; nous suivrons ici le projet exposé par l'un des promoteurs du nouveau canal, M. Léon Dru.

L'embouchure du Pakcham, entrée du canal maritime, n'a pas moins de 3 kilomètres de largeur ; sur les 16 premiers kilomètres de son parcours, il ne présente pas le caractère d'un fleuve ; c'est plutôt, comme il est facile de s'en rendre compte sur la carte annexée ([fig. 34](#)), un bras de mer, avec des fonds qui varient entre 12 et 18 mètres. Les navires du plus fort tonnage peuvent remonter jusqu'à 25 kilomètres du promontoire ; ceux qui firent les premières explorations de l'isthme s'arrêtèrent tous à cette distance, la navigation dans les parages supérieurs étant entravée par les atterrissements du fleuve. Après le vingt-cinquième kilomètre, le Pakcham offre encore des fonds de 9 mètres ; à 40 kilomètres, ils ne sont plus que de 5m,50 et 5 mètres, et ils s'abaissent ensuite au-dessous de 2 mètres.

C'est à 59 kilomètres de l'embouchure du fleuve, au point de jonction de l'affluent de Saoua, que serait l'amorce de la tranchée de 11 kilomètres qui réunirait le Pakcham au cours d'eau qui descend vers le golfe de Siam. Là, en effet, sont des terrains bas et marécageux, ayant à peine quelques mètres

d'altitude au-dessus du Pakcham, et présentant une dépression très favorable à l'établissement de la tranchée. Le sol s'élève peu à peu, jusqu'à ce qu'il atteigne une altitude de 30 mètres environ, point de partage des deux versants de l'isthme. La tranchée se termine à Tazan ; le canal peut ensuite être creusé dans le lit du Htaoung, ou Tayoung, et arrive au golfe après un parcours de 36 à 38 kilomètres. En tout, de la pointe Victoria au golfe de Siam, par le Pakcham, la tranchée jusqu'à Tazan, le Tayoung et le Tseompeon (ou Choomphaum), 109 kilomètres de parcours, 51 kilomètres de moins qu'à Suez, 36 kilomètres de plus qu'à Panama.

Fig. 34. — Le projet de traversée de l'isthme de Krau.

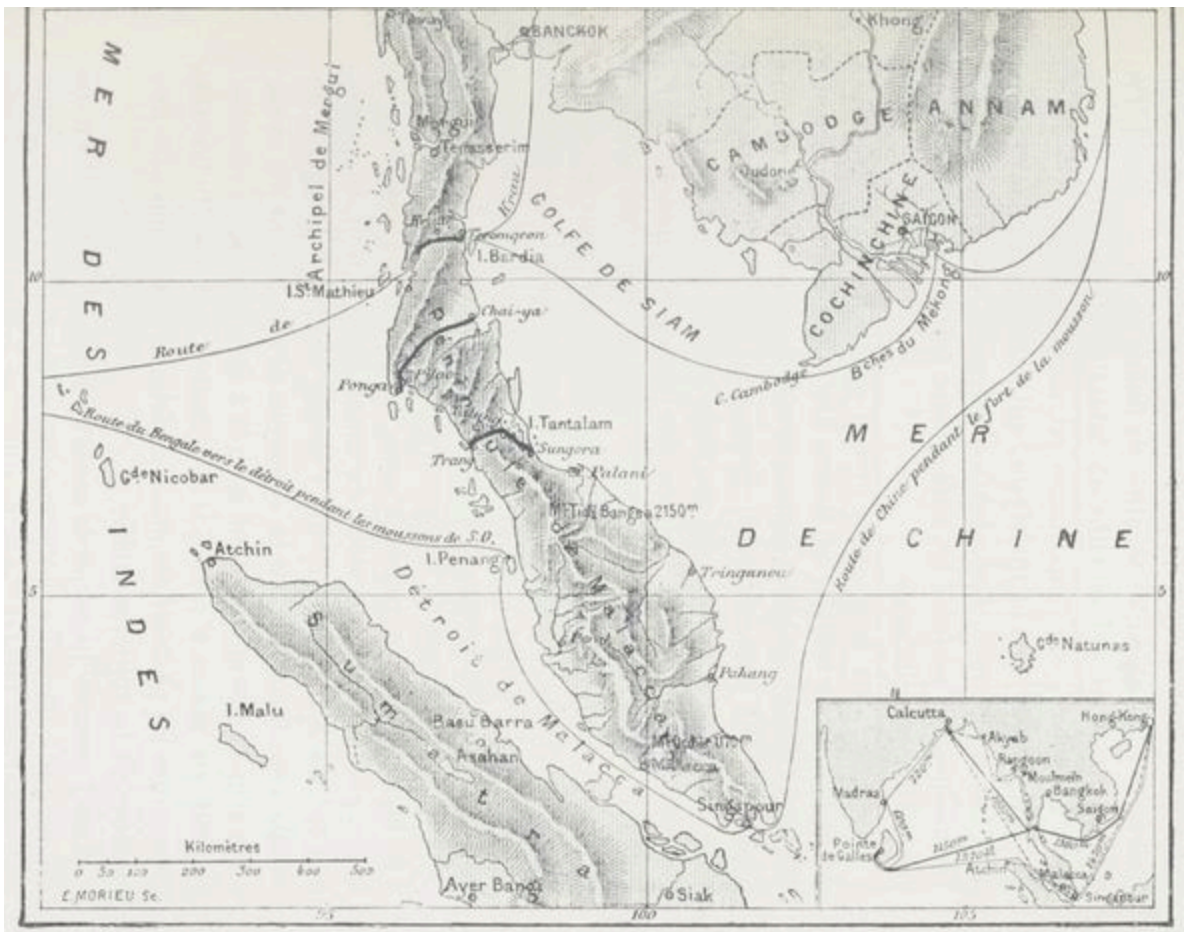


Le projet que nous venons d'exposer par l'isthme de Krau comporte des variantes, l'une d'elles consistant à utiliser le lit supérieur de la rivière Choomphaum au lieu du lit inférieur, au moyen d'un canal de jonction (suivre sur la carte, [fig. 34](#)). M. Léon Dru, en dehors du passage par Krau, a étudié deux autres passages situés plus au centre de l'isthme, en pleine possession siamoise, tandis que la rivière Pakcham suit, sur toute sa rive droite, le territoire des possessions anglaises de Tenasserim. Le peu d'intérêt qu'a l'Angleterre à voir se percer l'isthme, dont l'exploitation aurait pour premier contre-coup l'amoindrissement de Singapour, au profit de Bangkok et de Saïgon, peut jusqu'à un certain point conseiller de s'éloigner de Krau, et de choisir pour l'établissement du canal un terrain neutre, lorsqu'on se rappelle surtout l'opposition violente faite jadis par nos voisins à l'exécution du canal de Suez. Deux autres tracés intérieurs sont

donc proposés, l'un par Chaï-ya, l'autre par Talung, indiqués sur notre carte (fig. 35). Pour le tracé de Talung en particulier, la distance entre les deux mers peut être évaluée approximativement à 70 kilomètres, et la tranchée à exécuter à environ 45 kilomètres, augmentés du parcours fluvial sur lequel on est en droit de compter.

Revenons au projet de Krau, qui semble jusqu'ici avoir recueilli le plus de chances en sa faveur. L'étude du percement lui-même, des engins qui seront mis en activité à l'isthme malais, de la dépense probable de l'exécution, est facile à faire. A Krau comme à Suez, à Panama, à Corinthe, comme dans tous les travaux où il s'agit d'enlever des roches, compactes ou non, granitiques, schisteuses ou arénacées, nous verrons employer côte à côte la drague et l'excavateur d'un côté, les appareils de perforation et les explosifs de l'autre. Dans les sables, les terrains inconsistants, la drague et l'excavateur suffisent ; dans les terrains résistants, la roche est d'abord broyée par la mine, et recueillie ensuite. Sur tout le parcours du Pakcham, on ne rencontrera que des alluvions récentes ; les roches de la tranchée seront identiques aux grès et aux schistes qui se présentent déjà sur les rives du fleuve ; au point de partage des deux versants, au seuil de Tasan, on rencontrera probablement des poudingues et des veines de sables quartzeux. Les explorations prochaines de l'isthme et les sondages qui seront exécutés nous renseigneront plus complètement sur la coupe géologique suivant le tracé du canal. M. Léon Dru estime provisoirement à 80 ou 100 millions la dépense nécessaire, tant pour l'approfondissement du lit du Pakcham que pour le creusement de la tranchée et la rectification du lit du Tayoung.

Fig 35. — La presqu'île de Malacca et les routes maritimes nouvelles de l'Extrême Orient.



En résumé, le projet de percement de l'isthme malais semble tout aussi réalisable que ses aînés de Suez, de Panama et de Corinthe. Relativement au cube de déblai à enlever, 30 à 35 millions de mètres, son importance est moitié moindre que celle des isthmes égyptien et américain, qui ont, comme nous l'avons déjà fait remarquer, des cubes sensiblement identiques de 73 et 74 millions de mètres, bien que leurs tracés respectifs soient complètement différents.

Constatons, en terminant, que le problème de la traversée de la péninsule malaise se trouve dès aujourd'hui reposer sur des bases assez complètes, soit comme rendement, soit comme dépenses, soit comme tracé, pour que ceux qu'intéresse directement la réalisation de ce vaste projet l'examinent avec l'attention qu'il mérite. A côté des nombreux intérêts maritimes de toutes les nations que le canal de Krau est appelé à satisfaire, n'oublions pas, parmi les raisons qui peuvent militer plus généralement chez nous en sa

faveur, que l'ouverture du passage malais aura pour première conséquence de placer nos possessions de l'Extrême-Orient sur la route directe de la Chine, faisant de notre port de Saïgon, qui est loin d'être aujourd'hui à la hauteur de ses riches voisins de l'Inde anglaise, la première grande escale de sortie du canal. Déjà, dit-on, le gouvernement de Siam, escomptant l'avenir réservé à Bangkok, accueille avec bienveillance la demande de concession du canal ; nous avons nous-mêmes tout intérêt à seconder son exécution, ou tout au moins à suivre très attentivement les études définitives que ne peuvent manquer de faire incessamment les promoteurs de la route nouvelle.

Avec l'examen du projet de canal de Malacca, se termine notre exposé des « nouvelles routes maritimes du globe » créées artificiellement par la main des hommes, et destinées à supplanter les routes géographiques naturelles, dont la longueur ne saurait plus s'accorder avec l'accroissement continu des relations internationales ; aussi croyons-nous utile de mettre sous les yeux de nos lecteurs le tableau suivant, qui spécifie les conditions d'établissement des quatre grandes œuvres de Suez, Panama, Corinthe et Malacca.

ROUTES MARITIMES par :	LONGUEUR DU CANAL	HAUTEUR MAXIMA de la tranchée.	CUBE du terrain enlevé.	DÉPENSES d'exécution.	PROFONDEUR du canal.	LARGEUR DU CANAL au plafond.	REDEVANCE du passage par tonne.	TONNAGE ANNUEL du canal.
	kilomètres.	metres.	millions.	millions.	metres.	metres.	francs.	tonnes.
SUEZ... ..	160	20	74	225	8	22	10	5.800.000
PANAMA..	73	87	73	800	8.50	22	15	6.000.000
CORINTHE.	6,300	86	9.430	25	8	22	0.75	5.900.000
MALACCA .	109	30	30 à 35	80 à 100	8.50	22	3 à 4	1.500.000

Conditions techniques d'exécution, dépenses afférentes à la réalisation de l'œuvre, avenir commercial de la nouvelle route, se trouvent ainsi résumés pour chacun des quatre détroits artificiels, qu'il soit en pleine exploitation comme le « fleuve d'or » de Suez, en construction comme Panama et Corinthe, en simple projet comme le passage qui réunira le golfe du Bengale aux mers de l'Extrême-Orient.

CHAPITRE VI

LE CANAL MARITIME D'AMSTERDAM. — LE CANAL DE L'OCÉAN A LA MÉDITERRANÉE.

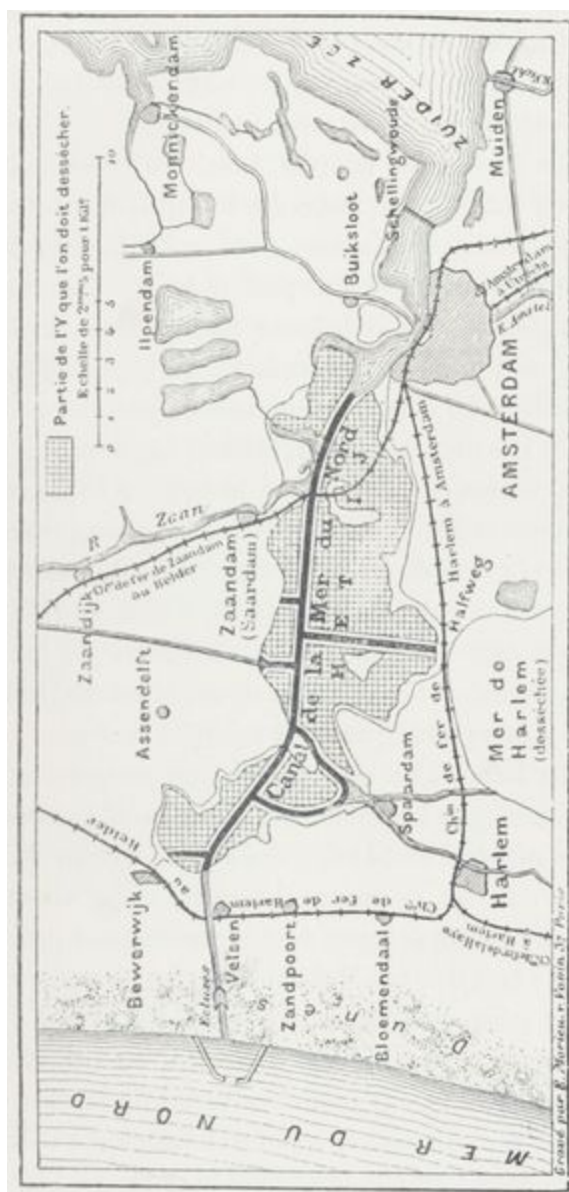
§ 1. — La route d'Amsterdam par le Zuyderzée. — Le canal du Helder et la nouvelle route maritime de l'Y.

Les changements survenus dans la configuration et le peuplement des rivages maritimes ne sont point seulement dus à l'action des causes naturelles que nous voyons agir sans relâche sous nos yeux, reculant dans les terres des villes jadis baignées par l'Océan, ensablant les ports, fermant à jamais les voies commerciales à des cités jadis florissantes, reléguées aujourd'hui au rang de ces « villes mortes » dont les rives méditerranéennes nous montrent les murs désormais silencieux. A mesure que les armes pacifiques des échanges deviennent plus perfectionnées, l'art maritime voit s'agrandir son domaine, et les cités commerciales qui veulent conserver leur renom séculaire doivent perfectionner elles-mêmes leur agencement, élargir leurs ports, allonger leurs digues, multiplier leurs quais, et par dessus tout, offrir aux navires qui leur apportent la richesse et la vie, des routes sûres et rapides. C'est à un phénomène de ce genre que nous devons la création du nouveau canal d'Amsterdam à la mer du Nord, et dans un ordre d'idées plus général, l'accroissement prodigieux des travaux publics le long de nos côtes. Toute place maritime en effet, si puissante qu'elle fût, qui s'attarderait dans l'inertie, serait condamnée d'avance à une mort certaine ; les navigateurs abandonneraient vite la route de ses eaux, et les siècles passeraient sur la nouvelle « ville morte » avant de revoir les navires aborder de nouveau ses quais déserts.

Depuis les plus lointaines époques de sa puissance commerciale, la voie suivie par le commerce maritime pour arriver à Amsterdam fut celle du Zuyderzée, route déjà difficile et périlleuse lorsque la navigation n'avait à conduire que des voiliers d'une importance aujourd'hui toute secondaire.

Le long golfe du Zuyderzée présente en effet des bas-fonds nombreux ; son accès dans la mer du Nord est barré par des îles et des bancs sableux, le Texel entre autres, n'offrant entre eux que d'étroits et tumultueux passages. Avant d'entrer à Amsterdam, bâtie sur les bords du golfe de l'Y, les navires devaient encore alléger leur cargaison pour traverser le banc du Pampus-Bar, situé à l'intersection du golfe d'Amsterdam avec le Zuyderzée lui-même. Cette situation défavorable du port d'Amsterdam ne pouvait subsister longtemps ; la métropole hollandaise voyait chaque jour décliner son ancienne puissance, au profit de sa rivale de la Meuse, Rotterdam, plus favorablement située au point de vue géographique. Un premier canal, reliant Amsterdam à la pointe septentrionale du Helder, fut ouvert en 1825, et le passage dangereux du Zuyderzée fut remplacé par un remorquage de vingt-quatre heures ; le « canal du Nord » allant de Buiksloot, en face d'Amsterdam sur le golfe de l'Y, jusqu'à Nieuwe-Diep où il débouche dans la mer d'Allemagne, a 84 kilom. de longueur, sa largeur est de 36 mètres à la ligne d'eau et de 9 mètres au plafond, sa profondeur n'est que de 6 mètres.

Fig. 36. - Le canal d'Amsterdam à la mer du Nord, à travers le golfe de l'Y.



Le canal du Nord, bien qu'il accusât un progrès remarquable sur la navigation par le golfe, ne remplissait toutefois pas les conditions de rapidité et de facilité de transport qu'était en droit d'exiger une cité de premier ordre telle qu'Amsterdam ; en dehors de sa longueur même, de ses dimensions restreintes, on lui reprochait à bon droit la fâcheuse position de son embouchure en arrière des passes difficiles du Texel. Un projet de nouveau canal maritime ne pouvait tarder à être mis en avant, et en 1876, la ville d'Amsterdam inaugurait le « canal de la mer du Nord » ou « canal de l'Y ». Ce canal, qui relie directement la ville à la mer, traverse dans toute sa

longueur le golfe de l'Y, et coupe, sur 5 kilom. environ, l'isthme sableux qui sépare le golfe du rivage maritime (fig. 36). Sa longueur est de 26 kilom., sa largeur à la ligne d'eau est de 58 mètres, sa largeur au plafond de 26 mètres, et sa profondeur de 8 mètres ; ce sont, à peu de chose près, les dimensions des grands canaux maritimes que nous avons examinés. A 2 kilomètres de son embouchure dans la mer (fig. 37), les constructeurs du canal, MM. Hawkshaw et Dirks, que nous avons déjà rencontrés au Congrès du canal interocéanique, ont placé un bassin et des écluses, dont l'ouverture se fit avec la pompe accoutumée, le 1^{er} novembre 1876 (fig. 38).

Le canal de l'Y ne saurait certes point être placé au rang des œuvres internationales telles que le percement des isthmes égyptien ou américain. Sa mise en exploitation n'exercera d'influence que sur la seule ville d'Amsterdam ; il est toutefois l'un des exemples les plus intéressants de cette perpétuelle « réaction de l'homme contre la nature », de cette lutte sans trêve que les cités, de même que les êtres, doivent soutenir pour conserver leur place dans l'existence. La création du canal du Nord et l'abandon du Zuyderzée auront encore pour conséquence probable la destruction entière, la conquête des deux golfes, qui pourront être transformés en fertiles polders, comme l'a été la mer de Harlem. Le Zuyderzée, qui menaçait l'existence de la métropole hollandaise, aura donc facilement été vaincu par elle ; ces changements artificiels des rivages, accomplis par la main des hommes, placés en regard des empiétements naturels des forces géologiques, ne forment-ils pas l'un des chapitres les plus intéressants de l'histoire des conquêtes du travail humain !

§ 2. — Le canal de l'Océan à la Méditerranée. — La suppression de Gibraltar.

C'est à de multiples points de vue que nous pourrions examiner l'œuvre que l'on a appelée « le percement de l'isthme français », projet grandiose qui a surgi récemment, et dont le principe est la jonction de l'Océan à la Méditerranée à travers notre territoire, de Bordeaux à Narbonne, sur une longueur de 407 kilomètres, et par suite le détachement de la péninsule espagnole du reste de l'Europe, la suppression du détroit de Gibraltar.

Le rôle que l'on voudrait faire jouer à cette « nouvelle route du globe », dont nous nous représentons facilement le tracé, ne tendrait à rien moins qu'à nous assurer, en toutes circonstances, le libre accès de la Méditerranée, qu'il s'agisse de relations commerciales ou de communications d'un ordre spécialement militaire, que nous devons, malheureusement mais inévitablement, faire entrer en ligne de compte dans un avenir plus ou moins rapproché.

La solution de continuité qui existe entre nos côtes méditerranéennes et atlantiques réduit en effet, dans une proportion considérable, la somme de puissance maritime dont nous disposons. Nos 2,876 kilomètres de rivages — 72 sur la mer du Nord, 1,079 sur la Manche, 1,025 sur l'Atlantique et 700 sur la Méditerranée — forment à la vérité deux forces absolument distinctes, réunies en temps de paix, mais pouvant rester également indépendantes l'une de l'autre, par la fermeture, sinon complète, du moins fort périlleuse, de la porte anglaise de Gibraltar. Au même titre que la situation commerciale, c'est ce rôle éminemment militaire qui a dicté le projet d'ouverture d'une voie de jonction maritime, entre nos ports et nos arsenaux de l'Océan et de la Méditerranée. C'est contre l'isolement, l'impuissance forcée de Marseille et de Toulon, qu'est dirigée l'œuvre étudiée ces dernières années par M. Duclerc. Le sujet est trop brûlant pour que nous essayons de le développer, même succinctement, dans un ouvrage spécialement consacré aux œuvres de civilisation et de paix telles que les routes maritimes à travers les détroits. Qu'il nous soit cependant permis de rappeler que la Méditerranée pourra devenir un jour le théâtre de la lutte qui dénouera la séculaire question d'Orient.

L'œuvre n'est encore qu'à l'élude, et il nous serait difficile d'indiquer les bases certaines sur lesquelles repose le projet d'établissement du canal de l'Océan à la Méditerranée. Les devis des dépenses varient de 550 millions à 1 milliard et demi ; cette dernière évaluation a été établie par les représentants des services des ponts-et-chaussées et de la marine. En face de cette énorme différence d'appréciations, le ministre des travaux publics a nommé une commission extra-parlementaire chargée d'étudier les différentes faces de la question. Quoi qu'il advienne, l'œuvre est, dès aujourd'hui, classée parmi celles qui ont le privilège de tenir en éveil l'opinion publique ; les conséquences de sa réalisation pourraient en effet devenir considérables, par les seuls motifs que nous n'avons fait que signaler.

Fig. 37. — L'entrée du canal d'Amsterdam dans la mer du Nord.



§ 3. — Les routes maritimes de la mer Baltique à la mer du Nord, de la mer Noire à la mer Caspienne et au lac d'Aral.

L'avenir nous réserve bien des surprises. Il suffit pour nous en convaincre d'examiner la carte du monde, de côtoyer les rivages, de fixer notre attention sur la situation des mers intérieures, aujourd'hui isolées de toute communication, mais qu'une simple coupure rattacherait au grand mouvement de circulation qui relie entre elles les parties les plus éloignées et les plus disparates des deux hémisphères. Suppression des détroits, des presqu'îles et des péninsules, telle est la base d'établissement des grands chemins maritimes nouveaux.

C'est ainsi que nous voyons mettre en avant les projets de canaux : — entre la mer du Nord et la mer Baltique, supprimant la péninsule danoise et le détroit du Sund ; — entre la mer Noire, la mer Caspienne et le lac d'Aral,

ouvrant aux produits asiatiques les marchés de l'Occident, par l'antique route de l'empire romain ; — entre la Baltique et la mer Blanche, évitant aux navires la longue circumnavigation le long des côtes de la presque île Scandinave. — C'est une véritable géographie nouvelle que l'homme rêve d'édifier, découpant à son gré les contours du globe, créant un monde perfectionné, revu et corrigé, comme le seraient les éditions successives d'une œuvre colossale.

CHAPITRE VII

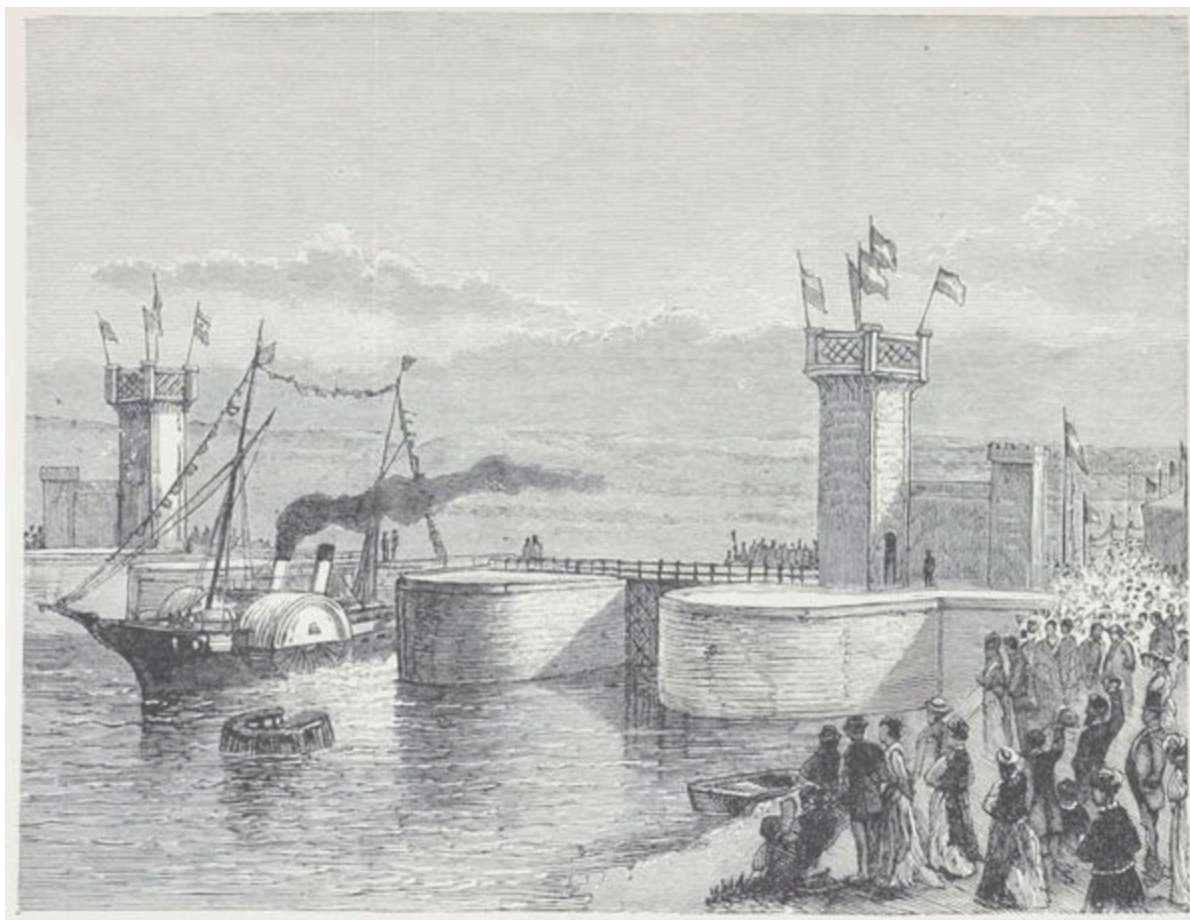
LE CANAL MARITIME DE GABÈS

(MER INTÉRIEURE D'ALGÉRIE)

§ 1. — Du golfe de Gabès aux chotts africains. — Les récits d'Hérodote et la légende des Argonautes.

L'œuvre que nous nous proposons d'examiner ici sous le nom de « canal maritime de Gabès » ne rentre pas absolument dans la catégorie des « détroits artificiels ». L'établissement d'un canal maritime de 145 kilomètres de longueur, projeté entre le golfe tunisien de Gabès et les rives des chotts ou dépressions intérieures du désert, ne peut que jusqu'à un certain point être mis en comparaison avec les véritables canaux de communication maritime, comme ceux de Suez, Panama, Corinthe, Malacca, tracés entre deux océans. Au seuil de Gabès, en effet, une seule des deux amorces du canal, la Méditerranée, existe ; la seconde mer est à créer, et le canal de jonction ne deviendrait une véritable route maritime que le jour où le remplissage complet des dépressions intérieures serait effectué. Le percement de l'isthme ou plutôt le creusement du canal de Gabès — puisqu'à proprement parler, l'isthme géographique n'existe pas — ne serait donc qu'une opération secondaire, effectuée pour arriver au remplissage des chotts africains, à l'établissement d'une mer intérieure sur les deux territoires d'Algérie et de Tunisie. Renfermée pendant de longues années dans des limites tout historiques, l'étude de cette mer algérienne a été reprise, avec une incroyable opiniâtreté, par M. le commandant Roudaire ¹⁰.

Fig. 38. — L'ouverture des écluses de mer, lors de l'inauguration du canal maritime d'Amsterdam.



Transportons-nous tout d'abord sur notre frontière algérienne, à l'entrée même du grand désert saharien, au sud des monts Aurès, à 30 kilomètres environ au-dessous de Biskra. Là, comme en de nombreux endroits des territoires africain et tunisien, règnent de vastes dépressions, lits desséchés d'anciens lacs, qui ont reçu en Algérie le nom de chotts, en Tunisie celui de sebkhas. Ces dépressions, reliées les unes aux autres par des plaines marécageuses ou séparées par des seuils, s'étendent de l'Ouest à l'Est, sur une longueur de 100 lieues et sur une surface de 15 à 20,000 kilomètres carrés, jusqu'au golfe de Gabès. La couche d'efflorescences salines qui les tapisse les a souvent fait comparer à de vastes nappes d'argent fondu, réfléchissant avec une fidélité merveilleuse les sinuosités des rives et les moindres accidents de leur surface. La dépression remarquable de ces marais intermittents, la présence de la croûte de sel, que nous avons déjà eue à signaler dans les lacs Amers de Suez, avaient de tout temps, avant

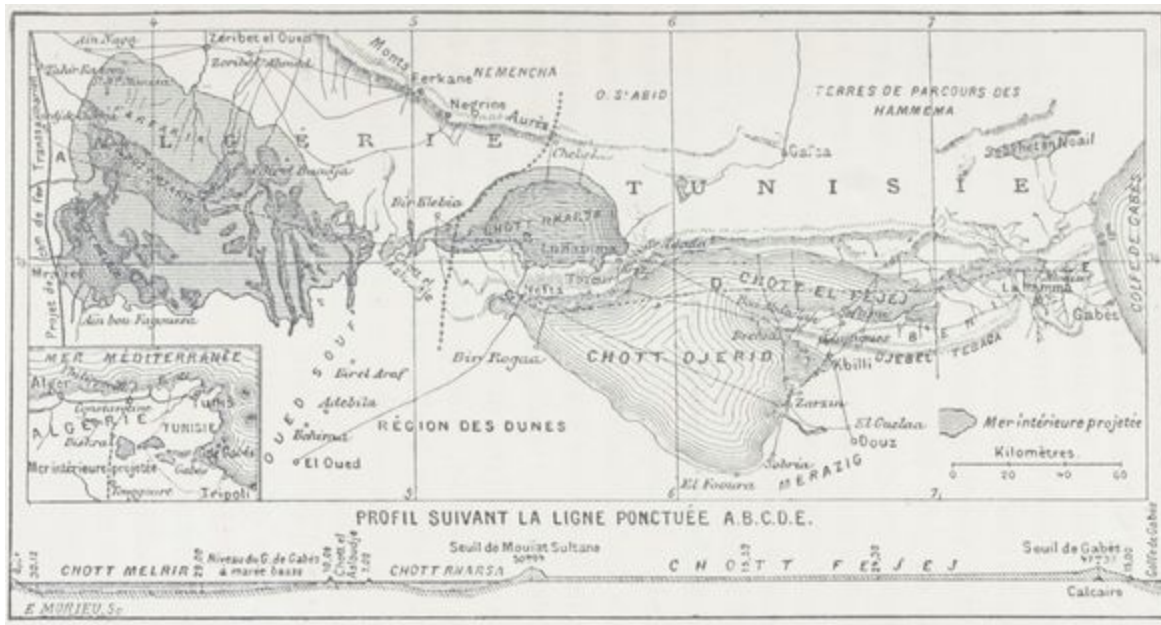
qu'aucune exploration scientifique eût été entreprise, fait assimiler ces chotts aux lits d'anciennes mers, jadis réunies à la Méditerranée, comme semblait le montrer encore la faible barrière qui sépare du golfe de Gabès la dernière sebkha tunisienne. De cet examen superficiel des chotts et de l'analogie que l'on se plut à créer entre les dépressions actuelles et les lacs africains cités dans les auteurs anciens, naquit la conception du renouvellement de la mer intérieure d'Algérie et de Tunisie, par le creusement d'un canal artificiel réunissant les chotts à la Méditerranée.

Ces brillantes hypothèses devaient bientôt être modifiées par la vérification scientifique des altitudes des chotts, exécutée avec tant de soin par le promoteur même de la mer nouvelle, M. Roudaire. Il ne saurait plus être question en ce moment de reconstituer les rivages, tels que les premiers explorateurs les avaient conçus, c'est-à-dire du point extrême du premier chott algérien Mel-Rhihr, à la limite Est du dernier chott tunisien, la sebkha El-Fedjej ou sebkha Faraoun, séparée de la Méditerranée par la barrière de Gabès ([fig. 39](#)). Les nivellements de M. Roudaire ont montré en effet que si les deux chotts Mel-Rhihr et Rharsa sont au-dessous du niveau de la mer, les sebkhas tunisiennes El-Djérid et Faraoun présentent des altitudes variant entre 15 et 25 mètres. Le canal de jonction des chotts inondables avec la mer ne se réduirait donc plus, selon les premières prévisions, au passage de ce que l'on appelait l'isthme de Gabès, mais devrait s'étendre depuis la Méditerranée jusqu'à la première dépression inondable, à travers les sebkhas tunisiennes Djérid et Faraoun, sur une longueur de 145 kilomètres.

Nos lecteurs comprendront pourquoi nous sommes entrés dès le principe dans le cœur même de la question, avant de développer les détails historiques et scientifiques, si dignes d'intérêt, qui se rattachent à l'exposé du projet primitif de Gabès. Ces détails historiques, qu'ils se rapportent aux légendes de l'antiquité ou aux récits des explorateurs plus modernes, tendraient, à notre avis, à nous détourner de la véritable conception du projet, s'ils n'étaient précédés de l'exposé net et pratique de l'avenir de l'œuvre. Avant les dernières observations géodésiques de M. Roudaire, et celles plus générales de M. Edmond Fuchs, l'opinion publique se représentait, grâce à ces documents que nous allons reproduire par simple curiosité, une vaste mer intérieure remplaçant la mer antique, envahissant tous les chotts, et à laquelle un simple coup de pioche devait ouvrir la voie, reformant ainsi l'ancienne communication maritime disparue à des époques lointaines. Les documents historiques ont certes leur utilité, et ils nous ont

été parfois d'un secours inappréciable pour guider nos recherches, mais il est bon de ne point se fier trop exclusivement aux interprétations multiples qui peuvent être déduites d'un texte manquant souvent de précision. Le nivellement du commandant Roudaire aura, comme nous le savons déjà, détruit de fond en comble les illusions qu'avaient fait naître les récits d'Hérodote et de Ptolémée.

Fig. 39. — Carte de la mer intérieure d'Algérie et de Tunisie, et profil de la région des chotts. (La surface inondable est indiquée par des hachures horizontales.)



Hérodote écrivait, au cinquième siècle avant notre ère, dans la description qu'il fait, au livre IV de son Histoire, des peuples qui habitent la côte septentrionale de l'Afrique, que « le pays des Machlyes ¹¹ s'étend jusqu'au fleuve Triton, qui se jette dans le grand lac du golfe Triton, dans lequel est l'île de Phla ». Le même historien raconte encore que Jason fut poussé par la tempête sur les côtes de la Lybie, et qu'il se trouva dans les bas-fonds, de la baie de Triton avant de découvrir la terre. Cet épisode du voyage des Argonautes avait déjà été mentionné par Pindare, qui écrivait quelques années plus tôt. Ce qui semble ressortir des écrits d'Hérodote, c'est que le grand lac de Triton communiquait avec la mer, « puisque le vaisseau de Jason y fut jeté par la tempête. » Scylax, l'auteur du Périple de la Méditerranée, qui vivait vers le deuxième siècle avant notre ère, disait : « Vers l'intérieur des terres, se trouve le grand golfe de Triton, qui renferme

la Petite-Syrte, surnommée de Cercinna, et le lac Triton avec l'île Triton, ainsi que l'embouchure d'un fleuve de même nom. L'entrée du lac est étroite, on y voit une île au reflux de la mer, et souvent alors les vaisseaux ne peuvent plus y pénétrer. Ce lac est considérable ; les bords en sont habités par les peuples de Lybie, dont la ville est située sur la côte occidentale. » De même qu'Hérodote, Scylax désigne donc encore la Petite-Syrte (golfe de Gabès actuel) et le lac Triton (qui devait occuper les dépressions actuelles des chotts) sous le nom collectif de grand golfe de Triton ; mais il écrit : « La communication qui les réunit étant devenue étroite, on les désigne déjà en même temps par des noms particuliers. »

Pomponius Mélas, vers l'an 43 de notre ère, environ deux siècles après Scylax, dit : « Le golfe de la Syrte est dangereux, non seulement à cause des bas-fonds, mais encore à cause du flux et reflux de la mer. Au delà de ce golfe est le grand lac Triton, qui reçoit les eaux du fleuve Triton. On l'appelle aussi lac de Pallas. » Le lac et la Syrte, soit le lac intérieur et le golfe de Gabès, ne communiquent donc plus entre eux ; le niveau des eaux doit avoir baissé par évaporation.

Si nous en croyons les chroniqueurs anciens, le golfe de Gabès, au temps d'Hérodote, c'est-à-dire au cinquième siècle avant notre ère, se serait donc prolongé dans les dépressions actuellement occupées par les chotts algériens et tunisiens réunis ; au deuxième siècle, la communication entre la mer et ce lac intérieur se serait déjà considérablement resserrée, et enfin, elle aurait disparu vers les commencements de notre ère, laissant les lacs intérieurs s'évaporer, sans que leur élément fût renouvelé. Le dessèchement du lac Triton, la formation de la nappe salifère et « argentée » des chotts, devaient suivre à un intervalle peu éloigné ; de là à conclure à la facile reconstitution de la mer intérieure, il n'y avait qu'un pas, que les premiers explorateurs ont vite franchi.

Lisons encore Pomponius Mélas, parlant des lacs du pays des Machlyes : « On assure qu'à une assez grande distance du rivage, vers l'intérieur du pays, il y a des campagnes stériles où l'on trouve, s'il est permis de le croire, des arêtes de poissons, des coquillages, des écailles d'huîtres, des pierres polies, telles qu'on en tire communément de la mer, des ancres qui tiennent aux rochers et autres marques et indices semblables qui prouvent que la mer s'étendait autrefois jusque dans ces lieux. » Sous Ptolémée, les eaux ont continué à baisser ; elles se sont définitivement fixées dans les dépressions les plus profondes : quatre lacs, les lacs Triton et Pallas, ceux

de Lybie et des Tortues, ont remplacé la mer primitive. Les chotts algériens, les sebkhas tunisiennes, se forment peu à peu, et de Ptolémée à nos jours, on peut, en suivant et développant la légende antique, voir se creuser sous nos yeux les chotts algériens de Mel-Rhihr et de Rharsa, les sebkhas tunisiennes Djérid et Faraoun. Arrivés à ce point de nos explorations historiques, nous nous rendons facilement compte de l'universalité des idées modernes, touchant la formation des chotts et la possibilité de la reconstitution d'une mer qu'un simple accident de terrain, un ensablement, un dépôt fluvial, avait dû séparer du golfe dont elle dépendait. Ajoutez à cela que les noms les plus autorisés de la science, le voyageur Shaw, MM. Tissot, Duvevriér, Vivien de Saint-Martin, Ch. Martins, partageaient cette manière de voir : « Le dernier des chotts, disait M. Ch. Martins, s'arrête à 16 kilomètres seulement de la mer. Que cet isthme se rompe, et le bassin des chotts redevient une mer, une Baltique de la Méditerranée. » La légende des Argonautes n'avait ainsi fait que se développer depuis Hérodote jusqu'à nos jours, servant de base aux conceptions les plus merveilleuses.

§ 2. — Le projet de mer intérieure. — Le canal maritime de jonction aux chotts. — L'origine naturelle des dépressions africaines.

La série d'observations scientifiques exécutées au cours de ces huit dernières années devait seule rétablir la question sur un terrain sérieux et stable, détruisant tout le système bâti sur les chroniques des géographes de l'antiquité. Nous résumerons ces observations en deux propositions précises : la mer n'a jamais été réunie aux chotts algériens dans les époques historiques ; la mer intérieure, telle qu'elle avait été rêvée, s'étendant sur les 100 lieues qui séparent, de l'Ouest à l'Est, les extrémités des chotts algériens et tunisiens, est absolument irréalisable, l'altitude de la moitié de ces chotts étant de 15 à 20 mètres plus élevée que le niveau du golfe de Gabès. Si nous considérons en outre que ce sont les chotts les plus voisins de la Méditerranée, les sebkhas tunisiennes Djérid et Fedjej, qui possèdent ces altitudes élevées, nous nous convaincrions vite que, pour former la mer intérieure des chotts inondables, remplissant les seuls chotts Rharsa et Mel-Rhihr, il faudrait creuser un long canal aboutissant au chott Rharsa, et mesurant, à travers le seuil de Gabès et le territoire des sebkhas tunisiennes,

une longueur de 145 kilomètres. Telle est la véritable position du projet de mer intérieure, réduit à des proportions réelles et exécutables, débarrassé des exagérations basées sur les récits épisodiques des anciens et sur les fables qui en forment le fond.

Fig 40. — Vues panoramiques de l'isthme de Gabès et de la région des chotts tunisiens, dressées par M. Ed. Fuchs, lors de son voyage d'exploration des chotts.



Déjà, en 1872, à la suite d'une excursion de plusieurs mois à travers le Sahara, en compagnie de M. Rocard, ingénieur des mines, M. Pomel, sénateur d'Oran, et alors conseiller général, avait combattu avec une remarquable netteté les conclusions formulées par les explorateurs au sujet de la constitution du territoire des chotts et du prétendu isthme de Gabès. Ce fut l'année suivante, en 1874, que M. le capitaine Roudaire, à la suite d'une exploration de la route qui va de Biskra à Tuggurth, étudia de nouveau la question et la résuma dans son projet de mer intérieure. A partir de ce moment, la création d'une mer nouvelle entre dans le domaine vraiment populaire, comme tous les projets dont la réalisation flatte l'opinion publique, par le caractère de grandeur qui s'attache à la lutte de l'homme contre les forces naturelles. Après cette première expédition, M. Roudaire est chargé par le ministère de l'Instruction publique de diverses missions, dont les résultats intéressants sont consignés dans les Archives des missions scientifiques et littéraires ; la partie la plus remarquable de ces rapports a trait aux observations géodésiques, qui fixent le relief du

territoire regardé jadis comme complètement inondable. Nous nous représenterons facilement la valeur de l'œuvre de canalisation et de remplissage projetée, lorsque nous aurons suivi M. Roudaire dans les laborieuses excursions qu'il fit, à deux reprises, sur toute l'étendue de la surface, inconnue avant lui, des chotts.

Dépassant l'isthme de Gabès, nous entrons, sur le territoire tunisien, dans les chotts, les sebkhas Faraoun et Djérid ([fig. 39](#)). Leur surface entière, au moins dans la partie nivelée, est au-dessus du niveau de la Méditerranée. La cote la plus basse est de 15^m,52, la plus élevée de 31^m,45. La partie Est, qui touche à l'isthme de Gabès, est celle qui accuse le relèvement le plus accentué, tandis que les points les plus bas se trouvent vers le milieu de la sebkha, sur le mince chemin qui conduit de Djérid au Nefzaouâ. A l'extrémité Ouest, nous trouvons les altitudes de 18 et 20 mètres. L'ensemble de la sebkha tunisienne présente donc la forme d'une cuvette plus ou moins relevée. — Les rives du chott Rharsa, à 145 kilomètres de la mer, montrent les premières dépressions ; la totalité du lit du chott, sur 74 kilomètres de longueur, présente des altitudes négatives. Nous remarquons ensuite un léger relèvement du sol, restant encore cependant à 1 mètre ou 2 mètres au-dessous du niveau de la mer, puis un isthme peu élevé, qui sépare la partie inondable que nous venons de parcourir d'une série de chotts qui se prolongent jusqu'à 110 kilomètres plus à l'Ouest, jusqu'à 3°40' de longitude, et à 360 ou 370 kilomètres du golfe méditerranéen. M. Roudaire, résumant ses observations, évalue à — 24 mètres l'altitude (négative) des chotts inondables, à 8,050 kilomètres carrés — soit la trois cent cinquantième partie de la Méditerranée, et la soixantième partie de la mer Noire ¹² — la superficie qui sera occupée par les eaux, et à 5,000 kilomètres carrés la superficie des sebkhas tunisiennes situées au-dessus du niveau de la mer, et par conséquent non inondables, contrairement à l'opinion primitive qui fixait la surface de la nouvelle mer intérieure à 13,000 kilomètres carrés. Les observations de M. Roudaire firent ainsi rentrer le projet dans les limites raisonnables que lui assignent les altitudes.

Les recherches de M. Roudaire n'ont pas porté exclusivement sur l'exploration géodésique des chotts ; ayant toujours en vue la réalisation pratique du canal de jonction entre le golfe et les dépressions salifères, le savant voyageur a exécuté des sondages sur lesquels il a pu établir un devis des travaux futurs. Nous n'avons rien dit jusqu'ici de la constitution même de ces landes étranges, qu'un petit nombre de voyageurs avaient abordées

avant M. Roudaire. Il ne s'agit plus là en effet de creuser un canal dans un désert sableux comme à Suez, dans une plaine marécageuse ou dans des montagnes calcaires, comme à Panama et à Corinthe ; les chotts tunisiens nous montrent à l'extérieur une surface mouvante, au-dessous de laquelle est un inconnu plus ou moins rassurant. Cette surface, cette croûte salifère (fig. 40) est sujette à des oscillations d'une amplitude assez considérable pour que, à des distances de 300 à 400 mètres, une mire disparaisse entièrement du champ de l'instrument. Le terrain est donc loin d'être d'une solidité parfaite. Les Arabes eux-mêmes ne s'y aventurent qu'avec précautions, et racontent aux voyageurs mille histoires lugubres sur l'ensevelissement de caravanes entières, assez téméraires pour abandonner le mince ruban qui forme la route de traverse de la sebkha. C'est ainsi qu'un écrivain arabe du onzième siècle, Moula-Ahmed, rapporte qu'un convoi de mille chameaux fut englouti, le premier de la file s'étant écarté du chemin et le reste ayant suivi dans le précipice. — « C'est un lieu étrange que cette sebkha, dit Moula-Ahmed, la nuit n'y a pas d'étoiles, elles se cachent derrière la montagne. Le vent souffle à rendre sourd, de tous les côtés à la fois ; afin de faire sortir le voyageur de son chemin, il lui jette le sable à la figure, et on ne peut ouvrir les yeux qu'en prenant de grandes précautions. » Ces récits ne semblent pas exagérés ; M. Roudaire rapporte que, au cours de ses missions, il enfonçait souvent jusqu'au genou dans le sable salé. Ayant jeté des sondes dans plusieurs de ces trous que les indigènes appellent « œils de la mer », il ne put parvenir à trouver un fond stable à une grande profondeur. Un cavalier s'étant englouti avec sa monture dans un des gouffres de la sebkha, ses camarades lièrent les unes aux autres vingt baguettes de leurs longs fusils, et ne parvinrent pas à retrouver les traces du malheureux qui avait été enseveli.

Plus sérieux que les renseignements des indigènes, les sondages de M. Roudaire, effectués sur toute la largeur de la sebkha, ont montré qu'elle était composée pour la plus grande partie, au-dessous de la croûte solide, de sables et de marnes parfois fluides, dans lesquelles l'eau salée entre souvent pour les deux tiers du volume. Primitivement, M. Roudaire avait pensé que la croûte superficielle était soutenue par des cloisons intérieures renfermant entre elles des masses semi-liquides, qu'il eût été facile d'expulser de la sebkha en les faisant déverser dans les parties inondables ; on eût ainsi drainé les chotts situés à des altitudes supérieures et il en serait résulté des parties nouvelles inondables à leur tour. Un drainage préparatoire devait

dans tous les cas assécher suffisamment la sebkha pour que le creusement d'un canal s'effectuât dans un terrain consistant. Quant au seuil même de Gabès, qui sépare le golfe du chott, sur une largeur de 17 kilomètres, il ne présente qu'en un seul point, sous l'altitude maxima de 47 mètres, un banc de calcaire, à la profondeur de 30 mètres, le reste du passage est en terrain tendre. Les 145 kilomètres du canal de jonction du golfe de Gabès aux chotts n'exigeaient donc qu'un travail parfaitement exécutable, et M. Roudaire nous donne sur la marche qu'il pensait suivre des détails intéressants.

Le passage du seuil même de Gabès jusqu'aux sebkhas tunisiennes n'a rien qui puisse nous effrayer : sables, argiles ou roches seraient enlevés par les méthodes que nous avons vues en activité sur les chantiers de Suez et de Panama ; on donnerait immédiatement au canal les dimensions voulues. Il n'en serait pas de même pour les autres sections, où M. Roudaire songe à utiliser, pour l'élargissement du canal, les énormes masses d'eau qui devront être introduites dans le chott inondable. La tranchée initiale serait creusée avec 1 mètre seulement de largeur au plafond, 2 mètres au-dessous de la marée basse au golfe, avec talus à 45 degrés et une pente de 3 centimètres par kilomètre. A marée basse, la tranchée aurait ainsi 5 mètres de largeur à la ligne d'eau, et 9 mètres à marée haute. Le reste du travail d'enlèvement des terres se ferait par les eaux elles-mêmes, comme cela s'est effectué pour la rectification du lit de la Meuse à la pointe de Hock von Holland, où, en deux années, le travail des eaux porta de 120 à 200 mètres la largeur, et de 3 à 10 mètres la profondeur du lit primitif, sur 5 kilomètres de longueur. Nous ne nous étendrons du reste pas davantage sur le mode d'exécution, qui serait installé sur des bases appropriées en cas de réalisation du projet ¹³.

Nous arrivons à la partie la plus discutée du projet, aux avantages préconisés par M. Roudaire en faveur de l'établissement de la mer intérieure, et qui portent sur trois points principaux : — 1° amélioration du climat de l'Algérie et de la Tunisie. Les vapeurs enlevées à la nouvelle mer formeront des nuages qui, poussés par les vents du Sud si désastreux pour l'agriculture, iront se résoudre en pluie sur l'Algérie et accroîtront sa richesse agricole dans une notable proportion. De vastes espaces, non seulement absolument stériles, mais encore marécageux et insalubres, seront recouverts par une couche profonde d'eaux vives, et par conséquent assainis ; — 2° ouverture d'une nouvelle voie commerciale pour les régions

situées au sud de l'Aurès et de l'Atlas, et pour les caravanes du centre de l'Afrique ; — 3° sécurité complète pour l'Algérie, nos troupes pouvant débarquer au sud de Biskra. — La première de ces questions, qui est capitale, puisqu'elle ne tend rien moins qu'à modifier le climat de la région voisine des chotts, et rendre à la fertilité un terrain entièrement inculte, à l'exception de rares oasis, a soulevé les plus vives controverses.

En passant sur le lit de la mer intérieure, dit M. Roudaire, les vents du Sud-Ouest, qui sont les vents dominants, se chargeront de vapeur d'eau dont une partie se résoudra en pluie sur les flancs de l'Aurès. Toute une région stérile, brûlée par l'âpre vent du désert, se changera en une riche oasis, peuplée de palmiers verdoyants, comme on en rencontre sur la lisière du Sahara, à Laghouat, à Biskra (fig. 41). A l'appui de sa thèse, M. Roudaire invoque l'exemple du canal de Suez, dont l'établissement a suffi pour amener un changement réel dans la région de l'isthme qu'il parcourt. Les pluies y ont augmenté dans une notable proportion : d'exceptionnelles qu'elles étaient, elles sont devenues régulières. L'influence d'une surface maritime de plus de 8,000 kilomètres carrés serait autrement remarquable que celle d'un simple canal ; la régularité et l'abondance des pluies auraient pour résultat le changement en plaines fertiles du désert qui entoure les chotts.

A cela, MM. Ch. Martins et Ed. Desor opposent une théorie absolument contraire. « Quoique les lois des mouvements atmosphériques soient encore peu connues, écrivent les savants naturalistes, cependant on entrevoit déjà que l'Atlantique est le grand réservoir d'où s'élèvent les vapeurs qui se résolvent en pluies au-dessus du continent européen. Nous croyons qu'il en est de même pour le nord de l'Afrique. Quand on déploie une mappemonde, on voit que la Méditerranée n'est qu'un golfe relativement bien peu étendu de l'Océan Atlantique, et l'addition de 13,000 kilomètres carrés (aujourd'hui 8,050) n'ajoutera rien à son influence climatique. » MM. Martins et Desor ont observé en outre, dans un séjour qu'ils firent au désert, que les tiges des arbrisseaux du Souf étaient toutes inclinées vers le Sud-Est, ce qui ferait croire à la prédominance des vents du Nord. Les alentours des mers intérieures, telles que la Caspienne, le lac d'Aral, par exemple, sont des steppes célèbres par leur sécheresse.

Nous ne voulons pas entrer dans la série d'objections qui ont été élevées contre le projet de M. Roudaire, ni reproduire les brillantes répliques auxquelles elles ont donné lieu. Les dimensions restreintes de la mer

nouvelle, entre autres, mises en face de la longueur de notre frontière algérienne, firent également douter de l'efficacité de la protection qu'elle pouvait offrir à notre colonie contre les incursions du sud. Quoi qu'il en soit, un projet qui compte parmi ses partisans ou ses opposants des hommes comme MM. F. de Lesseps, général Favé, Villarceau, Edmond Fuchs, Ch. Martins, Ed. Desor, Cosson, Naudin, G. Duveyrier, etc... affirme la grandeur de la place qu'il occupe dans les conceptions humaines ¹⁴.

Nous avons donc examiné brièvement, sous ses faces principales, le projet d'établissement d'une mer intérieure africaine. Il nous reste encore une seule question à traiter, celle de la formation réelle de ces chotts, que la légende antique rattachait à la Méditerranée d'une façon assez certaine « pour y faire flotter le navire des Argonautes ». Rappelons tout d'abord que nous avons absolument condamné l'idée de séparation du golfe aux époques historiques, soit à la suite d'un soulèvement du sol, soit par l'ensablement d'un chenal de communication. L'isthme ne présente aucune trace de chenal. Il est constitué par un groupe de collines d'assises gréseuses et calcaires, formant un barrage rocheux solide, remontant à l'époque éocène. Quant au soulèvement qui a pu se produire dans les temps modernes, son importance peut être évaluée au moyen des restes coquilliers qui couvrent la plage jusqu'à une hauteur d'une quinzaine de mètres, en épousant toutes les sinuosités de la côte. Cette amplitude de 15 mètres n'expliquerait pas la séparation des chotts par un phénomène géologique aux époques modernes, l'isthme ayant une altitude de 47 mètres au-dessus de la mer.

Si maintenant on examine le fond des sebkhas, aussi bien celles qui sont voisines de Gabès que les sebkhas situées à des altitudes différentes, celle de Kairouan, qui est à 35 ou 40 mètres, et d'autres situées à 75 mètres, on reconnaît qu'il est occupé par un sable rouge quartzeux, imprégné de sulfate et d'un peu de carbonate de chaux, évidemment empruntés aux collines encaissantes. Il est recouvert d'efflorescences salines formées d'un mélange, en proportions variables, de sulfate de soude et de chlorure de sodium, qui, dans les parties basses, acquièrent assez d'importance pour former de véritables croûtes de sel. D'un autre côté, les chotts algériens et les sebkhas tunisiennes sont situées les uns et les autres dans une région dont la surface est constituée par le terrain pliocène, essentiellement composé lui-même de sables imprégnés de gypse et de sel. Dans une pareille région, tous les bas-fonds deviennent des réservoirs où

s'accumulent les substances salines entraînées par les eaux courantes. Les sebkhas sont donc des lacs, analogues aux dépressions salifères voisines de la Caspienne et de la mer d'Aral : le lac Van, situé à 1,300 mètres d'altitude, et présentant une surface de 4,000 kilomètres carrés, les steppes de Huiduck, nombre d'étangs du territoire sibérien dont la salure doit être attribuée à la constitution même des terrains encaissants, et dont le remplissage s'est effectué vers la fin de la période pliocène. Cette période était particulièrement propice à un pareil phénomène, puisqu'elle a coïncidé avec le grand développement des glaciers dans l'Europe centrale, et a été par suite pour le bassin méditerranéen une période d'humidité exceptionnelle, révélée par l'importance même des lits des divers cours d'eau aujourd'hui desséchés qui se montrent, soit sur le versant méditerranéen, soit sur le versant des chotts. On peut donc se figurer, pendant la fin de la période pliocène, le Sahel tunisien, la région des chotts sahariens et même le prolongement de cette zone jusqu'au Maroc, comme recouverts par une série de lacs salés dont quelques-uns pouvaient même, comme les chotts sahariens, déverser le trop-plein de leurs eaux dans la Méditerranée. Cet état de choses a été interrompu par la période diluvienne, qui a inauguré une phase de dessèchement dont le terme n'est peut-être pas encore arrivé ¹⁵. La géologie nous donne ici la véritable origine des chotts, comme la géodésie nous a révélé leur relief extérieur. La salure des dépressions n'est pas due à l'évaporation d'un lac communiquant jadis avec la mer, mais au lavage des terrains salifères qui les encaissent. Non seulement les chotts n'ont jamais été en communication avec la mer aux époques historiques, mais leur origine n'est même pas marine.

Fig. 41. - La fertilisation de la région des chotts par la mer intérieure d'Algérie et de Tunisie. Une oasis à Biskra.



Ainsi se trouve complètement élucidée, sous ses divers aspects, la question si controversée de la mer intérieure d'Afrique, faussée dès le principe par la légende, remise dans son vrai chemin par l'observation scientifique. Quelqu'avenir qui lui soit réservé, que le « canal maritime de Gabès » soit, dans un avenir plus ou moins lointain, creusé à travers la rive tunisienne, ou que la nappe argentée des chotts reste vierge de toute inondation, la question de la « mer d'Algérie » aura toujours procuré à la science l'occasion d'augmenter le domaine déjà si riche de ses découvertes et de ses investigations. Fût-ce à ce titre seul, elle ; avait droit à toute notre attention.

CHAPITRE VIII

LES ROUTES SOUTERRAINES

§ 1. — Routes maritimes et routes souterraines. — Les grands tunnels transalpins et l'ancienne route des neiges.

Les nouvelles routes souterraines, dont les tunnels récemment creusés à travers les Alpes et ceux actuellement en projet nous offrent de merveilleux exemples, jouent, dans le champ des relations internationales, un rôle analogue à celui des routes maritimes que nous venons de décrire. Les gigantesques sommets des Alpes, ou plutôt les longues et infranchissables barrières qui, pendant de longs siècles, ont tenu et tiennent encore séparés les uns des autres des peuples voisins, aux Alpes, aux Pyrénées, au Caucase, à l'Oural, aux monts Himalayas, aux Cordillères, sont absolument comparables aux langues de terre, aux isthmes, dont le percement, à Suez ou à Panama, permet aux flots de se réunir, et aux nations riveraines de se rapprocher. En créant les canaux africain et américain, M. de Lesseps a ouvert deux détroits, véritables « bosphores artificiels » ; en traversant de part en part l'épais massif des Alpes, les promoteurs des grands tunnels transalpins auront créé ce que nous pourrions appeler un « bosphore continental », aplanissant la montagne jusqu'au niveau des vallées adjacentes, comme le canal maritime a abaissé l'isthme au niveau des mers. Résultat identique du reste : la traversée directe et rapide d'un obstacle naturel qu'il fallait contourner avant l'achèvement de l'œuvre. La parole célèbre que répétait avec emphase le « grand roi », faisant allusion à l'union des trônes de France et d'Espagne, la science moderne devait la réaliser avec plus de sérieux que n'aurait jamais pu le faire l'orgueilleux monarque : les mécaniciens qui ont perforé le Mont-Cenis et le Gothard, qui creusent en ce moment les Alpes Tyroliennes de l'Arlberg et le tunnel sous-marin de la Manche, et qui installeront, dans un avenir prochain, la perforatrice aux flancs du Simplon et des Pyrénées, peuvent affirmer à leur tour que

désormais « il n'y a plus d'Alpes » et que bientôt « il n'y aura plus de Pyrénées » !

Différentes en cela des canaux maritimes, où nous avons vu à l'œuvre, à Suez les Pharaons, à Panama les conquistadores Espagnols, à Corinthe Néron, détachant de sa pioche d'or les premières pierres de la montagne, les routes souterraines n'ont point de généalogie antique. Tout comme Annibal il y a vingt siècles, Napoléon traversa les Alpes en gravissant péniblement leurs sentiers escarpés et bordés d'avalanches ; il ne lui vint pas à l'idée de perforer ce mur inébranlable, talisman protecteur bien plus efficace que la grande enceinte du Péloponèse ou que la muraille sacrée élevée par les empereurs Mongols. Nous nous sommes même souvent demandé à ce propos quel sentiment étrange s'emparerait du conquérant moderne, s'il lui était donné de revenir jamais parmi nous, dans notre siècle de chemins de fer, de télégraphes et de communications rapides, dont les résultats, étrangers encore à sa pensée, bouleverseraient ses plans les plus hardis et ses conceptions les plus ingénieuses ! La route souterraine, telle que l'ont faite les traversées des hautes chaînes montagneuses, ne date que d'une vingtaine d'années, et sa généalogie glorieuse ne remonte pas plus loin qu'au premier coup de fleuret battu contre les roches du Mont-Cenis, sous le col du Fréjus. Si le creusement d'un canal maritime, attaquant en un grand nombre de points à la fois, et dont le succès n'était par cela même soumis qu'à l'affluence des bras employés à son achèvement, avait été adopté par les anciens, il ne pouvait en être ainsi pour la traversée d'une haute montagne, offrant seulement deux points, les deux futurs embouchures de la galerie, qui pussent être attaqués simultanément. Ajoutez à cela que le travail souterrain n'offrait pas aux anciens, démunis de tout appareil sensible, les facilités de vérification dont jouit un travail à l'air libre. Les divers tronçons d'un canal peuvent toujours être réunis, quelque erreur qui se soit produite dans l'exécution de chacun d'eux ; mais comment souder ensemble, dans une obscurité impénétrable, les deux galeries souterraines qu'une simple erreur de parcours peut faire dévier du tracé réel, et quitter même le niveau sur lequel les deux sections doivent se rencontrer. Un seul passage souterrain assez important, l'émissaire du lac Fuccino, ordonné par Néron, nous a laissé les vestiges d'une œuvre entreprise par nos ancêtres, et suffisamment bien exécutée, si l'on a égard aux moyens rudimentaires dont disposaient les travailleurs romains.

L'ère des routes souterraines ne devait du reste être inaugurée qu'après la mise en activité de ces magnifiques réseaux de chemin de fer, qui couvrent, comme d'une toile d'araignée gigantesque, la plus grande surface du monde civilisé, aplanissant les frontières, ouvrant les voies à la multiplicité des échanges, à la richesse internationale, à l'alliance universelle. Le contraste qui existe entre notre époque et la première moitié de ce siècle, si peu éloigné de nous cependant, est d'autant plus frappant, qu'il peut s'observer sur les lieux mêmes où les faits anciens se sont déroulés et où le travail nouveau s'accomplit. En 1875, lorsque le grand tunnel du Gothard se construisait, il me souvient qu'après une visite dans le souterrain même, je remontais péniblement l'étroit et funèbre « Val du Diable » ou vallée des Schöllenen, qui conduit de Göschenen, embouchure nord du tunnel, à Andermatt, au pied du massif principal. C'est dans ce terrible défilé du Diable, au fond duquel gronde la Reuss, encaissée entre deux murailles abruptes piquées çà et là de roses des Alpes, que l'armée française arrêta Souwaroff, en route sur Zürich. Combat héroïque s'il en fut jamais, bien digne de notre grande armée, et aussi de ce vaillant soldat russe qui, devant ses hommes qui pliaient, faisait creuser sa tombe, et s'y étendait, leur criant : « Enterrez votre vieux général, et qu'il meure au moins avant d'avoir reculé. » Légendes sacrées, que l'histoire inscrira en lettres ineffaçables dans les annales des temps héroïques du monde nouveau, en même temps que je laissais remonter vers vous le cours de mes souvenirs, je m'étais mis à redescendre la montagne, à suivre de nouveau les voies souterraines que je venais de quitter, pleines des fumées de la dynamite et du bruit strident des perforatrices, et à mettre en regard de la lutte épique de 1798 le combat qui se livrait en ce moment même au cœur du rocher, préparant jour par jour, à travers le Saint-Gothard, une voie nouvelle aux échanges pacifiques !

Laissant de côté toute digression historique, et nous plaçant au point de vue pratique de l'œuvre, l'idée d'une traversée souterraine, longue de 12 à 15 kilomètres, comme celle des hautes chaînes montagneuses, ne pouvait guère être acceptée avant l'établissement régulier du réseau ferré. La lenteur des échanges, et par suite le cercle restreint dans lequel ils se renfermaient, ne faisaient nullement sentir l'opportunité d'un raccourcissement de quelques jours entre deux points donnés. Et, cette nécessité d'un percement eût-elle été reconnue, la grandeur même du travail à accomplir eût fait reculer les plus audacieux. Perforer une route souterraine de 12 à 15

kilomètres de longueur, arracher de la montagne 6 à 8 cent mille mètres cubes de rocher, et cela avec les faibles moyens dont on disposait à cette époque : une telle œuvre n'eut pas exigé moins de trente années pour être conduite à ses fins. Trente années de travail improductif, de capitaux immobilisés, et ceci avec le seul espoir, bien minime, de souder deux routes parfois peu fréquentées, de créer aux transports d'hiver un chemin plus sur que celui des avalanches des hauts sommets (fig. 42). Longtemps encore, si les découvertes nouvelles n'eussent point surgi, l'hospice légendaire du Gothard eût abrité les voyageurs surpris par la tourmente, et vu passer, dans le tourbillon des neiges soulevées et sous l'abolement des hauts chiens de montagne, la file des traîneaux qui traversaient journellement le col, s'allongeant sur le mince ruban de route coupé fraîchement dans l'étincelante nappe neigeuse.

Fig. 42. — L'ancienne route du Gothard. La traversée du col pendant la saison des neiges.



§ 2. — La traversée rapide des Alpes. — Le compresseur et la perforatrice.

La traversée des hautes montagnes par des routes souterraines ne devait encore être décidée que lorsque le mécanisme moderne eut découvert les moyens de percussion rapide des trous de mines, que vinrent aider les puissants explosifs à base de nitro-glycérine, ou dynamites, aujourd'hui justement célèbres. Le passage des Alpes au Mont-Cenis, inauguré le 25 décembre 1870, ouvrit la marche ; sa longueur est supérieure à 12 kilomètres, et sa perforation, accomplie pour la plus grande part avec les méthodes rapides, a duré treize années ; — le grand tunnel du Gothard a été livré à la circulation vers le commencement de l'année écoulée, sa longueur est de 15 kilomètres ; commencé vers la fin de l'année 1872, il a été entièrement achevé en 1881, et la rapidité de sa construction présente déjà un progrès remarquable sur le travail qui l'a précédé ; — la machine a entamé l'an dernier le massif des Alpes tyroliennes ; le grand tunnel de l'Arlberg aura un peu plus de 10 kilomètres, et tout fait prévoir que sa construction sera encore plus rapide que celle du Gothard, toutes proportions de longueurs respectives conservées ; — les deux galeries préparatoires du grand souterrain sous-marin du Pas-de-Calais, partant simultanément des rives anglaise et française, de Douvres et de Sangate, marchent à la rencontre l'une de l'autre ; — on parle de perforer le Simplon, peut-être le Mont-Blanc, de trouver enfin, par un véritable chemin international, le massif pyrénéen, à l'endroit même où Roland trancha le col d'un coup de sa Durandal enchantée.

La merveilleuse découverte qui amena cette révolution dans l'art des constructions, et par contre-coup, dans le développement des grandes routes du globe, est renfermée tout entière dans l'application qui a été faite de l'air comprimé à une certaine pression, à 3, 4 ou 5 atmosphères, comme force motrice susceptible d'être transmise à une assez grande distance, plusieurs kilomètres, sans déperdition sensible de puissance, et d'y être utilisée pour la mise en marche d'outils appropriés à la perforations des trous de mine. Cet air comprimé, fabriqué par des machines dites compresseurs d'air, et transporté au moyen de conduites métalliques résistantes, va donc donner le mouvement aux perforatrices.

Pour bien comprendre le rôle principal que joue, dans l'installation d'un grand travail tel que ceux dont nous nous occupons, la perforatrice, il est

tout d'abord utile de savoir, ce que nous développerons du reste parla suite, que le percement d'un souterrain, l'enlèvement de ce long cylindre de rocher qui laissera libre la place de la voie ferrée, s'effectue morceau par morceau, régulièrement, par tranches, au moyen de trous de mines disposés convenablement, qui sont bourrés de poudre ou de dynamite, et que l'on fait exploser. Chaque explosion détruit un certain cube de roche, et tous ces cubes réunis arrivent à former l'enlèvement total. On voit de quelle importance est, pour l'avancement du travail, la rapidité du creusement des trous de mines, jadis perforés à la main, avec une simple barre d'acier que l'on enfonçait petit à petit dans la roche à coups de massette. La perforatrice n'est qu'une barre d'acier entaillant mécaniquement la roche, au lieu de l'attaquer par le simple effort du mineur, dont elle multiplie le travail, comme l'excavateur des plaines de Suez multipliait le travail du fellah.

Lorsque nous allons parcourir les chantiers d'exécution de ces grandes œuvres, nous allons retrouver, aussi bien aux Alpes helvétiques pour le percement du Gothard, qu'aux Alpes cottiennes pour le Mont-Cenis, ou aux Alpes tyroliennes pour l'Arlberg, ces deux éléments constitutifs du travail souterrain, le compresseur d'air, la perforatrice, avec les mille et un accessoires qui règlent leur marche quotidienne. Il nous semble inutile de décrire à cette place les propriétés de l'air comprimé, de cette nouvelle force, aujourd'hui déjà usuelle, que nous voyons employer sur d'autres chantiers que ceux des grands tunnels, pour les fondations des piles de ponts par exemple, où sa force élastique fait équilibre à la force ascensionnelle de l'eau emprisonnée dans les sables du sol aquifère. Tout ce que nous avons besoin de connaître, c'est que l'air comprimé se transporte sans déperdition très sensible de force élastique ¹⁶, et que cette propriété précieuse le rend apte au travail souterrain des perforatrices, fonctionnant parfois, comme au Gothard, à 7 kilomètres et demi du bâtiment des compresseurs, qui soufflent le fluide dans les conduites métalliques couchées sur le sol du tunnel en construction. La vapeur, à laquelle certains de nos lecteurs pourraient songer, est loin de présenter cette particularité ; la présenterait-elle que la fumée interdirait son emploi. L'air comprimé au contraire, au sortir de son travail dans le piston de la perforatrice, se détend dans l'air ambiant et le rafraîchit par une loi physique bien connue. Ceux qui ont visité un chantier souterrain exploité à l'air comprimé n'ont pas été sans remarquer la fraîcheur relative de l'atmosphère qui entoure les perforatrices.

De quelle époque date cette découverte de l'air comprimé, ou plutôt son emploi comme force motrice applicable au creusement des grands souterrains, et en général à la mise en activité, à des distances variables, de machines perforatrices ; à qui sommes-nous redevables de cette précieuse installation des compresseurs d'air, des machines perforatrices et de leur canalisation métallique ? L'histoire des deux grands souterrains perforés mécaniquement, du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, nous apprendra quelles séries d'études la question a traversées, depuis que la loi de stabilité de pression du fluide a été formulée par M. Daniel Colladon, jusqu'à l'établissement des machines du souterrain franco-italien, ou du tunnel des Alpes helvétiques. Compresseurs et perforatrices ne sont, pas plus que la Minerve antique, sortis du cerveau de leur auteur tout armés pour la rude bataille qu'ils allaient livrer à la nature inerte, mais colossalement résistante. Il y a loin du compresseur primitif, du lourd béliet hydraulique des chantiers de Bardonnèche, aux élégants compresseurs que nous avons vus rangés en files dans les grands ateliers de Göschenen ou d'Airolo, — loin également de la perforatrice du Mont-Cenis à l'outil peut-être définitif du Gothard, continuant à l'Arlberg sa campagne victorieuse. Quel chemin a parcouru le problème depuis l'ingénieuse, mais impraticable solution de la transmission du mouvement par câbles, longuement et savamment étudiée et décrite par M. Henri Mauss, consulté alors par le gouvernement piémontais ! Et, cependant, il ne s'est pas passé plus de trente années depuis ces projets qui n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt purement historique ; ce court espace de temps a suffi pour marquer leur place au musée des antiquités scientifiques.

Nous voici donc armés suffisamment pour notre visite aux grandes « routes souterraines du globe » pendant la période si attachante de leur construction. Compresseur fabriquant l'air comprimé — conduite métallique qui le transmet du réservoir aux machines souterraines — perforatrices battant le roc à ses points d'attaque : tels seront, avec la dynamite, les organes essentiels du grand percement — qu'il se fasse au Mont-Cenis, au Gothard, à l'Arlberg, au Simplon, au Mont-Blanc, aux Pyrénées ou dans les assises du détroit anglo-français — inséparables l'un de l'autre. Pour nous servir d'une métaphore vulgaire, « si le compresseur est l'âme qui commande, la perforatrice est le bras qui exécute », à très longue distance il est vrai. Autour de ces deux mécanismes principaux, nous verrons se grouper les accessoires indispensables au mouvement général

d'un chantier aussi important, installations hydrauliques, barrages, réservoirs, conduites amenant l'eau aux turbines, ventilateurs, ateliers divers, disposés suivant la configuration et les commodités relatives d'emplacements désolés, jonchés de gigantesques moraines, menacés à tout moment par les éboulements ou les avalanches. La montagne va donc être attaquée dans ses derniers retranchements, à la base même de ses pics les plus majestueux, et sa solide ossature va craquer sous les coups répétés du fleuret. Dans l'immense durée des âges, elle a rempli l'étroite vallée de ses gigantesques éclats, détachés à chaque saison nouvelle ; dix années, et moins, suffiront au travail de l'homme pour recouvrir ces vestiges des forces éternelles, pour faire d'un désert silencieux un centre de mouvement bruyant, pour traverser de part en part le colosse de pierre, que ne savent plus défendre les Titans, gardiens impuissants de la montagne.

CHAPITRE IX

LE GRAND TUNNEL DU SAINT-GOTHARD

(TRAVERSÉE DES ALPES HELVÉTIQUES)

§ 1. — Le Saint-Gothard « père des fleuves » et le grand tunnel des Alpes helvétiques.

L'influence que pouvaient exercer, à des points de vue divers, sur le développement des relations internationales, les différentes traversées de la chaîne des Alpes, a été reconnue de toute antiquité. Longtemps avant que l'idée de perforer l'énorme ceinture montagneuse fût éclos dans la pensée moderne, à l'aurore du monde romain, le génie civilisateur des premiers habitants du Latium avait tracé la route du Brenner. L'esprit d'invasion et de conquêtes qui formait le principal mobile des nations barbares vint maintes fois se briser contre cette barrière inviolable « æs triplex » que d'audacieux conquérants devaient, à des époques différentes, traverser « sur les ailes de la victoire ». Le rôle militaire des passages transalpins ne serait pas moins curieux à étudier que leur rôle simplement commercial. Malgré qu'ils dépendent de causes absolument distinctes, tous deux devaient, à travers les mille péripéties de l'histoire, tendre au même but : l'examen approfondi des moyens de communication les plus rapides entre l'Europe centrale et la partie du continent baignée par la Méditerranée, séparées l'une de l'autre par la colossale barrière des Alpes.

Entre tous les groupes montagneux qui, du golfe de Gênes à l'Adriatique, forment autant de chaînons de ce gigantesque collier de mille kilomètres de longueur, le Saint-Gothard est peut-être le plus favorisé, au point de vue des débouchés qu'il peut offrir à l'activité européenne. Le Rhône et le Rhin, le Tessin et la Reuss, et par eux tout un immense bassin hydrographique, s'écoulent de ses flancs vers les deux mers. Émerveillés de cette fécondité prodigieuse, et n'ayant point à leur disposition les instruments de mesure

qui nous sont aujourd'hui familiers, les anciens plaçaient le Saint-Gothard au premier rang parmi les géants des Alpes. Il était pour eux « le père des fleuves ». A la fin du siècle dernier, un voyageur anglais disait, plus irrespectueusement peut-être, que, du haut du Saint-Gothard, on pouvait « cracher » à la fois dans la Méditerranée et dans l'Océan. Le percement de l'isthme de Suez nous permet d'agrandir encore cette conception originale, qui ne manque certes point de justesse. De la Méditerranée à la mer des Indes, à Suez, à Bombay et aux riches possessions coloniales, il n'y a plus en effet de nos jours que quelques journées de steamer. Nos voisins l'ont bien compris, lorsqu'ils ont voté, au lendemain même de nos désastres de 1870 ¹⁷, la subvention nécessaire pour la construction de la ligne du Gothard, et il n'est pas besoin d'être grand économiste pour prévoir l'influence toujours grandissante que vont prendre, avec l'ouverture de la nouvelle voie internationale, les produits allemands sur les marchés de l'Italie septentrionale, en particulier les métaux, les produits métallurgiques et mécaniques, les houilles, les soies, etc.

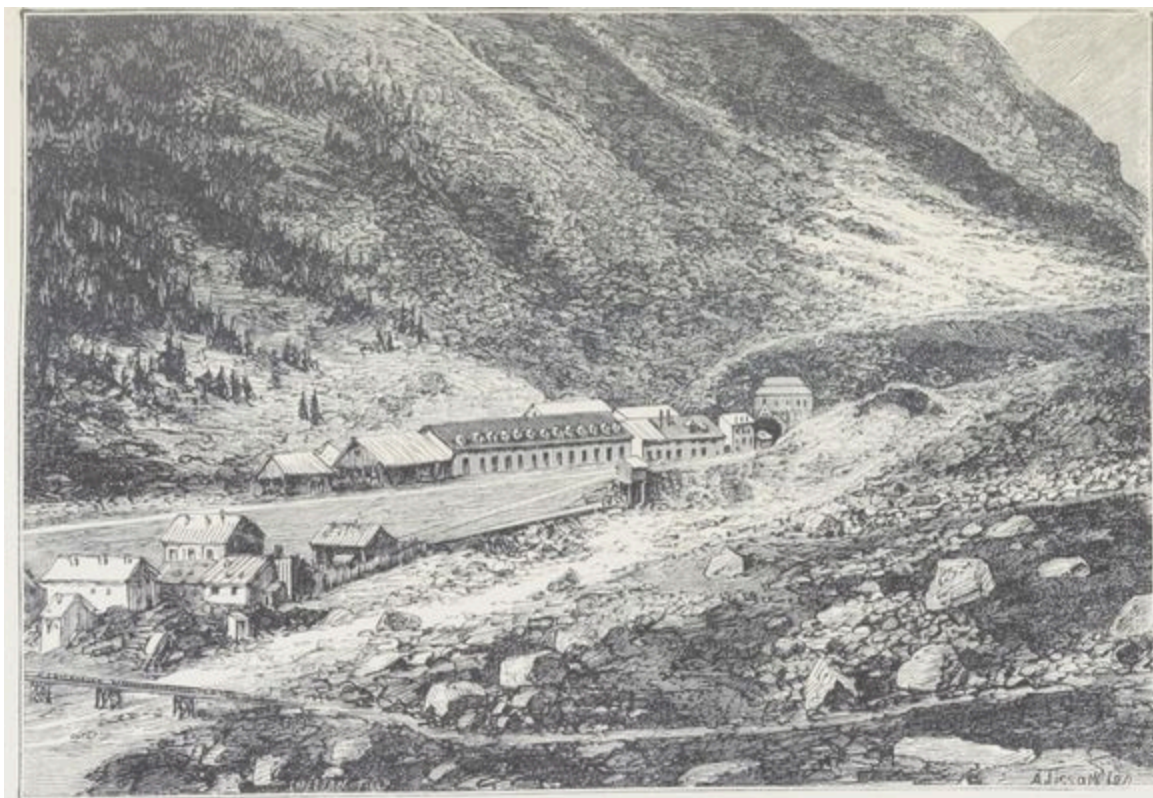
LES NOUVELLES ROUTES DU GLOBE. — PL. III. LE GRAND TUNNEL DU SAINT-GOTHARD.



La ligne internationale du S^t-Gothard pendant sa construction. - Le passage de la Reuss sur le versant nord des Alpes Helvétiques.



Fig. 43. — Le grand tunnel du Gothard pendant sa construction. La galerie Nord (Göschenen). A. Entrée du tunnel.



Le tunnel du Saint-Gothard soude entre eux les deux tronçons de la grande voie internationale qui, partant de Lucerne, va rejoindre les lignes italiennes à la frontière, traversant les cantons suisses de Lucerne, de Zug, d'Uri et du Tessin. La longueur du massif montagneux perforé est de 14,920 mètres, entre Göschenen, embouchure nord (Uri), à 1,109 mètres d'altitude, et Airolo, embouchure sud (Tessin), à 1,135 mètres d'altitude ; le point culminant de la montagne se trouve, sur le tracé du souterrain, au pic du Kastelhorn, situé à 2,977 mètres au-dessus du niveau de la mer. La différence d'altitudes entre les deux embouchures du souterrain est donc de 26 mètres, rachetés par des pentes et rampes appropriées, et la cote extrême du profil, l'épaisseur de roche au-dessus de la voûte de la galerie, atteint 1,800 mètres. Le profil de la montagne au-dessus de l'axe de la galerie est loin cependant d'offrir toujours des cotes extrêmes telles que celles du Kastelhorn. Si, partant de Göschenen, nous gravissons la route qui conduit au sommet du col, nous resterons, pendant les quatre premiers kilomètres, à travers l'étroit défilé des Schöllenen et la florissante plaine d'Andermatt, à des altitudes qui ne surpassent guère de 300 mètres le niveau du souterrain.

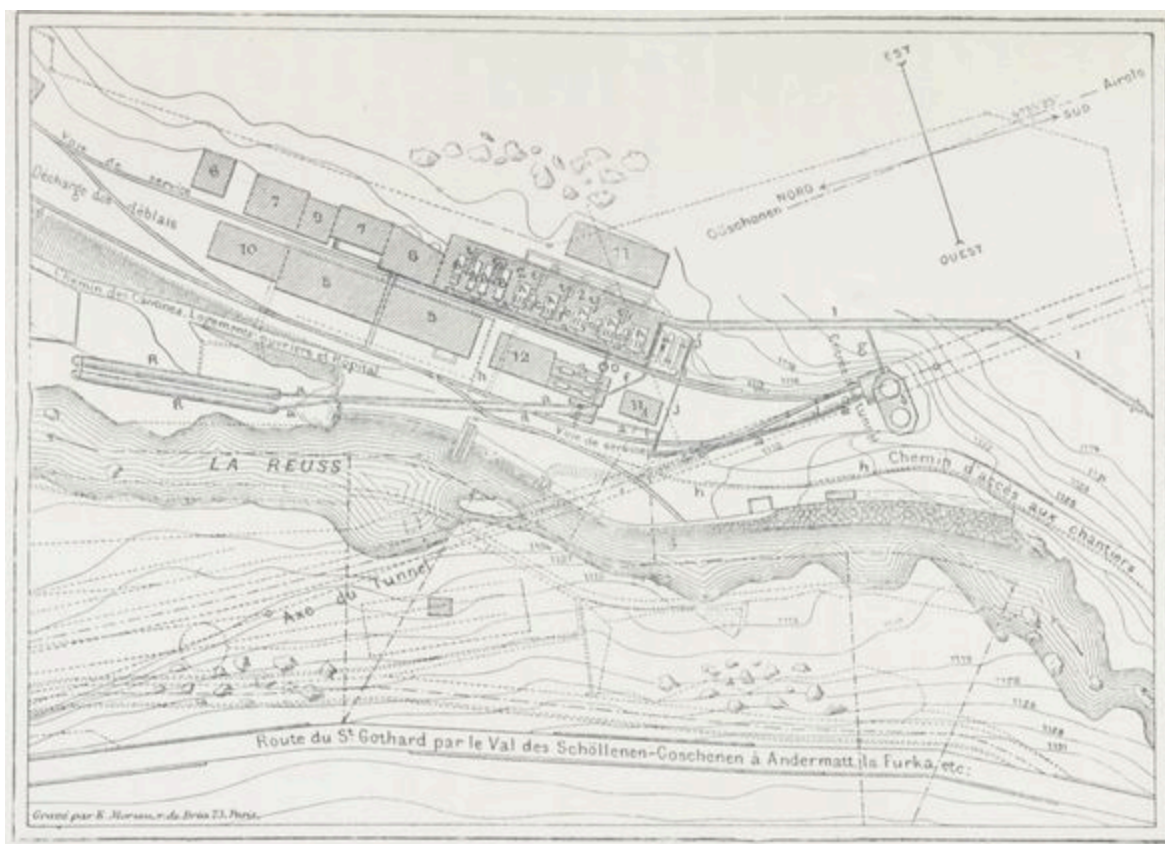
Sous la voûte du passage du Trou d'Uri, en face de la chute sauvage de la Reuss au Pont du Diable, nous pourrions, en abaissant une perpendiculaire jusqu'à 300 mètres de profondeur, tomber juste sur la voûte du souterrain. A partir d'Hospenthal, où les voitures qui font le service du col du Gothard et de la Passe de la Furka relaient leurs chevaux, les lacets de la route de montagne commencent, et deviennent de plus en plus resserrés jusqu'au sommet, au Lac Noir de l'Hospice des voyageurs. La descente vers le versant sud est plus rapide encore que la montée nord, et la longue route blanche qui conduit à Airolo, se détachant sur le fond sombre des rochers qui l'encaissent, prend l'aspect d'un gigantesque serpent, déroulant ses longs anneaux jusqu'à l'entrée de la vallée du Tessin.

§ 2. — La vie sur un chantier souterrain. — Göschenen et Airolo, embouchures du grand tunnel. — Le rôle du « compresseur d'air ».

Fixons-nous, pour la description que nous voulons faire des deux chantiers, tels qu'ils existaient dans la période d'activité du grand travail, à l'embouchure nord du tunnel, située au bas du village de Göschenen, triste bourg du canton suisse d'Uri, à 30 kilomètres environ du lac des Quatre-Cantons. Une soixantaine de maisons, aux pans grisâtres et lézardés, adossées pêle-mêle aux quartiers de roc détachés des hauts sommets, ou aux énormes moraines abandonnées par le glacier voisin dans son recul séculaire, c'était là tout Göschenen avant que l'ouverture des travaux d'exécution du nouveau souterrain des Alpes eût apporté dans ce désert toute l'activité d'une exploitation sans trêve. Côte à côte avec le vieux bourg, surgit bientôt une ville nouvelle, élevée à la hâte pour donner un abri momentané à une population de deux mille mineurs, mécaniciens, maçons, cambusiers, faisant irruption dans ce coin désolé. Pendant les neuf années que durèrent les travaux du percement, Göschenen présentait au touriste l'étrange aspect d'une de ces cités américaines improvisées, pleine de remuement, de cris, parfois de sanglantes batailles ; de chacune des maisons qui bordaient la route d'une longue file d'étalages et de cabarets, sortaient, ici un air de valse, là le bruit d'une dispute retentissante « à l'italienne ». Marchant à la file, les escouades de mineurs reviennent en groupes de la galerie, chantant « l'hymne à Garibaldi » ou quelque vieux refrain

populaire de l'autre côté des monts, dont ils scandent la mesure avec leurs lampes encore allumées. Une détonation sourde fait vibrer l'air, une autre, cinq, six successives : c'est la mine qui éclate dans le souterrain, arrachant à la montagne sa part de rocher de chaque jour. Puis, tout rentre dans le silence, que perce seul par moments le sifflet aigu des locomotives remorquant les déblais du souterrain.

Fig. 44. — Le grand tunnel du Gothard pendant sa construction. Le chantier Nord (Göschenen). Plan topographique des installations mécaniques (Voir la légende page 167.



Au sortir du village, avant de gravir le premier lacet de la route qui s'engage dans l'étroit défilé des Schöllenen, au pied même du massif granitique qu'entaille la perforatrice, on aperçoit dans son entier le chantier nord d'exploitation du tunnel (fig. 43). Aidé par le plan topographique qui accompagne notre texte (fig. 44), notre lecteur pourra reconstruire dans sa pensée l'installation mécanique extérieure du grand travail, sauf toutefois les prises d'eau, réservoirs et canalisations qu'il nous a été impossible de faire entrer dans le cadre du dessin.

Toute notre attention se concentre en premier lieu sur le bâtiment des « compresseurs d'air ». Ces sept machines, couchées l'une près de l'autre sur leurs solides bâtis, commandent le travail. Ce sont elles qui soufflent dans l'intérieur de la montagne, par l'intermédiaire des conduites, l'air comprimé qui dirige le battement du fleuret percuteur des perforatrices. Que les compresseurs viennent à s'arrêter, le tunnel reste inactif. Nous avons pu dire avec raison qu'ils sont « l'âme » du grand percement. — Le fonctionnement du compresseur est le plus simple du monde. L'air atmosphérique, après avoir pénétré dans un corps de pompe par deux soupapes d'aspiration placées à la partie supérieure de chacun des deux couvercles antérieur et postérieur, en ressort, comprimé à la pression voulue, par trois autres orifices à soupapes, placés à la partie inférieure du même couvercle. Lorsqu'il a déposé, dans un réservoir situé à proximité des cylindres compresseurs, l'eau de refroidissement qu'il a entraînée avec lui, le fluide comprimé se rend, par une conduite en fer, dans les grands réservoirs où il est emmagasiné pour le service des perforatrices du souterrain, ou d'autres engins mécaniques utiles à l'exploitation, tels que le marteau-pilon des ateliers de réparations, et surtout la locomotive à air comprimé employée pour le service des déblais.

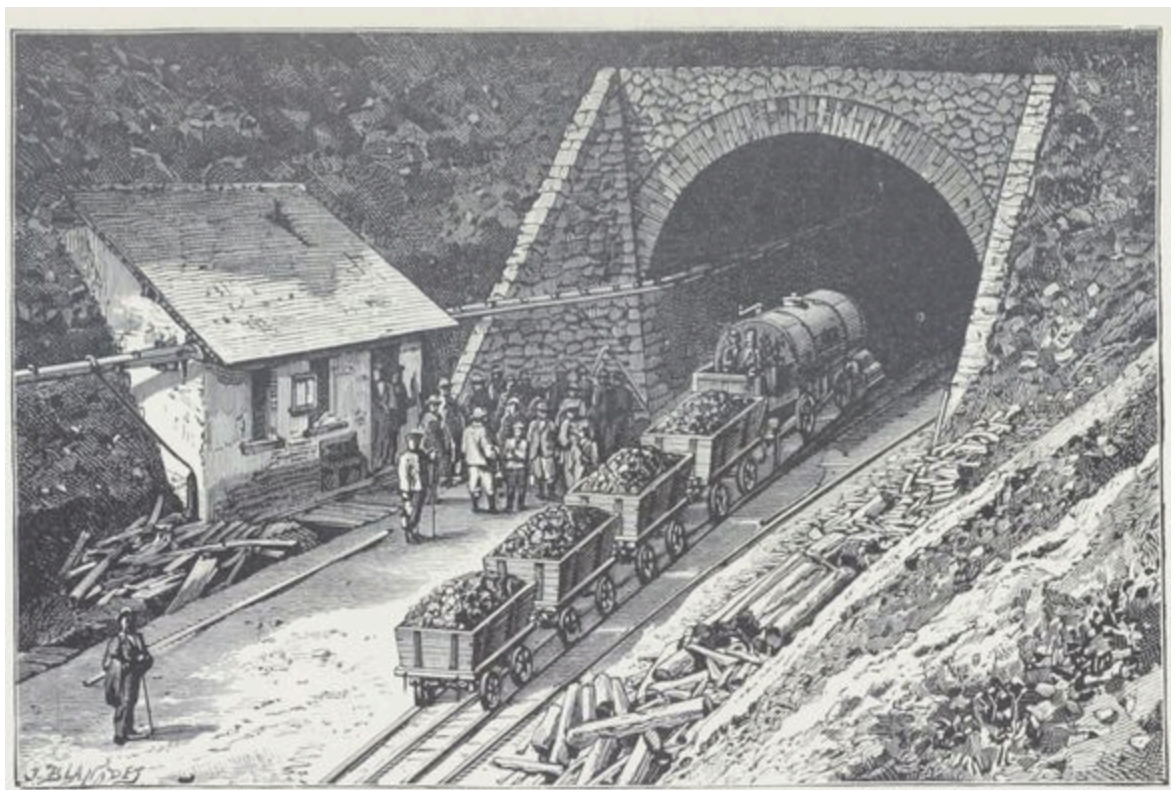
Vingt-trois cylindres, comprimant par heure 1,200 mètres cubes d'air à 8 atmosphères, fonctionnent sur chacun des deux chantiers de Göschenen et d'Airolo. Ils sont partagés en sept groupes, dont cinq de trois cylindres, ou 15 cylindres de 0^m,42 de diamètre et 0^m,65 de course, et deux groupes de deux cylindres, soit 4 cylindres de 0^m,62 de diamètre et 0^m,90 de course. A ces 19 cylindres viennent s'ajouter 4 petits compresseurs, établis spécialement pour les locomotives à air. L'installation entière des 23 cylindres est actionnée par 6 turbines, desservies par la grande conduite qui descend du Val des Schollenen.

Notre visite au bâtiment des compresseurs terminée, tout l'intérêt se concentre sur les installations hydrauliques qui commandent le mouvement des six grandes turbines. La prise d'eau avec son réservoir, où l'eau troublée de la Reuss dépose les matières étrangères, neiges ou roches désagrégées, qu'entraîne un courant torrentiel de 10 p. 100 de pente, est située à près d'un kilomètre en amont de la bouche du tunnel. La chute totale est de 93 mètres. La dernière des cinq chambres du réservoir déverse l'eau dans une conduite en tôle de 85 centimètres de diamètre, longeant la route du Gothard. A 150 mètres du bâtiment des compresseurs, cette

conduite se bifurque, au moyen d'une « culotte » en fonte, en deux branches de 62 centimètres de diamètre, qui s'engagent dans l'aqueduc voûté du bâtiment des compresseurs. La première de ces deux branches dessert deux turbines ; la seconde, les quatre autres. La longueur totale de la conduite, depuis la prise d'eau des Schöllenen jusqu'au bâtiment des turbines, est de 800 mètres. Le volume d'eau distribué est d'environ 1,200 litres par seconde ¹⁸.

Compresseurs d'air avec leurs accessoires d'installations hydrauliques, prises d'eau, conduite et turbines motrices, composent ce que nous pourrions appeler l'installation vitale d'un chantier d'exploitation souterraine, aussi bien celui de l'embouchure nord que le chantier sud d'Airolo. Ce qui nous reste à signaler rentre dans la vie ordinaire d'un travail afférent à une œuvre aussi colossale que celle du second percement des Alpes, à laquelle une armée de plus de trois mille ouvriers, mineurs, mécaniciens, forgerons, travaillent sans relâche. Ici, ce sont les ateliers de réparations de machines, avec leur façade encombrée d'affûts, de perforatrices, de pièces de compresseurs que le dur travail a courbés sans merci. Derrière, flambent les forges à burins. Tout près, le marteau pilon bat ses coups réguliers et sourds. Plus loin, ce sont les poudrières, légers bâtiments en planches, isolés parmi les éboulis de la montagne, où sont amorcées les cartouches de dynamite destinées au sautage de la roche. Nous parcourons encore les cantines, la cité ouvrière, l'hôpital, les ateliers des menuisiers, des charrons, où se confectionnent les cintres pour la voûte, où l'on répare les wagons à déblais. Nous croisons sous nos pas les conduites d'air ou d'eau d'injection des trous de mine, que nous voyons s'enfoncer dans le tunnel, les trains de déblais que remorque la locomotive à air (fig. 45). Au-dessus de l'ouverture, dans le bâtiment des ventilateurs, les énormes cloches en tôle, de 5 mètres de diamètre, aspirent à pleins poumons l'air vicié par la fumée des explosions souterraines.

Fig. 45. — Le tunnel du Saint-Gothard pendant sa construction. Le chantier sud d'Airolo. Entrée du souterrain.

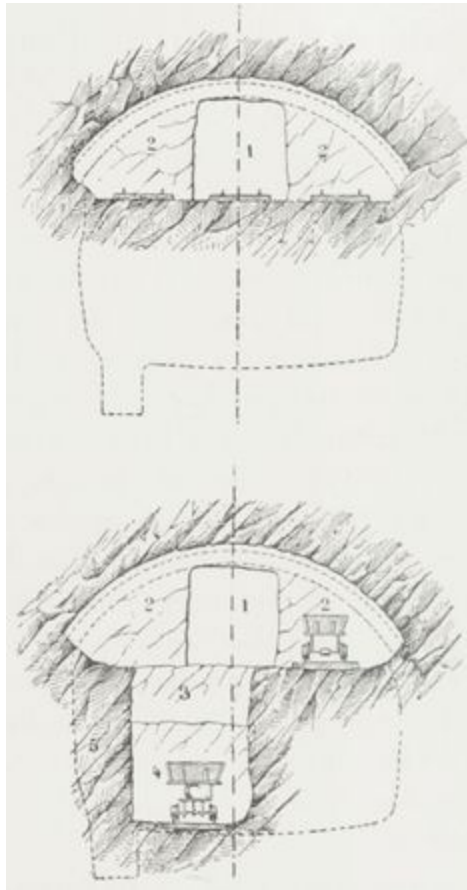


Tout ce chantier est plein d'une activité fébrile. Les wagons remplis de burins roulent et cahotent sur les voies de service, comme avec un bruissement de bataille ; les compresseurs font vibrer leur souffle puissant ; le fer rougi se tord sur l'enclume, « semant sur les bras nus ses étincelles d'or ». A nos pieds, la Reuss ou le Tessin bouillonnent, déferlant leur écume sur les ferrailles entassées qu'ils baignent et découvrent à mesure, boulons, roues, tringles, cylindres, conduites, tout cela écorné, écrasé, déchiqueté dans le rude combat que l'homme livre à la nature au cœur de la montagne. Devant nous, dans l'obscurité muette du souterrain, les flammes pâlies des lampes des mineurs s'éloignent avec un tremblotement confus. Entrons dans le tunnel, examinons son mode de percement, la disposition de ses chantiers d'attaque, le fonctionnement de ce deuxième organe essentiel, la « perforatrice ».

§ 3. — La lutte contre la montagne. — La destruction du rocher et la « perforatrice ».

Le tunnel du Saint-Gothard, comme tous les souterrains qui servent de passage à une ligne de grand trafic, est construit à deux voies ; il mesure 8 mètres de largeur sur 6 mètres de hauteur, et le volume de rocher à détruire par mètre courant a été de 60 mètres cubes. Pour enlever cette surface, on a dû établir plusieurs chantiers partiels d'excavation qui se suivaient à une certaine distance l'un de l'autre. Diverses méthodes sont adoptées pour ce travail ; celle employée au Gothard (fig. 46 et 47) consistait à percer au faîte du tunnel, dans son axe, une petite galerie d'environ 6 à 7 mètres carrés de superficie, soit 2^m,50 de hauteur sur une largeur équivalente. Cette petite galerie, dont le progrès exerce une influence capitale sur la marche de l'excavation entière, et dont les péripéties ont été, au Gothard, si nombreuses, est suivie, à distance suffisante pour que l'explosion des mines ne compromette point la vie des ouvriers, par deux chantiers symétriquement placés à droite et à gauche de l'axe du souterrain, qui complètent l'élargissement en calotte nécessaire à l'emplacement de la voûte. Ces deux derniers chantiers d'excavation prennent le nom d'« abatages ». Petite galerie de direction et abatages en calotte, en tout trois chantiers, forment le premier étage du souterrain en construction. La demi-lune supérieure, qui recevra plus tard le revêtement en maçonnerie, est ainsi excavée.

Fig. 46. — Système d'excavation souterraine du grand tunnel du Gothard. — 1. Petite galerie de direction. — 2. Élargissement en calotte ou abatage. — 3.4. Cunettes du Strosse. — 5. Strosse.



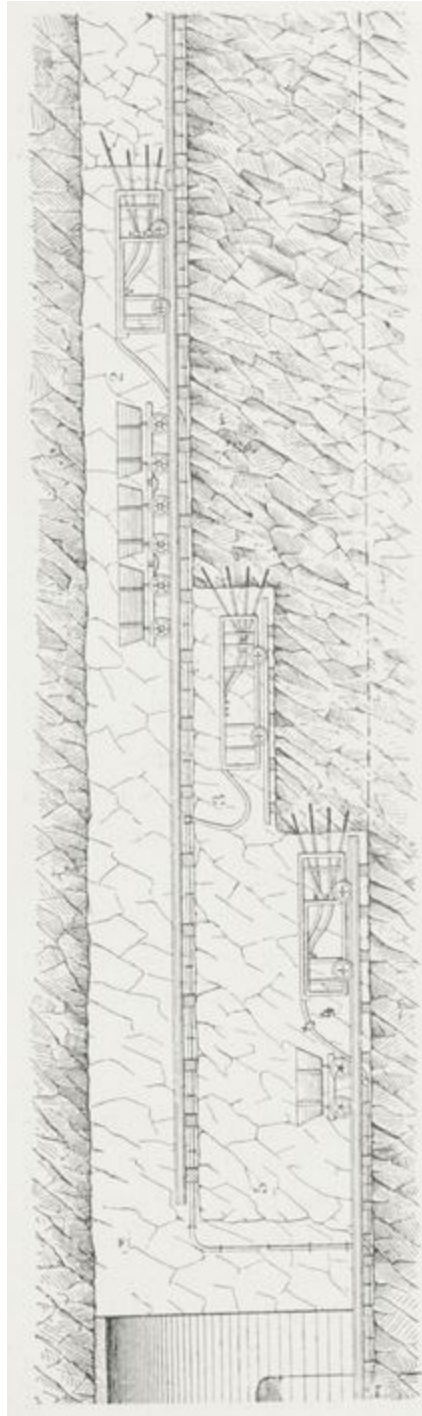
Pour enlever le massif restant, le « strosse », dont la hauteur est encore d'environ quatre mètres au-dessus du sol, on ouvre tout d'abord dans la roche une galerie centrale, un peu à gauche de l'axe du souterrain, afin de laisser sur l'un des côtés du massif non encore enlevé la place nécessaire pour la voie de service de l'étage supérieur. Cette galerie centrale est appelée « cunette du strosse ». Sa profondeur relativement considérable exige que le travail s'effectue en deux étages d'égale hauteur ou à peu près ; l'étage inférieur suit l'étage supérieur à une distance d'une trentaine de mètres, suffisante pour que l'explosion des mines ne détériore point l'affût ni ses perforatrices.

L'élargissement en calotte et la « cunette du strosse » une fois creusés, le « strosse » restant est excavé, jusqu'à ce que le profil de la galerie ait épousé la forme du revêtement indiqué, qui, dans les terrains ordinaires, est le plein-cintre avec piédroits, et aqueduc d'écoulement des eaux situé à la

base de l'un des piédroits. Le revêtement avec « radier » ou voûte inférieure, n'est employé que dans les roches très délitées et sujettes à de nombreuses filtrations.

Tous les chantiers d'élargissement, de même que la petite galerie de direction, sont perforés mécaniquement, chacun d'eux, suivant sa section, exigeant un nombre plus ou moins grand de perforatrices, montées sur un solide cadre en fer, l'« affût ». Chacune de ces perforatrices peut, à volonté, être déplacée sur ce cadre en hauteur et direction, selon que les trous de mines ont besoin d'être perforés à tel ou tel emplacement du front de taille, perpendiculairement à la roche ou dans une direction oblique ; dans ce dernier cas, on dit que les perforatrices travaillent « en éventail ». L'affût qui roule sur la voie de service se déplace avec le front d'attaque, vers lequel il est ramené après l'explosion des mines et le relevage des déblais. L'excavation du tunnel du Gothard est, en somme, comme le montre la figure théorique 47, toutes proportions gardées, une attaque en gradins droits, à trois étages, analogue à celles qui se pratiquent dans les exploitations minières souterraines.

Fig. 47. - Disposition du travail souterrain de perforation mécanique dans le grand tunnel du Gothard. - 1. Petite galerie de direction.- 2. Elargissement en calotte ou abatags. - 3. 4. Cunette du Strosse. - 5. Strosse. - 6. Tunnel achevé et revêtu de maçonneries avec guérite de refuge.



Souvent déjà, nous avons prononcé le nom de « perforatrice ». Qu'est-ce qu'une perforatrice ? Une barre à mine mue mécaniquement, reproduisant,

par le jeu automatique de ses organes, sous l'influence de l'air comprimé qui la dirige, les mouvements essentiels du mineur qui, pour forer un fourneau de mine, imprime à son outil un double mouvement de percussion, soit de translation et de rotation dans le trou creusé. Les premiers essais de perforation mécanique rapide des trous de mine sont renfermés dans la curieuse étude de M. Henri Mauss, offrant au gouvernement piémontais sa machine à ciseaux, que nous décrirons dans le chapitre spécialement réservé au Mont-Cenis, découpant la roche en blocs enlevés ensuite au levier. En 1855, Bartlett propose sa perforatrice à vapeur, et enfin, les belles expériences de M. Colladon sur l'air comprimé conduisent Sommeiller à la création de la perforatrice actuelle.

Le mécanisme principal de toute machine perforatrice est fort simple. Il s'agit en effet, pour le creusement des fourneaux de mine destinés au sautage de la roche : — 1° de faire battre au fleuret percuteur des coups violents et répétés, — 2° de communiquer à ce fleuret un mouvement de rotation qui l'empêche de s'engager dans le trou qu'il fore. — Le premier mouvement de percussion s'obtient en amenant alternativement sur les deux faces d'un piston auquel est liée invariablement la tige porte-fleuret, l'air comprimé à une certaine tension par les compresseurs des chantiers extérieurs ; le mouvement de rotation de la tige est commandé par des mécanismes spéciaux ingénieusement distribués. Grâce à ces deux mouvements, l'empreinte laissée sur le roc par le fleuret percuteur pourrait être représentée par les différentes positions que prendrait le diamètre d'un cercle marquant la place du trou, si ce diamètre était déplacé à chaque coup d'un angle très petit. — La course du piston ayant une longueur déterminée, il arrivera certainement un moment où le trou creusé sera assez profond pour que le fleuret n'atteigne plus la roche. La machine battra alors à vide, et, en dehors du travail négatif de l'outil, les organes se détérioreraient vite par ce mode de fonctionnement insolite, si l'on n'y remédiait en rapprochant le piston porte-fleuret du front d'attaque. Un troisième mécanisme commande ce mouvement automatique.

En résumé, les pièces essentielles qui se retrouvent dans chaque perforatrice sont :

- 1° Un cylindre principal pour la percussion ;
- 2° Un piston percuteur, dont la tige se prolonge et sert de porte-outil ; on fixe à son extrémité, au moyen d'un manchon et d'une clavette, le ciseau, burin ou fleuret, destiné à percer le trou de mine ;

3° Un tiroir ou robinet distributeur, dont le mouvement de va-et-vient dirige alternativement l'air comprimé à l'avant ou à l'arrière du piston percuteur ;

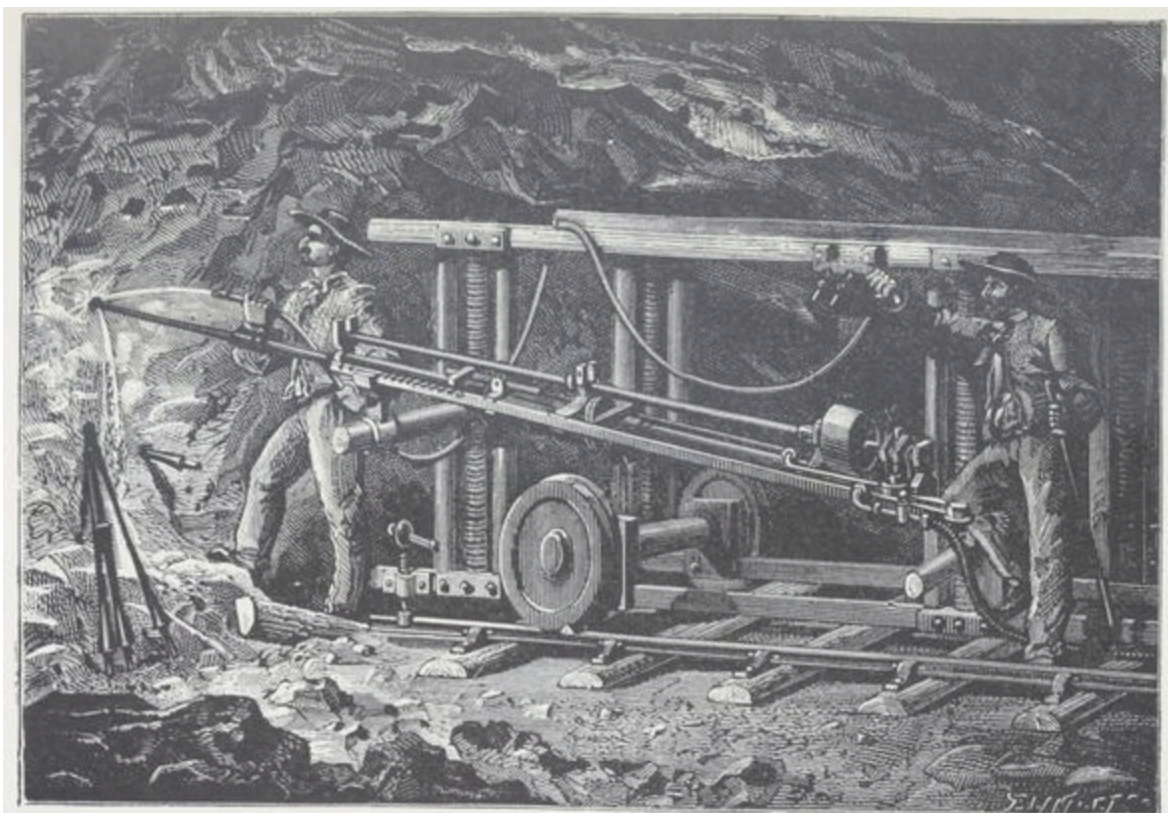
4° Divers organes destinés, soit à faire tourner le piston, la tige porte-outil et le ciseau perceur, soit à faire avancer le cylindre et ses annexés vers le front de taille pendant la perforation du trou de mine, soit à retirer le fleuret du trou de mine dans lequel il est engagé ;

5° Un support, châssis ou cadre rigide, formé de deux barres ou longerons, le long desquels le cylindre et ses annexes peuvent glisser pour se rapprocher du trou en percement.

La longueur d'une perforatrice varie avec le système auquel elle appartient. La machine Ferroux, construite pour la traversée du massif granitique de Göschenen, mesure 2^m,80 sans le fleuret, qui a lui-même 1^m,20. La longueur approximative de la machine complète sur affût est donc de 4 mètres, sa largeur de 0^m,25 à 0^m,30, son poids de 200 kilogrammes. D'autres, plus légères, pèsent seulement 170 kilogrammes.

Un grand nombre de systèmes de perforatrices ont vu le jour depuis que le premier trou de mine a pu être foré mécaniquement aux flancs des Alpes du Piémont, et pour notre part, nous en avons bien vu essayer une vingtaine au Gothard. Les deux types principaux employés ont été exclusivement les machines Ferroux et Mac-Kean Seguin, la première dans la galerie Nord, la seconde sur les chantiers d'Airolo. Ces deux machines, que nous rencontrerons dans les grands travaux similaires du Gothard, au souterrain autrichien de l'Arlberg par exemple, ne sont du reste que d'heureuses transformations de l'outil primitif du Mont-Cenis. De même que la machine qui lui donne le mouvement, le compresseur, la perforatrice n'a varié que dans ses détails ; ses organes ont pu, au gré des inventeurs, être perfectionnés dans leur forme et leur distribution extérieures ; ils ont toutefois conservé leur agencement primordial, semblables en cela à ces êtres organisés à qui chaque saison et chaque climat créent une couleur nouvelle, mais dont le squelette reste immuable sous les variations superficielles seules visibles.

Fig. 48. — La perforation mécanique des trous de mines au front de taille du grand tunnel du Saint-Gothard.

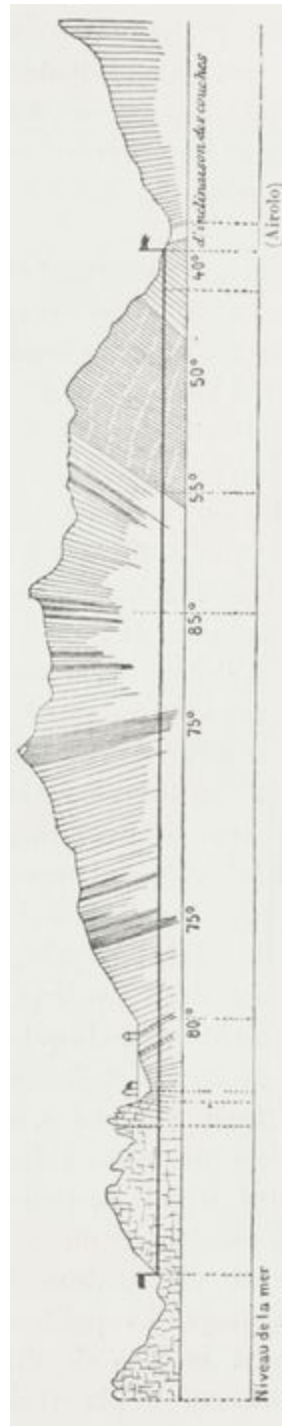


La marche et le maniement d'une perforatrice pourront être très clairement suivis sur le dessin que nous avons dressé, représentant le travail de creusement mécanique des trous de mine à l'un des chantiers d'excavation souterraine, à l'abatage droit, ou élargissement à droite de la partie supérieure de la galerie (fig. 48). A la vérité, l'affût devrait porter cinq perforatrices, mais pour donner plus de clarté au dessin, nous n'en avons figuré qu'une seule, du système Ferroux. La machine, supportée à ses deux extrémités, travaille un peu inclinée, en éventail ; le mouvement de percussion qui commande le battement du fleuret est situé à l'arrière, le mouvement de rotation à l'avant ; la crémaillère qui court sur le longeron guide l'avancement automatique du mécanisme vers la roche. L'ouvrier placé à l'arrière de l'affût ouvre le robinet de la conduite d'injection des trous de mine ; le mineur placé à l'avant dirige le jet d'arrosage dans l'un des trous perforés. Les burins de rechange ou détériorés sont appuyés contre le rocher. L'affût est solidement calé sur la voie de service dont on distingue les traverses posées sur le sol de l'étage supérieur. Le grand affût

d'avancement, long d'environ 4 mètres et haut de 1^m,50, porte 6 ou 7 perforatrices, exigeant ensemble quinze ouvriers, occupés au transport et au changement des fleurets, au maintien de leur direction, à l'arrosage des trous perforés, etc.

Le nombre et la profondeur des trous de mine, et par suite la durée de la perforation mécanique, varient avec la section du chantier attaqué, la nature de la roche, son affinité plus ou moins grande pour l'explosion, la disposition et l'inclinaison des strates favorisant plus ou moins bien le sautage. La petite galerie de direction présentera certainement le plus de difficultés ; il doit en effet y avoir arrachement de la roche, aucun des côtés de l'excavation future ne présentant une surface déjà libre. Dans le granité, pour une surface de 6 à 7 mètres carrés, le nombre de trous percés au front de taille fut de 22 à 26 ; 12 trous ont suffi dans les gneiss schisteux qui ont succédé au massif granitique qui, se détachant du Finsteraahorn, coupait sur 2,000 mètres de longueur, à partir de l'embouchure nord, l'axe du souterrain (Voir notre profil géologique du tunnel, [fig. 49](#)). La profondeur des trous a varié de 1m,20, profondeur maxima dans les roches granitiques, à 0^m,80 dans les schistes cristallins micacés ou talqueux. La dépense de dynamite était de 1 kilogramme environ par trou, la consommation quotidienne de tous les chantiers atteignant parfois 500 kilogrammes pour les deux têtes du tunnel.

Fig. 49. - Profil géologique du grand tunnel du Gothard.



L'enlèvement des déblais suit immédiatement le sautage de la roche. Les wagonnets, chargés des débris de l'explosion des chantiers de l'étage supérieur — galerie de direction ou élargissement en calotte — sont amenés jusqu' au-dessus de la cunette creusée dans le massif inférieur, puis basculés

dans des entonnoirs en bois qui les dirigent dans des wagons plus grands, remorqués par la locomotive à air jusqu'au lieu de décharge des chantiers extérieurs. |On se rendra facilement compte du mouvement intérieur de transport, en songeant que le cube des déblais provenant de l'excavation exige environ 375 wagons par vingt-quatre heures ; ces wagons ont une contenance moyenne de un mètre cube et 1^m,60 ; ils peuvent transporter en dehors du tunnel un cube utile (rocher en place) de 225 mètres, soit 3^m,70 de galerie perforée. Il faut encore tenir compte d'une cinquantaine d'autres wagons affectés au transport des perforatrices, des burins, des moëllons pour la voûte, etc.

Notre description du travail souterrain ne serait point complète si nous négligions de faire ressortir la relation qui doit forcément exister entre la quantité d'air comprimé dépensé par les perforatrices installées aux divers chantiers d'attaque mécanique, et celle fournie par les compresseurs d'air des chantiers extérieurs. Pour chaque perforatrice des systèmes employés au Gothard, qui battaient environ 450 coups par minute sur le front de taille, il faut calculer une dépense moyenne, par minute, de 1 à 2 mètres cubes d'air à la pression atmosphérique. On peut porter ce chiffre à 3 mètres cubes, en tenant compte du fluide comprimé dépensé pour la ventilation du chantier d'attaque, après l'explosion de la roche. Dans la période active du travail, trente perforatrices travaillant simultanément sur les divers chantiers d'attaque de la galerie, consommeront donc, par minute, 90 mètres cubes d'air à la pression atmosphérique. Les sept groupes de compresseurs fournissant 1,200 mètres cubes d'air comprimé à 6 atmosphères par heure, soit 20 mètres cubes par minute, ou 120 mètres cubes, si on ramène à la pression atmosphérique, on voit que, théoriquement, la quantité d'air fournie par les machines des chantiers extérieurs était largement suffisante pour entretenir la marche des perforatrices.

Ces 1,200 mètres cubes d'air comprimé sont amenés aux divers chantiers d'attaque par des conduites en fer ou en fonte qui, partant des grands réservoirs, ne se terminent qu'au front de taille extrême de la petite galerie. Ces conduites, suspendues contre les maçonneries de revêtement dans la partie complètement achevée du souterrain, longent ensuite les parois de la galerie, et sont recouvertes de déblais qui les protègent contre les éclats des mines projetées ; leur diamètre varie de 0^m,20 à 0^m, 10 et 0^m,06. Près de chaque attaque, on ménage, sur ces conduites, une prise d'air communiquant avec un petit réservoir placé à l'arrière de l'affût, et d'où

partent les tuyaux de caoutchouc distribuant l'air aux perforatrices. Toutes ces dispositions se retrouvent dans nos gravures. Après chaque explosion, afin de chasser les vapeurs délétères de la dynamite et de ménager aux mineurs qui relèvent les déblais une atmosphère moins viciée, dans laquelle ils puissent travailler sans danger, le robinet de la prise d'air reste ouvert pendant le temps nécessaire.

Les travaux de perforation, de sautage de la roche et de chargement des déblais, dans l'un quelconque des cinq chantiers mécaniques de la petite galerie, de l'élargissement en calotte et des deux étages de la cunette du strosse, forment ensemble ce qu'on appelle un « poste ». La moyenne d'avancement de chaque poste est en général de 1 mètre ou 1^m,20. Dans une bonne roche, se perforant facilement, et rendant bien à l'explosion, on peut facilement faire 3 à 4 postes par jour, donnant 3^m,50 à 4^m,50 de progrès quotidien. Les deux embouchures du souterrain avanceraient donc ainsi de 7 à 9 mètres, si aucune circonstance défavorable ne se présentait. Malheureusement, si parfois on entre dans une période de progrès assez réguliers, il n'est point rare, d'un autre côté, que quelque déception vienne un jour vous rappeler qu'une œuvre de la grandeur de celle du Gothard ne s'accomplit point sans encombre. Ici, ce sont des irrutions d'eau sans précédent dans l'histoire des tunnels, des jets de la grosseur du bras, jaillissant sous une pression énorme, renversant les hommes, éteignant les lampes, inondant les chantiers sous une pluie torrentielle qui tombe en nappe continue du plafond de la galerie ; c'est encore un massif granitique de deux kilomètres d'épaisseur, une roche compacte, cristalline, contre laquelle le fleuret impuissant s'émousse, où la perforatrice se disloque ; toute l'énergie terrible de la dynamite suffit à peine à l'arrachement du bloc si péniblement perforé. Le dur banc de granit dépassé, la période des efforts et des déboires semble close pour longtemps ; mais voici, succédant au terrain résistant, la roche argileuse, désagrégée, qui tremble et s'éboule au choc du burin. Il faut marcher pas à pas, étayer le rocher fraîchement excavé, poser des cadres de boisage qui, malgré leur solidité, offrent souvent une résistance insuffisante au « foisonnement » d'un terrain qui se gonfle comme poussé par un ressort intérieur. La perforatrice est là, silencieuse, tristement accrochée à l'affût. Point ou peu de progrès quand on avait cru broyer si facilement la roche docile. Après la barrière granitique, l'inondation ! Après l'inondation, l'éboulement ! Combien d'obstacles faut-il vaincre, avant que la perforatrice ne batte son dernier coup de fleuret, et

que les compresseurs n'envoient leur dernière bouffée d'air au front d'attaque du grand tunnel des Alpes !

§ 4. — La géologie du Saint-Gothard. — Les péripéties de l'œuvre. — Le dernier banc de rocher. — M. Louis Favre.

Notre visite au souterrain terminée, montons la route qui conduit au massif principal du Gothard. Dès les dernières maisons du village, s'ouvre l'étroit et sombre défilé des Schöllenen, où sont établies les installations hydrauliques destinées à capter l'eau de la Reuss pour le mouvement des grandes turbines. Les chantiers du tunnel disparaissent peu à peu derrière la grande ombre noire du rocher granitique contre lequel ils sont adossés ; les longs bâtiments aux toits rouges et enfumés, les voies de service, les trains de wagonnets, s'effacent les uns après les autres, comme un décor qui rentre dans la coulisse. Bientôt nous n'apercevons plus que l'extrémité du talus grisâtre des déblais, avec la silhouette noire de la locomotive et la fumée discrète des cartoucheries de dynamite perdues dans les sapins. Devant nous, la route du Gothard déroule ses lacets poussiéreux, côtoyant des escarpements, surplombée çà et là par quelque pan de rocher où grimpe la rose des Alpes. Au fond du précipice, la Reuss se tord avec furie, écumante, tachetée de blocs énormes. Tout le long du chemin, s'allonge sur des piliers en maçonnerie, comme un long serpent noir au repos, la conduite en tôle qui descend au bâtiment des compresseurs d'air. En face du vieux pont Sprengibücke, nous rencontrons le réservoir, solide construction dont les murs épais, à cheval sur un bloc solide, dominant le torrent qui vient d'abandonner une partie de ses eaux dans le bassin de captation. Nous venons de franchir la limite extrême des installations du grand tunnel. A mesure que nous avançons, la vallée se resserre, les zigzags de la route prennent une pente plus rapide, et on entre bientôt dans la lugubre « Teufelsthal ». Voici près de nous le Pont-du-Diable, à la fantastique légende ; nous traversons un tunnel d'une cinquantaine de mètres de longueur, et nous débouchons dans la plaine d'Andermatt, couchée comme un riant oasis au pied des pics neigeux du Gothard et des glaciers du Rhône qui blanchissent à l'horizon.

Une course à travers le Gothard, lorsque les beaux jours ont fondu les neiges qui grossissent la Reuss et la Tremola, nous fera toucher du doigt la

constitution géologique du massif, composé en entier de roches cristallines, éruptives ou métamorphiques. De Göschenen à Airolo, à travers le Val des Schöllenen, la plaine d'Andermatt, et les deux versants du col, nous rencontrons en premier lieu, sur deux kilomètres d'épaisseur, le granite ou gneiss granitique du Finsterahorn ; viennent ensuite les gneiss schisteux, solides ou délités, les calcaires cristallins sur une faible épaisseur, puis enfin l'énorme passage de douze kilomètres de roches métamorphiques, micacées, amphiboliques, grenatifères, coupées de bandes quartzeuses, serpentineuses ou dioritiques. Au cours des études qui précédèrent l'adoption du projet de traversée du Gothard, la constitution intime de la montagne avait été rigoureusement étudiée. Le profil géologique que nous donnons ci-dessous, d'après les travaux du savant professeur italien Giordano, indique la succession des roches, de Göschenen à Airolo ; à de très petites variations près, ces prévisions furent pleinement contrôlées par la perforatrice, pendant les neuf années que dura le percement du colosse alpin :

Gneiss granitique plus ou moins homogène.....	2,200 mètres.
Gneiss plus ou moins schisteux, avec schistosité presque verticale...	350 —
Calcaire cristallin micacé.....	130 —
Schistes micacés passant au gneiss, et schistes noirâtres.....	870 —
Gneiss riches en mica, passant au micaschiste, avec minces zones d'amphibole	6,310 —
Gneiss schisteux, avec filons et rognons de quartz.....	1,680 —
Micaschiste plus ou moins amphibolique.....	2,910 —
Micaschiste passant au gneiss, riche en grenats et veines de quartz...	620 —
Longueur de la galerie.....	15,070 mètres.

La constitution intime d'une montagne — nous l'avons déjà fait remarquer — exerce une influence capitale sur la durée du percement du tunnel qui doit la traverser. Plus dure est la roche, plus nombreux devront être les trous de mine, plus laborieuse la perforation mécanique. Le maximum d'avancement quotidien de la petite galerie du souterrain du Saint-Gothard, dans la roche granitique de Göschenen, ne fut guère supérieur à 3 mètres, tandis qu'il atteignait au même moment 4 mètres et même 4m,50 dans les terrains schisteux d'Airolo, lorsque le travail n'était point entravé par les circonstances fâcheuses dont nous allons parler. En août, septembre et octobre 1875, le gneiss granitique de Göschenen passa brusquement, à la cote 1,100 mètres, aux gneiss talqueux ; la durée de la perforation mécanique des trous de mine, auparavant de 5 heures à 5h,30',

descendit jusqu'à 3 heures ou 3h,30'. Le granite revenu vers 1,400 mètres, le travail reprit la marche pénible qu'il ne devait quitter qu'à la limite extrême de la roche éruptive.

La dureté de la roche n'est toutefois point le seul coefficient dont il faille tenir compte pour l'évaluation du progrès quotidien d'avancement de la petite galerie, et par suite de la durée du percement d'un tunnel comme celui du Saint-Gothard ; le relevage des déblais ou « marinage », pendant lequel la perforation mécanique est suspendue, l'affût étant retiré à l'abri des explosions, est également à considérer. L'accomplissement de cette opération dépend en effet de nombreuses circonstances, parmi lesquelles se place au premier rang ce que nous pourrions appeler l'état hygroscopique de la roche traversée, comprise dans les roches compactes : et sèches, ou dans les terrains délités, le plus souvent aquifères. Le relevage des déblais dans une roche sèche, comme le gneiss granitique de Göschenen, s'effectuait facilement dans une période de deux à trois heures, tandis qu'il exigeait un temps au moins double dans les schistes de la galerie sud, où le débit d'eau était devenu si considérable que la pose de la voie pour l'affût, après chaque perforation, se faisait dans un véritable torrent de 0^m,50 de profondeur. A un certain moment, les irrptions d'eau étaient même tellement puissantes qu'il avait été indispensable d'adopter, pour le bourrage des trous de mine, une méthode particulière, afin de maintenir la charge de dynamite que la pression énorme du jet d'eau d'infiltration eût infailliblement rejetée ; la cartouche était enfermée dans un tube en fer-blanc que l'on coinçait contre les parois du trou, après quoi le feu était mis aux mines comme d'habitude.

Les conditions dans lesquelles s'accomplit le travail furent donc loin d'être identiques aux deux embouchures. Tandis qu'à Göschenen, la perforation mécanique, en dehors d'une centaine de mètres de terrains éboulés, traversés entre les cotes 2,760 mètres et 2,860 mètres, s'effectuait constamment dans une roche solide, ne nécessitant aucun boisage et ne présentant aucune trace sérieuse d'infiltrations, — même lorsque la petite galerie, à 1,600 mètres de l'embouchure, passa sous le lit de la Reuss, à 240 mètres au-dessous du val des Schöllenen, — la galerie sud d'Airolo eût à vaincre les difficultés les plus insurmontables qui se fussent peut-être jamais rencontrées dans le percement d'un tunnel. De 42 litres par seconde (mai 1875), le débit des eaux d'infiltration s'élevait rapidement jusqu'à atteindre, en décembre, dans les micaschistes talqueux et grenatiformes, le

chiffre déjà considérable de 200 litres ; le front d'attaque de la roche fournit à lui seul 40 litres. En janvier 1874, on compte de 230 à 250 litres. L'année entière se passe dans cette effrayante situation ; ce n'est qu'en décembre que la roche devient à peu près sèche, les travaux d'élargissement restant inondés. Combien de journées laborieuses dépensées en luttes stériles, combien d'heures employées, perdues plutôt, à détourner les eaux, à franchir les crevasses pleines d'éboulis, véritables cheminées d'où s'écoulent en nappes épaisses les matières délitées accumulées depuis de longs siècles, à retirer hâtivement l'affût et ses perforatrices, menacés d'être enfouis sous l'éboulement, à boiser la roche qui craque et se fendille sous l'énorme pression environnante.

Nous eussions aimé, comme pièces à l'appui, mettre sous les yeux de nos lecteurs les divers échantillons géologiques que nous avons réunis pendant la durée des travaux du tunnel, autant par curiosité scientifique que pour conserver le souvenir des étapes périlleuses qu'a parcourues la perforatrice dans le souterrain du Gothard. Nous eussions retrouvé, pour l'embouchure nord, les variétés si nombreuses du gneiss granitique, tantôt grisâtre, zébré de longues bandes de mica, tantôt brillant comme une mosaïque où se mêlent la blancheur mate du feldspath et le scintillement clair des lamelles quartzeuses. Le côté sud (galerie d'Airolo) offre au minéralogiste un champ plus vaste encore, avec ses roches cristallines qui revêtent à chaque pas les couleurs les plus diverses et les plus chatoyantes. Ici, la roche tient solidement enchâssés des multitudes de grenats aux faces rougeâtres pentagonales ; plus loin, ce sont les longues aiguilles d'amphibole, serrées les unes contre les autres comme des touffes de poil rude, ou bien encore s'allongeant régulièrement sur la strate schisteuse, comme de véritables traces fossiles.

La région granitique du Gothard est en effet une des plus riches en curiosités minéralogiques ; c'est elle qui jusqu'à ce jour a fourni les cristaux les plus remarquables. Ceux de la grotte de Tiefen, proche de la Furka, dans la vallée d'Urseren, découverte en 1868, jouissent d'une renommée méritée. Les plus remarquables spécimens se trouvent, croyons-nous, au musée de Berne ; plusieurs d'entre eux, de la base au sommet de la pyramide, mesurent 0^m, 70 de hauteur et pèsent 200 à 300 livres. La galerie nord du tunnel a parfois traversé de ces poches à cristaux si nombreuses dans le massif granitique ; un des plus beaux échantillons mis au jour par la mine faisait partie de l'envoi que l'entrepreneur du tunnel, M. Louis Favre,

adressa, en juillet 1875, à l'Exposition internationale des sciences géographiques ; chacun des cristaux du groupe mesurait environ 0^m,30 de hauteur sur 0^m,10 à 0^m,12 de diamètre, le groupe entier pesait 100 kilogrammes (fig. 50). Les cristaux rencontrés dans les poches sont le plus souvent incolores, et parfois très clairs lorsqu' on les a débarrassés de la gangue chloriteuse verte qui tapisse la cavité entière ; ils sont quelquefois encore, mais bien rarement, accompagnés de petits cristaux roses de spath fluor, affectant, comme on le sait, la forme d'une double pyramide tétraédrique, tandis que le cristal de roche ordinaire est à base hexagonale. Une cristallisation fort rare et très recherchée des amateurs est encore celle du feldspath cristallisé en cubes aplatis, de manière à former une plaque qui, grâce à la chlorite dont elle est imprégnée, simule assez bien une de ces antiques ciselures de bronze, auxquelles la patine a donné son reflet verdâtre et doux. Voici encore près de nous les petits amas de pyrites, semées çà et là, comme des clous d'or, sur la blancheur mate de l'eurite ; le spath calcaire, puis toute la série étincelante des micas, depuis le mica noir de jais, jusqu'au mica rouge comme des paillettes de cuivre. La galerie sud, composée tout entière de roches schisteuses métamorphiques, fut moins riche en cristaux que le rocher granitique de Göschenen ; elle racheta cependant largement sa pauvreté, en mettant à nu une veine de quartz aurifère, malheureusement si mince que les échantillons s'envolèrent comme par enchantement, sans qu'il me fût possible d'en conserver autre chose que le souvenir, et le regret de n'avoir point su prendre ma part de la précieuse trouvaille dont les vestiges sont aujourd'hui emprisonnés à jamais derrière la voûte protectrice du tunnel.

Fig. 50. — Cristal de roche rencontré dans la galerie nord du grand tunnel du Gothard, à 2,053 mètres de l'embouchure. (Hauteur du cristal principal : 0^m,50.)

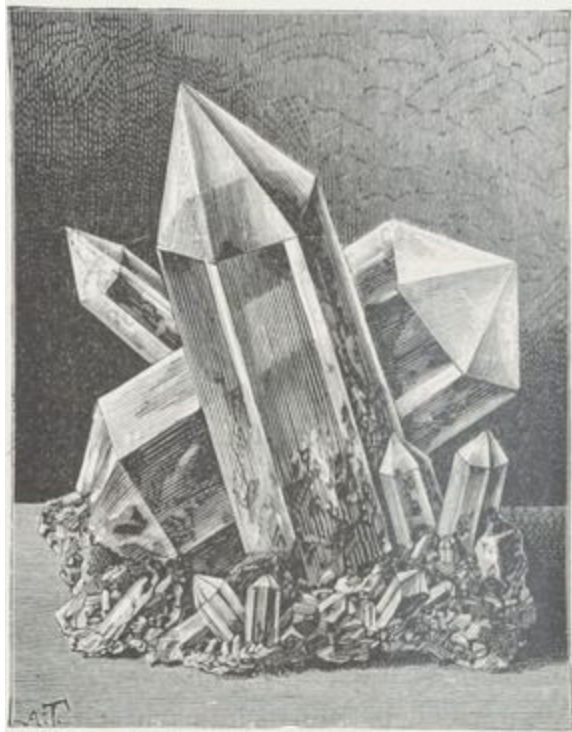
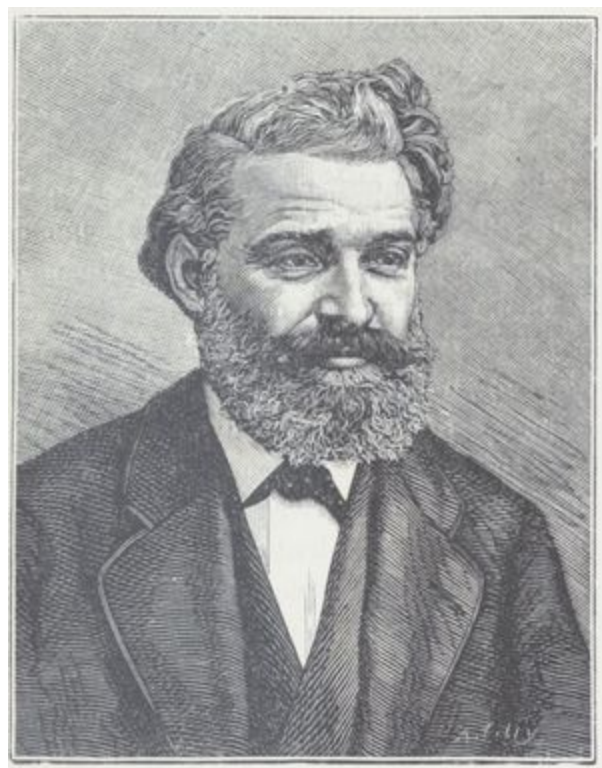


Fig. 51. — M. Louis Favre, entrepreneur du grand tunnel du Gothard, mort dans le tunnel, le 19 juillet 1879.



Au milieu de tous les obstacles que nous avons signalés, le percement du Saint-Gothard s'est effectué avec une rapidité qui accuse un progrès marqué dans les méthodes inaugurées au col du Fréjus. Commencées par les moyens manuels ordinaires, le 12 septembre 1872 à l'embouchure sud d'Airolo, le 17 novembre à Göschenen, continuées mécaniquement en avril 1873 à la tête nord et en juillet à la tête sud, les deux galeries qui, depuis près de sept années, marchaient à la rencontre l'une de l'autre, se rencontrèrent enfin, le 29 février 1880. Depuis quelques jours déjà, les mineurs qui travaillaient dans l'une des deux galeries entendaient distinctement l'explosion des mines de la galerie opposée. Le diaphragme qui séparait encore les deux versants de la montagne s'amincissant chaque jour davantage, bientôt ils perçurent distinctement le battement strident des perforatrices. Enfin, un fleuret traversa de part en part et l'on put mesurer l'épaisseur de rocher, dernière barrière dont la dynamite eut vite raison. Il faut avoir vécu, comme nous l'avons vécue nous-même, cette vie curieuse des chantiers, pleine d'incidents de toutes sortes, parfois ingrate, toujours attachante, dans laquelle, au milieu des mille péripéties du travail, une préoccupation surpasse toutes les autres : l'achèvement, la date où le sceau

définitif sera mis à l'œuvre commune. Le dernier coup de mine ! voici sept années qu'on en parle, dans le tunnel, à la table qui nous réunit, partout. Tout le monde court au fond de la galerie ; chacun veut entendre cette suprême explosion, sentir le premier courant d'air qui traversera les entrailles de la montagne, emporter un éclat de la roche, témoin de cette victoire si longtemps désirée. Pour la première fois, on va pouvoir aller serrer la main des camarades de la galerie opposée, sans faire le long voyage par le col, parfois huit, dix heures de traîneau, avec la neige qui fouette le visage, et la perspective de l'avalanche qui peut ensevelir la caravane. Tous étaient là : MM. E. Bossi, directeur général des travaux, — E. Stockalper et A. Maury, ingénieurs-chefs de chacune des deux sections, — J. Arnaud, conducteur principal, etc... Ils passèrent les premiers, à travers l'étroite déchirure du rocher, le futur souterrain des Alpes helvétiques. Je me suis même laissé raconter que mon excellent ami Arnaud, arrivé le premier à Göschenen dès l'ouverture des travaux, n'avait jamais, pendant les huit années que dura la perforation de la petite galerie, traversé le Gothard pour rendre visite à la section d'Airolo ; il voulait le traverser seulement lorsque le tunnel serait perforé, et il avait tenu parole jusqu'au dernier jour !

Un homme manquait à cette fête du percement, célébrée quelques jours après par le traditionnel banquet, où les gouvernements intéressés, l'Italie, l'Allemagne et la Suisse, s'étaient fait représenter par leurs délégués. Cet homme, dont le nom restera attaché à la grande œuvre du Gothard, est M. Louis Favre, l'entrepreneur du tunnel ([fig. 51](#)), décédé au cours des travaux, avant d'avoir pu assister à l'inauguration d'une œuvre au service de laquelle il avait mis tout son talent et sacrifié la dernière partie de sa carrière. M. Louis Favre, arrivé au premier rang, avait eu des commencements modestes ; nous l'avons maintes fois entendu raconter comment, à dix-huit ans, il avait quitté la maison de son père, charpentier à Chêne, pour faire son « tour de France ». L'achèvement du Gothard eût été, pour M. Louis Favre, le couronnement mérité d'une existence vouée tout entière au travail. Il ne devait pas en être ainsi. Brusquement (19 juillet 1879), au cours d'une de ses visites au souterrain, à 2,500 mètres dans la montagne, il fut emporté par la rupture d'un vaisseau interne. Son corps fut déposé sur un des wagonnets qui ramenaient les déblais de la dernière explosion, et, comme un suprême hommage à celui qui, comme eux, avait commencé par manier l'outil, les ouvriers du tunnel voulurent transporter à bras, pendant 30

kilomètres, jusqu'au bateau sur lequel on devait l'embarquer, le cercueil disparaissant sous les touffes de roses des Alpes.

§ 5. — La grande route internationale des Alpes helvétiques. Les souterrains hélicoïdaux.

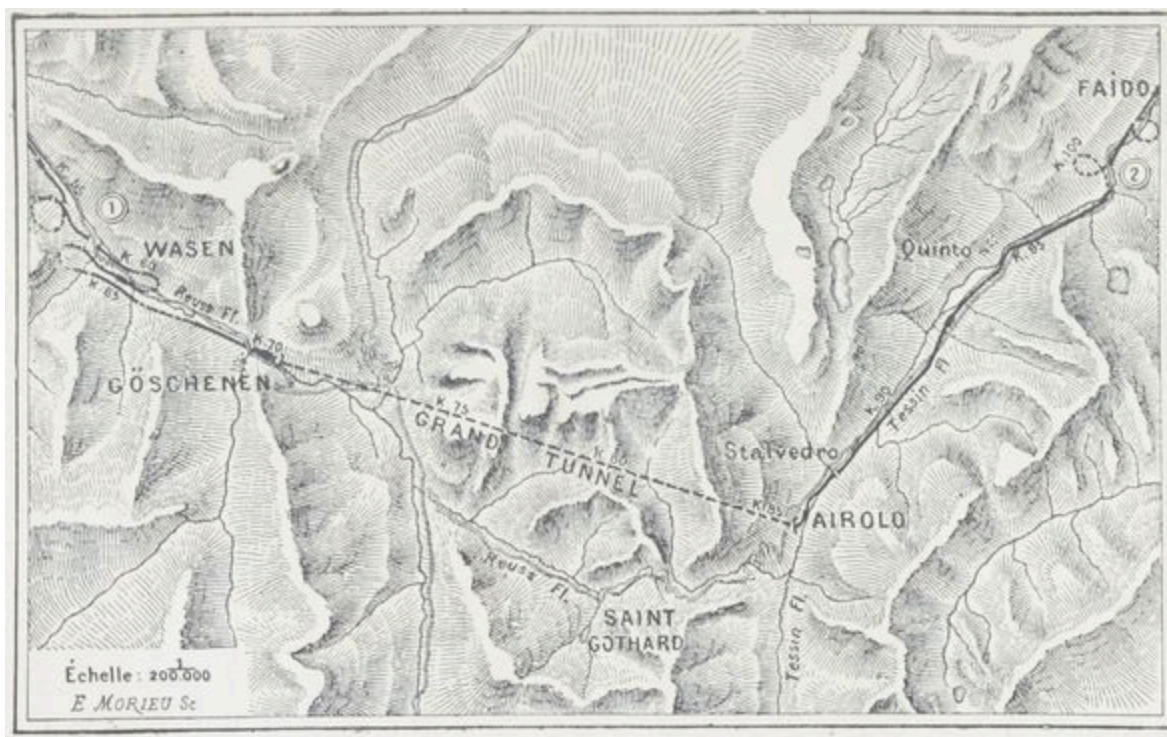
Le souterrain du Gothard n'est point la seule œuvre d'art de la grande voie des Alpes Helvétiques. Du lac de Zug à la frontière italienne, à travers les vallées sauvages de la Reuss et du Tessin, sur ses 200 kilomètres de tracé, la ligne internationale compte encore cinquante tunnels, d'une longueur totale de plus de 20 kilomètres, et dont plusieurs atteignent 1,500 et même 2,000 mètres. Sept de ces souterrains présentent, comme une singularité spéciale à cette ligne, un tracé curviligne ; ils sont creusés en hélice, afin, comme nous le verrons plus bas, de racheter les rampes trop rapides des vallées qu'ils côtoient.

Souterrains rectilignes ou hélicoïdaux, tranchées colossales, ponts aux travées grandioses, à cheval sur les précipices, viaducs se profilant majestueusement sur la montagne, murs de soutènement, galeries couvertes protectrices des inondations ou des avalanches, remblais puissants s'allongeant au loin dans la vallée — la science de l'ingénieur a pu donner libre carrière à ses conceptions les plus ingénieuses et les plus variées, dans cette région désolée où la locomotive doit, pour se frayer un sûr et durable passage, vaincre les forces naturelles qui menacent à chaque pas la voie ferrée d'une destruction sinon irrémédiable, du moins coûteuse et pleine de périls.

A peine a-t-elle quitté les rives du lac de Zug, bien connu de ceux qui ont roulé sur la voie en crémaillère du Righi, la ligne du Gothard se dirige sur Schwyz, passant à travers le gigantesque éboulement qui ensevelit, au commencement du siècle, le bourg de Goldau, catastrophe plus terrible encore que la destruction récente du village d'Elm par la chute du Tsingelberg. Le chemin de fer longe ensuite le lac de Lowerz, traverse la ville de Schwyz, rejoint le lac des Quatre-Cantons à Brunnen, et coupe en souterrain la plus grande partie des rochers à pic qui bordent cette pittoresque région du lac, où se déroula la légendaire épopée de Tell. De Brunnen à Fluelen, extrémité sud du lac, sur un parcours de 12 kilomètres, la voie reste souterraine. sur 5,256 mètres, près de la moitié du trajet. Nous

trouvons déjà là neuf tunnels, dont trois importants, ceux d'Oelberg, Stutzeck et de l'Axenberg, le premier mesurant près de 2 kilomètres (1,933 mètres).

Fig. 52. — Les rampes d'accès du grand tunnel du Gothard (les lignes courbes et pointillées marquent les tunnels hélicoïdaux) — 1. Tunnels hélicoïdaux du Pfaffensprung, de Wattingen et de Leggistein. - 2. Tunnels hélicoïdaux de Freggio et de Prato.



Le tracé suivra désormais la vallée de la Reuss jusqu'à l'embouchure nord du grand souterrain ; mais ce n'est qu'à Erstfeld, dépôt des locomotives pour la ligne de montagne, à 6 kilomètres d'Altorf, que commencent, en même temps que les rampes, les travaux qui donnent à la voie nouvelle une originalité toute spéciale. D'Erstfeld à Göschenen, nous n'allons pas traverser moins de seize tunnels, soit plus de 7 kilomètres en souterrain, sur un parcours total de 29 kilomètres seulement. Quatre de ces ouvrages ont une longueur supérieure à 1 kilomètre ; seul parmi ces derniers, le tunnel de Naxberg (1,563 mètres) est rectiligne, les trois autres ont un tracé curviligne.

Ces tunnels hélicoïdaux ne sont pas une des moindres curiosités de la ligne du Gothard ; la conformation même de la vallée de la Reuss a imposé leur tracé. Depuis son ouverture au lac des Quatre-Cantons jusqu'au dépôt

de locomotives d'Erstfeld, la vallée de la Reuss présente une faible inclinaison, mais bientôt sa déclivité augmente brusquement, et arrive à surpasser de beaucoup la pente maxima de 0^m,026 par mètre adoptée pour la voie ferrée. L'entrée immédiate en souterrain étant impossible, il devenait indispensable d'exhausser la plate-forme de la voie, jusqu'à ce que cette dernière pût de nouveau reprendre son inclinaison normale. Cet exhaussement eût pu se faire au moyen de rebroussements, comme cela se voit sur le chemin de Baltimore à l'Ohio, dans la traversée des Alleghanys, au grand Péninsulaire indien, à la traversée du Thül-Ghaut, et, plus près de nous, sur la ligne de Neuchâtel à la Chaux-de-Fond ; les constructeurs du Gothard, voulant assurer avant tout la continuité des transports, ont adopté l'exhaussement par le développement de la voie en hélices ou boucles, forcément souterraines, l'étroitesse de la vallée de la Reuss et l'absence de vallées latérales ne permettant pas un développement à ciel ouvert, dans la vallée principale comme à Modane, dans une vallée latérale comme au Brenner. Ce retour hélicoïdal est donc chargé de racheter une différence de niveau de la voie, reportée à une altitude plus élevée ; jusqu'à un certain point, cela pourrait se traduire par la locution vulgaire « reculer pour mieux sauter ».

C'est ainsi que la voie du Gothard, aux alentours de Wasen, s'élève de 135 mètres, au moyen des trois tunnels hélicoïdaux du Pfaffensprung (1,460^m), de Wattingen (1,090^m), de Leggistein (1,095^m), et suit, avec la rampe prescrite par la Commission internationale des États intéressés, la vallée de la Reuss, dont l'inclinaison est bien plus rapide. La courbe des hélices a 400 mètres de rayon, et la rampe souterraine est de 0^m,023 à 0^m,026. L'exécution de ces travaux souterrains tout spéciaux fait le plus grand honneur aux habiles ingénieurs qui les ont menés à bonne fin. Pour parer à tout danger d'asphyxie, les machines peuvent être munies du réservoir à air, avec pince-nez et embouchure, système Rouquairolles, permettant d'aspirer à tous moments une provision suffisante d'air pur.

Après avoir traversé le tunnel de Naxberg et atteint Göschenen, la voie suit les 14,920 mètres du grand souterrain transalpin, débouche à Airolo, redescend la pente sud qui conduit à Biasca, dépôt des locomotives de montagne, et se dirige ensuite sur Lugano et le lac Majeur. Sur cette section aussi, les travaux d'art abondent ; il a fallu, comme dans la vallée de la Reuss, franchir les gorges rapides et profondes du Tessin, avoir recours,

comme à Wasen, aux souterrains hélicoïdaux. Entre Dazio et Faido, nous rencontrons les deux boucles de Freggio et de Prato, visibles sur la [figure 52](#), et, plus loin, en dehors de notre plan partiel d'ensemble, entre Lavorgo et Giornico, les deux boucles de Piano-Tondo et de Travi, plus connues sous le nom de tunnels de la Biaschina, exécutés par le célèbre ingénieur italien G. Marsaglia. Chacun de ces souterrains hélicoïdaux a environ 1500 mètres de longueur, avec des courbes minima de 300 mètres. Le développement des 26 tunnels de la ligne sud est de 8 kilomètres, soit environ le 1/6 de la longueur totale des travaux de cette section. Parmi eux, le souterrain du Monte-Cenere (1,675^m).

A ces cinquante souterrains distribués sur la ligne du Gothard, il faut ajouter encore quantité de ponts, dont les ouvertures varient entre 25 mètres et 75 mètres. Notons seulement, sur la rampe nord : le pont de la Muotta, entre Schwyz et Brunnen, de 55 mètres d'ouverture ; le pont sur le Kerstelenbach, avec deux travées de 56m,50 ; le pont sur la Reuss, près d'Inschi, avec une seule travée de 77 mètres ; les deux ponts sur la Mayen-reuss (travées de 65 mètres et 55 mètres) ; le pont sur le Rohrbach (55^m), et enfin le pont sur la Göschenen-Reuss, le dernier avant d'arriver au grand tunnel, avec une ouverture de 65 mètres. A la sortie du grand souterrain, du côté sud : le pont sur le Tessin (50^m) ; le pont du Dazio (45^m), de Polmengo (65^m), les deux ponts inférieur et supérieur de Giornico, le premier avec une seule travée de 50 mètres, le second avec deux travées de 45 mètres ; le pont sur le Breano, avec ouverture de 50 mètres. Sur le profil en long, nous relevons 45 ponts principaux, 9 viaducs et 7 galeries couvertes contre les avalanches ou les inondations des torrents pendant la fonte des neiges. Citons encore la grande tranchée de 2,240 mètres de longueur, entre le tunnel de Stalvedro et le pont de Sordo, cubant 215,000 mètres de déblais. — Notre gravure (planche III) représente la traversée de la Reuss par la ligne encore en construction, à son sortir du tunnel hélicoïdal du Pfaffensprung (saut du moine). Au-dessus de l'étroite et sombre gorge, s'élèvent déjà les premières assises du pont qui supportera la voie. Aujourd'hui, la locomotive roule au-dessus du Pfaffensprung, et bientôt, la naïve légende du moine trop galant, poursuivi par les habitants de la vallée, et exécutant, pour échapper à leur colère, un saut désespéré, d'une rive à l'autre du torrent, sera enterrée à jamais sous les fondations du pont du Gothard.

Telle est donc, dans son ensemble, cette grande œuvre de la seconde traversée des Alpes, reliant l'Allemagne à l'Italie à travers le territoire suisse. Nos puissants voisins n'ont pas reculé devant l'énorme dépense — 270 millions, le tunnel seul a coûté 60 millions — à laquelle ils ont largement contribué. En dehors du but commercial — le développement du transit allemand et des débouchés des produits du nord en Italie et par suite dans les Indes, la bouche ouverte sur le canal de Suez — les vues militaires chères à nos adversaires de 1870 n'ont peut-être point été complètement étrangères à la construction de la ligne nouvelle, bien que la plus grande partie de son parcours soit sur le territoire neutre de l'Helvétie. Toutes précautions ont été prises du reste pour la défense de la grande galerie, en cas de conflit armé. Les tristes épisodes de la dernière guerre dans les Vosges nous ont assez montré de quel poids pouvaient peser, dans la balance de la guerre, les ouvrages d'art souterrains ; c'est une règle pour le génie militaire d'établir, dans les piédroits des maçonneries de revêtement d'un tunnel, des chambres de mine prêtes à recevoir la charge nécessaire pour obstruer complètement la voie et arrêter ainsi la marche de l'ennemi victorieux, ou assurer sa retraite propre. Le grand tunnel du Gothard, le cas échéant, n'échappera point à l'œuvre de destruction. A 145 mètres de l'embouchure sud d'Airolo, s'ouvre une galerie curviligne de raccordement avec la voie extérieure, la longueur de souterrain rectiligne ainsi abandonnée devant seulement servir à la ventilation ; la chambre de mine qui doit être utilisée en cas de défense armée est placée au point de jonction, dans le piédroit commun. Dure nécessité, qui condamne d'avance les travaux où l'homme accumule toute sa patience et tout son génie, œuvres de paix et de civilisation s'il en fut jamais, à devenir un jour les otages responsables des luttes militaires !

§ 6. — Les observations scientifiques pendant la durée des travaux. — La température souterraine. — La traction électrique dans le grand tunnel.

Le percement du grand tunnel du Gothard, cette longue traversée en pleine roche, au cœur de la montagne, aura permis aux géologues et aux physiciens de recueillir une ample moisson d'observations scientifiques, sur lesquelles ils ont pu étayer les lois approximatives de phénomènes peu

étudiés jusqu'à ce jour, et en particulier, les phénomènes de variation de la température souterraine avec l'épaisseur du rocher au-dessus de la galerie. L'augmentation graduelle de la température à mesure que l'on pénètre plus profondément dans les diverses couches de l'écorce terrestre a préoccupé de tous temps le monde savant. Ce phénomène physique est plus qu'un simple problème de curiosité scientifique, se bornant à la recherche d'une formule qui puisse se prêter à des observations postérieures ; le travail de l'homme dans les mines ou dans les tunnels est lui-même fonction de la température ambiante, et on comprend facilement qu'il puisse exister une limite extrême de chaleur au milieu de laquelle le travail et la vie humaine soient, sinon absolument condamnés, du moins considérablement modifiés.

Jusqu'aux expériences du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, la science s'en rapportait à la loi ou plutôt à la conclusion générale d'Arago, établie dès 1845 : la chaleur terrestre doit augmenter en moyenne d'environ un degré centigrade par trente mètres de profondeur. Cette loi présente de nombreuses et frappantes irrégularités. Aux salines suisses de Bex (canton du Valais), on constate seulement 1 degré par 63 mètres ; au puits de Giromagny, près Belfort, 1 degré par 105 mètres, dès que l'on est arrivé à une profondeur suffisante pour que l'influence de la température extérieure ne se fasse plus sentir. Dans les mines de Cornouailles, on trouve 1 degré par 49 mètres jusqu'à 293 mètres ; à une plus grande profondeur, la moyenne devient plus faible et se rapproche du coefficient de 1 degré par 34 mètres. A la mine de Dolcoath (Cornouailles) nous trouvons 1 degré par 42 mètres. Dans l'Erzgebirge, l'accroissement moyen de température constaté pendant 10 ans, sur environ 30 mines réparties sur une surface de 40 kilomètres carrés, creusées dans des gneiss, est de 1 degré centigrade par 42 mètres de profondeur.

Ces exemples tendraient à démontrer que l'accroissement de température est soumis à un coefficient plus faible que celui de 1 degré par 30 mètres, énoncé dans la conclusion générale d'Arago, si nous ne rencontrons par contre de nombreuses constatations d'une augmentation plus rapide de la chaleur souterraine. Certains des innombrables puits de mines de la Sibérie, dont plusieurs atteignent des profondeurs considérables, accusent en effet un accroissement moyen de 1 degré par 25 mètres ; le puits de Neufen, 1 degré par 12 mètres.

La constitution géologique et minéralogique des roches traversées ne doit pas être sans influence sur la progression plus ou moins rapide de la

température ; on peut admettre certains faits de décomposition et de transformation chimiques avec dégagement de chaleur qui activent cet accroissement. La puissance de conductibilité des roches traversées joue certainement aussi un rôle prépondérant ; une roche recevant l'action réchauffante par un bon conducteur, et l'action réfrigérante par un mauvais conducteur, montrera un coefficient d'augmentation de température plus considérable que dans des cas opposés ou de conductibilités différentes.

Dans le problème spécial qui nous occupe — l'accroissement de température dans les grands tunnels, — la configuration topographique des lieux doit encore entrer en ligne de compte, et nous nous éloignerons certainement des résultats observés, comme les précédents, dans des puits creusés à de faibles altitudes au-dessus du niveau de la mer. Humboldt avait déjà étudié cette variation. Dans les mines du Pérou, le cône de la montagne Hoalgayoc, élevé de 4,093 mètres au-dessus de la mer et isolé sur un haut plateau d'une altitude moyenne de 3,500 mètres, donne une augmentation de température d'environ un degré par 75 mètres. Une mine située près de Valenciana (Nouvelle-Espagne), à 2,600 mètres d'élévation, donne 1 degré par 152 mètres. On arrive ainsi facilement à cette nouvelle conclusion, corollaire de celle d'Arago, que la loi d'accroissement de chaleur doit varier dans les montagnes et surtout dans les pics, suivant leur configuration topographique et leur isolement au centre d'un massif montagneux.

Au cours du percement du premier souterrain des Alpes au Mont-Cenis, M. l'ingénieur Borelli établit un tableau résumant les accroissements de température en fonction de la profondeur verticale des points observés. Ce tableau accuse des différences très considérables dans les coefficients d'accroissement, rapportés cette à hauteur verticale. Ce coefficient diminue de moitié dans la partie centrale de la montagne où il est de 1 degré par 51 mètres, tandis qu'aux extrémités, nous le trouvons de 1 degré par 24 mètres de profondeur. La partie culminante de la masse ne semblait donc pas apporter un accroissement exagéré de chaleur dans l'intérieur de la galerie. La température intérieure est sensiblement la même sous des épaisseurs très différentes : 27°,8 sous 910 mètres, et 29°,2 sous 2,950 mètres. Pour une épaisseur de massif de 700 mètres, régnant pendant 3 kilomètres de la partie centrale, on n'observe que 2 degrés d'accroissement.

Un résultat similaire ressort des expériences faites dans le tunnel du Gothard, dont le profil en long, en dehors de l'augmentation de longueur de la galerie, est sensiblement comparable à celui du Mont-Cenis, l'épaisseur

centrale du massif au-dessus du tunnel étant, dans l'un et l'autre cas, de 1,600 à 1,800 mètres ; la partie centrale du Gothard présente, il est vrai, entre le Kastelhorn et le Glockenthurmli, une forme un peu plus massée que la section correspondante du Mont-Cenis. Cette particularité, jointe au surplus d'épaisseur de 200 mètres, permettait de conjecturer pour le Gothard une augmentation de la chaleur maxima ; le maximum de température ayant été au Mont-Cenis de $29 \frac{4}{2}$ degrés centigrades, on pouvait prédire au Gothard une chaleur de 31 à 32 degrés centigrades. En réalité, la température maxima de la roche a été de 30, 8 degrés centigrades, soit $1^{\circ},8$ de plus qu'au Mont-Cenis. Sous le point le plus élevé, au Kastelhorn, elle a été de 30,2.

Considérée au point de vue du percement lui-même, cette température de 30° à 31° , parfaitement supportable dans un milieu découvert, exerce sur le travail souterrain une influence désastreuse ; nous ne saurions invoquer à ce sujet de plus sincère témoignage que celui de notre ami, M. A. Maury, qui dirigea pendant les neuf années de sa construction, la galerie sud d'Airolo : — « Cette température (30°) n'est pas telle qu'à l'extérieur elle ne permît le travail, mais, dans un milieu saturé d'humidité, elle anéantissait complètement les forces humaines. Les hommes travaillaient complètement nus, et, malgré cela, ils étaient incapables d'un effort sérieux ; le moindre mouvement, la parole même, étaient une fatigue, et le travail produit dans ces conditions presque nul. Tous les ouvriers devinrent peu à peu anémiques, furent obligés de quitter le chantier et remplacés par d'autres qui ne produisaient pas plus qu'eux et n'avaient pas leur expérience. On se fera une idée de ce qu'était la vie dans le tunnel le dernier hiver avant le percement, quand je dirai que le cœur arrivait à battre 155 à 160 pulsations et que la température interne du corps humain dépassait 39° ... Après le percement achevé, la température ne changea pas beaucoup, mais il se produisit généralement un courant d'air, soit dans un sens, soit dans l'autre, qui rendit la situation plus tenable en détruisant la saturation. Mais les jours où l'équilibre s'établissait entre les pressions atmosphériques aux deux embouchures, le tirage cessait et le tunnel redevenait presque aussi mauvais qu'avant. »

Puisque nous sommes sur ce chapitre si important de la température souterraine au Gothard, nous nous permettrons d'empiéter un peu sur le domaine des autres « portes des Alpes » dont la construction ne saurait manquer d'être inaugurée dans un assez bref délai, principalement le tunnel

du Simplon, que l'on désigne, à tort ou à raison, comme le futur grand rival du Gothard. Que le Simplon soit ou non destiné à reprendre à la ligne germano-suisse le trafic que sa situation merveilleuse lui attire, il est un fait certain, c'est que son établissement est très sérieusement combattu par nos voisins, et que toutes les considérations les plus diverses sont mises en lumière pour détourner l'attention publique de ce nouveau projet de traversée des Alpes. La température souterraine a été, dernièrement encore, l'un des arguments invoqués contre la construction du nouveau tunnel. Disons tout d'abord, ce que nous développerons plus tard, que l'un des grands arguments invoqués en faveur du souterrain du Simplon est la faible altitude de ses deux entrées, situées à environ 700 mètres au-dessus du niveau de la mer, et par suite les faibles rampes des lignes d'accès, comparées aux altitudes, environ 1,100 mètres, et aux fortes rampes de la ligne du Gothard.

Se basant sur les formules de température souterraine qu'il avait établies à la suite de ses savantes observations dans le tunnel même, M. le D^r Stapf nie la possibilité de creuser le tunnel du Simplon entre les deux points fixés, présentant des altitudes inférieures : « L'épaisseur du massif superposé au tunnel du Simplon — écrit M. Stapf — est de 2,860 mètres au maximum et de 2,219 mètres en moyenne. Sur la base de mes formules, la température de la roche sera, au centre du massif, d'environ 47 degrés centigrades. En supposant même que l'application des moyens spéciaux parviendrait à produire les effets qu'on obtient aujourd'hui au Gothard par une pleine ventilation dans le tunnel dégagé d'ouvriers ¹⁹, on aurait encore au Simplon une température de 36, 9 degrés. Il n'existe aucun exemple pratique d'un travail souterrain continu exécuté à cette température. Ces conditions doivent conduire à augmenter d'environ 500 mètres l'altitude au-dessus du niveau de la mer du tunnel du Simplon. Mais une telle modification éliminerait tous les prétendus avantages que présenterait le Simplon sur le Gothard au point de vue des distances ; la limite des zones commerciales du Gothard et du Simplon qui passerait par Bâle serait notablement diminuée. »

La question de la température souterraine prend ici une importance capitale, et M. Stapf condamne résolument le projet du tunnel rival du Saint-Gothard. Fort heureusement, le passage en tunnel de base comporte deux ordres de projets principaux, les uns débouchant sur la vallée basse du Rhône, les autres sur le coteau très peu élevé qui avoisine le débouché de la

gorge de la Saltine. Pour éviter l'excès de température et placer la galerie du Simplon dans des conditions thermiques à peu près égales à celles qui existaient au Gothard, il suffira de faire passer le tunnel sous le Passo dell'Aurora, dans la dépression assez profonde entre le Wasenhorn et le Furgenbaumhorn ; l'épaisseur du massif au-dessus de la galerie n'y surpassant pas 1,500 à 1,600 mètres, la traversée du Simplon s'effectuera dans des conditions identiques à celles du Gothard, soit 30 degrés à 31 degrés centigrades. Le travail est certainement très pénible à cette température, mais l'expérience du Gothard a montré qu'il était possible.

L'exploitation du grand tunnel du Gothard pourra permettre à un moment donné de faire des essais du plus haut intérêt sur les locomotions nouvelles, ayant pour principe l'air comprimé ou les forces électriques, principalement ces dernières, dont l'utilisation est à l'ordre du jour.

L'énorme force hydraulique dont peut disposer l'exploitation du chemin de fer avec les installations déjà existantes de Göschenen et d'Airolo, devait en effet naturellement faire songer à l'application de l'électricité à la traction souterraine. MM. Siemens, consultés par l'ingénieur en chef du Gothard, M. Bridel, ont conseillé un système à peu de chose près identique à celui que nous avons vu fonctionner au Palais de l'Industrie à la dernière Exposition. — Des isolateurs fixés à la paroi du tunnel supporteraient une tringle en cuivre rouge de 25 millimètres de diamètre. Un câble de faible dimension partirait de la locomotive et aboutirait à un petit chariot métallique roulant sur cette tringle ; le retour du courant se ferait par les rails. Des locomotives de la force de 100 chevaux (2, 3 ou 4 manœuvrées par le même mécanicien) seraient attelées au train en nombre voulu. MM. Siemens croient pouvoir garantir un rendement au frein sur l'essieu moteur de la machine d'au moins 50 p. 100 du travail fourni par le moteur, pour une longueur de la ligne électrique de 15 kilomètres, distance entre les deux têtes du grand souterrain. L'installation proposée par M. Siemens n'est pas encore décidée en ce moment ; pour notre compte nous ne pouvons que souhaiter sa réalisation ou tout au moins son essai pratique ; la traction électrique sur le grand tunnel du Gothard serait certainement une des expériences industrielles les plus curieuses, et peut-être les plus profitables de notre époque, et clorait dignement, par une expérience scientifique de premier ordre, l'œuvre colossale du second percement des Alpes.

CHAPITRE X

LE GRAND TUNNEL DE L'ARLBERG

(TRAVERSÉE DES ALPES TYROLIENNES)

Moins important, au point de vue de la durée matérielle des travaux, que le tunnel du Gothard — puisque sa longueur ne surpasse guère 10 kilomètres (10,270 mètres), tandis que celle du Gothard atteint 15 kilomètres (14,920 mètres), — le souterrain de l'Arlberg, qui s'exécute en ce moment, sous la haute direction du gouvernement autrichien, sur la ligne d'Innsprück à Bludenz, n'en offre cependant pas moins matière à une étude intéressante, la méthode de creusement adoptée, de même que les installations mécaniques servant à la perforation des trous de mine, différant sous certains rapports de celles que nous venons de voir en activité aux deux têtes de la galerie qui traverse le territoire suisse entre Göschenen et Airolo.

Nous nous dispenserons, bien entendu, de décrire de nouveau le mécanisme du compresseur d'air et celui de la perforatrice dite « à percussion », c'est-à-dire creusant la roche à coups répétés, que nous allons retrouver à la tête Est du souterrain. Production d'air comprimé, canalisation de cet air jusqu'au front d'attaque du rocher, fonctionnement du fleuret perceur, charge des trous de mine à la dynamite, explosion de ces trous de mine, relèvement et transport des déblais à l'extérieur par les wagons de service : nous ne reviendrons pas sur ces diverses phases de l'exécution d'un tunnel. Notre but est plutôt de faire ressortir les progrès qui ont pu s'accomplir dans l'installation d'une grande traversée souterraine, grâce, bien entendu, à la longue, laborieuse et coûteuse expérience de ses aînées.

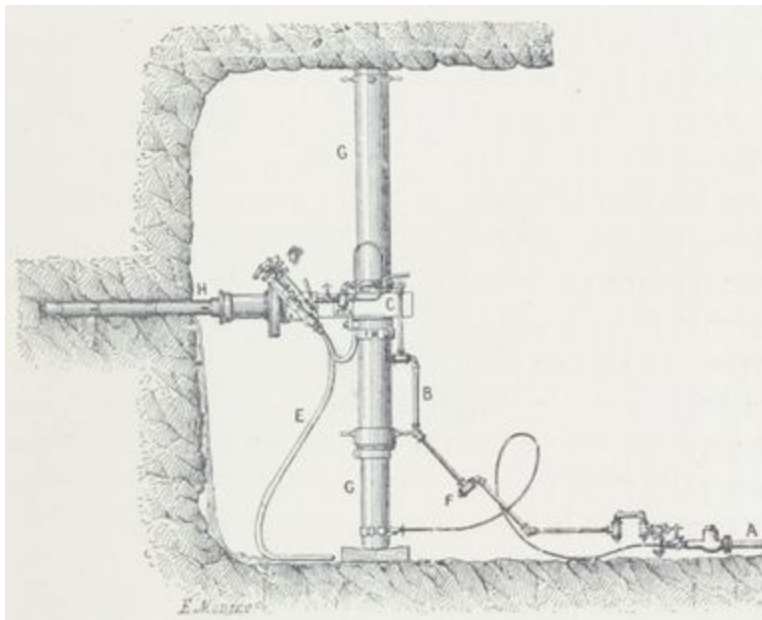
En dehors de toute installation mécanique, le système adopté au tunnel de l'Arlberg pour le creusement de la galerie entière est complètement différent de celui du Gothard. Tandis que M. Louis Favre avait tenu à commencer la perforation de la section entière du souterrain suisse par une

petite galerie de direction, située à la partie supérieure du profil, l'entrepreneur de l'Arlberg a suivi le procédé contraire : il a commencé par le creusement d'une petite galerie à la base du profil. On exécute ainsi simultanément deux galeries, l'une inférieure, à la base, l'autre supérieure, à la calotte du tunnel, séparées l'une de l'autre par un plafond d'une épaisseur suffisante. De cent mètres en cent mètres, on perce ce plafond d'un trou, ou cheminée, par laquelle on déverse les déblais de la calotte dans les wagonnets qui roulent dans la galerie inférieure. A mesure que le travail avance, on abat le plafond qui sépare les deux galeries. L'établissement d'une galerie de direction au niveau de la plate-forme aurait, comme nous le développerons plus tard, une salutaire influence sur la ventilation du tunnel, et sur le départ plus facile de l'air vicié par les explosions.

L'innovation la plus importante qui se soit produite dans l'installation du travail de l'Arlberg est certainement l'adoption, à l'une de ses embouchures, d'un système de perforation nouveau, déjà installé pour le percement du tunnel du Sonnstein ²⁰, ainsi que dans diverses mines de Saxe ou de Westphalie, et, en dernier lieu, au souterrain hélicoïdal du Pfaffensprung, sur la rampe nord de la ligne du Gothard. Dans ce système, qui porte le nom de son inventeur, M. l'ingénieur Brandt, l'air comprimé qui commande le mouvement des machines à percussion auxquelles nous sommes habitués — qu'elles soient du système Ferroux, du système Mac-Kean, ou de tout autre modèle similaire — est remplacé par l'eau comprimée. La perforatrice Brandt, sous l'action d'une forte pression hydraulique, entame le rocher par rotation, tandis que la machine Ferroux creuse le trou de mine par percussion. Avec la machine Brandt, plus de compresseurs d'air au ronflement sonore, mais des accumulateurs de pression, emmagasinant silencieusement la force pour la distribuer aux machines souterraines.

Entrons donc dans le tunnel, comme nous l'avons déjà fait pour le Gothard, et suivons pas à pas la conduite qui mène aux perforatrices de la galerie Ouest. Nous arrivons au front d'attaque, où travaille la machine dont nous allons suivre l'agencement sur les figures 53 et 54. Pour la compréhension du mécanisme principal, nous avons débarrassé l'affût de tout ce qui pouvait contrarier la vue d'ensemble de l'appareil.

Fig. 53. — La perforatrice à eau comprimée, système Brandt. — A. Conduite souterraine d'eau comprimée. — B. Conduite articulée. — C. Cylindre-culasse du porte-outil. — D. Mouvement de rotation du porte-outil. — E. Sortie de l'eau des machines hydromotrices. — F. Conduite d'eau pour le soutien de la colonne. — G. Colonne et affût portant les deux perforatrices. — H. Porte-outil.



L'outil perforateur, que nous voyons engagé dans le trou de mine (fig. 53), a la forme d'une tarière annulaire de 80 millimètres de diamètre, énergiquement pressée contre le rocher, et en même temps animée d'un mouvement de rotation. Le premier de ces deux effets, la compression de l'outil contre la roche, résulte de l'action de l'eau comprimée dans un cylindre qui constitue la culasse du porte-outil ; le mouvement de rotation est donné au fleuret par une roue dentée, calée sur le cylindre formant culasse, et actionnée par une vis sans fin transversale, mise en mouvement par deux petites machines hydromotrices placées de part et d'autre. Le nombre des révolutions de l'outil perforateur varie de 5 à 12 par minute, selon la dureté du rocher.

Contrairement aux machines à percussion, qui sont portées sur des affûts roulants le long desquels elles peuvent se déplacer, la machine Brandt est supportée par une seule colonne formée de deux parties cylindriques, s'emboîtant l'une dans l'autre, comme les deux parties d'un étui, et à l'intérieur desquelles on fait arriver de l'eau comprimée, qui tend à ouvrir la colonne et à la presser de plus en plus contre les parois du rocher. Cette colonne horizontale, le long et autour de laquelle se meuvent les deux perforatrices du front d'attaque, est supportée elle-même par un petit affût

roulant. La perforatrice se place complètement en avant de la colonne, à laquelle elle est reliée au moyen d'une articulation universelle, lui permettant de prendre toutes les directions exigées par la position et l'inclinaison du trou de mine.

Le système Brandt est donc complètement différent des perforatrices que nous avons déjà vues à l'œuvre dans les souterrains ou les galeries de mine. Il n'est pas exclusivement employé à l'Arlberg ; tandis qu'il travaille au fond de la galerie Ouest, nous retrouvons à la galerie Est le système à percussion Ferroux. Nos lecteurs reconnaîtront vite sur la gravure (fig. 55) les divers éléments du mouvement de percussion de chacune des six machines accrochées à l'affût, le long duquel elles peuvent se mouvoir en position et direction. A l'arrière de la machine, voici le tube qui conduit l'air comprimé dans la chambre de percussion. A l'avant, sont placés les organes de rotation du fleuret. Entre ces deux mouvements principaux, se trouve le mécanisme d'avancement ou de recul automatique de l'outil contre la roche. Enfin, les six fleurets, prêts à entamer le rocher, dès que les mécaniciens ouvriront les robinets d'admission d'air comprimé. C'est ce même système qui, pendant huit années, a travaillé dans la galerie du Gothard, qu'il a perforée pas à pas, mètre par mètre, avec la ténacité et la régularité inconscientes de la machine, régularité si absolue que, le jour du percement de la cloison qui séparait encore les deux galeries Nord et Sud, le dernier coup de fleuret dirigé dans l'axe du côté nord traversa le centre d'un cercle tracé de l'autre côté, dans la même direction.

Fig. 54. — Exécution du grand tunnel de l'Arlberg. — La machine à eau comprimée Brandt dans la galerie Ouest.



Les deux systèmes, aujourd'hui rivaux, sont donc en présence. Lequel des deux va l'emporter ? Les résultats atteints jusqu'à ce jour à l'Arlberg, non encore achevé, ne permettent pas de prononcer un jugement définitif. Dans la galerie Est, où sont installées les machines à percussion Ferroux, l'avancement moyen quotidien, dans les schistes micacés quartzeux, passant parfois au gneiss extrêmement dur, a dépassé 4 mètres. Du côté Ouest, la machine Brandt n'a pu donner tous les résultats qu'elle aurait pu atteindre, les alternatives de parties dures et de schistes désagrégés exigeant des boisages longs et nuisibles au fonctionnement régulier de la perforation.

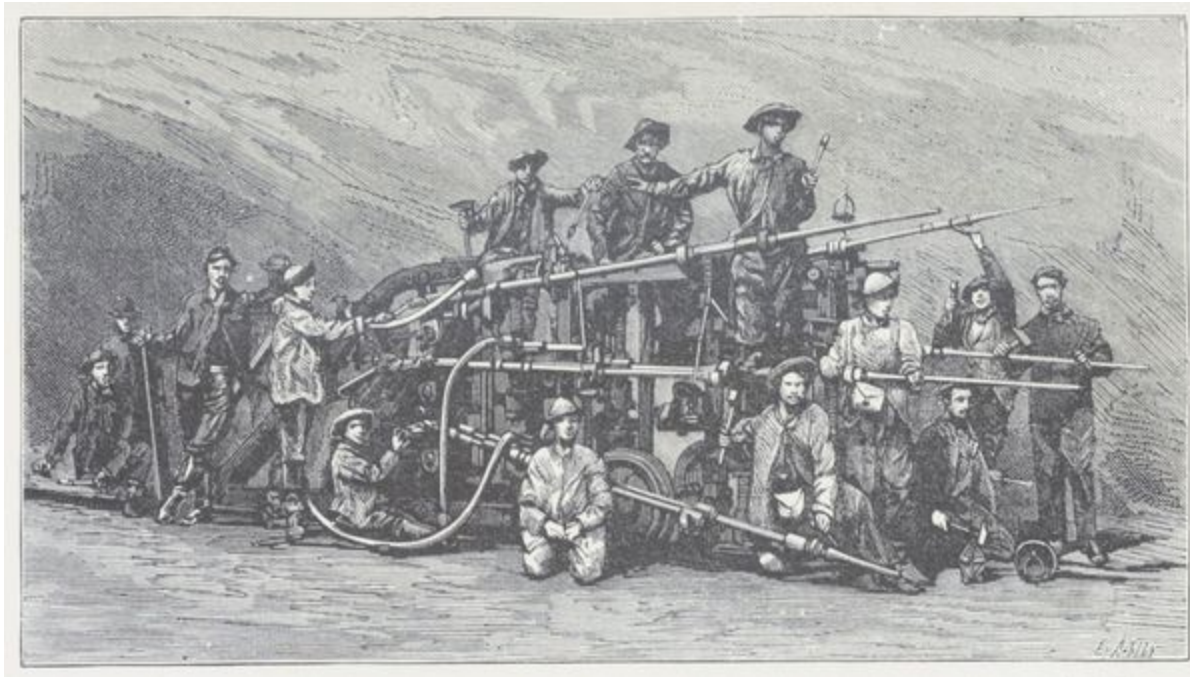
Nous ne nous arrêterons pas aux installations hydrauliques, barrages et conduites, utilisant, pour les installations mécaniques des chantiers, la force motrice des torrents Rosanna et Alfang. A part des détails de chiffres, notre étude sur le Gothard suffit pour nous faire une idée juste, bien qu'approximative, de cette partie spéciale, que nous avons déjà appelée « l'organisme vital » des grands souterrains. La ventilation, dont les conditions sont absolument nouvelles, attirera seule notre attention : elle paraît en effet devoir être installée avec de sérieux progrès, et ce n'est pas une remarque sans importance, lorsqu'il s'agit du séjour de plus d'un millier de travailleurs dans une atmosphère viciée par les gaz de la

dynamite, par la respiration, par les émanations quelconques, à des températures qui peuvent atteindre 30 degrés.

La ventilation des chantiers d'attaque, à l'entour duquel l'air est le plus vicié, n'était certes pas négligée au tunnel du Gothard. Après l'explosion des mines, et lorsque le besoin s'en faisait sentir, la conduite qui distribuait l'air aux perforatrices était largement mise à contribution ; il suffisait d'ouvrir pendant un certain temps les branchements disposés à cet effet. Mais parfois, l'air comprimé manquant lui-même par suite de la diminution de la force hydraulique, pendant l'hiver par exemple, la ventilation devait s'en tenir à la portion restreinte, au détriment de l'assainissement souterrain. En outre, la ventilation n'exigeant pas, pour être salubre, une pression de plusieurs atmosphères, le travail de la compression se trouvait ainsi dépensé en pure perte. A l'Arlberg, on a établi deux conduites souterraines, l'une, à forte pression, servant spécialement à la perforation ; la seconde, à pression faible, destinée uniquement à la ventilation. Cette dernière, d'un diamètre de 0^m,40 pour la tête Est, et de 0^m,50 pour la tête Ouest, est poussée jusqu'à 150 ou 200 mètres du fond de la galerie, et distribue l'air pur sur les différents chantiers de travail au moyen de tubes de plus petit diamètre.

En même temps que cette seconde conduite de ventilation, l'air vicié est aspiré, soit par une cheminée d'appel, soit par un ventilateur à force centrifuge placé à l'extérieur, à proximité de l'embouchure du tunnel. La sortie de cet air vicié sera du reste activée par la disposition même du travail souterrain, les puits qui font communiquer entre elles la galerie inférieure de plate-forme et la galerie supérieure constituant une sorte de cheminée d'appel vers la calotte du souterrain. L'entreprise compte utiliser également un effet curieux produit sur les gaz de l'explosion par la projection de l'eau comprimée sortant ; en pluie fine, de petites ouvertures pratiquées sur la conduite. On a remarqué en effet que l'eau précipite ces gaz, en produisant en même temps un abaissement de température. Dans la galerie Ouest, on aura à sa disposition l'eau pulvérisée de la conduite des machines Brandt, comprimée à 80 ou 100 atmosphères ; dans la galerie Est, on établira une conduite spéciale à la pression de 13 atmosphères. L'effet de cette dernière conduite sera certainement bien inférieur à celui des machines à eau comprimée ; mais on pense qu'en arrosant simplement les déblais aussitôt après l'explosion, on obtiendra déjà d'excellents résultats.

Fig. 55 — Exécution du grand tunnel de l'Arlberg. — La machine à air comprimé Ferroux dans la galerie Est.



Le grand travail de l'Arlberg présente donc des côtés tout nouveaux, et qui peuvent signaler l'introduction d'un progrès réel dans les méthodes ingénieuses inaugurées au Gothard. L'emploi de la perforatrice à rotation Brandt, si elle parvenait à supplanter la machine à percussion, dont l'agencement primordial remonte au percement du premier tunnel des Alpes, renverserait tout le système d'installation mécanique des grands souterrains usité jusqu'à ce jour. Quant au résultat pratique atteint, à l'avancement réel de la galerie en exécution, nous ne pensons pas pour notre compte qu'il s'en ressente outre mesure. En dehors de la perforation même des trous de mine, il faut considérer encore le temps matériel nécessité par leur chargement, par l'explosion des mines et par le relèvement des déblais ; le progrès apporté par la machine à eau comprimée n'exercerait son influence que sur le premier de ces quatre facteurs. Attendons, pour porter un jugement définitif sur l'œuvre nouvelle des Alpes tyroliennes, que les deux galeries marchant en ce moment à la rencontre l'une de l'autre, se soient définitivement réunies, avec autant de succès qu'au Gothard.

Nous n'avons rien dit encore de la situation géographique même du grand souterrain, ni de sa constitution géologique, que l'on pourra mettre en

regard de celle du Gothard. Les cotes d'altitude des deux entrées sont de 1,302 mètres à l'Est, et de 1,214m,28 à l'Ouest, plus élevées donc que celles de Göschenen et d'Airolo (1,109^m et 1,135^m). En revanche, l'élévation au-dessus du niveau de la mer du point culminant de la montagne est bien inférieur à la cote du Kastelhorn, qui atteignait presque 3 000 mètres (2,970) ; la plus grande altitude du sommet est en effet de 2,100 mètres, soit 800 mètres au-dessus du tracé du souterrain. On avait même songé dès l'origine à faciliter l'exécution de l'œuvre au moyen d'un puits incliné vers le milieu de la galerie, mais le prix élevé de cet ouvrage et la grande rapidité d'exécution que les travaux préliminaires ont permis de prévoir, ont fait abandonner ce projet. Le tracé du tunnel est en alignement droit ; à partir des têtes, il se raccorde avec le tracé à ciel ouvert par deux courbes de 300 mètres et 500 mètres de longueur, analogues au tracé curviligne de 145 mètres qui termine la partie sud du souterrain du Gothard.

Comme constitution géologique, l'ensemble des terrains traversés se compose de schistes cristallins micacés, renfermant une proportion variable de quartz ; à l'Est, le quartz est plus abondant, et la roche, plus dure et sèche, se rapproche des gneiss. Dans la galerie Ouest au contraire, où le mica prédomine, la roche est moins tenace, mais elle est aussi plus crevassée, ce qui donne lieu à d'assez fortes infiltrations et nécessite des boisages. La situation se trouve donc identique à celle du Gothard, où la galerie de Göschenen traversait le massif granitique du Finsterarhorn, tandis que la partie Sud du tunnel s'engageait dans la périlleuse traversée des roches cristallines délitées d'Airolo.

Un coup d'œil jeté sur la carte des chemins de fer de l'Europe centrale montrera l'influence qu'exercera le passage des Alpes tyroliennes sur le développement du réseau ferré autrichien. Aujourd'hui encore, pour arriver à l'intérieur de l'Autriche, les marchandises dirigées de l'Occident, de France, de Suisse, de Belgique, sont forcées d'emprunter les lignes allemandes de Munich à Salzbourg, de Cologne à Nuremberg et à Passau, ou encore la ligne Milan-Vérone-Vienne. Avec des tarifs modérés et une vitesse suffisante de parcours, l'Autriche se serait encore accommodée de ces voies détournées, mais la campagne protectionniste récemment entamée par M. de Bis-mark, la crainte de difficultés sérieuses dans la réalisation des traités de commerce, ont engagé les Chambres viennoises à se débarrasser une fois pour toutes d'une tutelle d'où pouvaient naître dans l'avenir de nombreux embarras. C'est ainsi que la ligne du Voralberg, unissant le Tyrol

autrichien à la Suisse du Nord, et établissant un lien direct entre l'Autriche et les pays occidentaux, s'est imposée, comme s'imposeront les autres passages encore à l'état de projet, le Simplon ou le Mont-Blanc, la traversée des Pyrénées, la grande route sous-marine du Pas-de-Calais.

CHAPITRE XI

LE GRAND TUNNEL DU MONT-CENIS

(TRAVERSÉE DES ALPES COTTIENNES)

§ 1. — La première traversée des Alpes. — Cavour, Sommeiller, Colladon.

Le 25 décembre 1870, à l'époque la plus aiguë de nos revers militaires, les deux escouades de mineurs qui, des deux côtés de la barrière du Mont-Cenis, travaillaient depuis onze années à perforer le colosse, se rejoignaient enfin, et, comme dix années après au Gothard, fêtaient joyeusement la victoire toute pacifique qu'ils venaient de remporter. Aujourd'hui, sur l'une des places de l'ancienne capitale du Piémont, s'élève orgueilleusement le monument que l'Italie reconnaissante a dédié aux promoteurs du premier percement des Alpes, figurant la chute des Titans vaincus par le génie de l'homme ([fig. 56](#)). Sur le rocher, sont inscrits les noms des trois ingénieurs qui menèrent l'entreprise à la fin glorieuse qu'ils avaient rêvée, Sommeiller, Grandis et Grattoni. Nous y ajouterons celui de M. Daniel Colladon, le savant physicien que nous avons déjà rencontré au Gothard, et de Cavour, qui, prévoyant déjà les destinées de l'Italie nouvelle, avait poursuivi, avec toute la ténacité de son génie, la réalisation de l'œuvre qui devait briser le cercle naturel dans lequel avait été jusque-là renfermé le Piémont. Bien d'autres collaborateurs plus obscurs de cette œuvre, qui devait ouvrir des voies nouvelles au commerce international, pourraient encore être nommés à cette place, et, parmi eux, ce géomètre montagnard, Joseph Médail, qui, depuis sa jeunesse, s'en allait à travers les sentiers de la montagne, étudiant l'endroit le plus propice à l'ouverture d'un souterrain, sans s'effrayer des difficultés que la science saurait bien vaincre un jour.

Pour comprendre l'importance de l'œuvre du premier percement des Alpes au Mont-Cenis, les enthousiasmes qu'elle a soulevés, et les luttes

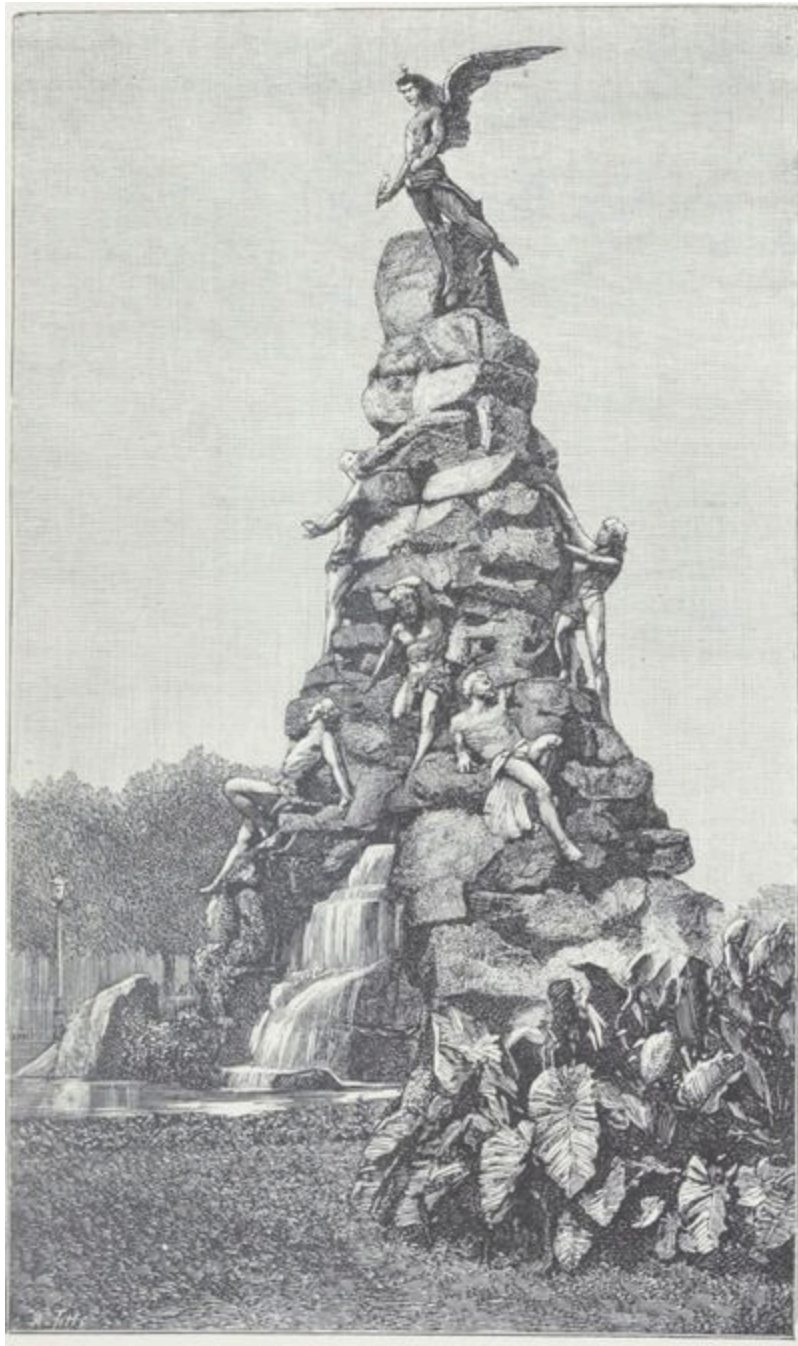
auxquelles l'acceptation de son exécution a donné lieu, il est besoin de se reporter, autant qu'il nous sera possible, à plus de trente années en arrière, lorsque les chemins de fer n'avaient pas encore pris l'extension qu'ils ont de nos jours. Le creusement d'une route à travers une montagne, d'un tunnel, de quelque peu de longueur qu'il fût, était déjà considéré comme un travail d'une importance réelle ; que serait-ce donc s'il était question d'attaquer les Alpes, ces géants dont on apercevait à l'horizon les pics majestueux ! S'enfoncer peu à peu dans la montagne, battre patiemment la roche, coup par coup, enlever par jour au rocher quelque cinquante centimètres d'épaisseur ! Un demi-siècle ne suffirait pas pour terminer cette dure besogne, digne des corvées antiques ! Et puis, qu'allait-on rencontrer dans cette montagne, sous la couche des glaciers éternels, qui la coiffe comme d'un brillant diadème ! Toutes les suppositions, toutes les erreurs d'une science qui n'avait pas encore reçu le sceau de l'observation, se firent jour, et seules, les objections que nous avons déjà signalées dans notre historique du canal de Suez peuvent être mises en regard de celles qui furent élevées contre l'œuvre des Alpes. Mais, de même que Suez avait eu pour protecteur M. de Lesseps, le projet grandiose du Mont-Cenis avait rencontré en Cavour et Menabrea deux adeptes acharnés. Le grand joûteur piémontais, pas plus que Menabrea du reste, ne se laissaient facilement désarmer par leurs adversaires, dussent ces derniers leur opposer, comme suprême expression de terreur, les lacs et les cavernes que le tunnel croiserait dans la montagne : — « Si nous trouvons des lacs, répondait tranquillement Menabrea — eh bien ! nous les laisserons s'écouler ; si nous trouvons des cavernes, ce sera autant de rocher de moins à enlever, et nous n'aurons plus qu'à jeter un pont pour le passage delà voie future. »

Le projet de percement fut donc voté par le Parlement piémontais, et, le 31 août 1857, date mémorable pour la science, le roi Victor-Emmanuel mettait le feu au premier trou de mine qui manquait l'entrée de la future route transalpine. Déjà à cette date, il faut le dire, le problème scientifique n'en était plus à ses premières heures de tâtonnements laborieux. Les premiers compresseurs d'air, bien différents de ceux que nous avons étudiés au Gothard et à l'Arlberg, machines rudimentaires dont on voit encore les lourds bâtiments à l'entrée italienne du souterrain, à Bardonnèche, avaient été essayés à la Coscia, et la perforation mécanique, bien que dans la première phase de sa gestation, était déjà découverte. La question de temps

était relativement résolue ; il ne fallait plus un demi-siècle pour perforer les Alpes.

Cette histoire de la découverte et des progrès de la science de la perforation des longs tunnels marque l'une des phases les plus fécondes de la mécanique moderne ; son importance ressortira facilement à nos yeux, si nous considérons que non seulement la mécanique, mais encore les travaux publics, le développement des communications et des richesses internationales y sont indissolublement rattachés. Se figure-t-on de nos jours la grande ceinture des Alpes, vierge encore de toute traversée, enfermant, comme dans une gigantesque et infranchissable muraille, les riches plaines de l'Italie septentrionale, fermant à l'Europe occidentale la route directe sur Turin, Milan, Venise, Trieste, tout le grand bassin méditerranéen. Si le Saint-Gothard et le Mont Cenis sont perforés, s'il nous est permis de prévoir le jour où le Simplon ou le Mont-Blanc nous ouvriront de nouvelles voies sur l'Italie, si nous doutons la traversée directe et centrale des Pyrénées, ces Alpes espagnoles ; si, malgré les terreurs bruyantes de nos voisins, l'Angleterre ne sera plus, dans un avenir rapproché, ; qu'une presqu'île du vieux continent, c'est grâce à la merveilleuse découverte inaugurée au Mont-Cenis, à l'installation du compresseur d'air et de la perforatrice. Que d'horizons nouveaux et féconds ouverts à l'activité universelle par une simple machine !

Fig. 56. — Le monument commémoratif du premier percement des Alpes au Mont-Cenis, à Turin.



§ 2. — Les projets primitifs de percement. — Les ciseaux de Mauss, « découpant la montagne ».

Mais aussi par combien de vicissitudes n'a-t-elle point passé, cette question si simple en apparence ! Ce problème du percement « à grande vitesse », où la dynamite vient encore au secours de la machine, effrayant la montagne du fracas de ses explosions, a dû, avant l'apparition du projet définitif, être résolue d'une façon bien curieuse, sans poudre explosive d'aucune sorte, en découpant, le mot est exact, morceau par morceau, la montagne. Ce projet primitif, qui a sa place marquée dans l'historique des grandes routes souterraines, avait été présenté, dès 1849, par M. Henri Mauss, ingénieur belge, que nous avons rencontré parmi les membres du fameux congrès tenu à la Société de géographie pour le choix définitif du passage de l'isthme américain. Le projet tout entier est décrit dans un mémoire que nous avons sous les yeux, et auquel nous empruntons notre curieuse gravure (fig. 57), représentant les ciseaux perforateurs ou plutôt découpeurs du rocher ²¹. Nous sommes bien loin de la perforatrice du Gothard, et même de celle de Sommeiller qui devait, douze années plus tard, battre le front d'attaque du premier grand tunnel.

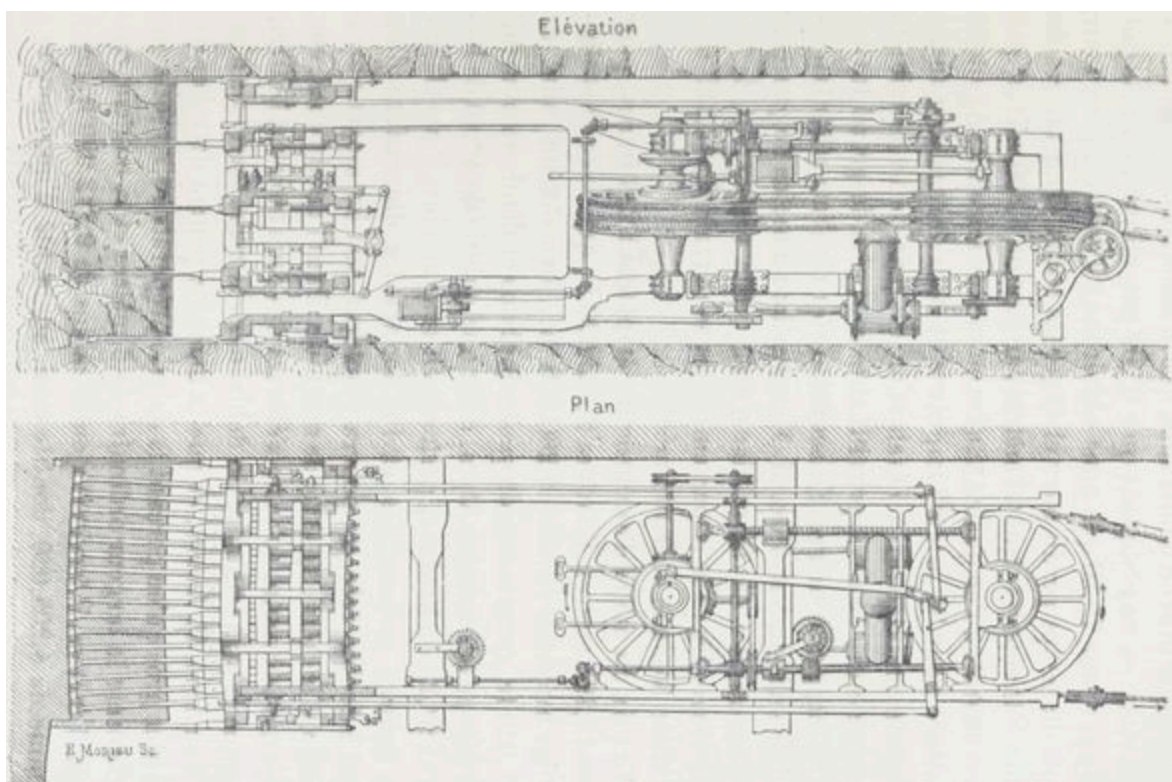
La machine Mauss se compose d'une série de ciseaux ou burins, pouvant glisser horizontalement dans des châssis et formant, comme on le voit sur la figure, cinq rangées horizontales parallèles de seize ciseaux. Au moyen d'un système de ressorts et de cames appropriés, dont le mouvement général est commandé par un câble sans fin, ces ciseaux battent le rocher et creusent cinq rainures également parallèles. Les parties ainsi séparées de la roche sont ensuite détachées au levier ou au coin. Le travail de déchaussement de la roche, bien qu'elle fût déjà séparée latéralement, ne devait pas manquer d'être pénible, les déblais volumineux et longs à relever ; mais l'inventeur supprimait la poudre, c'est-à-dire l'élément de viciation le plus actif de l'atmosphère souterraine. La machine Mauss fut essayée au moulin du Val d'Oc, où l'on traîna de gros blocs détachés du rocher dans lequel devait être creusé le tunnel ; les résultats furent si favorables que l'on put espérer, en faisant battre aux ciseaux 150 coups par minute, un avancement quotidien de 5 mètres par jour de chaque côté, soit 10 mètres pour les deux têtes, plus considérable que les plus récents progrès de la perforation au Gothard et à l'Arlberg. Aussi, dans le mémoire que nous venons de citer, en date du 8 février 1849, M. Mauss inscrit-il victorieusement, comme conclusion à son devis, cette appréciation qui résumait toutes ses espérances : Il traforo può essere termmato in cinque anni. Comme nous le savons d'avance, la durée du percement devait être

plus que double de cette évaluation de la première heure ; commencé en 1857 par des moyens ordinaires, auxquels vint se substituer, quatre ans plus tard, la perforation mécanique par l'air comprimé, la rencontre des deux galeries de Bardonnèche et de Modane ne s'effectua que le 25 décembre 1870. Laissons du reste parler M. Mauss lui-même :

« La machine : à percer est destinée à ouvrir une galerie préparatoire de 4m,40 de large sur 2^m,20 de haut ; elle divisera, à l'aide de rainures horizontales et verticales, la pierre que l'on enlèvera ensuite à l'aide de coins et de coups de marteau. La machine n'occupera que la moitié de la largeur de la galerie, en sorte que, pendant qu'elle agira sur une moitié, on enlèvera les blocs formés sur l'autre moitié (comme cela est indiqué sur notre gravure). Lorsque la galerie aura pénétré à quelque profondeur, on commencera à l'élargir, soit par les procédés ordinaires, soit par une machine fondée sur le même principe que celle que nous proposons.

« . Les expériences faites à L'usine du Val d'Oc avec l'appareil d'essai ont établi que les outils pouvaient pénétrer dans la roche qu'il s'agit de percer à raison de 1 à 2 et même 3 centimètres par minute, selon que l'on emploie des ressorts plus ou moins forts, des outils trempés plus ou moins durs, que la machine marche plus ou moins vite ; en ne comptant que 0^m,01 par minute, on pourrait percer par jour 7m,20 que nous réduirons à 5 mètres, pour tenir compte du temps perdu pour changer les outils. Cinq mètres de chaque côté représentent 10 mètres par jour ou 3,600 mètres par année, en sorte qu'en quatre années on se rencontrerait. Ajoutons une année pour les retards imprévus et nous aurons cinq ans. »

Fig. 57. — La première machine perforatrice proposée pour le percement du Mont-Cenis, travaillant sans poudre de mine.



Passons maintenant à l'évaluation du prix de la galerie ; la différence entre ce devis primitif et le coût réel du grand travail est plus frappante encore. Se basant sur les résultats atteints pendant les essais du Val-d'Oc, M. Mauss estime à moins de quatorze millions, au lieu de 75 millions qu'il coûta réellement, la dépense nécessaire pour le percement du souterrain de 12,290 mètres, entre Modane et Bardonnèche.

« Le prix du mètre d'avancement étant fixé à 238 francs, pour percer 12,290 mètres, il faudra 2,925,020 fr. qui, avec l'installation des moteurs estimée 1,280,000 fr., forment un total de 4,205,020 fr. Avec moins de quatre millions et demi, on pourrait donc déjà passer sous les Alpes, dans une galerie de 4m,40 de largeur et 2^m,20 de hauteur, perforée en cinq années. Pour élargir cette galerie préparatoire et lui donner les dimensions d'un tunnel à double voie, on pourra employer, soit les moyens ordinaires, soit le même système de machine. Dans l'un et l'autre cas, la dépense par mètre cube ne s'élèvera pas certainement à 20 fr., parce que le prix ordinaire du déblai dans la roche traversée n'est que d'environ 15 francs, et que la machine pourra détacher des blocs plus gros qu'en perçant la galerie

préparatoire, en sorte que pour obtenir la largeur ordinaire de 8 mètres et la hauteur sous clef de 6 mètres, il faudrait ajouter moins de 9,272,000 francs à la somme de 4,205,020, dont le total, augmenté d'une somme à valoir, porterait à environ 13,800,000 fr. le coût de la galerie. »

En résumé, le devis de percement de la grande galerie du Mont-Cenis se chiffrait ainsi, d'après les calculs de M. Mauss :

Établissement de la machine à percer et des machines motrices, maisons du personnel, etc.....	Entrée nord.....	680.000 fr.
	Entrée sud.....	600.000
Percement de la galerie préparatoire.....		2.925.020
Élargissement		9.272.000
Somme à valoir.....		327.922
	Dépense totale.....	13.804.942 fr.

Dans le rapport que fit, à la suite du projet Mauss, M. P. Paleocapa, inspecteur honoraire du génie civil du Piémont, plus tard ministre d'Italie, nous trouvons les lignes suivantes, que nous reproduisons, comme les extraits précédents du mémoire de M. Mauss, parce qu'ils sont curieux à consulter, aujourd'hui que la question des grandes traversées transalpines est résolue définitivement, et, comme nous le savons par l'exemple du Gothard et du Mont-Cenis lui-même, à des conditions autrement onéreuses :

« On ne peut rien objecter contre l'évaluation des travaux du tunnel, portée à 13,772,000 francs, coût total, et, conséquemment, à 1,120 francs le mètre courant, sinon qu'on ne peut l'appuyer sur la comparaison d'aucun travail entièrement semblable. Mais cela n'empêche pas que les éléments de l'évaluation soient raisonnables et qu'on devra les regarder comme justes, après avoir pris en considération toutes les causes qui peuvent exercer une influence sur les dépenses. Il ne faut ni s'étonner, ni se défier trop de ces résultats, en voyant que le mètre linéaire de ce tunnel coûte beaucoup moins que dans d'autres galeries moins longues et placées dans des conditions ordinaires et plus favorables ; car, s'il est vrai que d'un côté les circonstances d'un tunnel sous les Alpes sont difficiles et tout à fait exceptionnelles, d'un autre côté cependant il y a des circonstances spéciales qui en favorisent beaucoup la construction et la rendent économique. Ces circonstances sont : 1° qu'il n'y a aucun puits à forer ; 2° que, dans la percée préparatoire, on substitue à la force des hommes et à l'emploi de la poudre l'action des machines, dont la force motrice est fournie spontanément par la nature ; 3° dans la qualité de la roche à percer, qui

permet de croire que l'on n'aura à faire ni revêtement, ni boisage ; 4° dans la nature géognostique de la montagne qui autorise à croire qu'on n'aura à supporter que de faibles dépenses d'épuisement.

« Cette dernière supposition est confirmée par la disposition hydrographique des localités, car les versants des crêtes sous lesquelles passent les galeries sont continus, arides et très rapides jusqu'au-dessous du niveau de la galerie même et ne font, par conséquent, point supposer l'existence de lacs, d'étangs ni d'autres réservoirs d'eau. On n'a point à craindre de rencontrer des filtrations, ni des sources assez abondantes pour empêcher de poursuivre les travaux, ou pour les rendre trop difficiles ou trop dispendieux. Les filtrations et les sources d'eau de peu d'importance qu'on rencontrerait pourront avoir un écoulement assuré ; et elles en auront un très facile du côté de Modane, où le sol de la galerie va en descendant ; dans l'autre direction, qui est montante, leur épuisement exigera une légère dépense.

« Mais lors même que ces suppositions, quoique fondées sur des indications exactes et présentant un grand degré de probabilité, ne se justifieraient point entièrement, cela ne ferait qu'augmenter un peu la dépense, sans jamais la rendre disproportionnée avec l'importance du but que l'on se propose. Si même on supposait que, soit par défaut de données expérimentales de comparaison, soit par des accidents imprévus, la première excavation de la galerie préparatoire fût, contre toute prévision, d'un tiers plus élevée ; que l'excavation de la grande galerie soit augmentée de moitié ; enfin, qu'en élargissant le tunnel, on rencontrât des espaces, formant ensemble une étendue de 2,000 mètres, sur laquelle on dût revêtir le tunnel d'une maçonnerie en briques d'une épaisseur moyenne de 70 centimètres, la dépense dépendrait :

Pour la galerie préparatoire.....	1.700.000 fr.
Pour l'élargissement du tunnel.....	13.900.000
Pour la maçonnerie de revêtement sur une longueur de 2000 mètres.	2.100.000
Dépense totale.....	23.000.000 fr.

« D'après cette somme, calculée sur les bases les plus larges et les plus défavorables, la dépense monterait à 1,846 fr, le mètre courant de tunnel, et elle ne dépasserait pas encore des limites convenables, »

Nous savons de combien ces prévisions optimistes, bien compréhensibles du reste dans une question toute nouvelle, encombrée d'inconnues de toute

nature, et que justifiait encore davantage l'ardent et patriotique désir de faire triompher une des plus grandes idées des temps modernes, allaient être dépassées. Le percement du Mont-Cenis a coûté, à la vérité, soixante-quinze millions de francs, au lieu de vingt-trois millions, ce qui met le mètre courant de tunnel à plus de six mille francs, au lieu de dix-huit cent cinquante. Le grand tunnel du Gothard a coûté environ quatre mille francs le mètre ; il avait été soumissionné par M. Louis Favre à 2,800 francs par mètre courant d'excavation seule, en dehors du revêtement. Le tunnel du Mont-Hoosac, dans les Massachussets, destiné à relier Boston à Albany et aux railways de la région des Lacs, a également exigé une dépense d'environ six mille francs par mètre courant, sur une longueur de 7,634 mètres. Il ne faut du reste jamais se fier outre mesure' aux évaluations de la première heure, lorsqu'il s'agit d'un travail nouveau, dont les méthodes d'exécution ne peuvent être vérifiées que par la pratique. N'avons-nous pas vu, au dernier congrès de Panama, se faire jour les évaluations les plus diverses et les plus contradictoires, émanant cependant les unes et les autres d'hommes spéciaux dont la compétence est reconnue de tous ! Si éloignée qu'elle soit du résultat pratique atteint par la perforatrice, l'évaluation de M. Mauss aura toujours eu l'honneur d'inaugurer les études de la première traversée des Alpes.

§ 3. — Revue rétrospective du travail souterrain au col du Fréjus. — La ventilation des longs tunnels, — Une demi-heure sous la montagne. — La nouvelle galerie de raccordement de Modane.

Notre étude sur le Mont-Cenis n'est qu'une étude historique rétrospective. Il nous semble qu'une nouvelle description d'un travail souterrain, agencé sur des bases absolument identiques à celles du Gothard, ferait double emploi. Au fond des galeries de Modane ou de Bardonnèche, comme dans celles de Göschenen et d'Airolo, comme à l'Arlberg, battaient les perforatrices actionnées par l'air comprimé des machines des chantiers extérieurs. Le sautage des trous de mine se faisait à la poudre, la dynamite n'étant pas encore fabriquée industriellement. Nous dirons plus loin l'influence considérable qu'a eue, sur la vitesse de percement des galeries

souterraines, ce précieux auxiliaire de la perforatrice, la dynamite, aujourd'hui répandue sur tous les chantiers des grands travaux publics, puissance incomparable, se pliant à toutes les missions que l'homme lui impose, éclatant sous l'eau comme dans les terrains secs, ne nécessitant aucune de ces précautions indispensables qui rendent long et dispendieux l'emploi de l'antique explosif de Roger Bacon. — Sur les chantiers extérieurs des têtes nord et sud du Mont-Cenis, nous rencontrons, comme au Gothard, les installations destinées à comprimer l'air, mues par les forces hydrauliques empruntées à l'Arc ou à la Dora.

Les chantiers de Bardonnèche et de Modane ont eu la gloire de voir monter les premières machines à air comprimé, qui devaient tracer une voie si glorieuse à l'art des constructions souterraines. Leur agencement était toutefois bien différent de celui des compresseurs à action directe, comprimant directement l'air dans le cylindre à l'intérieur duquel court le piston. Dans les premières machines du Mont-Cenis, établies par Sommeiller, l'air atmosphérique était alternativement aspiré et comprimé par le double mouvement ascendant et descendant imprimé à une double colonne d'eau verticale par un piston horizontal immergé. Ce système de compresseurs, dont nous nous représentons facilement le principe, a été employé au Gothard pendant la première année de perforation, en attendant la pose des compresseurs définitifs, dits compresseurs hydropneumatiques, système Colladon. Depuis sa première installation au souterrain du Mont-Cenis, le compresseur d'air aura donc parcouru deux phases bien différentes de son agencement : le compresseur à colonnes et le compresseur à action directe, le premier fonctionnant à petite vitesse pour empêcher le clapotis de l'eau dans les colonnes verticales, le second fonctionnant à grande vitesse ; ce dernier type est désormais le seul généralement adopté.

Les transformations de la perforatrice sont plus nombreuses, du moins dans les détails. Le premier outil perforateur fut proposé en 1857 au gouvernement piémontais par un ingénieur anglais, Bartlett, et c'est sur le mécanisme élémentaire de cette perforatrice que Sommeiller concentra ses études. La perforatrice Bartlett, au lieu de découper le roc comme le faisaient les ciseaux de Mauss, creusait les trous de mine par la percussion d'un fleuret contre le rocher, comme le font aujourd'hui les outils de Ferroux et de Mac-Kean. Le fleuret était mis en mouvement par une provision d'air comprimé produit dans l'outil même, dont le mouvement était commandé par une machine à vapeur attelée à la perforatrice. Cet

emploi indispensable de la machine à vapeur devait faire rejeter la machine Bartlett pour l'excavation des tunnels, la fumée étant un facteur trop puissant de viciation de l'atmosphère souterraine. Bartlett donna toutefois la première idée de la perforatrice actuelle, que devait bientôt créer Sommeiller. Tous les outils que nous avons signalés dans notre revue des travaux du Gothard ne sont que des dérivatifs plus ou moins ingénieux de l'outil percuteur du Mont-Cenis.

Comme nous devons le penser, les progrès atteints au Mont-Cenis, dans cette première campagne de l'air comprimé, ne sont point aussi remarquables que ceux que nous avons précédemment enregistrés. Le maximum d'avancement moyen par jour n'a pas dépassé 2^m,50 pendant la dernière année du percement ; il était en général de 2 mètres dans des roches relativement tendres. L'avancement complet des deux galeries, pendant la dernière année 1870, n'a été que de 1,635^m,30, soit une moyenne quotidienne de 4 mètres. Que sont devenues les brillantes espérances fondées sur l'emploi de l'appareil découpeur de Mauss, prévoyant un progrès quotidien de 10 mètres, et l'achèvement complet de la petite galerie en cinq années ! Mieux encore, ce progrès de 4 mètres a été atteint par le creusement d'une galerie de 3m,50 de large sur 2m,50 de hauteur, tandis que Mauss offrait de perforer un véritable tunnel de 4m,50 de largeur sur 2^m,20 de hauteur, soit sur une section de près de 10 mètres carrés, au lieu de 8,75 mètres carrés de la galerie préparatoire creusée avec la perforatrice Sommeiller.

De même que tous les grands tunnels, le Mont-Cenis est construit pour le passage de deux voies ; ses altitudes sont de 1,291^m,52 à Bardonnèche et 1,158^m,96 à Modane, marquant une différence de niveau de 132m,56, activant déjà la ventilation du souterrain. Cette question de la ventilation pendant la traversée des trains est, on le comprend, d'une importance extrême, et elle a été étudiée avec d'autant plus de soin qu'elle avait été l'un des arguments les plus fréquents entre les mains de ceux qui combattaient le grand travail. Chacun sait aujourd'hui, pour avoir traversé le souterrain des Alpes, que l'on n'y est nullement incommodé pendant la petite demi-heure que l'on passe sous le col du Fréjus ; pour se préserver de la fumée, il suffit de clore la portière du compartiment, qui contient une provision d'air très suffisante pour la traversée.

Des expériences récentes ont montré que la quantité d'acide carbonique produite quotidiennement dans le tunnel s'élevait à près de 7,000 mètres cubes, soit 6,930 mètres cubes fournis par les locomotives, et le reste par les voyageurs, employés, les lampes du souterrain et autres causes accessoires. Le souterrain cubant 500,000 mètres, et la proportion normale d'acide carbonique répandue dans l'atmosphère, d'après les nombreuses recherches effectuées dans ces derniers temps, soit dans les couches voisines du globe, par MM. Muntz et Aubin, soit dans les hautes altitudes, par M. G. Tissandier, étant de 2,70 à 3 dix-millièmes ²², on a dû, pour obtenir, en été surtout, une atmosphère souterraine d'une pureté suffisante, avoir recours à des moyens artificiels, et établir, du côté de Bardonnèche, un puissant ventilateur à moteur hydraulique. On veille également à maintenir le moins de feu possible. dans les locomotives qui brûlent de l'antracite produisant peu de gaz carbonique, et sont munies d'appareils destinés à absorber la fumée. On comprendra facilement toutes ces précautions lorsqu'on saura que le tunnel du Mont-Cenis livre passage chaque jour à douze trains avec 2,500 voyageurs. La température moyenne à l'intérieur étant de 25° centigrades, la ventilation naturelle s'effectue assez convenablement en hiver, grâce encore à la différence de niveau entre les deux embouchures du souterrain. Pendant l'hiver et pendant les nuits fraîches, le ventilateur est arrêté. Le problème de la ventilation des longs tunnels est du reste excessivement complexe, et tout ne se passe pas aussi facilement qu'on serait tenté de le croire.

En dehors des températures intérieure et extérieure, des différences d'altitudes, des changements de courant aux deux têtes, il y a lieu de tenir compte de coefficients importants qui s'opposent à la libre ventilation, tels que la dilatation de l'air entrant causée par la chaleur du tunnel, et la résistance due au frottement de l'air contre les parois de la galerie. Des observations très curieuses ont été faites récemment à ce sujet dans le grand tunnel du Gothard, pendant la dernière période de son achèvement. Il a été démontré par exemple que, dans l'intervalle du 29 février 1880, date de la rencontre des deux galeries de Göschenen et d'Airolo, au 14 avril suivant, il ne s'est écoulé dans le tunnel, par suite des résistances considérables produites par le frottement, que les 0,007 en moyenne du volume d'air qui y aurait passé en l'absence de tout obstacle et de tout frottement. Dans cette période de deux mois, le tunnel, perforé seulement en petite galerie, était encore obstrué par des boisages, des échafaudages pour les maçonneries,

etc. Du 18 septembre au 11 février 1881, le tunnel commença à se débarrasser, et la proportion d'air s'élève aux 0,019, soit 2,7 fois davantage, et, en février 1882, après l'enlèvement de tous les obstacles, aux 0,08, soit 4,2 fois plus. On voit donc combien cette question de la ventilation d'un grand souterrain est complexe ; elle est toutefois très suffisamment résolue dans la pratique, du moins en ce qui regarde les galeries rectilignes. Nous ne nions pas qu'en sortant du long et obscur passage d'une demi heure à travers le massif, on n'éprouve une sensation de bien-être en ouvrant enfin la portière du compartiment ; mais enfin, il est encore bien préférable de supporter ce court passage à 25° avec une légère proportion d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, qu'une course de dix heures en traîneau, avec la tourmente qui vous fouette le visage et vous traverse les os, ou la longue traversée par un chemin Fell ou par les diligences qui parcouraient jadis les lacets de la route de montagne.

Ceux d'entre nos lecteurs qui ont traversé le Mont-Cenis, pendant ces deux ou trois dernières années, ont certainement remarqué la lenteur des trains sur une certaine portion du parcours qui avoisine l'entrée française de Modane, et ils n'ont pas manqué de considérer, à la lueur des lampes des travailleurs, les puissants boisages qui protégeaient la voûte contre un éboulement en perspective. Les longs souterrains ne présenteraient-ils donc point une solidité à toute épreuve, et faudrait-il croire que l'orgueilleuse montagne, pesant de toute sa colossale inertie sur l'ouvrage des hommes, s'ingénie à le combler, prenant ainsi sa revanche de la victoire remportée sur elle. Il n'en est rien : les galeries sont solides, et longtemps encore, la locomotive roulera dans la montagne. Le tracé de la voie souterraine sous le col du Fréjus présentait des conditions particulièrement défavorables de résistance, traversant, à partir de la bouche de Modane, des terrains glaciaires en mouvement, qui, dès les premières années, occasionnèrent des ruptures fréquentes du revêtement en maçonnerie. C'est pour remédier à cet état de choses anormal et dangereux, que, après une série de réparations, sur la durée desquelles du reste la direction du chemin de fer ne se faisait aucune illusion, il fut résolu définitivement d'abandonner l'ancien tracé sur 750 mètres environ, et de reporter l'embouchure du tunnel en dehors du terrain glaciaire. Une nouvelle galerie de 1575 mètres de longueur, rejoignant le grand tunnel à 750 mètres de l'ancienne embouchure, a été commencée en 1879 ; elle a été perforée mécaniquement, avec des

compresseurs et machines perforatrices identiques à ceux du Gothard. Du côté de Modane, le grand souterrain du Mont-Cenis présente donc, comme une hydre gigantesque, une triple tête par laquelle le souterrain s'enfonce dans la montagne : le prolongement provisoire de la galerie rectiligne, la première galerie curviligne de 550 mètres de longueur, se raccordant au souterrain, et, enfin, la galerie curviligne définitive de 1575 mètres, qui sera seule exploitée.

Ces passages difficiles ne sont point rares dans les œuvres d'une importance comparable à celle du Mont-Cenis. Si, comme le répétaient les mineurs italiens en mettant à nu, l'une après l'autre, dans un ordre rigoureusement exact, les couches de terrain prédites par Sismonda et Elie de Beaumont, « les géologues voient clair à travers les montagnes », leur vue ne saurait être si perçante qu'ils pussent prédire la consistance même du rocher traversé. Au Saint-Gothard, entre 2760 mètres et 2 860 mètres de l'embouchure Nord, on a dû combattre, pendant toute la durée de la construction, une terrible couche d'argile délitée, gonflant à mesure, écrasant boisages, maçonneries, restreignant le passage à une mince ouverture, suffisante à peine pour le trafic des wagons. Combien de sapins se sont engouffrés dans le trou noir de la montagne, pour aller soutenir la roche indocile ! Aujourd'hui encore, elle semble près d'éclater sous sa lourde robe de pierre, rebelle aux efforts de l'homme, restant comme une invincible menace pour l'avenir. Menace bien faible, il est vrai, si on la compare aux nappes épaisses des avalanches suspendues aux flancs des pics, glissant au moindre souffle du printemps, entraînant tout dans une irrésistible mêlée au fond du précipice !

§ 4. — Un tunnel sous les Alpes au XV^e siècle. — Le pertuis du Viso.

C'est en considérant toutes ces luttes que l'homme a dû entamer contre l'inertie des forces naturelles que l'on se rend compte de la grandeur des œuvres telles que celles que nous avons étudiées, dont les résultats, doublement merveilleux, intéressent à la fois la science qui les a créées et le commerce qui les a accaparées pour son libre développement. Aujourd'hui, la grande ceinture alpine est perforée sur quatre points (fig. 58), au Sommering, par la ligne de Vienne à Trieste ; au Brenner, par la ligne

d'Innsprück à Vérone ; au Gothard, par la ligne de Lucerne à Pino ; au Mont-Cenis, par le chemin de fer de Chambéry à Turin. Elle l'est encore, et c'est un chapitre presque inconnu de l'histoire des anciennes routes commerciales à travers les Alpes, au col de la Traversette ou Pertus d'Viso, comme le nomme le patois du pays, où existe une galerie de 75 mètres de longueur, dont la tradition populaire attribue le percement à Annibal, aux Romains, ou encore aux Sarrasins. En dernier lieu, on a reconnu que le véritable auteur de ce travail était le marquis Louis II Saluces, qui, d'accord avec le roi Louis XI et le Parlement de Grenoble, en avait entrepris l'exécution vers la seconde moitié du quinzième siècle, en 1478. M. Vaccarone a retrouvé aux archives de Turin des pièces fort curieuses relatives au percement du Viso, et a pu suivre, sur ces antiques et respectables documents, toutes les phases de la négociation qui s'est ouverte en cette occasion entre le souverain du Dauphiné et le marquis de Saluces.

Le transport des marchandises, de France dans le marquisat de Saluces, exigeait un voyage long et incommode : il fallait passer par le mont Genève ou par le mont Cenis, routes qui, appartenant à d'autres États, étaient fermées aux habitants du marquisat en temps de guerre, et où il fallait payer des droits lourds et nombreux. Le marquis Louis II eut l'idée de faire percer sous le col de la Traversette une galerie qui mît en communication directe la vallée du Pô avec celle de Queyras ²³, en Dauphiné. Après avoir fait faire quelques études préliminaires, il s'adressa, en 1475, au Parlement de Grenoble, pour obtenir son concours qui était indispensable, puisque le tunnel projeté devait déboucher sur le territoire du Dauphinois. Le Parlement fit procéder à deux enquêtes successives sur les avantages ou les inconvénients qui pourraient résulter de l'ouverture de cette route nouvelle, et le 20 décembre 1477, il transmit au roi de France copie des informations qu'il avait recueillies. Le roi s'empressa de donner son consentement au projet ; et les trois États du Dauphiné ayant à leur tour accordé leur approbation, un marché fut passé entre le marquis de Saluces (au nom, en outre, du roi de France et du Parlement du Dauphiné) d'une part, et de l'autre, les nobles Martin d'Albano et Balthazar d'Alpiasco, lesquels s'engageaient : à ouvrir, au travers du mont Viso, une galerie qui fût propre au passage commode des traîneaux et des mulets, dans le terme de dix-huit mois ; à construire une route aux deux entrées de la galerie, et à améliorer les routes d'accès en les rendant muletieres, les dépenses

occasionnées par ces travaux devant se répartir entre le Dauphiné et le marquisat de Saluces. La galerie devait avoir 10 pieds de large et 8 pieds de haut. Ses entrepreneurs devaient recevoir, pour prix de ce travail, une somme de 12,000 florins ; on devait, en outre, leur fournir gratuitement tout le bois, le fer et l'acier nécessaires.

Fig. 58. — Les routes souterraines à travers les Alpes (Mont-Cenis, Mont-Blanc, Simplon, Gothard, Brenner, Sömmering).



La galerie fut terminée à la fin de 1480 et devint aussitôt l'une des voies les plus fréquentées du commerce ; elle servit au passage d'une partie des armées françaises sous Charles VIII et François Ier, et appartint à la France jusqu'en 1588, époque à laquelle le duc de Savoie, Charles-Emmanuel I^{er}, s'empara de Saluces et fit boucher la galerie. Dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, les communes limitrophes, piémontaises et françaises, avaient demandé à plusieurs reprises que la galerie fût rouverte ; et, en 1798, le Piémont ayant été réuni à la France, des études furent faites en vue de l'exécution de ce projet. L'année suivante, les coalisés victorieux occupaient le Piémont, en sorte que le rétablissement du passage ne put avoir lieu. L'idée fut reprise sous le gouvernement de Bonaparte, et, en 1803, le déblaiement du tunnel fut effectué sous les ordres de M. Bressy, sous-préfet de Saluces. Depuis lors, la galerie s'est trouvée à plusieurs reprises obstruée par des éboulements et le dernier déblaiement a eu lieu en 1878.

D'après les documents retrouvés par M. Vaccarone, le tunnel semble avoir été attaqué par les deux extrémités. Un certain Philippe Émé, chargé peut-être de surveiller les travaux, écrit à la marquise de Saluces pour lui

démontrer que du moment que la galerie était terminée sur le versant italien, il fallait mettre la main aux travaux du côté du Dauphiné.

Un autre passage du même ouvrage indique quelle est la nature des roches traversées : « Les éboulements successifs qui se sont produits dans le tunnel provenaient de la nature même des roches, qui sont des schistes chloriteux et amphiboliques ; dès les premières années, ils lurent en continuelle décomposition comme ils le sont encore actuellement. » Il résulte de cette indication que la percée du Viso, pratiquée dans un terrain analogue à celui du Mont-Cenis, a dû offrir, à l'époque, des difficultés de même nature que celles auxquelles a donné lieu l'exécution de ce dernier travail.

La situation et les dimensions du tunnel sont également indiquées : « Le tunnel se trouve à 2,915 mètres au-dessus du niveau de la mer ; il a la direction de l'Est à l'Ouest ; sa longueur est d'environ 75 mètres, sa hauteur de 2 mètres et sa largeur d'environ 2^m,47. » Quand la galerie fut creusée, elle était plus longue que maintenant. M. Vaccarone cite plusieurs auteurs qui lui attribuent une longueur de 1/4 de mille et même 1/2 mille, mais il ajoute : « Si nous nous en tenons aux calculs préventifs des hommes de l'art employés par Louis II, cette longueur était précisément le double (soit 150 mètres). Les éboulements constants de la montagne l'auront à coup sûr raccourcie, mais il nous semble difficile d'admettre que ce soit de moitié. »

Il y a quatre cents ans, le percement d'une galerie de cent cinquante mètres de longueur arrêta nos prédécesseurs, et coupait toute communication entre deux pays voisins ! Quels progrès n'avons-nous point réalisés depuis cette époque lointaine ! La vapeur, l'électricité, l'air comprimé, la perforation, les routes continentales ou maritimes. A peine osions-nous creuser les Alpes dans la partie la plus étroite de leurs pics, et voici qu'aujourd'hui on les perfore sans coup férir dans leurs assises mêmes, comme si nous voulions abaisser leurs routes orgueilleuses, désormais clouées au sol, jusqu'à nos pieds !

CHAPITRE XII

LE TUNNEL SOUS-MARIN DU PAS-DE-CALAIS

§ 1. — L'histoire du Pas-de-Calais. — L'âge du détroit.

La faible distance, environ 30 kilom. de Douvres à Calais, qui sépare la Grande-Bretagne du continent européen, l'identité complète, superficielle ou souterraine, des terrains qui forment les assises des deux rivages, le peu de profondeur du bras de mer, ou plutôt du canal, qui réunit la Manche à la mer du Nord, ont fait songer de tous temps à l'existence d'une communication naturelle, d'un isthme, reliant les terres aujourd'hui séparées, et dont la destruction géologique aurait été accomplie dans la suite des âges écoulés. Le fond de la Manche, au seuil du Pas-de-Calais, ne dépasse pas en effet une profondeur de 50 mètres, et se relève régulièrement vers chacune des deux rives anglaise et française. On a souvent dit que si l'on plaçait les tours Notre-Dame au milieu du détroit, leur sommet surpasserait encore de 12 mètres la crête des vagues. Nous possédons près de nous plusieurs exemples de ces seuils maritimes, cachés à une assez faible profondeur pour que la marée les découvre et les recouvre chaque jour : c'est ainsi qu'à marée haute le mont Saint-Michel est complètement séparé de la côte, et présente l'aspect d'une île dont les flancs escarpés semblent plonger à d'insondables profondeurs ; vienne la marée basse, le flot laisse à découvert une route sous-marine, sorte de pont-levis naturel ayant ses attaches au rivage continental et à la base de l'énorme cône granitique. L'île de Noirmoutiers est également reliée au rivage par un seuil sous-marin que la mer recouvre et découvre alternativement. Supposons maintenant une marée gigantesque de 60 mètres de dénivellation, élevant et abaissant les eaux du détroit et le seuil du Pas-de-Calais apparaîtra de la même façon que ceux du mont Saint-Michel et de Noirmoutiers : la route terrestre entre la France et l'Angleterre se trouvera naturellement rétablie.

Fig. 59. — La destruction naturelle du Pas-de-Calais. — Les falaises du cap Blanc-Nez.



Que l'isthme de la Manche ait existé à une époque plus ou moins lointaine, il ne saurait s'élever de doute à ce sujet. Avant que l'observation scientifique des phénomènes eût établi la loi mathématique des changements survenus à la surface de l'écorce terrestre, certains auteurs, basant leur raisonnement sur les récits plus ou moins obscurs des écrivains anciens, ne craignaient même pas de faire remonter à une époque toute moderne la rupture du lien crayeux qui soudait les deux pays voisins. Dans un ouvrage curieux ²⁴ réédité récemment, Nicolas Desmarets, membre de l'Académie des sciences, s'appuyant sur l'érosion des côtes par les vagues, mais tenant à faire concorder le résultat de ses observations avec les récits de Pythéas et des passages connus de Tacite et de Servius, fixe « l'âge du détroit » à onze cent vingt-cinq années ! Les conjectures que nous pouvons établir sur la durée des phénomènes géologiques qui ont lentement rongé l'isthme antique sont très vagues à la vérité ; mais si récente que soit la création du canal anglo-français par les forces naturelles, l'examen des

phénomènes actuels de destruction des côtes nous fait reculer bien plus profondément dans la nuit des temps.

Arrêtons-nous un instant sur cette question de « l'âge du détroit », qui n'est à la vérité qu'un chapitre d'une étude plus générale, merveilleusement inaugurée par Lyell dans ses recherches sur l'identité des causes anciennes avec celles que nous voyons agir chaque jour sous nos yeux. Pour comprendre la formation du détroit, nous commencerons par examiner ce qui se passe sur ses rives, à regarder la mer battre furieusement les hautes falaises qui le fortifient, à mesurer le volume de rochers détachés chaque année de la masse crayeuse, et finalement le recul séculaire des côtes. L'étendue de la destruction actuelle nous servira de chronomètre pour l'évaluation de la durée du phénomène ancien, dont la vie actuelle des falaises n'est que la continuation régulière et ininterrompue.

Plaçons-nous par exemple sur la rive française, entre Boulogne et Calais, sur l'un des deux promontoires qui s'avancent dans les flots, comme d'irrécusables témoins de la destruction éternelle, le Gris-Nez et le Blanc-Nez. A la base du Gris-Nez (fig. 60), des blocs énormes, de dimensions véritablement gigantesques, marquent l'éboulement du sommet survenu après l'affouillement des couches inférieures. Lentement, mais inévitablement, ces témoins dont l'inertie semble cependant invincible seront entamés par la tempête, émiettés grain à grain, et s'en iront grossir le volume des sables accumulés sur un autre point de la côte, abandonnant au travail de la mer la falaise qu'ils protégeaient depuis des siècles. Le cap Blanc-Nez offre un champ d'observation plus curieux encore (fig. 59). Constamment battu par les vagues, ses assises cèdent à mesure, laissant s'engouffrer les eaux tourbillonnantes dans les cavernes profondes qu'a déjà rongées la tempête. La plage qui se découvre à marée basse est recouverte de blocs énormes, que la vague furieuse va saisir et jeter, comme de monstrueux projectiles, contre les barrières qui mettent un frein à ses fureurs. Sans trêve, sans merci, avec la sûreté d'une force dont la puissance éternelle renaît après chacune de ses déroutes, l'océan mine la falaise, recule la rive, élargit le détroit. D'après Thomé de Gamond, la falaise du Gris-Nez recule de 25 mètres par siècle ; les côtes anglaises sont encore plus fortement endommagées, et on évalue à près d'un mètre par an l'érosion des côtes britanniques. La masse totale des rochers que broie chaque année la Manche orientale ne serait pas inférieure à 10 millions de mètres cubes. A l'Est de la péninsule de Kent, six kilomètres de terres

fermes ont été envahis depuis l'époque romaine ; les récifs de Goodwin, dont la distance au rivage varie de 5 à 11 kilomètres, marquent la place des Etats du comte Goodwin, père d'Harold, qui mourut vers le milieu du onzième siècle.

Fig. 60. — La destruction naturelle du Pas-de-Calais. — Les falaises du cap Gris-Nez.



A cette colossale puissance destructive de la mer, que nous voyons agir aujourd'hui comme dans les temps passés, vint s'ajouter encore la succession des soulèvements ou des abaissements des côtes et de l'isthme ancien par les forces souterraines. Le sol a été profondément remué dans la contrée anglo-française, comme le montrent les nombreuses forêts sous-marines que l'on observe à la base des côtes orientale et méridionale de l'Angleterre, ainsi que les rivages élevés sur plusieurs points au-dessus du niveau de la mer, qui renferment des coquilles fossiles d'espèces récentes. Ces mouvements de haut en bas et de bas en haut ont certainement coopéré à l'action dénudante de l'Océan (Lyell). Erosion constante des falaises, influence des forces souterraines, en prenant pour base des destructions anciennes les chiffres d'observation que nous venons de mentionner, on a calculé que la date de rupture de l'isthme anglo-français pouvait être reculée jusqu'à soixante mille années en arrière ²⁵. Ce n'est là bien entendu

qu'une évaluation bien approximative de « l'âge du détroit », mais qu'il nous faut cependant accueillir avec tout le sérieux que comporte l'examen d'un problème de haute science, résolu par les seules observations scientifiques, et dont la solution n'a été asservie à aucun texte historique ou religieux.

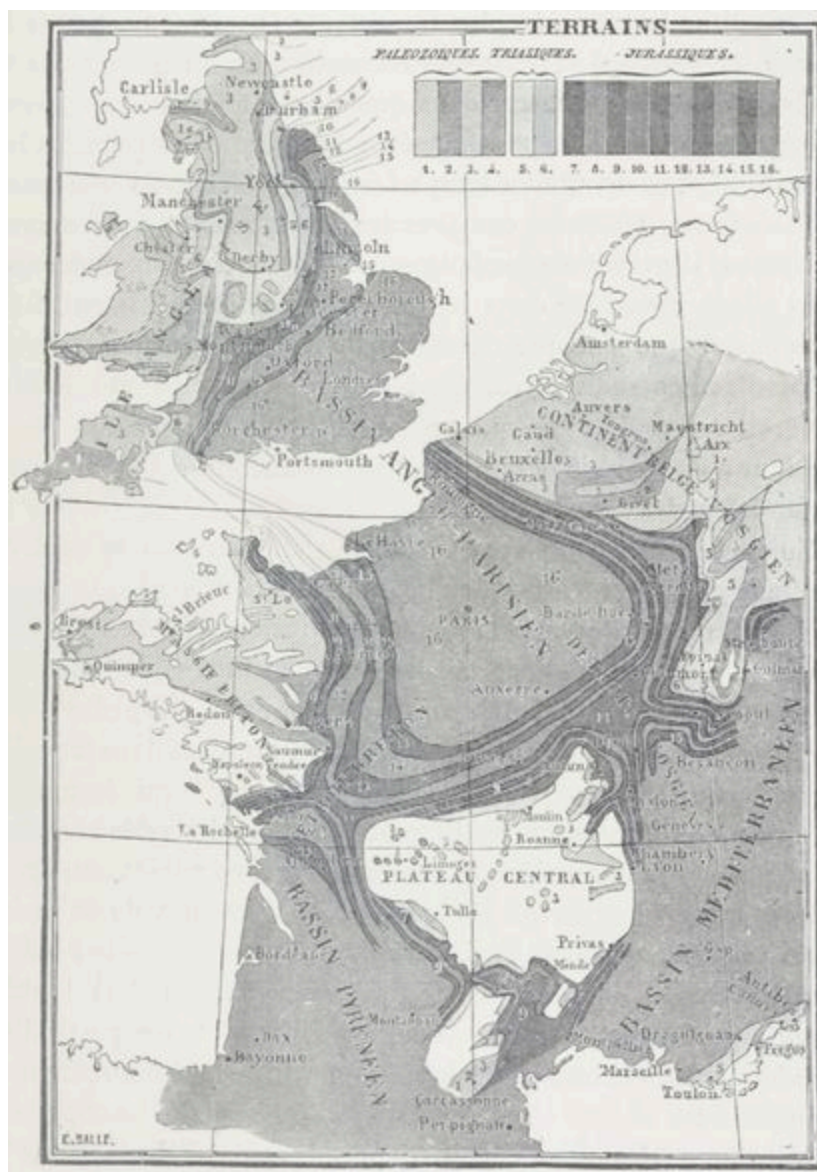
Comme à Suez et à Panama, où les isthmes actuels marquent la place d'antiques détroits aujourd'hui rétablis ou près de l'être, l'homme ne fait encore, au Pas-de-Calais, que reconstituer l'œuvre détruite par la nature. C'est dans les assises de l'isthme ancien que nous allons voir creuser la route sous-marine qui soudera de nouveau, par un double ruban de fer, la Grande-Bretagne au continent dont elle a été visiblement et inconsciemment séparée. Au milieu de tous les projets que nous allons brièvement passer en revue, l'un d'entre eux, la reconstitution de l'isthme entier, mis en avant par Thomé de Gamond avant qu'il eût conçu son fameux plan de galerie sous-marine, est certainement le plus curieux, par le caractère même de résistance qu'il semble vouloir opposer aux forces de destruction qui s'acharnent depuis six cents siècles contre les barrières du détroit. Thomé de Gamond proposait de construire, par dessus le canal, un rempart de maçonnerie analogue à l'isthme disparu, et percé de trois énormes ouvertures pour le passage des navires. Le projet fut délaissé, et l'on n'en parla plus dès qu'il fut question du tunnel ; cette reconstitution de l'isthme ancien, cette construction d'un rempart isthmique, contre lequel seraient venues se briser les vagues impuissantes de l'Océan, n'en restera pas moins comme l'un des chapitres les plus originaux de la « lutte pour l'existence » transportée dans le double domaine de la géologie et des travaux publics.

§ 2. — Le fond du détroit. — Où passera le tunnel ? — Thomé de Gamond.

L'existence de l'isthme antique établie, l'identité des terrains qui composent les deux rives du détroit, l'unité géologique des assises souterraines, n'ont pas besoin d'être démontrées. La cuvette sous-marine sur laquelle reposent les eaux de la Manche et celles de la mer du Nord n'est que la continuation des couches dont on reconnaît les affleurements aussi bien en France qu'en Angleterre. La carte que nous publions ci-contre

(fig. 61), dressée d'après les travaux d'Élie de Beaumont et de Dufrénoy, sur laquelle les terrains crétacés ressortent en teintes plus sombres que les autres roches anciennes, jurassiques, triasiques ou paléozoïques, indique nettement les contours du bassin crétacé anglo-parisien, dont l'axe passe par le détroit lui-même. Cette similitude des roches reconnue en principe, le problème d'une traversée sous-marine du détroit consistera à choisir, parmi les nombreuses couches que nous allons passer en revue, celles dont l'imperméabilité assurera l'exploitation régulière et inoffensive de la galerie, en même temps que la concordance de leur profondeur respective sur chacune des deux rives permettra rétablissement d'un tunnel de longueur satisfaisante. Pour aborder sérieusement le problème géologique qui constitue la partie la plus importante et en même temps la plus intéressante de l'œuvre de reconstitution du passage de la Manche, nous allons entrer dans quelques détails qui ne doivent point effrayer nos lecteurs. La géologie est une des sciences les plus simples, et en même temps des plus attachantes que nous connaissions ; pour en comprendre les bases, et pour suivre facilement l'examen de quelques-unes des couches du globe que nous allons examiner dans le voisinage du détroit, il suffit de se rappeler que l'écorce de notre terre a été formée par le dépôt d'assises successives, dont l'ordre a souvent été bouleversé, il est vrai, mais qui en général ont conservé la place que leur a assignée la date plus ou moins ancienne de leur dépôt au fond des Océans disparus.

Fig. 61. — Le bassin crétacé anglo-français, d'après Élie de Beaumont.



Suivons donc, pour notre examen souterrain de la contrée sur laquelle émergeait jadis l'isthme de la Manche, la carte géologique détaillée sur laquelle les diverses couches de terrain ont été indiquées par des hachures distinctes, la craie restant seule en blanc (fig. 62). Nous retrouvons là, par ordre d'ancienneté, les alluvions récentes, l'argile de Londres dans laquelle a été perforé le tunnel sous la Tamise, la craie qui forme les falaises éblouissantes du cap Blanc-Nez, les sables verts et enfin, au plus profond des assises, la masse des roches anciennes, dites paléozoïques, renfermant les nécropoles colossales de la puissante végétation carbonifère. Examinons

ces couches par ordre d'âge, et voyons laquelle de ces formations satisfait à la double condition d'imperméabilité de ses assises et de possibilité d'établissement d'une galerie sous-marine de longueur raisonnable.

L'argile de Londres s'étend depuis la côte d'Essex jusqu'à la côte des Flandres françaises, sur une ligne allant de Saint-Osyth à Dunkerque ; elle est probablement épaisse partout de 120 mètres. La masse de la roche et sa nature sont donc parfaitement applicables à un tunnel sous-marin. L'exécution de la galerie sous-marine dans ce terrain serait possible ; son imperméabilité a déjà été éprouvée lors de la construction du tunnel qui traverse la Tamise à Londres. Malheureusement, la grande distance, 129 kilomètres, qui sépare les deux rivages, est un obstacle sérieux à tout projet praticable et économique.

Nous laissons de côté les couches du terrain tertiaire inférieur, trop minces et en plus trop facilement perméables, et nous arrivons à la craie. Cette craie, comme l'a montré le forage du puits artésien de Calais, qui l'a traversée sur 310 mètres d'épaisseur, et ensuite les sondages dont nous parlerons plus loin, comprend deux couches différentes : l'une supérieure, ordinairement très fissurée et laissant un passage facile aux eaux d'infiltration ; l'autre très argileuse et comparativement imperméable, lorsqu'elle est exempte de failles et de fissures. Nous prévoyons déjà que, dans cette division inférieure de la craie, se trouve indiquée la place la plus favorable pour l'exécution de la route sous-marine du détroit.

Fig. 62. — La géologie du Pas-de-Calais.



Immédiatement après la craie, nous rencontrons une argile ferme, le gault, dans lequel se creuserait facilement le tunnel ; mais sa faible épaisseur, 30 mètres sur la côte anglaise et 12 mètres sur la côte française, s'oppose à toute réalisation du projet. — Sous le gault, sont les sables verts, qui forment les falaises sableuses et incohérentes de Folkestone et de Sangate, trop perméables pour être utilisées. — Au-dessous, viennent les couches wealdiennes, qui s'amincissent au milieu du détroit ; puis les sables perméables de Portland, et ensuite, l'argile imperméable de Kimmeridge, formant les remarquables falaises de Boulogne, à travers lesquelles il serait encore possible de creuser une galerie, partant de Boulogne et aboutissant à Hythe sur la côte anglaise, dans les couches wealdiennes. — Il nous reste encore les couches dites oolithiques, trop perméables, et enfin les roches anciennes de la série dite paléozoïque. Ces roches anciennes sont parfaitement sèches, puisqu'on les exploite sur la côte du Cumberland, à plusieurs kilomètres (6 à 7 kilomètres) au-dessous de la mer, avec absence complète d'infiltrations sérieuses ; elles ne se rencontrent toutefois qu'à des profondeurs considérables, 335 mètres à Harwich, 309 mètres à Calais, 190 mètres à Guines ; la moyenne de leur profondeur ne serait pas inférieure à 200 ou 250 mètres. La route sous-marine traversant les roches anciennes nécessiterait donc, en dehors d'une plus grande dépense d'exécution de la galerie sous-marine elle-même, l'établissement de tunnels de raccordement aux chemins de fer extérieurs, d'une longueur considérable.

Résumant nos observations, l'examen géologique de la région du détroit, de la perméabilité des roches sous-jacentes et de leur position respective, nous laisse le choix entre trois tunnels : 1° le tunnel dans les roches anciennes, qui présente l'inconvénient d'une grande profondeur et par suite d'une dépense considérable ; — 2° le tunnel dans l'argile de Kimmeridge, de Boulogne à Hylhe ([fig. 63](#)), coupant le récif de Varne — « l'Étoile de Varne », comme l'appelait Thomé de Gamond — affleurant sous un mètre d'eau à marée basse, et dans lequel on pourrait forer un puits pour accélérer les travaux d'attaque de la galerie sous-marine ; — 3° la galerie dans la craie inférieure ([fig. 64](#)), imperméable et tendre, présentant seulement une longueur de 34. kilomètres, un peu plus du double du souterrain du Gothard. C'est dans cette dernière couche que sont forées les deux galeries préparatoires, et qu'ont été exécutés les forages préliminaires de MM. Hawkshaw et Brunslees, dont nous représentons ([fig. 65](#)) les deux diagrammes en regard. C'est très vraisemblablement ce tracé de la craie qui

se continuera jusqu'à la rive anglaise, malgré les terreurs des fils d'Albion que hante le spectre de la « Bataille de Dorking ».

Fig. 63. — Coupe du détroit par le récif de Varne.



Le fond même du détroit, le lit sous-marin sur lequel depuis des siècles roulent les flots mêlés des deux mers, le sol sur lequel s'élevait naguère, dans le lointain des âges géologiques, l'isthme aujourd'hui abaissé de la Manche, n'est pas moins complètement connu que la constitution intime de ses puissantes et diverses assises. La sonde a été jetée sur toute la surface sous-marine, et le relief du pont naturel jeté entre le continent européen et la Grande-Bretagne a été dressé avec autant d'exactitude que si quelque'une de ces marées gigantesques dont nous parlions plus haut l'avait découvert un jour à nos yeux. MM. Hawkshaw et Brunslees ont reconnu que, de Calais à Douvres, le profil de la cuvette variait entre 20 et 50 mètres au-dessous des plus hautes eaux ; ils ont pu vérifier en même temps que le « fond du détroit » était bien formé des mêmes roches crayeuses identiques à celles des falaises côtières.

Fig. 64. — Coupe du détroit dans la craie.

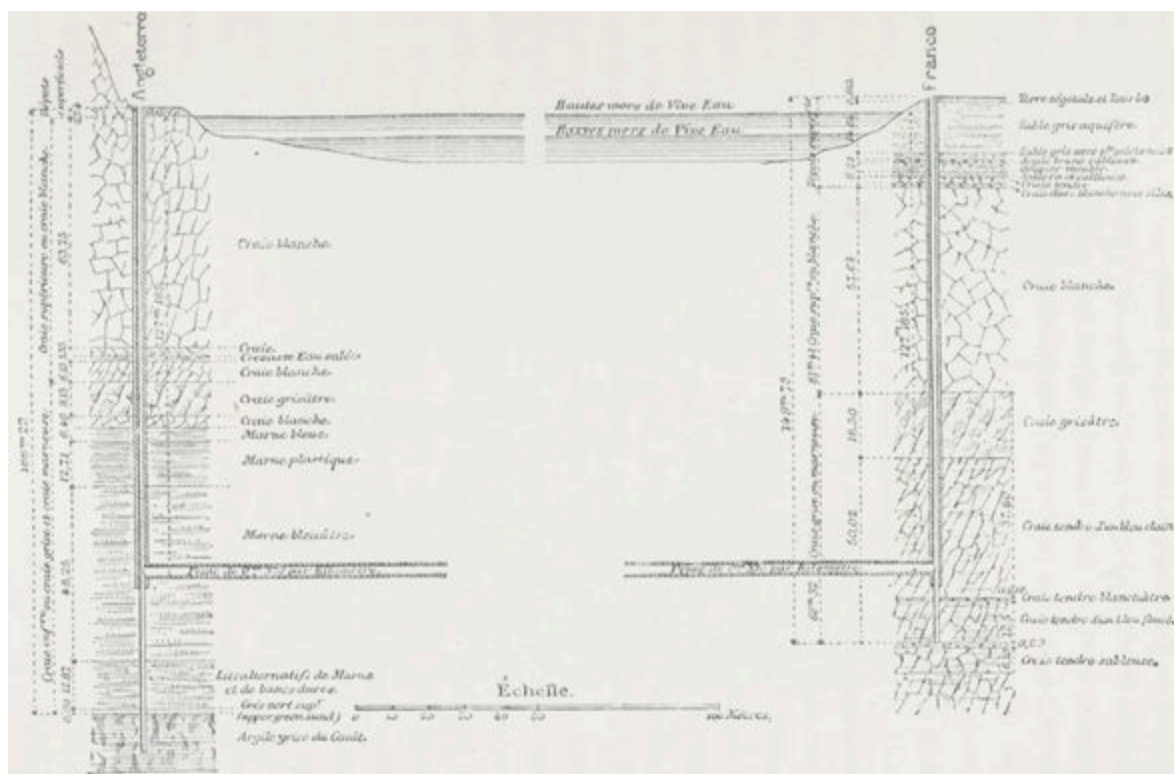


Arrivés à ce point de notre histoire du détroit, et avant d'entreprendre l'étude du projet actuel, qui semble définitivement adopté, nous devons rappeler les premiers et laborieux travaux de celui à qui revient tout l'honneur d'avoir fait, de l'exécution d'une route sous-marine entre la France et l'Angleterre, une question d'intérêt universel, au même titre que l'établissement des grandes routes de Suez et de Panama : Thomé de Gamond. C'est en 1833 que le célèbre ingénieur français — à qui la science est redevable encore de l'un des premiers mémoires de traversée de l'isthme américain par le canal de Nicaragua, et surtout du célèbre travail sur l'hydraulique de la France — commença à s'occuper de la question du

tunnel sous-marin, qui devait absorber quarante années de sa vie. Et quelles études ! Il faut entendre le courageux explorateur raconter, entre autres, les détails des périlleuses descentes qu'il effectua à plusieurs reprises dans le fond de la mer, entre le récif de Varne et Folkestone, dans le but de se procurer des échantillons de la roche sous-marine, assez volumineux pour permettre d'étudier sérieusement leur nature géologique et de la comparer ensuite à celle des roches extérieures des côtes.

Pour favoriser sa descente rapide, l'explorateur était lesté avec des sacs remplis de galets pesant ensemble 85 kilogrammes, il était muni en outre d'une ceinture de vessies gonflées pour la remonte. A sa ceinture était attachée une forte ligne de sûreté, il en portait une autre au bras gauche comme signal d'alarme. Les oreilles étaient tamponnées et recouvertes de charpie huilée, un bonnet ouaté recouvrait la tête. Avant la descente, Thomé de Gamond avalait une gorgée de café noir, imitant ainsi les pêcheurs d'éponges. A sa main gauche était fixé un couteau, à la droite une spatule. C'est dans cet étrange appareil que l'ingénieur descendit jusqu'à trois fois en un jour à 25 ou 30 mètres de profondeur, et qu'il continua ses recherches géologiques sur 1 kilomètre et demi dans la direction de Folkestone : « Dans le fait — raconte lui-même Thomé de Gamond dans l'un de ses mémoires — j'atteignais durement le fond, sur lequel mes sacs de pierres tombaient avec un choc auquel j'étais préparé ; enfoncer alors ma spatule dans l'argile, en enlever un morceau, le saisir, l'introduire dans ma poche, puis couper les cordes qui attachaient le lest à mes jambes et partir, était l'affaire d'un moment très court, que j'avais soin de ne pas prolonger. »

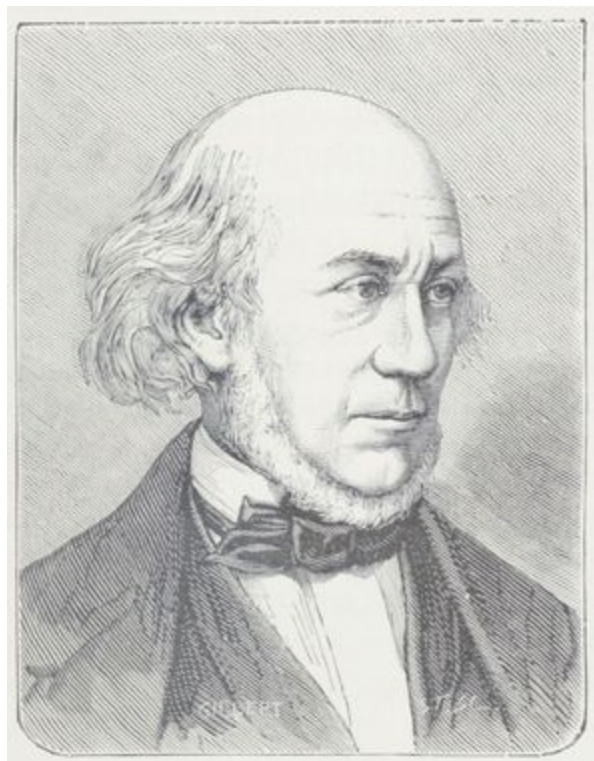
Fig. 65. — Exécution du tunnel sous-marin du Pas-de-Calais. — Les sondages de MM. Hawkshaw et Brunslees sur les deux côtes.



Dans un autre passage de son livre, Thomé de Gamond nous dépeint d'une façon saisissante les péripéties de ces curieuses explorations sous-marines, qui n'étaient pas, comme nous allons le voir, sans présenter de sérieux dangers : « Dans ces rapides descentes, je ne pouvais jeter qu'un très furtif coup d'oeil sur le lit de la mer, qui était dans cet endroit tout à fait sombre quand le soleil était obscurci. Les ténèbres provenaient de la couleur très foncée du fond dans cette région. Mais quand le soleil luisait, et ce fut le cas pendant mes deux premières descentes, le milieu liquide prenait une apparence quelque peu laiteuse, quoique transparente, et on pouvait très bien distinguer les restes de coquilles blanches dont le lit foncé de la mer semblait jonché. Je voyais encore des corps tachetés passer d'un mouvement rapide, et je jugeais que c'étaient des bancs de poissons plats de la famille de la sole ou de la raie. Ce fut en remontant de ma troisième et dernière visite au lit de la mer que je fus attaqué par quelques poissons carnivores qui me saisirent par les jambes et par les bras. L'un d'eux me mordit au menton, et m'aurait en même temps attaqué la gorge si elle n'avait été préservée par un foulard épais. Je me dégageai promptement de

cette étreinte, qui me causait une douleur aiguë, et qui me quittait aussitôt que ma main la touchait. Je me croyais perdu. Néanmoins, préservé plutôt par une énergie instinctive que par un acte de volonté, je fus assez heureux pour ne pas ouvrir la bouche, et je réapparus à la surface de l'eau après une immersion de cinquante-deux secondes. Mes hommes virent un des monstres qui, m'ayant assailli, ne me quitta que quand j'eus atteint la surface. C'étaient des congres. » Après nous avoir fait assister à ses courageuses explorations, dignes de figurer dans le populaire récit de Jules Verne, Vingt mille lieues sous les mers, Thomé de Gamond nous dépeint la joie qu'il ressentait lorsque, hissé sur le bateau, il reconnaissait que sa spatule avait arraché au sol sous-marin « l'argile wealdienne, identique à celle qu'il avait vue en Angleterre sur les basses plaines du Kent qui bordent le détroit ».

Fig. 66. — Thomé de Gamond, promoteur du tunnel sous-marin du Pas-de-Calais.



Le promoteur du tunnel sous-marin (fig. 66) appartenait à cette race vaillante dont les représentants, il faut l'avouer, deviennent chaque jour plus rares, et dont la foi « soulèverait les montagnes ». Aucun des grands problèmes qui illustrent le domaine des travaux publics ne le laissa

indifférent. Avant d'avoir entrepris ses mémorables études sur la route sous-marine du détroit, il avait déjà publié son projet de traversée de l'isthme américain par Nicaragua, et, dès 1830, il avait étudié sur les lieux mêmes un projet de canal maritime à travers le désert de Suez. C'est peut-être à l'influence de Thomé de Gamond que Louis Bonaparte obéit, lorsqu'il s'occupa lui-même, comme nous l'avons mentionné plus haut, de son « canal Napoléon » par Nicaragua ; le prince était en effet, depuis les premières années de sa jeunesse, très lié avec Thomé de Gamond, à qui il offrit plus tard le ministère des travaux publics. L'ingénieur refusa, et continua à se consacrer jusqu'à sa mort (1876) à l'étude du vaste projet auquel il avait, avec un rare désintéressement, voué sa vie et sacrifié sa fortune.

§ 3. — La traversée du détroit. — Tunnels. Ponts. Viaducs. Tubes sous-marins. Isthmes artificiels. Ferry boats. Les traversées aérostatiques. — L'Étoile de Varne. — Le projet actuel de tunnel sous-marin. :

La grandeur du problème de l'établissement d'une voie de communication entre la France et l'Angleterre à travers le détroit, que cette voie fût souterraine, superficielle, ou sous-marine, établie dans la profondeur des assises rocheuses, élevée extérieurement à la surface de la mer, ou reposant simplement sur le fond de la cuvette marine, ne manqua pas de séduire un grand nombre d'esprits, et de faire naître une foule de projets fort intéressants : tunnels, ponts, viaducs, tubes sous-marins, isthmes artificiels, passages sur ferry-boats, qui se trouvent résumés du reste dans la série des projets de Thomé de Gamond. Vers la fin du dernier siècle, Blanchard, et quelques mois plus tard, Romain et Pilâtre de Rozier, tentent la traversée aéronautique du détroit. Blanchard, parti de Douvres, aborde heureusement dans le voisinage de Calais ; Romain et Pilâtre de Rozier meurent victimes de leur courageuse entreprise. Récemment, le colonel Burnaby a franchi le détroit sur son ballon « l'Éclipse ». La traversée du bras de mer a donc été, depuis près d'un siècle, étudiée sous ses faces les plus diverses.

Le premier projet de traversée remonte au commencement du siècle. En 1802, un ingénieur français, Mathieu, propose au premier Consul de construire, de Calais à Douvres, une galerie sous-marine formée d'une double rangée d'arches superposées ; l'arcade inférieure devait servir de canal de drainage, et l'arcade supérieure être pavée comme une route, éclairée par de longues files de lampes à huile et traversée par des diligences avec relais de chevaux. De vastes cheminées d'appel dépassant le niveau des hautes mers servaient de ventilateurs. Bonaparte sembla tout d'abord suivre avec intérêt le projet qui lui était soumis ; on raconte même qu'il dit à ce sujet à Jacques Fox : « C'est une des grandes choses que nous pourrions entreprendre ensemble » ; mais, pour le tunnel comme pour le canal de Suez qu'il avait fait étudier lors de l'expédition d'Egypte, les hasards de sa vie belliqueuse l'éloignèrent bientôt de toute réalisation sérieuse de l'œuvre.

L'ensemble des études de Thomé de Gamond parcourt le cycle entier des projets de jonction des deux côtes. En 1834, il songe à faire reposer sur le lit du détroit un tube de fer revêtu de maçonnerie. — Deux années plus tard, il étudie la construction d'un pont gigantesque entre le cap Blanc-Nez et le South-Foreland. Les arches du pont, qui devaient livrer passage aux hautes mâtures, s'élevaient à 51 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui donnait, dans les parties les plus profondes du détroit, une hauteur de 114 mètres depuis le fond de la mer jusqu'à la plate-forme supérieure, près du double des tours de Notre-Dame, que nous avons déjà prises pour point de comparaison ! Pour ce projet, la dépense atteignait quatre milliards de francs. — L'année suivante, on devait établir, dans la même direction, deux jetées de 8 kilomètres, partant, l'une du cap Blanc-Nez, l'autre de South-Foreland, terminées chacune par un port spacieux, et laissant entre elles une largeur de mer de 18 kilomètres, traversée au moyen d'un bac. La dépense n'était pas supérieure à 230 millions. — Le dernier projet conçu par Thomé de Gamond (1840), avant qu'il portât définitivement ses vues sur l'établissement d'un tunnel, est celui de l'isthme artificiel que nous avons déjà signalé, percé de trois canaux de passage pour les navires, recouverts de ponts tournants qui rétablissaient à un moment donné la continuité du passage sur l'isthme.

(fig. 67) montre assez quel était le projet du premier promoteur de la « route du détroit », s'ouvrant, sur la côte française, près de Marquise, dans les terrains perméables de la grande oolithe, et se dirigeant hardiment, à travers les sables du Portland, l'argile wealdienne et les sables verts aquifères, remontant du gault jusqu' à la craie, et atteignant Folkestone sur la côte anglaise. Les difficultés de l'entreprise eussent été vraiment colossales, mais l'explorateur qui s'était aventuré maintes fois, avec l'appareil rudimentaire de sondage que nous avons décrit, risquant sa vie pour détacher de sa spatule un échantillon du rocher sous-marin, devait-il s'arrêter aux obstacles naturels que pouvait vaincre, par la ténacité des travailleurs ou à coups de millions, la science humaine ! A mesure qu'il bâtissait son œuvre d'avenir, Thomé de Gamond était arrivé à forger dans son esprit un rêve éblouissant, quelque chose comme la prophétie d'Ampère sur Panama, faisant de son tunnel, ou plutôt de cette « étoile de Varne » qui éclairait sa route, le centre futur des relations mondiales. Au milieu du détroit, émergeant au-dessus des vagues comme une forteresse toute pacifique, la gare intermédiaire de Varne (fig. 68) reliée au tunnel souterrain par un puits colossal aménagé pour le transport facile et rapide des voyageurs et des marchandises, eût servi de point de ralliement au commerce du monde entier. A Varne, véritable métropole mondiale, seraient venues aborder les cargaisons des Indes et celles de l'Amérique, distribuées ensuite, par les voies ferrées du continent, dans toutes les places commerciales du monde occidental ; là encore, les produits européens, remontés des profondeurs sous-marines de la galerie circulaire (fig. 69), eussent été chargés sur les nombreux navires stationnant dans le port et expédiés à leur tour sur les places des deux hémisphères. « L'Etoile de Varne » située à mi-chemin de la France et de l'Angleterre, à deux pas de nos côtes, eût projeté sur le globe entier sa réverbération merveilleuse. La description enthousiaste qu'en fait Thomé de Gamond dans un des chapitres de son ouvrage reste dans le souvenir, selon l'expression d'un auteur anglais, « comme un conte des mille et une nuits ».

Fig. 68. — L'Étoile de Varne.

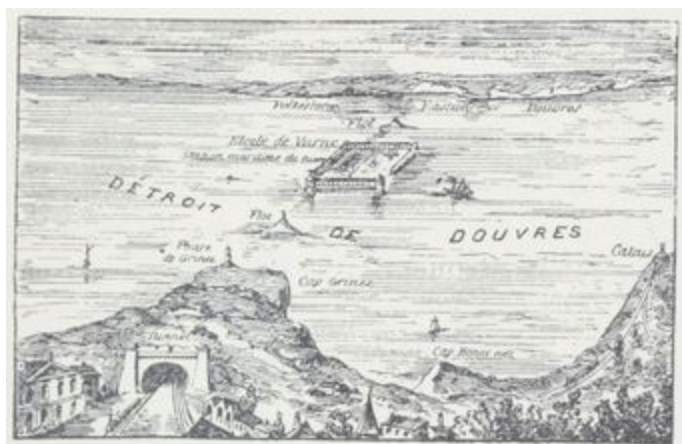


Fig. 69. — Profil de la galerie circulaire sous-marine de Thomé de Gamond.

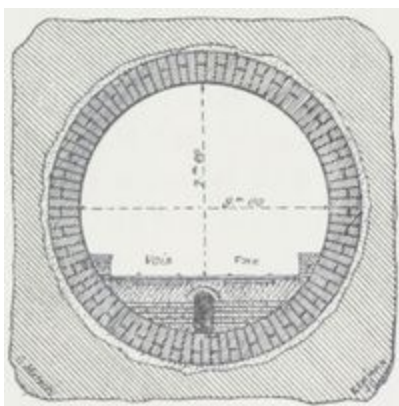
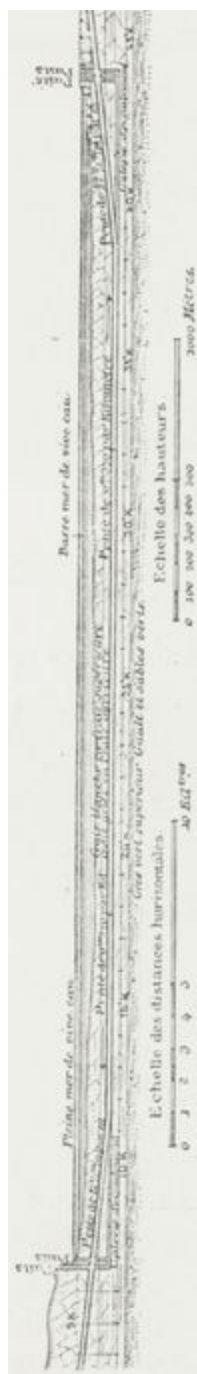


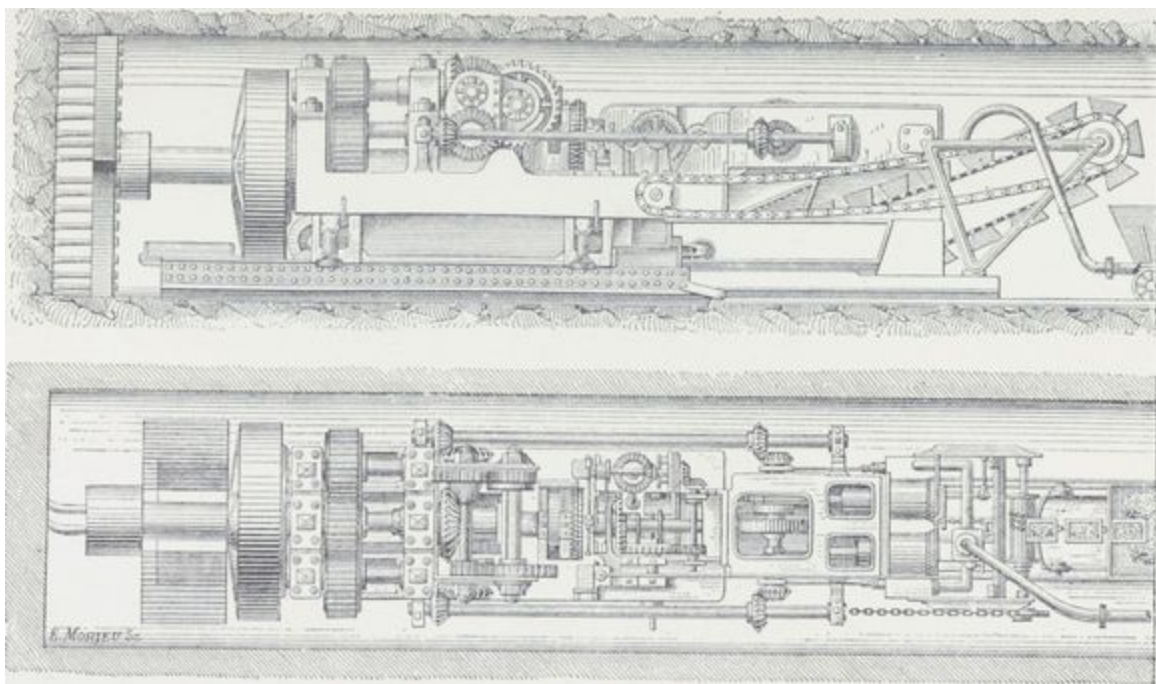
Fig. 70. - Le projet actuel de tunnel sous-marin entre Douvres et Calais.



Si grandiose et si sincère que fût la foi de Thomé de Gamond, son projet devait être abandonné, mais non sans avoir tracé la route que suivent aujourd'hui les ingénieurs sur les deux côtes opposées du détroit. Aux couches perméables adoptées par Thomé de Gamond, le projet actuel a substitué les assises imperméables de la craie inférieure ; à la direction de

Varne, le tracé Calais-Douvres, comprenant une galerie centrale sous-marine de 26 kilomètres de longueur, et deux galeries souterraines de 11 kilomètres chacune, raccordant aux deux embouchures du tunnel les lignes anglaises et françaises continentales (fig. 70). « L'étoile de Varne » ne rayonnera donc plus sur le monde ; elle n'en restera pas moins dans notre pensée comme l'une des plus brillantes conceptions du génie humain.

Fig. 71. — Exécution du tunnel sous-marin du Pas-de-Calais. — La machine perforatrice du colonel Beaumont (plan et élévation).



§ 4. — Comment se creuse le tunnel sous-marin. — La machine du colonel Beaumont.

Comment se creusera le tunnel ? A quel puissant engin sera dévolue la tâche glorieuse de traverser de part en part les assises du détroit, de perforer le long cylindre de 26 kilomètres de longueur qui réunira les deux côtes ? Il ne faut point songer ici aux merveilleux outils du Gothard, du mont Cenis ou de l'Arlberg ; les couches sous-marines de la craie ne nous offrent que des roches d'une dureté très secondaire, se rayant au couteau, n'exigeant point le secours des puissants agents explosifs modernes, ni même celui de la poudre ordinaire. Donc, point de trous de mine à forer, point

d'explosion ; il suffira d'user la roche, de la réduire en poussière facilement enlevable après le travail mécanique de broyage. Toutes proportions gardées, la machine perforatrice, ou plutôt la machine broyeuse installée déjà dans les galeries sous-marines préparatoires du détroit, ne sera qu'une colossale tarière, perforant l'épaisse couche crayeuse à la façon d'une vis ou plutôt d'une sonde ordinaire. Donnons mécaniquement le mouvement à cette vis, à cette tarière, et nous nous représenterons facilement le fonctionnement principal de l'outil que le colonel Beaumont a installé, sur la côte française à Songate, sur la côte anglaise entre Folkestone et Douvres, à Shakespeare-Cliff, au pied même des falaises qu'a immortalisées le génie du grand dramaturge anglais.

La perforatrice Beaumont, dont nous représentons l'ensemble sur la [figure 71](#) et la vue pittoresque sur la [figure 72](#), comprend trois organes principaux : 1° l'outil broyeur, placé à la partie antérieure (voyez la vue d'avant [fig. 73](#)), faisant corps avec l'axe principal de la machine et portant une série de couteaux qui sont constamment en contact avec le front de taille du rocher ; — 2° le système mécanique qui imprime à l'axe principal, et par suite au bras armé de couteaux, un double mouvement de rotation et de translation analogue à celui des perforatrices ordinaires ; — 3° le système de relevage automatique du rocher réduit en poussière par le frottement dur des ciseaux. La machine marche ainsi automatiquement ; et le jeu simultané de tous ses organes, fonctionnant d'un commun accord, est commandé par des compresseurs d'air, analogues à ceux du Gothard, installés sur les chantiers extérieurs, à quelque distance de l'ouverture des puits. Nos lecteurs remarqueront à l'arrière de la machine le tronçon de conduite de l'air comprimé qui, partant des compresseurs extérieurs, descend le long des parois du puits, entre dans la galerie déjà excavée, et vient apporter le fluide aux deux cylindres moteurs et à leurs pistons placés à l'arrière (voyez vue d'arrière [fig. 73](#)). Ces explications sommaires suffisent parfaitement pour que nous voyons tourner la perforatrice sous nos yeux : le fluide comprimé met en mouvement la machine à deux cylindres conjugués d'arrière qui, par le jeu combiné de ses bielles et des engrenages qu'elles commandent, arrivent à donner à la barre excavatrice, aux ciseaux d'avant, un mouvement lent de un tour et demi par minute, produisant un avancement moyen de 0^m,02, soit 1 mètre par heure ou environ 20 à 24 mètres par jour plein de 24 heures, se réduisant à un progrès hebdomadaire pratique de 90 mètres par semaine, aux plus récentes nouvelles.

Fig. 72. — Exécution du tunnel sous-marin du Pas-de-Calais. — La machine perforatrice du colonel Beaumont dans la galerie anglaise de Shakespeare-Cliff.

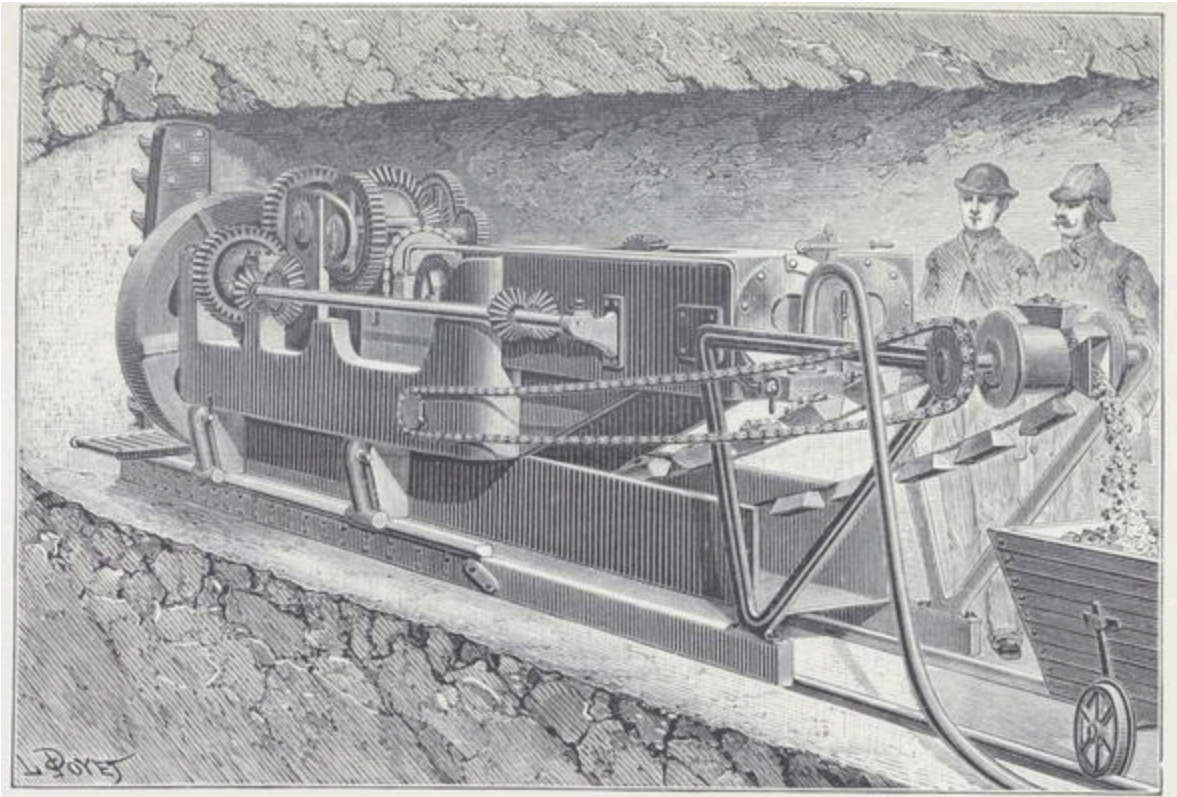
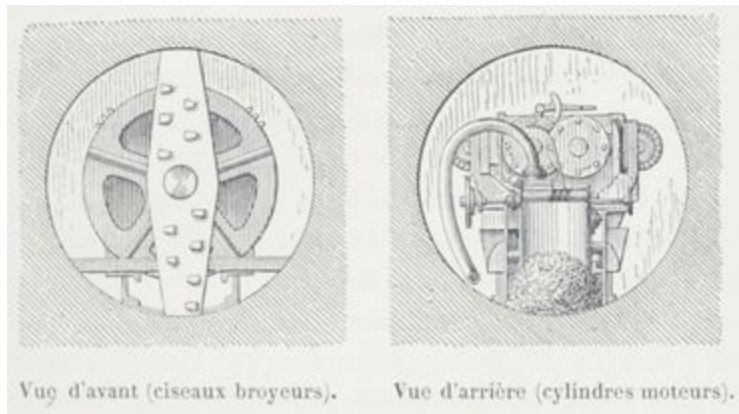


Fig. 73. — La machine perforatrice du colonel Beaumont.



Quelques détails complémentaires sur la perforatrice dont le jeu principal d'excavation nous est déjà parfaitement connu. L'ensemble se compose de deux parties spéciales, pouvant glisser l'une sur l'autre et se déplacer indépendamment suivant l'axe de la galerie. La partie antérieure consiste en un segment de chaudière de forte tôle, dont nous apercevons les rivets sur le dessin d'élévation, ainsi que sur la vue d'ensemble de la machine. Cette

sorte de berceau porte des glissières sur lesquelles se meut la partie supérieure, comprenant tout l'appareil, mouvement de rotation de l'arbre, bras excavateur, cylindre moteur, chaîne à godets. Lorsque la machine est en marche, elle glisse le long du berceau immobile sur le sol de la galerie, et s'avance contre le rocher d'une distance égale à l'épaisseur de roche enlevée par les ciseaux. Lorsque l'outil a parcouru une longueur de 1^m,37 fixée par l'agencement du mécanisme, la perforatrice se trouve à bout de course. On doit alors l'arrêter, soulever le bâtis au moyen de crics, et faire avancer le berceau inférieur jusqu'au front d'attaque. Les crics sont soulagés, les deux parties de la machine sont de nouveau en contact ; berceau inférieur et bâtis sont prêts à recommencer une nouvelle course de 1^m,37. Cette manœuvre élémentaire n'exige que quelques instants.

Le mécanisme de relevage automatique des déblais est également fort simple. La roche broyée par les ciseaux est recueillie dans un évidement pratiqué dans la branche antérieure de l'outil ; de là elle tombe dans une cuvette où elle est constamment puisée par les godets de la chaîne sans fin qui court sans interruption de l'avant à l'arrière ; les déblais sont déversés dans les wagonnets roulés jusqu'à l'embouchure du puits, et enfin remontés à l'extérieur.

La perforatrice installée aujourd'hui dans l'épaisseur des bancs crayeux de la Manche ne perce point la galerie définitive qui servira de passage au futur chemin de fer franco-anglais. Les travaux de Songate et de Shakespeare-Cliff ne sont que des études préparatoires, destinées à montrer la possibilité pratique de l'œuvre préconisée avec tant d'ardeur pendant près d'un demi-siècle par Thomé de Gamond. On sait aujourd'hui que le tunnel est « faisable », et c'est déjà un grand pas. Les deux puits creusés sur chacune des rives ont vérifié les prévisions géologiques établies d'après la nature des couches traversées. A Songate, tandis que la craie blanche et la partie supérieure de la craie de Rouen étaient très aquifères, la craie inférieure se montrait sensiblement étanche ; cette même craie inférieure a été trouvée tellement sèche du côté anglais, qu'elle dégage de la poussière sous les ciseaux perforateurs.

Les travaux préparatoires ont encore montré qu'il n'y avait nullement à craindre une irruption marine ; l'eau des puits de la rive française oscille à la vérité en même temps que le flux et le reflux, mais elle conserve sa douceur primitive, et dans les parties supérieures seules on a remarqué une certaine salure. Quant aux travaux de la rive anglaise, qui sont aujourd'hui

poussés jusqu'à près de 2 kilomètres, dont 1,600 mètres sous la haute mer, les infiltrations sont nulles, et les légères venues d'eau que l'on a observées sont parfaitement douces : elles ont toutes le caractère de petites sources sortant des points de fractures que l'on rencontre de temps à autre ²⁶.

Les infiltrations marines aussi bien que celles d'eaux douces souterraines peuvent donc être jusqu'à ce jour considérées comme parfaitement négligeables, et, dussent-elles même atteindre, sur certaines parties de la galerie future, une importance relative, qu'elles ne formeraient pas un obstacle insurmontable à l'achèvement de l'œuvre. Au cours de notre étude sur le grand tunnel du Gothard, nous avons signalé le débit énorme des eaux d'infiltrations qui entrava l'exécution de la galerie sud d'Airolo pendant un assez long temps, au point d'atteindre 300 et 350 litres par seconde, soit 18 à 20 mètres cubes par minute ; le travail ne s'en acheva pas moins, il fut seulement moins rapide et plus coûteux. Il en serait ainsi dans le tunnel sous-marin. Aujourd'hui, pour isoler la galerie préparatoire, qui n'a, il est vrai, que 2m,15 de diamètre, des suintements qui se produisent de temps à autre, on se sert d'anneaux en fonte formant revêtement métallique. Ces anneaux sont formés de cinq segments réunis par des nervures boulonnées ; on pose sur le pourtour de la galerie les quatre premiers segments boulonnés les uns aux autres, et le cinquième se place ensuite, agissant sur les quatre autres de la même façon qu'une clef de voûte sur l'arc de pierres déjà en place. Si les infiltrations sont d'une certaine puissance, on lute les joints avec un mastic de minium et l'on prolonge au besoin la série d'anneaux jusqu'à la roche sèche. La forme exactement circulaire donnée à la galerie par la machine Beaumont permet de terminer avec rapidité ce cuvelage métallique.

§ 5. — Possibilité mécanique de l'exécution de la route sous-marine. — L'opposition anglaise. — La « Bataille de Dorking ».

De tout ce que nous venons d'exposer, nous concluons sans difficulté à la possibilité mécanique de l'exécution de cette nouvelle route sous-marine du détroit. De craintes matérielles, il n'en saurait plus exister, aujourd'hui que l'expérience a prouvé que les objections élevées dès la première heure ne reposaient sur aucun fondement. Sécheresse des couches traversées, minime résistance de la roche aux ciseaux broyeurs, rapidité véritablement

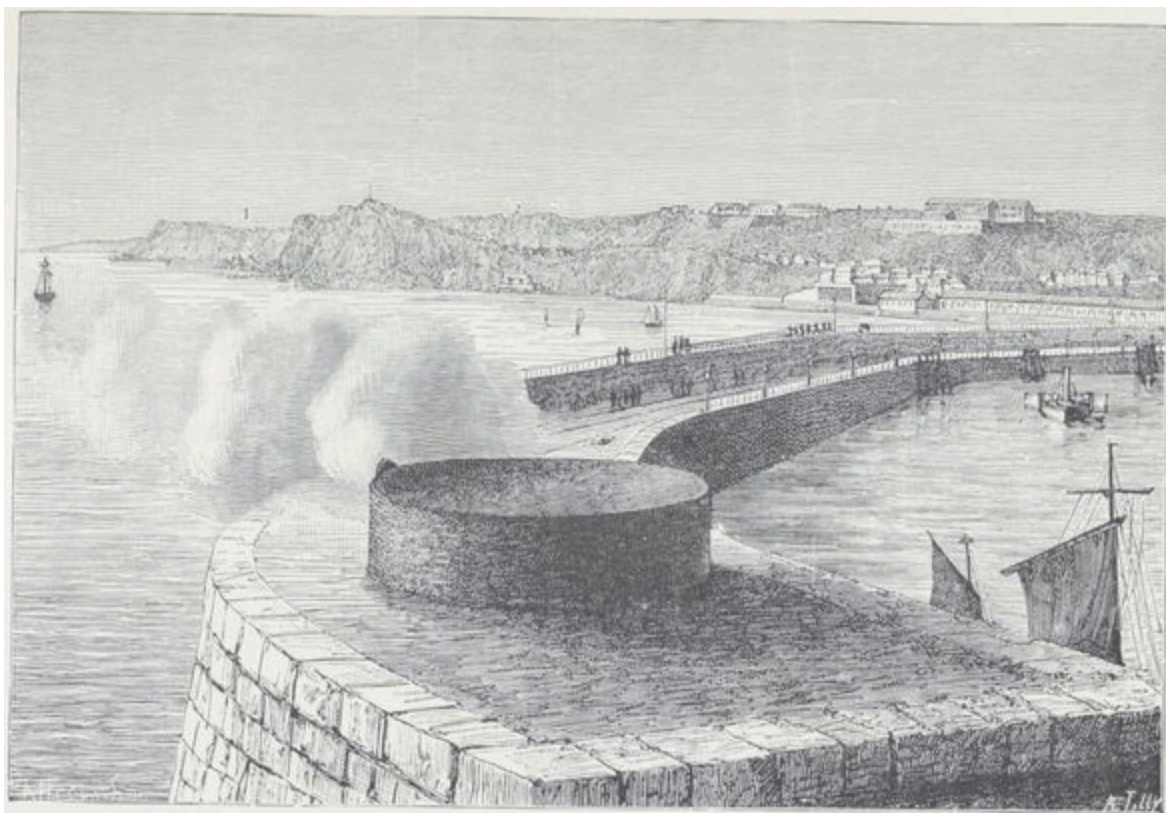
merveilleuse de l'exécution, à tel point que, dans quelques années, mineurs anglais et français pourraient, à l'exemple de leurs prédécesseurs du Mont Cenis et du Gothard, fraterniser sous la voûte sous-marine, à l'abri de la tempête qui bat au-dessus d'eux les falaises blanchissantes : tous les côtés de la question ont été soigneusement étudiés. Nous n'en sommes plus à l'époque où ignorants et intéressés, réunissant leur opposition dans une même clameur d'incrédulité, prédisaient au tunnel sous-marin, comme jadis au canal de Suez et au premier souterrain des Alpes, une ruine certaine. Ne disait-on point que ce « trou de vrille » percé dans les assises séculaires du détroit allait provoquer leur effondrement complet, creuser d'autant le lit de la mer que l'imprudence ou l'orgueil des hommes avait rêvé de supprimer ! La moindre catastrophe prédite était l'inondation inévitable par l'irruption des eaux subjacentes. Avant que les sondages et les travaux de Songate et de Shakespeare-Cliff eussent réduit ces objections à leur juste valeur, elles avaient été réfutées par l'exemple des galeries sous-marines de certaines mines, telles que celles de White-Haven, dont le développement total s'élève à une centaine de kilomètres. D'autres exploitations sont installées à une si faible profondeur au-dessous du lit de la mer, que, à ce que l'on raconte, les mineurs abandonnent parfois leur travail, frappés d'une irrésistible épouvante en entendant la mer rouler furieusement sur leurs têtes. Et malgré cela, aucune irruption marine n'est jamais venue entraver la régularité des travaux souterrains. Le problème scientifique de la traversée du détroit est donc pleinement résolu.

Mais voici qu'au moment même où nous écrivons, une clameur nouvelle d'opposition s'élève chez nos voisins. Reprenant la devise de Palmerston, s'opposant au percement du détroit comme il avait combattu celui de Suez, la vieille Angleterre s'écrit : « Le tunnel ne se fera pas ». Le tunnel est pour nos voisins « une porte ouverte à l'invasion du sol anglais, vierge depuis huit cents ans ». Partisans de la route sous-marine et opposants multiplient les arguments pour ou contre le projet. A ceux qui prétendent que la Grande-Bretagne, en perdant son isolement au sein des mers, verra son influence s'amoindrir, un savant anglais, M. Hawes, dans une conférence tenue à la Société des Arts de Londres, a déjà répondu très justement : « A ceux qui croient que le tunnel de la Manche, qui serait si facilement détruit en cas de guerre, pourrait diminuer notre influence dans le monde, je ne peux pas donner d'arguments pour changer leurs opinions. Il n'y a malheureusement rien à objecter aux affirmations soulevées par les préjugés

et l'ignorance. Quand on considère les résultats de la télégraphie océanique, de la navigation à vapeur, et de l'usage du timbre-poste à deux sous, on acquiert la conviction que tout ce qui accroît nos relations avec le monde augmente la grandeur et la prospérité de l'Angleterre. »

La terreur des opposants du passage sous-marin, de ceux qui veulent conserver la riche et orgueilleuse Albion, enchâssée de toute éternité, comme le joyau du monde, au milieu des mers protectrices, semble s'être accentuée, surtout depuis la publication d'une boutade fameuse parue dans le Blackwood's Magazine au lendemain de nos désastres de 1870, sous le titre mystérieux de « The Battle of Dorking », la Bataille de Dorking. Ce « récit d'un volontaire » était bien fait, il est vrai, pour remuer les fibres britanniques. — La « Bataille de Dorking » n'est autre chose que l'histoire de l'invasion du sol anglais par les troupes allemandes. L'Allemagne, qui s'est annexé la Hollande et le Danemark, et est ainsi devenue une puissance maritime de premier ordre, rêve la conquête de l'Angleterre, et jette une flotte de débarquement dans la Manche. Confiante dans sa puissance maritime séculaire, l'Angleterre envoie sa flotte, qui est détruite par un engin nouveau connu de l'ennemi seul. Les Allemands débarquent bientôt sur le sol anglais. L'armée de terre, dont la plus grande part est occupée à tenir en respect les révoltés de l'Inde et de l'Irlande, est impuissante à soutenir le choc. Dans une lutte suprême, la « Bataille de Dorking », les volontaires sont repoussés et la métropole tombe au pouvoir de l'ennemi. — Quelque invraisemblable que fût cette fiction, le « récit d'un volontaire » provoqua chez nos voisins un mouvement d'incroyable curiosité, dont le véritable fond était une crainte inavouée de voir la fable se changer un jour en réalité. Le mot d'ordre fut désormais : Isolons-nous. Partant, point de tunnel sous-marin, point d'invasion, fût-elle toute pacifique ²⁷.

Fig. 74. — La défense du tunnel sous-marin et les tourelles de la jetée de Douvres (en A, entrée projetée du tunnel).



Il faudra bien cependant que le jour vienne où les peurs s'évanouiront et où le spectre de l'invasion ne blanchira plus dans les brouillards de la Tamise. Ce jour est proche, espérons-le. Cobden disait déjà, lorsqu'on lui parlait du projet de traversée du détroit, faisant allusion à l'opposition entêtée de Palmerston : « Attendez que le vieux meure. » Au-dessus du parti opposant actuel, qui renferme dans ses rangs, il faut le dire, ce que l'Angleterre compte de plus illustre dans les sciences, dans les lettres, dans l'art de la guerre, s'édifiera un parti nouveau, qui fera lui aussi œuvre de patriotisme en proclamant la liberté de passage du détroit et la jonction de la Grande-Bretagne au reste du monde. Comme toutes les œuvres d'art internationales, le tunnel sous-marin pourra du reste être approprié pour les exigences d'une défense militaire, ses entrées fortifiées et protégées par des batteries disposées à cet effet, entravant toute invasion et toute surprise. L'entrée anglaise du tunnel serait du reste admirablement défendue déjà par les tourelles garnies de pièces de fort calibre installées sur la jetée de Douvres (fig. 74). Mieux encore, le tunnel peut être mis hors de service d'une façon quelconque ; un des moyens les plus originaux fut celui que

proposèrent récemment MM. Siemens, consistant à « asphyxier » la galerie, à rendre son séjour irrespirable par un dégagement considérable et ininterrompu d'acide carbonique, pouvant être provoqué à volonté par une réaction chimique. A quelque résolution que le génie militaire veuille s'arrêter, les moyens de défense ne manquent pas pour rendre la « route du détroit » inaccessible en cas de lutte armée.

§ 6. — La traversée sous-marine des détroits méditerranéens. — Messine et Gibraltar.

Depuis que le grand projet de Thomé de Gamond est entré dans l'ère de la réalisation économique, l'attention des ingénieurs semble s'être portée spécialement sur l'étude des détroits. Le bassin méditerranéen surtout, avec ses multiples découpures, ses passes relativement étroites, offre à première inspection de nombreux sujets de traversée lacustre. La porte de Gibraltar, avec son orgueilleuse falaise plongeant à pic dans les eaux du canal d'Hercule (*fig. 75*), le détroit de Messine, dont les chants homériques ont immortalisé les gouffres fameux, Charybde et Scylla, la terrible passe de Bonifacio entre la Corse et la Sardaigne, les deux canaux asiatiques des Dardanelles et du Bosphore, la passe de Kertch entre la mer Noire et la mer d'Azof, ne présentent en effet, à leur surface, que des largeurs compatibles avec un projet de passage souterrain, ou même de pont jeté par dessus les flots.

Le détroit de Messine est cependant le seul qui puisse donner lieu à un projet pratique de traversée, tel que celui qui a été récemment présenté au gouvernement italien. La largeur du canal entre l'extrémité méridionale de la péninsule et l'ancienne « Trinacrie » ne surpasse guère 3 kilomètres, dans sa partie la plus resserrée. La légende ne rapporte-t-elle pas que le comte normand Roger, et plus loin de nous, Timoléon de Corinthe et Appius Claudius, attachèrent, pour traverser le détroit, leurs chevaux à la proue de leurs navires ! Entre le cap sicilien de Faro et les monts italiens d'Aspromonte, célèbres par la bataille des Mille, la profondeur moyenne du seuil sous-marin du détroit ne surpasse pas 75 mètres (*fig. 76*). En conservant une épaisseur de roche de 30 à 40 mètres au-dessus du seuil, le rail pourra être posé à 110 ou 120 mètres au-dessous du niveau de la mer. Les deux embouchures de la galerie partiront de deux puits creusés sur les

deux rives : quant au raccordement du tunnel principal avec les lignes du littoral, sicilien ou italien, il se fera au moyen de tunnels hélicoïdaux, avec rampes appropriées, analogues à ceux de la ligne du Gothard, regagnant la différence de niveau qui existe, d'un côté entre la bouche italienne de la galerie sous-marine et Reggio, de l'autre entre la bouche sicilienne et Messine.

Fig. 75 — Le détroit de Gibraltar (à propos d'un projet de tunnel sous-marin hispano-africain).



Fig. 76. — Coupe du détroit de Messine.



C'est par simple curiosité que nous mentionnons le passage sous-marin de Gibraltar, dont on a parlé ces dernières années, et dont la réalisation nous semble tout au moins problématique. D'après les plans de la « Compagnie

du chemin de fer intercontinental », le point de départ de la galerie hispano-africaine serait situé sur la côte espagnole, entre Tarifa et Algésiras, et le point d'arrivée sur la côte marocaine, entre Tanger et Ceuta. La profondeur du « canal d'Hercule » est, sur ce tracé, supérieure à 800 mètres (fig. 77), ce qui nous conduit à des évaluations un peu en dehors des limites raisonnables assignées à l'exécution économique d'un tel ouvrage. Il serait curieux dans tous les cas de pouvoir traverser un jour la porte de la Méditerranée sans passer sous la gueule des canons qui couronnent le récif inaccessible gardé avec un soin jaloux par l'orgueilleuse « reine des mers ».

Fig. 77. — Coupe du détroit de Gibraltar.



Les routes sous-marines du globe, et principalement le grand chemin du détroit que nous avons examiné sous ses faces principales, forment comme un lien naturel entre les routes maritimes et les voies souterraines continentales dont nous avons esquissé l'étude. Les magnifiques réseaux des voies de communication qui sillonnent chacun de nos continents, et sur lesquels roulent à chaque instant la richesse et la vie des nations, se trouveront ainsi soudés les uns aux autres, à travers isthmes, montagnes et détroits, couvrant l'univers d'un vaste filet de fer. Jour par jour, les mailles du réseau deviennent plus nombreuses, les « routes du globe » se multiplient ; elles conquerront bientôt les contrées les plus reculées des continents inconnus, livrés encore à la barbarie — aplanissant les montagnes, supprimant les détroits, coupant les isthmes, détruisant toute barrière, matérielle et morale, bâtissant un monde nouveau, désormais unifié par la science et par le génie humain.

CHAPITRE XIII

LES NOUVELLES PORTES DES ALPES

1. — Rôle économique des nouvelles « portes des Alpes ».

Des dix-neuf contrées qui forment le continent européen, et qui, toutes, empruntent pour une partie de leurs échanges la grande route méditerranéenne, sept sont directement tributaires de la ceinture des Alpes, qui les isole des places maritimes de la « mer du milieu ». La France, la Belgique et les Pays-Bas, la Suisse, l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, et avec elles l'Angleterre, c'est-à-dire, en dehors de l'immense Russie, l'Europe commerciale presque tout entière, viennent se heurter contre cette inébranlable fortification de mille kilomètres de longueur, qui, de Gênes au Tyrol, défend l'accès de la Méditerranée. Les passages souterrains déjà établis à travers les plus minces barrières de ce solide rempart, deviennent ainsi autant d'émissaires par lesquels s'écoulent à tout instant les richesses de tout un monde.

Les quatre passages déjà créés, le Sömmering, le Brenner (et bientôt l'Arlberg), le Saint-Gothard, le Mont-Cenis, se partagent, dans des proportions différentes, cette puissante surface commerciale. Chacune des quatre grandes percées des Alpes possède sa « zone d'attraction », qu'il nous serait facile de déterminer et de tracer sur la carte de l'Europe centrale, en tenant compte, pour chacune des lignes rivales, de la longueur et de l'agencement de son réseau, c'est-à-dire de la rapidité et du prix comparés des transports, d'un point quelconque de la surface étudiée à chacun des cols aujourd'hui perforés.

Cette simple exposition du rôle des passages transalpins suffit pour faire ressortir l'influence énorme que peut avoir, sur la distribution du mouvement des échanges, sur le trafic général, l'ouverture d'une route souterraine nouvelle ; ce sera toujours aux dépens d'un ou de plusieurs réseaux déjà existants que s'établira la fortune d'un chemin nouveau ouvert aux communications internationales. La ceinture des Alpes devient ainsi la

grande dispensatrice de la richesse des voies de communication, du transit qui roule sur leurs rails pour aboutir à chacune des portes de la Méditerranée.

Les différents coefficients qui entrent en jeu pour définir le rôle d'un passage transalpin sont nombreux, et l'on comprend que nous ne puissions qu'effleurer une question aussi complexe, qui, en dehors de la partie économique elle-même, du rendement de la ligne, de ses frais de construction et d'exploitation, se heurte encore à des considérations multiples, parmi lesquelles la position stratégique de la voie nouvelle. Il faut l'avouer, hélas ! l'état de guerre n'est plus une exception ; chaque pays regarde avec inquiétude ce qui se passe autour de lui ; la défiance grandit de jour en jour, aussi bien chez nos voisins que chez nous-mêmes, et l'isolement prêché par l'Angleterre à propos du tunnel sous-marin est bien près de devenir un mot d'ordre adopté sur toutes les frontières. Le « spectre de l'invasion » blanchit aussi bien sur ces cols fameux qui livrèrent passage à toutes les armées conquérantes, depuis Hannibal jusqu' à Napoléon, que dans les brouillards de la Tamise.

Le problème d'une traversée nouvelle des Alpes se renferme en premier lieu dans l'étude des distances comparées des divers centres commerciaux aux portes nouvelles à ouvrir. Si nous créons une nouvelle ligne, si nous ouvrons une cinquième porte à travers la fortification alpine, quelle zone sera-t-elle appelée à desservir, quelle sera sa ligne d'équidistances ; sa position vis-à-vis des autres portes lui permettra-t-elle de leur enlever une partie de leur trafic ? C'est le problème de la concurrence posé de sa façon la plus simple, tel que nous le voyons traiter chaque jour sous nos yeux dans le domaine plus restreint de l'industrie usuelle. Comme dans ce dernier cas, la distance n'entre pas seule en ligne de compte ; les frais d'exploitation, dépendant de l'agencement même du chemin, entre autres des plus ou moins hautes altitudes à franchir, des rampes du tracé ; les frais de construction, auxquels se rattache la somme d'intérêts à payer aux intéressés, actionnaires ou obligataires qui ont participé à l'établissement de la ligne, entrent également dans l'évaluation anticipée de l'avenir, du *modus vivendi* de la porte nouvelle.

Nous voudrions pouvoir placer ici sous les yeux de nos lecteurs une carte en relief de l'Europe centrale et de la chaîne des Alpes, et suivre ensemble les vallées profondes qui, partant des plaines septentrionales ou méridionales, serpentent à travers les contreforts progressivement élevés,

jusqu'aux cols alpins contre lesquels elles viennent se briser. C'est ainsi qu'en remontant du côté nord la vallée de la Reuss, du côté sud celle du Tessin, nous aboutirions aux deux embouchures du grand souterrain du Gothard ; — en remontant les vallées de l'Arc et de la Dora, nous atteindrions les deux entrées du tunnel du Mont-Cenis ; — les vallées du Rhône et de la Diveria nous conduiraient au Simplon ; — celles de l'Arve et de la Doire au Mont-Blanc. Si nous mettons en regard les longueurs respectives de ces vallées, que devront côtoyer les lignes d'accès au col correspondant, la rapidité de leur ascension jusqu'à la montagne elle-même, l'épaisseur du massif à traverser, la richesse des contrées parcourues par elles, leur position vis-à-vis des centres commerciaux, continentaux et maritimes, nous comprendrons vite la différence énorme qui peut exister entre telle ou telle route, l'avenir qui peut être assigné à tel ou tel des émissaires de la ceinture alpine.

A défaut de cette carte en relief, que chacun peut du reste reconstituer approximativement par la pensée, nous plaçons ci-dessous le tableau des altitudes des vallées des Alpes, ou plutôt des embouchures des souterrains qui pourraient être ouverts dans chacun d'eux, auxquels nous adjoignons l'épaisseur du massif montagneux, qui n'est autre que la longueur de la route souterraine elle-même. Nous ne prenons que les cols occidentaux, qui seuls nous occupent ici, et les rangeons par ordre de hauteurs des vallées qui les côtoient :

PRINCIPAUX COLS DES ALPES.	ALTITUDE MOYENNE AUX ENBOUCHURES DES SOUTERRAINS.	LONGUEUR des SOUTERRAINS.
	Mètres.	Mètres.
Col du Septimer.....	1.776	8.160
— Lukmanier.....	1.616	12.460
— Petit Saint-Bernard.....	1.616	7.460
— Grand Saint-Bernard.....	1.585	6.625
— Splügen.....	1.450	14.220
— Mont-Cenis.....	1.335	12.240
— Mont-Blanc.....	1.147	16.000
— Saint-Gothard.....	1.145	14.900
— Simplon.....	710	18.500

Combien diverses sont les conditions de traversée des vallées et des cols alpins ! Au Septimer et au Saint-Bernard, nous avons la moindre épaisseur

du massif montagneux ; les tunnels ne surpasseraient pas en longueur 6 à 8 kilomètres, moitié du Mont-Cenis ou du Gothard, mais en revanche, les altitudes sont énormes, variant de 16 à 1,800 mètres au-dessus du niveau de la mer ! Le Splügen et le Lukmanier réunissent à la fois les deux conditions défavorables de longueur de galeries et fortes altitudes des points extrêmes des vallées ; le Mont-Cenis et le Gothard sont déjà perforés. Restent donc en présence les deux rivaux actuels, le Mont-Blanc et le Simplon.

Sous lequel des deux colosses sera trouée la nouvelle porte des Alpes ? Sera-ce sous la route célèbre gravie par Napoléon, sous le Monte-Leone, ou sous les neiges éternelles qu'immortalise l'ascension glorieuse de Saussure ? Chacun des deux passages apporte à son bénéfice des raisons multiples : le Simplon plaide en faveur de son tracé facile, de son altitude remarquablement faible de 700 mètres, le dégageant de frais d'exploitation nombreux ; le Mont-Blanc fait valoir de son côté la situation géographique de son tracé, situé en partie sur territoire français, par opposition au Simplon, tout entier sur territoire étranger, Suisse et Italie. Nous allons examiner brièvement ces deux passages, entre lesquels se trouve désormais circonscrite la question capitale, depuis si longtemps discutée, de la « nouvelle porte des Alpes ».

§ 2. — La nouvelle porte des Alpes au Simplon.

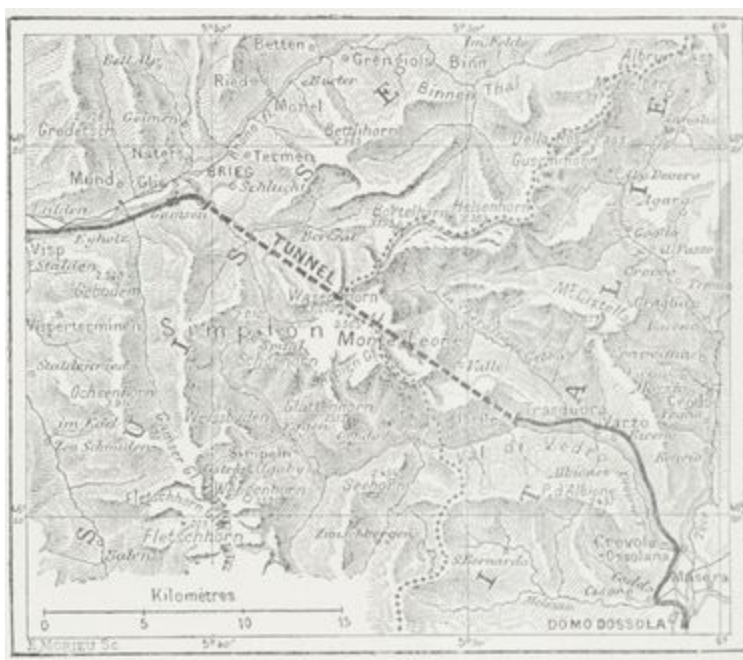
Pour évaluer avec certitude les rôles comparés des divers passages des Alpes au point de vue spécial du transit français, il nous suffira de prendre pour objectifs, pour points « terminus », deux centres respectivement situés, l'un à la limite extrême du territoire français sur la mer du Nord, l'autre au centre de l'Italie septentrionale. Plaisance en Italie, Calais sur la mer du Nord, future embouchure de la route sous-marine du détroit, marqueront les deux points extrêmes de notre ligne idéale de transit. Le passage qui jouira de la propriété de réunir ces deux points par une ligne de plus courte distance pourra être considéré comme la meilleure route à installer en concurrence aux voies déjà existantes.

Deux chemins peuvent être suivis pour réunir Calais à l'entrée future du grand tunnel du Simplon, située à proximité du village de Brieg, où aboutit déjà la voie ferrée qui suit la vallée du Rhône, de l'extrémité du lac de Genève au centre du canton suisse du Valais. La première route, qui suit

Calais, Amiens, Laon, Reims, Chaumont, Dôle, Pontarlier, Lausanne, Brieg, mesure 1,202 kilomètres ; la seconde, par Paris et Dijon, 1,220 kilomètres. Nous verrons plus bas que, sous le rapport de la distance, le Simplon se trouverait ainsi dans des conditions très favorables.

Il en serait de même du tracé. Le chemin de fer de la vallée du Rhône est en effet terminé depuis 1878 jusqu'à la tête du futur tunnel, Brieg ; la voie est établie sur la digue du fleuve avec des pentes insignifiantes. A 3 kilomètres de Brieg, près du Pont-Napoléon, s'ouvrirait le grand tunnel qui, jusqu'à Iselle, mesure 18,500 mètres (fig. 78). D'Iselle à Varso et Domo d'Ossola, environ 20 kilomètres, la voie traversera 1,200 mètres de tunnels secondaires, et sera assujettie à des pentes de 23,7 pour mille. De Domo à Gozzano, soit 55 kilomètres, une partie des terrassements a déjà été exécutée par l'ancienne compagnie du Simplon. De Gozzano, la ligne se dirige sur Mortara et Plaisance. Le coût total de ces travaux est évalué à 125 millions, dont 80 millions pour le grand tunnel seul.

Fig. 78. — Le projet de grand tunnel à travers le Simplon.



A diverses reprises, la question du Simplon, qui compte parmi ses promoteurs, MM. Cérésolle, Colladon, Stockalper, Lommel, Meyer, Vauthier, etc., a été portée devant la Chambre, en 1870 avant la guerre, en 1873, et enfin en 1880 ; à la suite de cette dernière proposition, une commission d'initiative a été nommée, une étude des tracés exécutée sur les

lieux mêmes. Les chambres de commerce italiennes, celles de Milan, de Gênes, de Venise, n'ont pas cessé, de leur côté, d'émettre des vœux favorables à l'exécution de la « porte du Simplon ».

§ 3. — La nouvelle porte des Alpes au Mont-Blanc.

De Calais à Plaisance, objectif déjà considéré pour la porte du Simplon, la route du Mont-Blanc traverserait, sur les réseaux du Nord et de Lyon, Calais, Paris, Dijon, Mâcon, Bourg, Ambérieux, Culoz, Annemasse ; sur le réseau italien, Ivree, Chivasso, Verceil, Mortara et Plaisance, en tout 1,341 kilomètres, comptés sur l'horizontale. Cette distance peut même, en empruntant des lignes régionales, être réduite à 1,225 kilomètres, mais ces raccourcis interdisent, sur une partie de leur parcours, les grandes vitesses et les fortes charges seules compatibles avec les exigences d'une grande artère internationale. Nous nous en tiendrons donc à la distance de 1,341 kilomètres entre les deux points extrêmes de la voie Calais-Plaisance.

Quant au tracé lui-même, il comprend, en dehors des 16 kilomètres de grand tunnel, que nous évaluerons, au taux de 4,300 francs le mètre, à 68 millions, 33 kilomètres de Cluse à Chamonix, 7 kilomètres de tunnels secondaires de Courmayeur à Aoste, plus 27 kilomètres de voies à ciel ouvert, et enfin 67 kilomètres pour la ligne italienne Ivree-Aoste.

§ 4. — Simplon ou Mont-Blanc ? — La meilleure « porte des Alpes ».

Voyons maintenant rapidement quel peut être le sort réservé à chacun des deux passages. Simplon ou Mont-Blanc, par quelle porte nouvelle traverserons-nous un jour les Alpes ? En dehors de toute considération de tracé, de dépenses, de frais d'exploitation et de rendement de la ligne, il nous semble déjà qu'une ligne nouvelle traversant le Mont-Blanc, débouchant en France dans la vallée du Rhône, sur Genève, Mâcon et Lyon, en Italie à Ivree, à 62 kilomètres de Turin, en plein Piémont, c'est-à-dire ayant ses deux attaches dans les centres d'attraction du Mont-Cenis, ne peut qu'emprunter à ce dernier passage, et ne remplit alors qu'imparfaitement les conditions de concurrence aux voies étrangères.

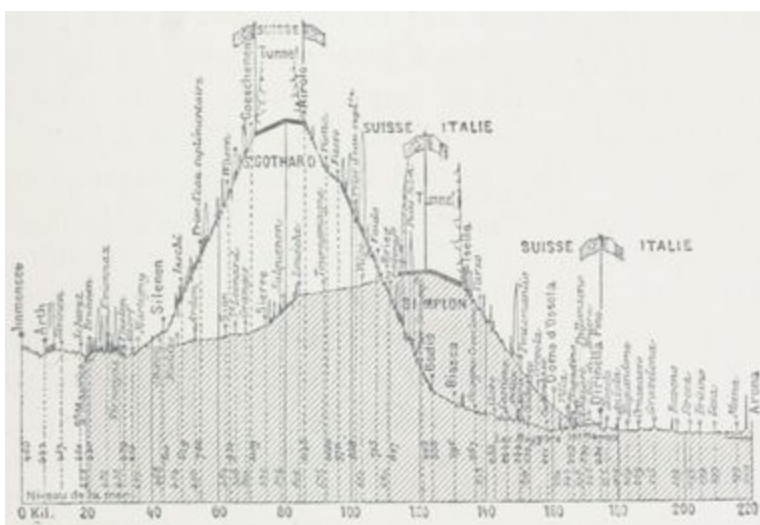
La comparaison des distances ne serait pas non plus en faveur du passage savoisien. Reprenant nos chiffres de Calais à Plaisance, — 1,202 kilomètres pour le Simplon, 1,341 pour le Mont-Blanc, et 1,221 pour le Gothard, devenant, eu égard aux rampes respectives des tracés, par la majoration habituelle, 1,322 kilomètres, pour le Simplon, 1,446 pour le Mont-Blanc, et 1,372 kilomètres pour le Gothard — nous voyons que le Simplon possède une véritable supériorité sur le Mont-Blanc, et offre encore une abréviation de 50 kilom. sur le Gothard.

Les frais d'exploitation des lignes alpines, proportionnelles aux conditions climatiques, c'est-à-dire aux altitudes du tracé, devront être également bien moindres au Simplon qu'au Mont-Blanc, qui entre en tunnel sous les Alpes à une altitude de 1,147 mètres, sensiblement égale à celle du Gothard. Quiconque a traversé ces régions tourmentées, senti la tempête d'hiver fouetter la neige, et vu l'avalanche se précipiter des hauts sommets, se rendra compte des énormes difficultés d'exploitation des lignes situées à ces altitudes inhospitalières. A égalité de distance horizontale, la route du Simplon serait en outre certainement préférée à celle du Gothard, dont les altitudes sont remarquablement plus élevées. La voie du Simplon, entrant sous la montagne à 700 mètres d'altitude est une véritable ligne de plaine, en face de celles du Gothard et du Mont-Blanc, entrant en tunnel à plus de 1,100 mètres. Les deux profils que nous mettons sous les yeux de nos lecteurs ([fig. 79](#)) montrent, par leur superposition, la supériorité incontestée du tracé bas du Simplon (couvert de hachures) sur le parcours élevé du tunnel des Alpes Helvétiques.

Si, comme tout le fait espérer, le Simplon se perce, à quelle place sera marquée l'entrée de la nouvelle porte des Alpes, ou plutôt des deux nouvelles portes, italienne et suisse, de la route nouvelle ? Nous avons indiqué plus haut le projet direct Brieg-Iselle ; mais il paraît que ce tracé devrait subir une variante déplaçant sensiblement l'axe du souterrain. Dans notre chapitre sur le Gothard, nous avons déjà signalé l'influence fâcheuse des conditions thermiques sur la construction des routes souterraines ; la haute altitude des sommets du Mont-Blanc et du Simplon au-dessus des tracés proposés semblerait prédire, d'après les expériences du Gothard, une température interne supérieure à celle au milieu de laquelle peut s'effectuer un travail régulier. Quoi qu'il en soit, le tracé du Simplon peut être facilement modifié et être placé sous des altitudes moins fortes que celles du Monte-Leone, excluant toute crainte d'accroissement exagéré de la

température. Nous pouvons du reste, pour la solution de cette question, nous en remettre avec pleine confiance aux savants ingénieurs qui ont, avec une persévérance inouïe, étudié depuis vingt années toutes les faces du problème du nouveau passage des Alpes ²⁸ ; le rôle économique du Simplon une fois constaté, les difficultés matérielles de l'œuvre, de quelque ordre qu'elles puissent être, seront élucidées. Hâtons-nous donc d'ouvrir cette quatrième voie transalpine, si nous voulons que les wagons du tunnel de la Manche n'aillent point, dans quelques années, frapper aux portes allemandes du Gothard !

Fig. 79. — Profils comparés des routes des Alpes, par le Gothard et le Simplon.



§ 5. — La porte des Pyrénées.

L'histoire prête à Louis XIV le mot fameux : « Il n'y a plus de Pyrénées ». L'Espagne n'a guère commencé à s'apercevoir de la réalisation de la parole emphatique du « grand roi » que lorsque les tunnels creusés, à l'Est à Irun, à l'Ouest à Port-Vendres, eurent ouvert la « porte des Pyrénées » aux voies espagnoles. En dehors de ces deux chemins extrêmes, le long éventail dont le sommet est à Madrid et les deux extrémités aux attaches de la chaîne avec la Méditerranée et l'Océan, renfermant une partie des riches provinces d'Aragon, de Catalogne, de Navarre et de Castille, vient se briser contre la colossale muraille qu'a illustrée l'épopée de Roncevaux.

L'avenir nous permet toutefois d'escompter une excellente nouvelle, le percement des Pyrénées au col de Canfranc, par une ligne partant d'Huesca, coupant le massif près de Somport, et dirigeant son trafic sur Bordeaux, Toulouse et Nîmes, raccourcissant de 100 kilomètres la distance entre Paris et Madrid. Le tunnel transpyrénéen n'aurait que 6,600 mètres de longueur ; l'œuvre serait donc, au point de vue matériel, bien inférieure à ses aînées des Alpes ; mais les conséquences commerciales n'en seraient pas moins considérables, et c'est à ce titre que nous avons inscrit la trouée des Pyrénées au nombre des « nouvelles portes des Alpes » .

CHAPITRE XIV

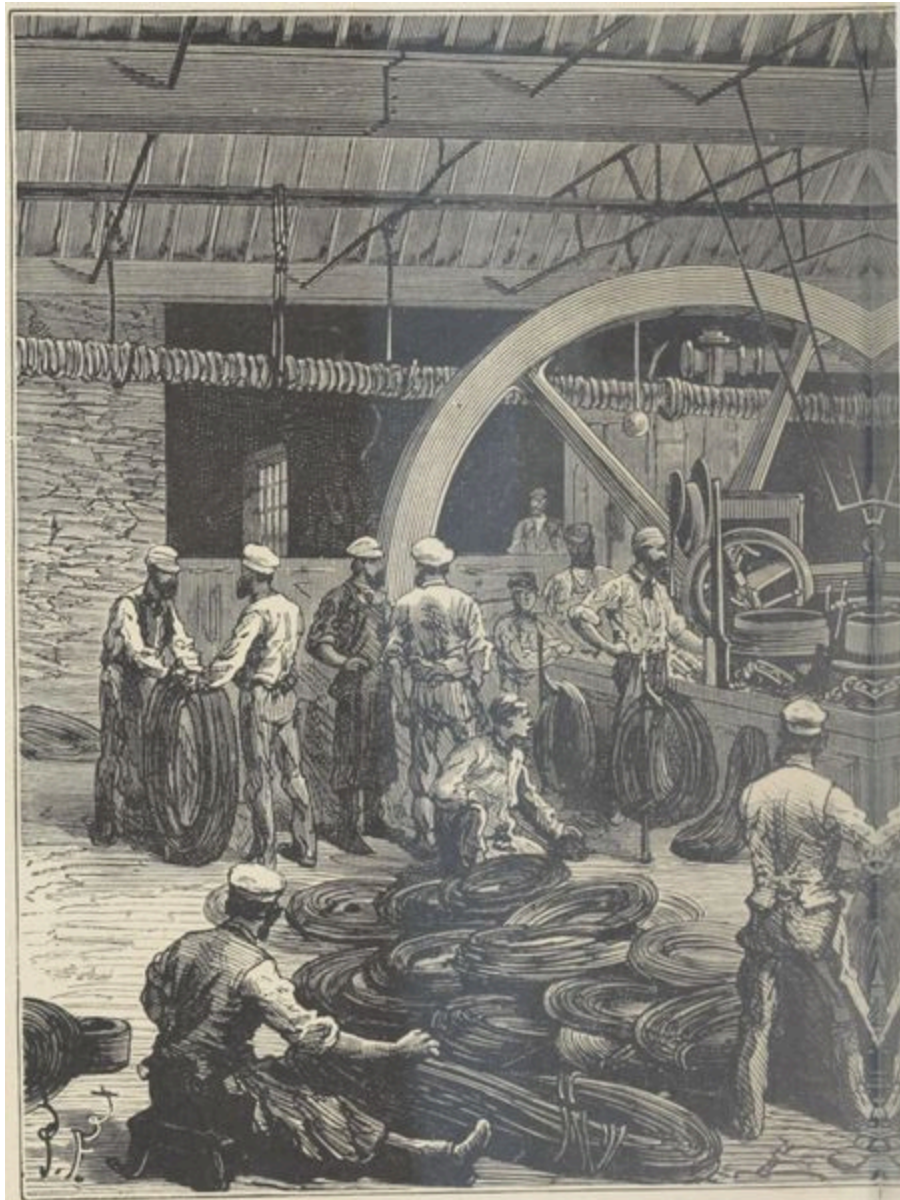
LES ROUTES DE LA PENSÉE

§ 1. — Routes continentales et routes océaniques. — Les voies ferrées et les câbles sous-marins transatlantiques.

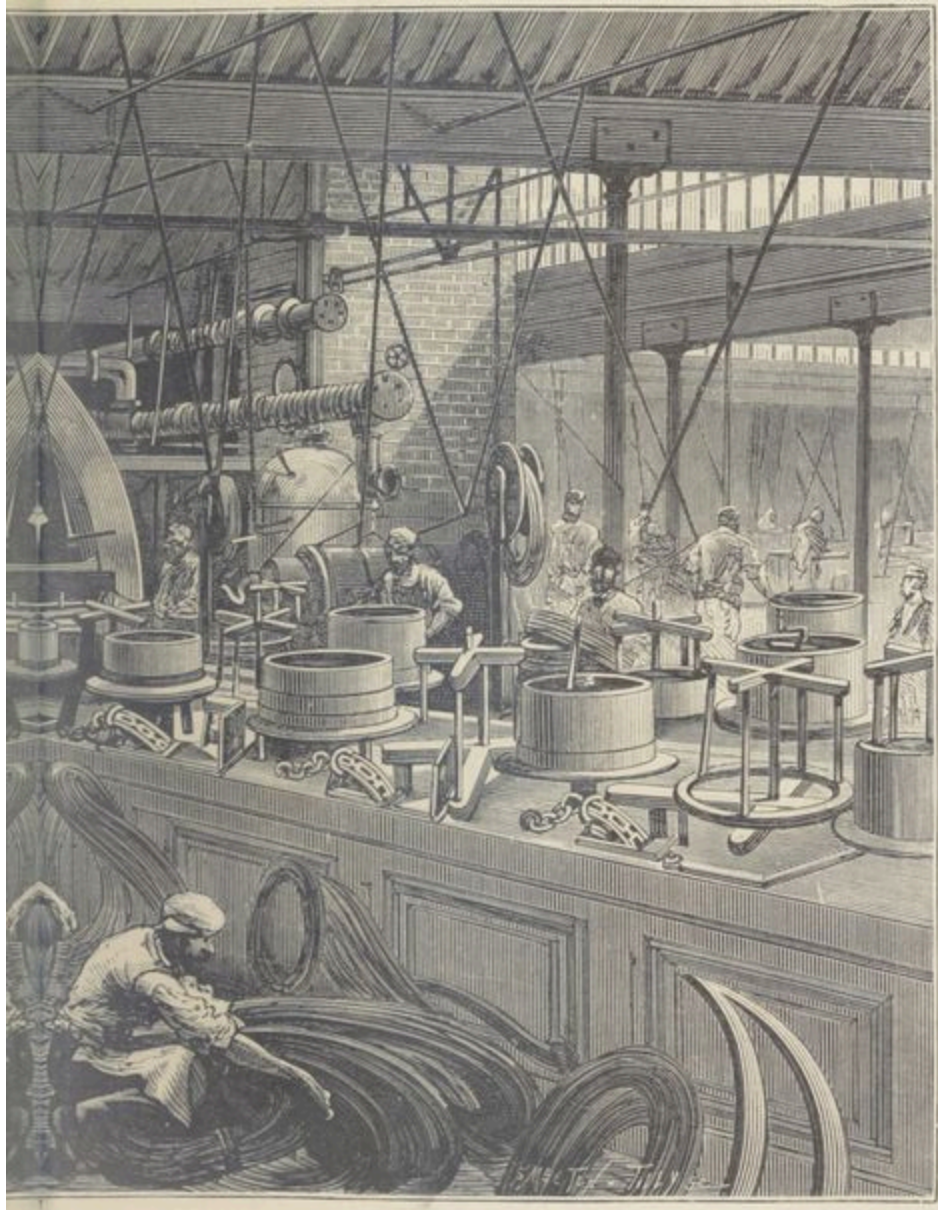
Notre étude des « nouvelles routes du globe » devrait être continuée et complétée par celle des voies continentales qui leur apportent chaque jour le mouvement nécessaire à leur existence. Le vaste réseau ferré qui recouvre les deux hémisphères, s'allongeant aujourd'hui jusqu'aux confins les plus reculés du monde civilisé, est le complément indispensable d'œuvres telles que les canaux isthmiques ou les grands chemins souterrains à travers les Alpes. Dans les eaux de Suez et de Panama, comme sous la voûte des tunnels du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, vient converger la somme colossale des produits continentaux, roulant perpétuellement sur les rails suivant les lois indestructibles de l'échange mutuel, se transportant d'un monde à l'autre, ou simplement d'un versant montagneux au versant opposé. Chacune des nouvelles grandes routes du globe accapare à son profit la source de travail accumulée par les voies secondaires ; ces quelques lieues de canaux et de tunnels servent d'émissaires à une bonne part des 300,000 kilomètres de voie ferrée qui sillonnent le monde, et qui, mises bout à bout feraient plus de sept fois le tour de l'équateur. Si intéressante que soit cette étude, elle sort toutefois du cadre de notre volume, spécialement consacré à l'exposé des merveilles qui illustrent le domaine des travaux publics ; il nous suffira d'en avoir signalé les bases pour que notre lecteur songe à développer ce que nous ne pouvons qu'effleurer à cette place ²⁹.

LES NOUVELLES ROUTES DU GLOBE. — PL. IV.

Les routes télégraphiques sous-marines. — Un atelier de fabrication les fils de recouvrement des câbles transatlantiques, à Birmingham.



LES ROUTES DE LA PENSÉE.



La même observation peut s'appliquer aux routes télégraphiques, indissolublement liées pour la plupart des cas aux voies ferrées continentales, et dont le vaste réseau, terrestre et maritime, forme ce que nous appellerons les « routes de la pensée. » Ce domaine incomparable des chemins électriques, dont la richesse s'accroît chaque jour de découvertes toutes plus inattendues les unes que les autres, appartient bien aux nouvelles routes du globe, mille fois plus rapides cependant que ces dernières, si raccourcies qu'elles aient été par la création des chemins nouveaux. Sait-on que, de Melbourne à Londres, pour une distance de près de quatre mille lieues, une dépêche peut être transmise en un peu plus d'une demi-heure !

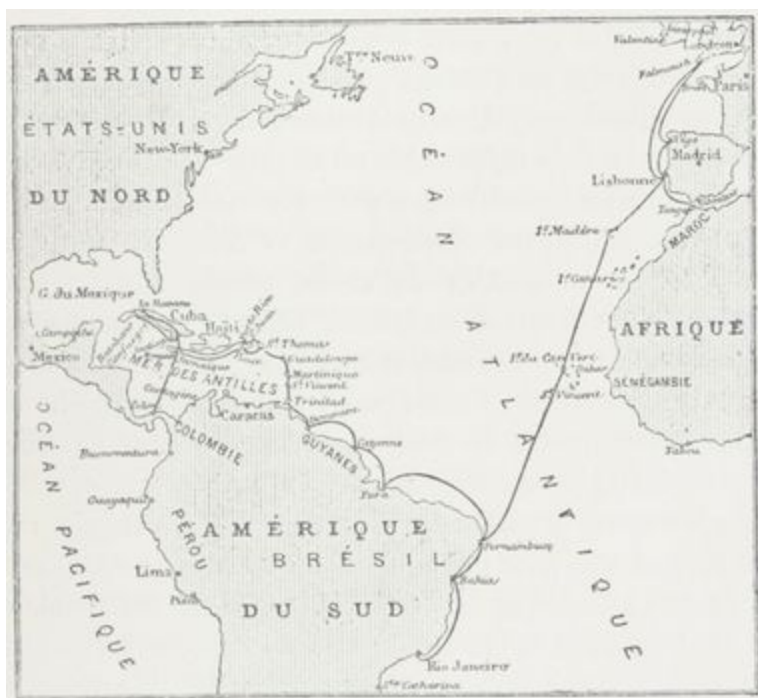
Lors de l'ouverture de l'exposition de 1880, un télégramme de félicitations fut adressé de la métropole australienne à la reine d'Angleterre, à midi cinquante minutes (trois heures dix minutes du matin à Londres, la différence des heures étant de neuf heures quarante), la dépêche arrivait à Londres à trois heures quarante-huit minutes ; elle n'était restée que trente-huit minutes en route ! Détail curieux de ce vertigineux parcours, le télégramme était à Singapore (Indo-Chine anglaise, extrémité sud de la presqu'île de Malacca) quatorze minutes après son départ de Melbourne, à Londres deux minutes après son départ de Marseille ! Citons encore une dépêche envoyée de Londres à Sydney à l'occasion du « match Hanlan crickett » ; les douze mille milles ont été parcourus en une heure vingt minutes, dont la plus grande part a été employée à la traversée de l'Inde. De Singapore à Sydney (5070 milles), la dépêche a été transmise en trente-cinq secondes.

Plus frappant encore est l'exemple suivant :— Les deux colonies de Penang et de Singapore, distantes l'une de l'autre de 150 lieues, sont reliées par un câble sous-marin. Il se trouva dans le courant de l'année dernière que, ce câble étant rompu, le bureau télégraphique de Petnang dû, malgré cela, transmettre à Singapore une dépêche importante, avec retour de la réponse à Penang. Il fallait donc faire deux fois le tour de l'Europe et de la Sibérie par des stations détachées. La dépêche transmise, la réponse arriva au bureau expéditeur, après avoir parcouru plus de 27,000 kilomètres en moins de trente-six heures. On se rendra compte de l'énorme itinéraire effectué par la liste des stations traversées : Penang, Madras, Bombay, Aden, Alexandrie, Malte, Marseille. Calais, Fano, Riga, Wladiwostok, Mangarathie, Hong-Kong, Saïgon, et enfin Singapore. La réponse passa le même jour à Paris, faisant ainsi en moins de vingt-quatre heures, deux fois le tour des deux continents asiatique et européen !

Le globe entier est aujourd'hui entouré par un gigantesque réseau télégraphique, et il n'est guère d'escalles importantes des côtes océaniques qui ne soient reliées entre elles par les « routes de la pensée » ³⁰. L'Angleterre est reliée à la Chine et à l'Australie par une série de câbles partant de la côte britannique, desservant sur leur parcours l'Espagne, le Portugal, Gibraltar, Malte, l'Égypte, Aden, les Indes, Penang, Singapore, Java, l'Australie, la Cochinchine française, et finissant par aboutir à Hong-Kong. Puis viennent des embranchements de Malte sur l'Algérie et Marseille, des lignes dans l'Archipel grec et entre les îles de l'Asie

Mineure. En Europe, une série de câbles directs fonctionnent entre l'Angleterre, la France, la Belgique, la Hollande, le Danemarck, la Suède, la Norwège et la Russie. L'Angleterre est aussi réunie directement à l'Allemagne. En Asie, l'Océan est sillonné entre la côte russe et le Japon, Shanghai, Amoy et Hong-Kong. Une grande ligne exclusivement terrestre, excepté dans la traversée de la mer Noire, construite par la compagnie « Indo-European-Telegraph », met la Russie en communication avec l'Inde, traversant la Perse, ouvrant ainsi un second débouché sur l'Orient. L'Europe est réunie à l'Amérique du Nord par des câbles sous-marins bien connus. Le groupe de l'Archipel des Antilles est rattaché aux États-Unis par Cuba ; les communications sont prolongées jusqu'à l'isthme de Panama d'un côté, et la Guyane anglaise de l'autre. La compagnie « Brazilian-Submarine » a achevé, en 1875, la pose d'un câble entre le Portugal et Pernambuco, prolongé depuis, au Sud, jusqu'à Bahia et Rio-de-Janeiro, au Nord jusqu'aux Antilles par Para, Cayenne, Demerara, Trinidad, Saint-Vincent, La Martinique, la Guadeloupe, et Saint-Thomas (fig. 80). La vaste étendue de l'Océan Atlantique est aujourd'hui complètement enfermée, au moins dans la partie qui baigne nos régions commerciales, dans un cycle non interrompu de lignes télégraphiques, transportant la pensée humaine à travers les profondeurs mystérieuses des Océans.

Fig. 80. — Les routes télégraphiques sous-marines entre l'Europe et l'Amérique du Sud.



§ 2. — La première route transocéanique entre l'ancien et le nouveau monde. — La construction des « routes de la pensée ».

La fabrication et la pose des câbles télégraphiques sous-marins, tels que ceux dont nous venons de donner la nomenclature succincte, est l'un des problèmes les plus attachants du domaine scientifique. Une quinzaine d'années seulement nous séparent de la date mémorable où le vaste continent découvert par Colomb a pu correspondre avec l'Ancien-Monde. Le 5 août 1857, deux bâtiments, Agamemnon et Niagara, portant ensemble 4,000 kilomètres de câble, pesant 2,500 tonnes et ayant coûté six millions de francs, partent de Valentia, sur la côte occidentale de l'Irlande, se dirigeant sur la baie de la Trinité, côte orientale de Terre-Neuve. Des sondages préliminaires avaient fait connaître le fond de la mer sur cette énorme distance de 3,100 kilomètres, suivant l'arc de grand cercle de la sphère terrestre. A partir de Valentia, le fond s'abaisse rapidement jusqu'à atteindre une profondeur de plus de 3,000 mètres ; jusqu'à 400 kilomètres de Terre-Neuve, règne le fameux « plateau télégraphique » ; l'immense vallée océanique, tapissée d'une boue visqueuse sur laquelle reposera

doucement le câble, a son lit à des profondeurs qui varient de 3,000 à 4,500 mètres. L'expédition semblait donc se présenter sous d'excellents auspices, lorsque, le troisième jour, après avoir dévidé 600 kilomètres de fil, une rupture se produit : il faut retourner à Valentia. Même insuccès l'année suivante, où les deux navires chargés de câble, réunis tout d'abord au point milieu de la grande ligne océanique, se dirigèrent séparément vers chacun des points d'attache : le câble se rompit encore. L'expédition repartit une troisième fois ; le câble entier fût posé sur les fonds océaniques et des dépêches d'essai furent échangées entre Valentia et Terre-Neuve. Le succès était complet. Il devait être, hélas ! de courte durée ; au bout de quelques heures, le câble ne « parla » plus. Ces tentatives marquent la première phase de l'histoire des « routes de la pensée », période de cruelles déceptions, auxquelles ne devait point s'arrêter la ténacité de ceux qui avaient entrepris de vaincre le long mutisme de l'Océan.

En juillet 1865, le Great-Eastern reprend la route de Terre-Neuve, emportant dans ses soutes colossales 4,300 kilomètres de câble, d'un diamètre de 27 millimètres, pesant 900 grammes par mètre dans l'air et 370 grammes dans l'eau. Après des difficultés sans nombre, que parvient à surmonter la science des ingénieurs qui présidaient à l'immersion du fil, on arrive à 1,100 kilomètres de Terre-Neuve, par une profondeur de 3,700 mètres. Là, une déperdition sensible du courant oblige à relever le fil ; on commence la manœuvre, mais le câble, soumis à une tension énorme, se rompt encore une fois. Il ne reste plus qu'à relever soigneusement l'endroit du sinistre, après avoir vainement tenté de ramener le câble à la surface. Quatre fois, au dire du capitaine Anderson, commandant du navire télégraphique, les grappins saisissent le câble, mais quatre fois il retombe dans la profondeur de l'Océan. La campagne est encore stérile !

Les promoteurs ne perdent heureusement pas courage. Le 13 juillet 1866, le Great-Eastern, accompagné de l'Albany et de la Medway, et escorté par le Terrible, partait de Valentia, après avoir soudé le câble nouveau au câble d'atterrissement ; les trois navires emportaient avec eux 5,500 kilomètres de câble, dont 3,500 nouveaux et 2000 anciens qui devaient être soudés au câble perdu l'année précédente. Quatorze jours après son départ, le Great-Eastern atteignait Terre-Neuve sans encombre. Le câble transatlantique était définitivement posé ; la dépêche d'inauguration fut transmise en onze minutes sur la côte d'Irlande. L'expédition télégraphique n'avait encore rempli que la moitié de sa mission ; le 12 août, elle s'arrêtait sur

l'emplacement où le câble de 1865 s'était rompu, et, après vingt jours d'efforts surhumains, quand les grappins eurent exploré mètre par mètre le lit sous-marin, le câble fut enfin remonté des mystérieuses profondeurs où il gisait depuis une année. Il fut immédiatement réuni au fil du Great-Eastern, et le 8 septembre, une double communication sous-marine réunissait les deux mondes.

Le résumé que nous avons donné dans notre dernier paragraphe nous a montré avec quelle rapidité le réseau télégraphique sous-marin s'était développé ; il nous reste encore à raconter brièvement la construction, la fabrication de ces câbles merveilleux le long desquels, de l'équateur au pôle, court la pensée humaine. Un câble transatlantique se compose de trois parties différentes : l'âme, l'isolateur et enfin l'enveloppe de l'âme isolée, qui varie d'épaisseur suivant les profondeurs où le câble est immergé. L'âme du câble, le fil conducteur de l'électricité, est une cordelette de cuivre très pur formée de sept fils tordus ensemble ; cette cordelette est recouverte d'une couche suffisante de gutta-percha, suc végétal extrait d'un arbre, l'Isonandra, que l'on rencontre à Java, à Bornéo, à Sumatra ; l'enveloppe est formée d'une ou de deux garnitures de fils de fer, suivant les profondeurs ; entre la gutta et les fils de fer est interposée une couche de chanvre ou de jute (chanvre indien) formant tampon. La [figure 81](#) nous montre les trois grosseurs de câbles, la plus petite servant aux grandes profondeurs ; la moyenne, aux profondeurs moyennes ; la plus forte, aux câbles du rivage ; ces derniers doivent, en effet, pouvoir supporter des accidents inhérents au voisinage de la terre, les ancrages de navire, le mouvement des vagues, la morsure des poissons. De curieux exemples d'altération des câbles par des poissons, dont on a retrouvé la matière dentaire incrustée dans l'enveloppe du câble, ont été signalés récemment.

La fabrication des câbles télégraphiques, tels que nous venons de les décrire, comporte, en dehors de l'âme de cuivre, d'un diamètre de 2 à 4 millimètres et d'un poids de 40 à 150 kilogrammes par nœud (1,855 mètres), trois opérations principales : la pose de la couche isolante de gutta, la préparation des fils de fer de l'enveloppe, et enfin l'exécution de cette enveloppe elle-même. — Le recouvrement en gutta s'effectue d'après le principe représenté [figure 82](#). La gutta est introduite à une certaine température dans le cylindre B : le câble entre par C et sort par D, traversant ainsi la masse de la gutta avec une vitesse réglée d'avance. Un piston A presse sur le lit de gutta en forçant constamment cette dernière de sortir en

D, et par conséquent de recouvrir l'âme qui traverse l'intérieur du récipient. A sa sortie en D, le fil est soutenu par des bobines et va s'enrouler sur un tambour ; à ce moment l'enveloppe isolante est déjà solidifiée (la gutta reste consistante et souple jusqu'à 10° ; à partir de 30° elle devient molle, à 120° elle fond). — Autour de l'âme ainsi recouverte de gutta, on enroule le chanvre et ensuite l'enveloppe métallique au moyen de deux machines distinctes. La figure 83 nous montre la disposition de la machine à recouvrir de fils de fer l'âme déjà recouverte de chanvre. Le disque principal a de 3 à 4 mètres de diamètre environ ; il est animé d'un mouvement de rotation, et entraîne avec lui les douze bobines qu'il porte, sur lesquelles sont enroulés les fils de fer. Toutes proportions gardées, cette machine est comparable à celle qui fabrique les mèches de sûreté bien connues dont se servent les mineurs pour le sautage des mines. En A est l'âme du câble, en B l'isolement de gutta, en C l'enveloppe de chanvre et en D les fils de fer et le câble tout prêt à descendre au fond de l'Océan. Les imposantes proportions des machines à fabriquer les câbles ressortiront mieux encore en considérant les véritables dimensions d'un câble fabriqué par elles (fig. 84).

Fig. 81. — Câbles transatlantiques pour les rivages, les moyennes profondeurs et les grandes profondeurs (demi-grendeur).

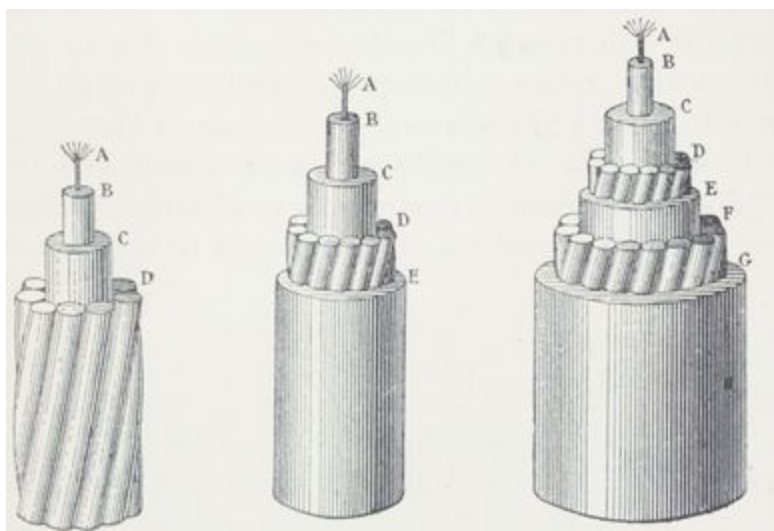


Fig. 82. — Machine à recouvrir de gutta les câbles transatlantiques.

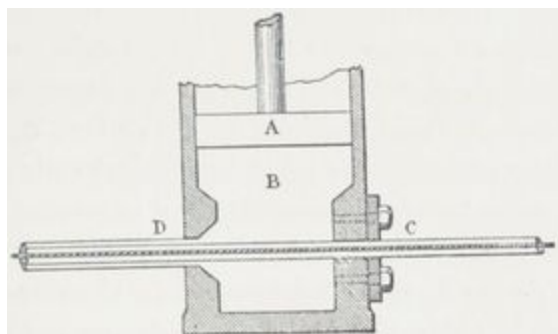
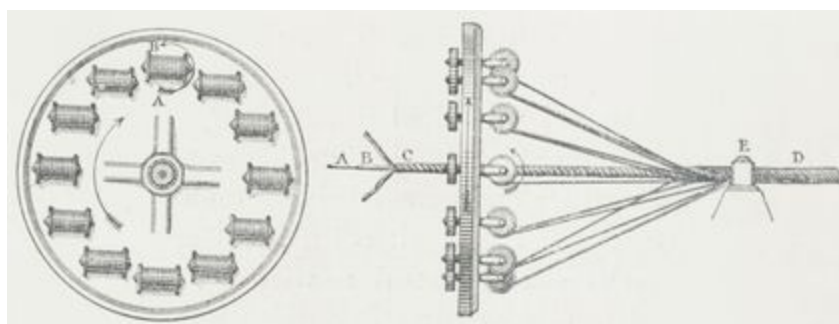
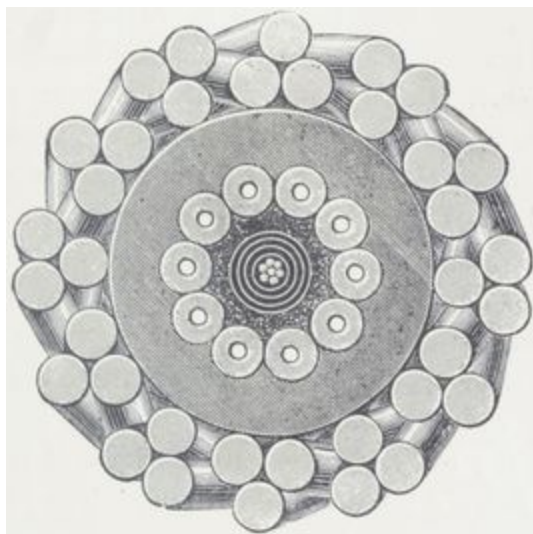


Fig. 83. — Appareil servant à recouvrir les câbles transatlantiques.



Le câble transatlantique de 1865, dont nous avons raconté les multiples péripéties, avait été fabriqué à Birmingham, dans l'usine de Hay Mills. Notre planche IV donne la vue pittoresque de l'une des phases les plus intéressantes de cette installation, la fabrication des fils de recouvrement. Les fils de fer, reçus en barres à l'usine, passent aux filières jusqu'à ce qu'ils présentent le diamètre et la longueur voulues ; ils vont s'enrouler ensuite sur les tambours que nous voyons au premier plan de la gravure, chaque tambour en activité étant à la garde d'un ouvrier. Les câbles vont ensuite s'engloutir dans d'immenses réservoirs où ils attendent leur transbordement sur les navires télégraphiques. Chaque réservoir peut contenir près de 500 kilomètres de câble ! Le colossal mouvement d'une usine semblable à celle de Hay Mills, dans la période active de fabrication des câbles transatlantiques, peut se concevoir aisément, lorsque l'on se représente la somme de travail à effectuer pour la confection d'un câble océanique. Pour le seul recouvrement du câble emporté par le Great-Eastern en 1865, il a fallu fabriquer 40,800 kilomètres de fils de fer, soit une longueur supérieure de 800,000 mètres à celle du méridien terrestre ! Que serait-ce si nous additionnions les longueurs respectives des fils qui forment le magnifique réseau sous-marin et terrestre des « routes de la pensée » !

Fig. 84. — Câble transatlantique sous-marin d'atterrissage (grandeur naturelle).



Avec l'étude des « chemins de la pensée » se ferme l'histoire des « nouvelles routes du globe », dont la création est l'œuvre exclusive de notre siècle de progrès et de travail incessants. L'antiquité, qui ne disposait point des merveilleuses ressources de la science moderne, et dont les connaissances géographiques se bornaient pour la plus grande part à celles que lui apportaient les armées conquérantes, avait déjà reconnu le caractère de grandeur d'une œuvre semblable. « Ouvrir au genre humain une route nouvelle — écrit Michelet — c'était aux yeux des anciens l'entreprise héroïque entre toutes ». Le grand historien, dans le magnifique récit qu'il nous a laissé du passage des Alpes par Hannibal, nous dépeint d'une façon saisissante les terribles péripéties de cette ascension : « Enfin, l'on découvrit les glaciers au-dessus des noirs sapins. On était à la fin d'octobre, et déjà les chemins avaient disparu sous la neige. Quand les hommes du midi aperçurent cette épouvantable désolation de l'hiver, leur courage tomba. Hannibal leur demandait s'ils croyaient qu'il y eût des terres qui touchassent le ciel ? si les députés des Boïes d'Italie qui étaient dans leur camp, avaient pris des ailes pour passer les Alpes ? » Dix-sept cents ans plus tard, les grands navigateurs des quinzième et seizième siècles, Colomb, Gama, Magellan, isolés sur leurs faibles caravelles au milieu des océans inconnus, souffleront eux aussi dans le cœur de leurs compagnons découragés la foi inébranlable dont ils sont pleins, et aborderont enfin à ces terres promises dont ils cherchaient la route. Ces vaines terreurs, qui arrêtaient les mercenaires d'Hannibal et les matelots des conquérants

portugais, seraient de nos jours impuissantes. Nulle conquête ne nous semble insurmontable ; les montagnes sont abaissées, les mers sont réunies au gré de la volonté humaine, guidée par ces deux forces incomparables : la Science et le Travail.

APPENDICE

I. — La dynamite dans les grands travaux publics.

L'emploi pratique de la dynamite dans les grands travaux publics, qu'il s'agisse de tranchées à ciel ouvert, comme les gigantesques passages de la Culebra ou de l'isthme de Corinthe, d'un ouvrage souterrain comme les grands tunnels du Gothard et de l'Arlberg, de dérochements sous-marins comme ceux qu'il sera utile de faire pour les chenaux du canal de Panama, ne remonte à guère plus d'une dizaine d'années. Depuis 1872, en effet, la consommation de l'explosif à base de nitroglycérine a plus que quintuplé ; en 1878, les exploitations du monde entier consommaient environ 6 millions de kilogrammes de dynamite ; en 1872, la consommation n'était que de 1300 tonnes ; en 1867, aux premiers jours de la découverte, les quelques fabriques installées ne livraient pas au commerce plus de 10,000 kilogrammes de dynamite ³¹. Nous avons donc pu dire avec raison, au cours de nos études sur les grands travaux du dix-neuvième siècle, que la dynamite était aujourd'hui l'un des facteurs les plus importants de leur exécution.

La dynamite est trop connue pour que nous fassions ici son histoire. Elle est devenue en peu de temps absolument populaire, et tout le monde sait que sa colossale force explosive réside dans la nitroglycérine qu'elle renferme, et qui, dans la fabrication, est mélangée mécaniquement à divers absorbants, inertes ou actifs. En dehors de la silice, la nitroglycérine peut en effet être mélangée à de nombreux principes, nitrates de soude, de potasse ou d'ammoniaque, cellulose, soufre, charbon de bois, formant toute une série de dynamites industrielles, dont la puissance a toujours pour principe le plus actif la nitroglycérine.

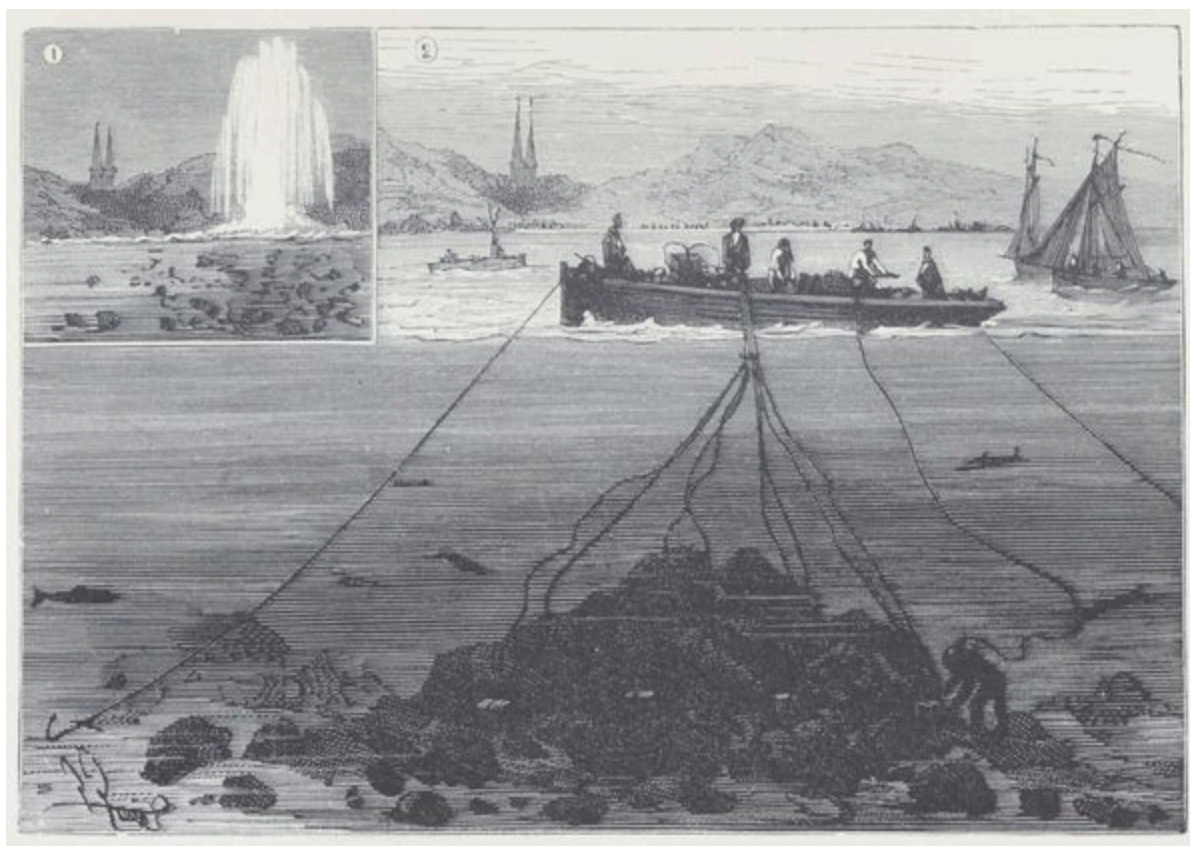
En dehors de son emploi dans le percement des grands souterrains et le creusement des longues tranchées, la dynamite a rencontré un vaste champ d'exploitation dans les excavations sous-marines, qui constituaient jadis l'une des branches les plus coûteuses et les plus difficiles de la science du

sautage, et qui sont devenues aujourd'hui relativement faciles, grâce à la substance merveilleuse, dont l'explosion se produit aussi bien sous l'eau que dans un terrain sec. Les travaux sous-marins, d'une installation presque impossible avec la poudre ordinaire, dont la sensibilité à l'humidité est bien connue, s'exécutent désormais à la dynamite avec la plus grande sécurité, surtout lorsque le sautage des charges simultanées par les méthodes électriques vient encore au secours de l'explosif lui-même.

L'exemple le plus frappant des travaux sous-marins exécutés avec l'emploi simultané des poudres à base de nitroglycérine et de l'électricité est sans contredit la destruction, en un seul coup de mine, en une seule explosion plutôt, du fameux rocher de Hallet's Point, dans l'East-River de New-York.

Dans cette explosion mémorable, 43,000 mètres cubes de rocher, dans lesquels on avait foré 223 mètres de galeries et près de 7,000 trous de mine, furent démolis par l'explosion simultanée de vingt-trois mille kilogrammes de dynamite ! 427 charges avaient été reliées ensemble par des fils disposés ad hoc, et une simple pression sur le bouton de la machine électrique provoqua la destruction du récif entier ! L'eau s'éleva en gerbes de 40 mètres de hauteur ; la commotion souterraine produite par cette détonation fut toutefois relativement minime.

Fig. 85. — La dynamite dans les grands travaux publics. — Destruction d'une roche sous-marine par l'explosion simultanée de quatre charges électriques.



Nous avons eu nous-même l'occasion d'effectuer quelques expériences sous-marines de ce genre, dans une surface autrement restreinte il est vrai, et nous avons pu constater les excellents résultats obtenus par l'emploi des charges détonnant simultanément par l'électricité. Nous représentons ici (fig. 85) un sautage exécuté récemment par nous à l'embouchure de l'Adour, à l'effet d'enlever une roche nuisant au libre passage des navires remontant jusqu'à Bayonne. Le maniement de l'explosif, la disposition des charges et la marche générale du travail peuvent être parfaitement suivis sur la gravure. Quatre charges, de 10 kilogrammes de dynamite chacune, sont placées sur le rocher sous-marin à détruire, distantes l'une de l'autre de 2 mètres environ et disposées sur une même courbe de niveau, à 1^m,50 en contre-bas de la plate-forme du rocher. Pendant que le scaphandre pose les charges, l'opérateur, resté dans la barque, retient à la main les fils recouverts de gutta qui relieront ensemble les 4 charges ; il ne lâche ces fils qu'après avoir fait soigneusement les ligatures isolées qui permettront la libre circulation du courant électrique. Le scaphandre une fois remonté,

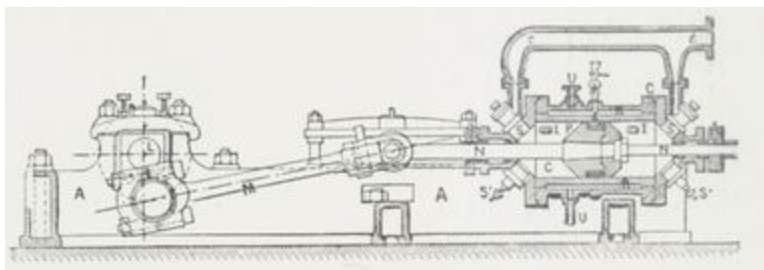
l'opérateur lâche les fils, ne retenant que les deux fils destinés à être reliés aux pôles de la machine ; il fait alors éloigner la barque en laissant traîner les fils à l'eau. A une centaine de mètres de la roche, il fait arrêter la barque, attache ses fils conducteurs aux pôles, et ferme le courant par la manœuvre exigée par le système de machine employée. Chacune des 4 capsules renfermées dans les caisses fait explosion, et avec elles les quatre charges simultanément.

Pour être simple en elle-même, l'opération n'en est pas moins très méticuleuse ; parfois, après deux heures de préparatifs, il arrive qu'un défaut quelconque, en général l'incomplète ligature des fils et par suite la déperdition du courant dans l'eau, réserve à l'opérateur une désillusion complète. Avec un peu de patience toutefois, on arrive presque toujours à un excellent résultat ; nous ne saurions trop recommander à ceux de nos lecteurs qui voudraient tenter ces sortes d'expériences, de ne les faire qu'avec le concours d'un praticien expérimenté, et avec la plus grande précaution ; quelques jours après que nous fîmes nous-même ce sautage de l'Adour, pour lequel nous étions très bien secondé par l'administration des ponts et chaussées, un épouvantable accident survenait à Anvers, entraînant la mort de quatre personnes, dans une expérience identique à la nôtre.

II. — Le compresseur d'air.

Nous avons, au cours de nos chapitres et principalement dans notre étude des grands tunnels, invoqué à diverses reprises le « compresseur d'air, » que nous avons considéré comme « l'âme » du travail souterrain. Nous donnons ci-dessous une description détaillée du mécanisme, qui ne pouvait trouver place dans une revue générale comme celle que nous avons effectuée pour chacune des « nouvelles routes du globe ».

Fig. 86. — Le compresseur d'air, adopté pour le percement du grand tunnel du Saint-Gothard.



Le compresseur d'air représenté dans notre fig. 86 était spécialement destiné, sur les chantiers de Goeschenen et d'Airolo, à desservir les locomotives à air comprimé, il aspirait pour cela l'air déjà comprimé à 5 atmosphères pour les perforatrices, et le comprimait jusqu'à 14 atmosphères.

C'est le corps de pompe, dans lequel se meut le piston P, dont la tige N est mise en mouvement par la bielle correspondante. S, S' sont les soupapes d'arrivée et de sortie de l'air. Le cylindre est à double enveloppe et l'espace intermédiaire R reçoit un courant d'eau froide, au moyen des tubes d'arrivée et de sortie V. Les fonds du cylindre ont la forme d'un tronc de cône, ce qui facilite l'adaptation des soupapes d'entrée et de sortie de l'air, et permet de leur donner un plus grand diamètre ; les deux faces du piston s'adaptent exactement sur ces deux fonds de cylindre. L'eau d'injection nécessaire au refroidissement de l'air comprimé est introduite par quatre tubes II munis de pulvérisateurs.

Le jeu du compresseur d'air peut être facilement suivi. Si nous supposons par exemple le piston P à fond de course à droite, dans son mouvement vers la gauche, il comprime l'air contenu dans le cylindre et qui s'échappe, par la soupape S, dans les conduits t pour se rendre au réservoir ; en même temps la soupape S' s'ouvre et livre passage à l'air extérieur ou déjà comprimé par d'autres cylindres. Dans son mouvement de gauche à droite, le même phénomène se produit.

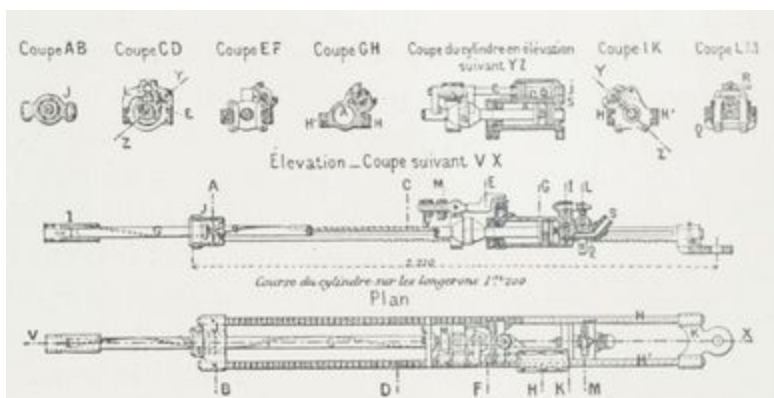
III. — La perforatrice.

Comme complément à ce que nous avons dit sur la perforatrice, nous avons fait dresser, pour ceux de nos lecteurs qu'intéresse plus

particulièrement la question de forage des galeries, un modèle exact (fig. 87) de la machine Ferroux, qui a servi à la traversée de la galerie sud du grand tunnel du Gothard.

Sans entrer dans d'autres détails mécaniques, qui ressortent du reste clairement des nombreuses coupes que nous donnons de la machine, nous rappellerons les quatre mouvements principaux que nous avons déjà signalés dans une perforatrice : mouvement de percussion du fleuret contre la roche, de rotation de l'outil sur lui-même, de progression de la machine à mesure que l'outil pénètre dans le rocher et enfin de recul de la machine, permettant de retirer le fleuret du trou dans lequel il est engagé.

Fig. 87. — La perforatrice Ferroux, employée pour la construction du grand tunnel du Gothard.



Le modèle de perforatrice que nous représentons pèse 170 kilogrammes ; il dépense par coup de piston 1 litre 5 d'air, et bat 450 coups à la minute, à 4 atmosphères de pression effective.

FIN

BIBLIOTHÈQUE DE LA NATURE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. GASTON
TISSANDIER

Les Récréations scientifiques ou l'Enseignement par les jeux, par M. Gaston TISSANDIER. La physique sans appareils, la chimie sans laboratoire, la science appliquée à l'économie domestique, 3^e édition entièrement refondue, 1 vol. gr. in-8 avec 220 figures dans le texte.

Les Voies ferrées, par M. L. BACLÉ, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des mines. 1 vol. grand in-8, avec 143 figures dans le texte et 4 planches hors texte.

Excursions géologiques à travers la France, par M. Stanislas MEUNIER, docteur ès sciences, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle. 1 vol. gr. in-8 avec 96 figures dans le texte et 2 planches hors texte.

Les principales applications de l'Électricité, par M. E. HOSPITALIER, ingénieur des Arts et Manufactures. 2^e édition entièrement refondue. 1 vol. gr. in-8 avec 135 figures dans le texte et 4 planches hors texte.

Les nouvelles Routes du Globe, canaux et tunnels, par M. Maxime HÉLÈNE, avec une lettre de M. Ferdinand de LESSEPS. 1 vol. gr. in-8 avec 87 gravures dans le texte et 4 planches hors texte.

Les Races de couleurs, curiosités ethnographiques, par M. Alphonse BERTILLON. 1 vol. gr. in-8 avec 107 figures dans le texte et 8 planches hors texte.

Prix de chaque volume, broché....	10 fr.
Relié avec luxe, fers spéciaux, tranches dorées....	13 fr. 50

1 Congrès international d'études. — Notice historique (C. Hertz).

2 En 1870, le tonnage moyen des navires transitant par Suez était de 1349 tonnes ; il a été, en 1878, de 2,066 tonnes.

3 Carte de distribution géographique des volcans, annexée à l'ouvrage les Volcans et les tremblements de terre, par E. Fuchs. (Bibliothèque scientifique internationale.)

4 La Nature (n° 474. 1^{er} juillet 1882). Une maison de quatorze étages à Londres.

5 Exposé de M. A. Reclus au Congrès international d'études du canal interocéanique.

6 Pour les détails qui vont suivre, ainsi que pour les développements que nous avons déjà donnés sur le tracé et le profil du canal interocéanique, notre lecteur devra se reporter à notre carte hors texte (Pl. II), représentant la partie de l'isthme traversée par le canal. Cette carte, ainsi que le profil géologique qui l'accompagne, ont été dressés d'après le mémoire présenté au Congrès de Paris par MM. Wyse et Reclus, et dont nous suivons ici les indications géologiques. On remarquera, sur le tracé, le gigantesque souterrain de la Culebra, dont l'exécution a été abandonnée, et qui a été remplacé, comme nous l'avons dit plus haut, par la tranchée colossale qui livrera passage, à ciel ouvert, au canal interocéanique. La carte montre également une variante du canal.

7 La mortalité proportionnelle, comprenant les décès résultant de l'âge et des accidents, ne semble pas dépasser à Panama la proportion normale des chantiers d'Europe, si l'on s'en rapporte au tableau suivant, dressé depuis le commencement des travaux par le service médical de la direction des

1881	Février.....	425	personnes, pas de décès.
—	Mars.....	450	— 1 décès.
—	Avril.....	485	— 2 —
—	Mai.....	544	— 1 —
—	Juin.....	588	— 7 —
—	Juillet.....	1.118	— 12 —
—	Août.....	1.124	— 4 —
—	Septembre.....	1.310	— 7 —
—	Octobre.....	1.550	— 8 —
—	Novembre.....	1.630	— 8 —
—	Décembre.....	1.927	— 12 —
1882	Janvier.....	1.185	— 4 —
—	Février.....	1.893	— 6 —
—	Mars.....	2.500	— 9 —
—	Avril.....	2.652	— 5 —

travaux de l'isthme : (Rapport de M. de Lesseps à l'Assemblée générale des actionnaires de la C^{ie} du Canal interocéanique, 20 juin 1882.)

8 Séance générale de clôture du Congrès (29 mai 1879). Rapport de M. H. Bionne.

9 Ce n'est qu'en 1903 qu'il se sera écoulé un milliard de minutes depuis la première année de notre ère.

10 La commission nommée récemment par le gouvernement pour donner son préavis sur la création d'une mer intérieure sur les territoires d'Algérie et de Tunisie, « tout en rendant hommage aux intéressants travaux de M. Roudaire, ainsi qu'au courage et à la persévérance qu'il a déployés dans les difficiles études qu'il a poursuivies ces dernières années dans le sud de l'Algérie et de la Tunisie », n'a pas cru devoir appuyer la réalisation du projet. Nous n'en ferons pas moins le résumé de cette question de la Mer intérieure d'Algérie ou « canal maritime de Gabès », qui a captivé pendant ces dernières années l'attention publique, au point de faire du projet Roudaire une œuvre essentiellement populaire, qui a sa place marquée dans l'histoire des grands travaux publics, et dont il n'est permis à personne d'ignorer les bases principales.

11 Nos lecteurs feront bien de consulter une carte des côtes africaines d'après les géographes de l'antiquité, principalement la région comprise dans les limites de notre sujet ; ils y retrouveront les indications géographiques et les dénominations retranchées aujourd'hui de la langue moderne.

12 La surface marine de la Méditerranée est de 2,987,000 kilomètres carrés, celle de la mer Noire de 480,003 kilomètres carrés (E. Reclus).

13 Le chiffre de deux cents millions, établi par M. Roudaire pour l'exécution du canal maritime de Gabès et du remplissage des chotts, a été élevé par la Commission chargée d'examiner le projet d'établissement de la mer intérieure à treize cents millions. (Voir le rapport de la Commission Roudaire, publié par le Journal officiel.)

14 Un projet analogue à celui du commandant Roudaire a été proposé dernièrement en Amérique, par M. le général Fromont, gouverneur de l'Arizona. Il s'agirait d'établir une communication entre le golfe de Californie et le désert du Colorado, au sud de la Californie. Là se trouve une dépression qui va jusqu'à 100 mètres au-dessous du niveau de la mer ; la partie inondable aurait une longueur de 150 kilomètres et une largeur de 60 kilomètres, soit une surface de 9,000 kilomètres carrés, supérieure, comme on le voit, de 1,000 kilomètres à celle de la mer africaine. — Citons également, pour simple mémoire, un projet consistant à inonder le Sahara, par un canal de mille kilomètres de longueur, s'étendant de l'embouchure de la Belta, dans le voisinage des caps Juby et Bajador, en face des îles Canaries, jusqu'au coude septentrional du Niger, à Tombouctou !

15 Edmond Fuchs. Note sur l'isthme de Gabès et l'extrémité orientale de la dépression saharienne.

16 Nos lecteurs désireux de détails plus précis les trouveront dans l'excellent travail de M. E. STOCKALPER, ingénieur chef de la section nord du tunnel du Saint-Gothard : Expériences faites au tunnel du Saint-Gothard sur l'écoulement de l'air comprimé en longues conduites métalliques pour la transmission des forces motrices. Genève, 1879.

17 L'Allemagne adhéra, le 21 octobre 1871, au traité conclu entre la Suisse et l'Italie, pour la construction de la ligne du Gothard.

18 Ci-dessous la légende du plan topographique (fig. 44) du chantier de Göschenen, dont la figure 43 donne la vue pittoresque : 1. Conduite d'eau des grandes turbines. — 2. Bâtiment des compresseurs d'air, ttt. Turbines Girard. AA, BB. Compresseurs à 8 atmosphères. CC. Compresseurs à 14 atmosphères pour locomotive à air comprimé. a a a. Conduite d'air comprimé se dirigeant vers le souterrain. jj. Conduite d'injection des trous de mine. D. Sécheur d'air. E. Vannes d'arrêt. F. Régulateur de pression minima. — 3. Compresseur à colonne d'eau, f.

Conduite d'eau des machines à colonne d'eau. — 4. Aspirateur à cloches. g. Conduite d'eau commandant les cloches aspirantes. — 5. Ateliers de réparations de machines. h. Conduite d'eau de la turbine des ateliers. — 6. Fonderie. — 7. Forges pour burins de perforatrices et autres pièces. — 8. Hangar d'essai des perforatrices. — 9 Marteau pilon. — 10. Scierie. — 11. Vestiaires pour visiteurs et ouvriers. — 12. Magasins.

19 M. Stapf, géologue de la Compagnie du chemin de fer du Gothard, écrivait ces. lignes peu de temps après le percement de la petite galerie du grand tunnel.

20 Le tunnel du Sonnstein, d'une longueur de 1,430 mètres, fait partie du chemin de fer du Salzkammergüt, tronçon du chemin Prince-Rodolphe.

21 Rapport sur les études du chemin de fer de Chambéry à Turin, et sur la machine proposée pour exécuter le TUNNEL DES ALPES entre Bardonnèche et Modane, par M. le chevalier Henri Mauss, inspecteur honoraire du génie civil, suivi du rapport de M. le chevalier Pierre Paleocapa, inspecteur du génie civil. — Turin. Imprimerie royale. 1850.

22 Voir dans la Nature (20 mai 1882, n° 468) les recherches de MM. Muntz et E. Aubin sur l'acide carbonique de l'air.

23 Le village de Queyras est situé dans la vallée du Guil, affluent de la Durance.

24 L'ancienne jonction de l'Angleterre à la France ou le Détroit de Calais, sa formation par la rupture de l'isthme, etc..., par Nicolas Desmarests, membre de l'Académie des sciences, 1751. — Réimprimé par M. Isidore Liseux. Paris, 1875.

25 Élisée Reclus, La Terre. — Day, Geological Magazine.

26 Daubrée et R. Duval. — Communication à l'Académie des Sciences.

27 Dans le même ordre d'idées que la « Bataille de Dorking », citons la récente brochure : Comment John Bull perdit Londres, et la contre-partie publiée en France : La Bataille de Boulogne, ou comment Calais est redevenu anglais.

28 La formule établie par M. le D^r Stapff, sur ses expériences du Gothard, servant à calculer l'accroissement de température, pour la plus courte

distance n entre le point d'observation et la surface du terrain, peut s'écrire : $d = 0,021592\ 44\ n$. « L'application de cette formule aux tunnels du Simplon et du Mont-Blanc donne des températures auxquelles il ne serait pas possible de résister. M. Stockalper, ingénieur chef de la section nord du grand tunnel du Gothard, et l'un des premiers promoteurs du Simplon, partage tellement cette manière de voir, qu'il a étudié, pour ce dernier tunnel, un nouveau tracé, qui ne produirait pas une température très supérieure à celle du Gothard. Pour le Mont-Blanc, une solution de ce genre est impossible. » (A. Maury, ingénieur chef de la section sud du grand tunnel du Gothard. — Études sur le tunnel du Gothard. — Le Génie civil, tome II, n° 17.)

29 Le livre que M. L. Baclé, ingénieur des mines, a publié l'an dernier dans la Bibliothèque de la Nature, nous paraît le meilleur guide à consulter en cette occasion. (L. Baclé. — LES VOIES FERRÉES. — G. Masson, éditeur.)

30 Dans les détails qui vont suivre, nous avons utilisé le remarquable travail de M. Ch. Bontemps, inspecteur des lignes télégraphiques, sur la Télégraphie océanique, paru dans La Nature (2^e année, 1874, second semestre). — Pour tous développements sur le matériel des « routes de la pensée », installations télégraphiques ou téléphoniques, notre lecteur se reportera au livre si intéressant de M. E. Hospitalier : LES PRINCIPALES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ, 2^e édition. (Bibliothèque de la Nature. G. Masson, éditeur).

31 Le nombre des fabriques de dynamite réparties aujourd'hui sur la surface du monde commercial est relativement considérable ; chaque contrée de l'Europe en possède plusieurs, fournissant à la fois les pays qu'elles desservent directement et l'exportation transatlantique pour les mines du Nouveau-Monde, au Mexique, au Brésil, au Chili. Au point de vue spécial des grands travaux publics que nous avons passés en revue, nous rappellerons que le grand tunnel du Gothard, jusqu'à la mort de M. Louis Favre (1879), fut exclusivement desservi par la fabrique de dynamite de Varallo-Pombia. La Société continentale de glycérines et dynamites, que nous dirigeons, de concert avec notre ami, M. Léopold Silvestrini, ancien professeur de chimie industrielle à l'Institut technique de Novare, exploite, pour la préparation, de la nitroglycérine dans ses usines de Cengio (Italie),

les remarquables procédés de distillation des glycérines dans le vide, dûs à un industriel lyonnais, M. Armandy.

Les Travaux publics au XIXe siècle. Les nouvelles routes du globe [canaux isthmiques et routes souterraines], par Maxime Hélène... Avec une lettre de M. Ferdinand de Lesseps...

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6525763f>

À propos de cette édition numérique

Cette édition numérique est issue d'un programme de numérisation du patrimoine mené par la Bibliothèque nationale de France pour enrichir Gallica, la bibliothèque numérique de la BnF et de ses partenaires. En ligne depuis 1997, Gallica s'enrichit chaque semaine de milliers de nouveautés et offre aujourd'hui accès à plusieurs millions de documents numérisés : imprimés (livres, revues et fascicules de presse), manuscrits, estampes et photographies, documents sonores, partitions, cartes et plans... Les imprimés sont d'abord numérisés en mode image (prise de vue photographique) puis le texte est extrait de manière automatique grâce aux techniques de reconnaissance optique de caractères (*optical character recognition* ou OCR). Les algorithmes informatiques utilisés définissent

également de manière automatique la structure de l'ouvrage (en-têtes et pieds de page, illustrations, tableaux, etc.). L'état du document imprimé (taches, pages déchirées) et les caractéristiques de la typographie employée peuvent entraîner des erreurs lors de l'OCR. Le texte ainsi produit est ensuite relu, corrigé, et converti au format ePub (*electronic publication* ou « publication électronique »), format ouvert standardisé pour les livres numériques. Malgré tous nos efforts pour respecter au mieux le format original du livre, il est possible que vous retrouviez des coquilles ou des problèmes de mise en page qui auraient échappé au relecteur. N'hésitez pas à nous signaler ces anomalies à l'adresse gallica@bnf.fr.

Conditions d'utilisation

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

Cliquer ici [pour accéder aux tarifs et à la licence](#)

2/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

3/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

4/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

5/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6/ Pour obtenir la reproduction d'un document de Gallica en haute définition, contacter reproduction@bnf.fr

7/ Pour utiliser un document de Gallica sur un support de publication commercial, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr