

Hommage à Louis Ménard ⁽¹⁾

Kérisel

Le 19 Janvier dernier, la basilique Notre-Dame de LONGPONT rassemblait, sous ses voûtes gothiques, une foule d'amis, ingénieurs, travailleurs, inconnus, venus de France et de l'Étranger, certains du nouveau monde, rendre un dernier hommage à Louis MÉNARD et écouter dans le recueillement les paroles liturgiques. Beaucoup d'entre-vous, Mesdames et Messieurs, étaient là et comme moi, vous avez été frappés par la ferveur de cet ultime hommage rendu à un ingénieur qui terminait à 47 ans sa trop courte carrière terrestre et qui, au cours de vingt ans seulement de carrière personnelle, avait fait faire des pas décisifs à la Mécanique des Sols Appliquée.

Pendant la cérémonie, la terre s'était soudain recouverte d'un linceul blanc et sous le vieux portail de l'église, autrefois restauré par Charles VIII et Anne de Bretagne et qui avait vu passer tant de pèlerinages, avant que Louis MÉNARD ne retournât vers les confins de la Bretagne et de la Normandie dans son Avranchain natal, nous évoquions les étapes brulantes de sa carrière exceptionnelle.

Il appartenait à une famille modeste où ont toujours été honorées les vertus du travail. Elle sera marquée par une tragédie : le jeune frère de Louis mourra à l'âge de 12 ans peu après la Libération, en manipulant une bombe non déminée. Louis MÉNARD porte désormais les espoirs de la famille qui le dirige vers l'École Ste-Geneviève à VERSAILLES. Dès sa première année de mathématiques spéciales, il est reçu au concours commun de l'École Nationale des Ponts et Chaussées et de l'École Supérieure d'Aéronautique, et sans prendre le temps de tenter l'admission à de nouveaux con-

cours — ceci est bien dans son style — il sent chez lui le besoin de passer à la vie active et sa vocation l'attire vers la vieille école de la Rue des Saints-Pères. Peut être garde-t-il déjà le souvenir de ces interminables belles chaussées en ligne droite qui chevauchent les plissements du Massif Armoricaïn et des longues plages de sable du Cotentin dont il interrogeait déjà la résistance.

Il est difficile de diviser une carrière comme celle de Louis MÉNARD : les faits s'y enchaînent et ils sont liés au caractère tout comme au style de l'homme. Et c'est la raison pour laquelle M. LHÉRITTEAU, alors Président du Comité Français de Mécanique des Sols, et M. AHU, son Secrétaire Général, m'ont demandé de parler en leur nom et d'exprimer ce qu'ils voulaient dire. Ils l'eussent sans nul doute fait beaucoup mieux que moi, mais ils m'ont fait valoir d'une part que j'avais été son Professeur, et que d'autre part j'avais eu la possibilité d'apprécier dans de nombreux congrès la portée des oeuvres de Louis MÉNARD hors de nos frontières.

Je me suis rendu à leurs raisons et je m'excuse d'avance des insuffisances de mon exposé devant les nombreux spécialistes ici présents et les différentes personnalités qui ont répondu à l'invitation du Professeur BIAREZ parmi lesquelles je voudrais citer, venus de l'étranger : M. GOELEN, Directeur de l'Institut Géotechnique de l'État de Gand, Belgique, et M. BEYRER, Ingénieur-Conseil à Salzbourg, Autriche.

(1) allocution prononcée à l'occasion d'un hommage à M. MÉNARD à l'École Centrale des Arts et Manufactures de Paris, le 20 Juin 1978.

Le pressiomètre

Louis MÉNARD est entré à l'École Nationale des Ponts et Chaussées au moment où celle-ci réformait une forme d'enseignement vieille de près de deux siècles, et après un tronc commun en 1^{ère} et 2^{ème} année introduisait des matières à option. Louis MÉNARD avait choisi la Mécanique des Sols et avec deux de ses camarades consacra son travail personnel en 3^{ème} année à un nouvel instrument de son invention qu'il baptisa le pressiomètre. Je n'avais pas conservé copie de l'analyse que j'avais faite de son travail, mais les collaborateurs de Louis MÉNARD l'ont retrouvée et bien qu'il soit outrecuidant de se citer soi-même, je vous lis ce rapport :

"Travail original qui devait être d'abord un travail de recherche expérimentale. Le temps nécessaire à la mise au point de l'appareil n'a pas permis à l'équipe de Monsieur MÉNARD d'étudier le comportement du pressiomètre in situ. Finalement, le travail personnel s'est ainsi trouvé réduit à la partie purement théorique. Celle-ci demande à être vérifiée en raison de la multiplicité des hypothèses faites. Cette vérification sera faite par M. MÉNARD au cours de son stage aux U.S.A."

"Le travail d'inventeur et d'analyste de Monsieur MÉNARD a été prépondérant, d'où la distinction des notes proposées".

"L'opiniâtreté et l'imagination de M. MÉNARD méritent d'être récompensées : il n'est pas sûr que son appareil soit très pratique, mais il est très intéressant à étudier sur le plan théorique et il s'agit là de quelque chose d'inédit qui contraste brillamment avec les sujets de compilation".

Je suis évidemment heureux et fier d'avoir discerné les prémices de la carrière du pressiomètre, mais vous voudrez cependant bien remarquer cette phrase : "Il n'est pas sûr que son appareil soit très pratique". Mes doutes venaient de ce qu'il s'agissait d'une ébauche et de ce que la mise au point était encore très sommaire ⁽¹⁾. Ils venaient aussi de ce que bien souvent les ingénieurs manquent du sens de la mécanique qui leur permet de vaincre les

difficultés quotidiennes. Tel n'était pas le cas de Louis MÉNARD : il l'a largement prouvé par la suite et en cela il reste très exceptionnel.

L'École va aider MÉNARD et lui allouer quelques crédits d'études : M. REGIMBEAU, Président de l'Association des Anciens Élèves de l'École des Ponts et Chaussées et M. RIZET lui proposent de prendre un brevet, ce qu'il accepte.

Il m'a alors manifesté son désir d'aller aux U.S.A. et je l'ai recommandé au Professeur R. PECK.

Les américains sont très libéraux et ils avaient donné à Louis MÉNARD les possibilités de développer son idée. Voici Louis MÉNARD dans l'Illinois, à côté de son pressiomètre (photo 1).



Photo 1

Son enfant commence à révéler ses premières caractéristiques, mais quel cheminement ne va-t-il pas parcourir avant d'atteindre sa forme définitive (photo 2).

Peu après sa rentrée des U.S.A., commence l'ère industrielle du pressiomètre. J'ai connu l'ère des crevaisons de ses chambres à air par des silex. Très rapidement, Louis MÉNARD domine ces incidents qui auraient découragé plus d'un ingénieur, il enveloppe le caoutchouc par un corset en tissu latex puis emploie finalement un caoutchouc toilé.

Louis MÉNARD est un inventeur qui n'a absolument pas la mentalité d'assisté comme beaucoup d'entre-eux qui s'étonnent que l'État ne vienne pas spontanément les aider. Il ne sollicite aucun prêt

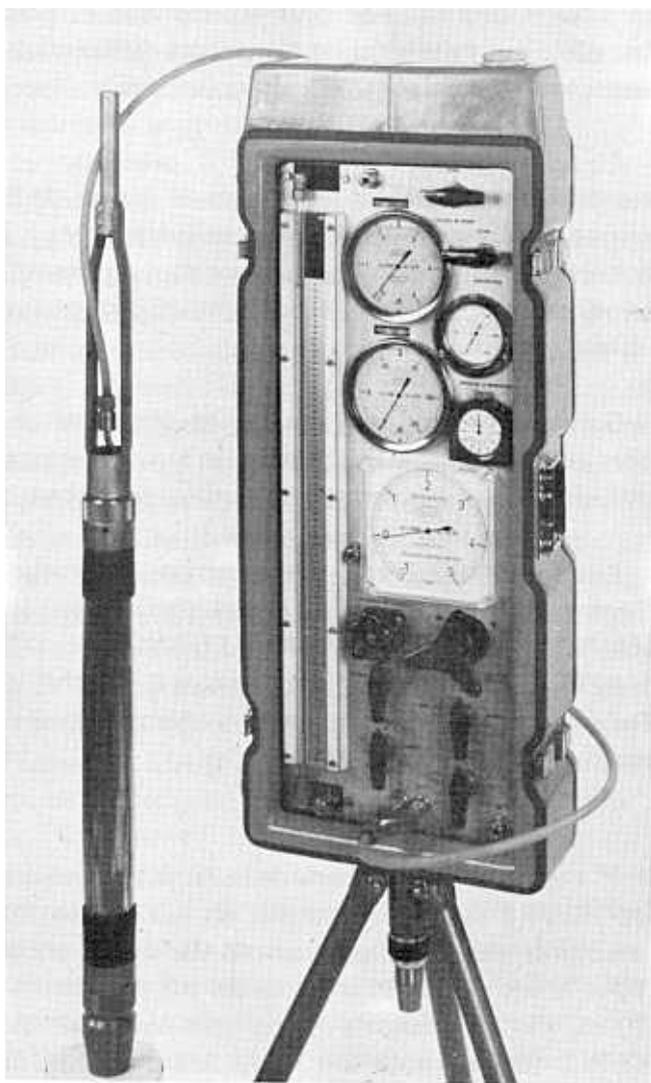


Photo 2

de commissions, offices ou organismes de recherche. Faisant preuve d'un sens avisé des affaires, très sûr de lui, il crée sa société, appelle auprès de lui un camarade de promotion Michel GAMBIN, dépose la marque pressiomètre et va le breveter, avec des perfectionnements successifs dans une cinquantaine de pays.

L'Union Soviétique qui n'adhère pas à la convention de BERNE utilise largement le pressiomètre, mais de nombreux ouvrages font référence à l'antériorité de Louis MÉNARD. Les U.S.A. en dépit de la thèse qu'il avait faite chez le Prof. PECK sont restés très longtemps conservateurs avec leur S.P.T. et employaient peu le pressiomètre jusqu'à ce qu'il y fasse une large percée ces dernières années. Avec quelle fierté Louis MÉNARD ne me disait-il, sur son lit de souffrance : "Les américains sont maintenant malades de mon pressiomètre".

Deux qualités caractérisent le pressiomètre : la simplicité de l'essai et son économie. Une autre circonstance allait lui assurer un plein succès : la normalisation de l'essai et les corrélations pratiques établies par MÉNARD et ses disciples.

Alors que d'autres essais in situ viennent à peine d'être normalisés (je fais allusion au pénétromètre), MÉNARD a dès le départ donné à ses cellules de garde et sa cellule enregistreuse des caractéristiques qui n'ont pas varié et qui seront adoptées à l'étranger.

Les théories sur l'interprétation du pressiomètre ont été nombreuses et seront certainement nombreuses. Louis MÉNARD lui-même a varié, et en 1960 abandonné l'idée d'en déduire C' et φ' et même C et φ pour suivre une route plus empirique.

L'essai consiste en effet à développer des contraintes radiales dans une cavité cylindrique du sol jusqu'à rupture et à tracer le diagramme des défor-

(1) J'ignorais d'ailleurs que KOGLER dès 1930 avait inventé un pressiomètre dont la carrière fut fort limitée en raison notamment de difficultés technologiques.

mations radiales engendrées par des contraintes croissantes, ainsi que celui des fluages à pression constante, d'où l'on peut déduire pour cet essai de charge radiale et horizontale une suite de modules non drainés et de coefficients de fluage ainsi qu'une pression de rupture. Autant de champs de contraintes, autant de suites de modules, rendant compte de la globalité de déformations élastiques et plastiques simultanées. C'est pourquoi MÉNARD et son équipe s'engagent dans la voie de corrélations et de règles semi-empiriques fondées sur des observations très nombreuses du comportement des fondations. Ces règles vont être publiées dans la revue SOLS – SOILS en 1963 et concernent de nombreux types de fondations. Un des plus fervents adeptes du pressiomètre fut dès lors le Service des Ponts et Chaussées en France. Il n'a pas été qu'un utilisateur, mais il a assuré une sorte de relai de l'invention de MÉNARD par une observation attentive de tous les nombreux chantiers de Mécanique des Sols auxquels il participe, relai qui le conduira à la conception du pressiomètre autoforeur et à formuler en 1971 et 1978 de nouvelles règles d'utilisation et à montrer que certains divorces entre théorie et pratique venaient de ce qu'avant introduction et gonflement du pressiomètre, l'exécution du trou cylindrique avait eu pour effet à la fois de remanier le sol et de faire disparaître les contraintes horizontales. D'où l'invention du pressiomètre autoforeur qui, avec le mini-pressiomètre et le mederatec, montre combien a été féconde l'invention du pressiomètre.

Et mon court exposé sur le pressiomètre serait certainement incomplet si je ne signalais pas les ouvrages enthousiastes écrits sur le pressiomètre d'une part par BAGUELIN, JEZEQUEL et SHIELDS, d'autre part par CASSAN, dans lesquels est rendu un hommage éclatant à l'invention de Louis MÉNARD. En particulier je souscris entièrement aux conclusions de BAGUELIN, JEZEQUEL et SHIELDS lorsqu'ils disent : "Le pressiomètre a fait son apparition peut être pas comme un instrument magique pour déterminer les paramètres traditionnels de la mécanique des sols, mais bien plus comme une méthode pratique de concevoir et de dimensionner les fondations".

La consolidation dynamique

C'est en 1969, pour un chantier à LA NAPOULE, que Louis MÉNARD songe à ce qui sera sa deuxième grande invention : la consolidation dynamique. Il s'agissait d'une marina à construire sur un terrain gagné sur la mer, comportant 10 m de remblai reposant sur des limons. Un constructeur classique se serait dit : ne nous écartons pas des solutions qui ont fait leur preuve et construisons sur pieux à travers ce remblai, se souvenant que les compagnies d'assurance n'aiment pas beaucoup assurer des constructions reposant directement sur remblais frais. Solution qui eut été couteuse, étant donné la part de frottement négatif prise par les pieux.

Louis MÉNARD veut sortir des sentiers battus, et trouver une solution plus économique et plus complète qui évite ainsi les tassements différentiels entre les immeubles et les voiries et réseaux divers.

En tant qu'Ingénieur-Conseil, il préconise un compactage du remblai au moyen de masses de 8 tonnes tombant de 10 mètres. Les événements lui donnent raison et les constructions sont érigées sur semelles : les tassements différentiels observés sont insignifiants.

Suivent, pendant trois ans, d'autres petits chantiers où Louis MÉNARD conseille le compactage dynamique sur des terrains à dominante sableuse.

Louis MÉNARD agit alors comme Ingénieur-Conseil et c'est en 1973, lors d'un chantier au HAVRE pour la COMPAGNIE FRANCAISE DE L'AZOTE, que pour la première fois il franchit le Rubicon, et d'Ingénieur-Conseil devient Entrepreneur.

Il s'agit alors des terrains de la Zone Industrielle du HAVRE où, classiquement, on fait reposer les structures moyennement lourdes sur des pieux à 10 m et les structures très lourdes sur des pieux à 40 m. Les dix premiers mètres sont constitués de sable limoneux provenant la plupart du temps de remblais hydrauliques. C'est la première incursion

de Louis MÉNARD dans des sols à perméabilité limitée. Sur ce chantier, il ira deux fois par semaine pour faire lui-même des mesures, et c'est là que, pour la première fois, il constate des montées en pression interstitielle dans les terrains traités par compactage dynamique, mais loin de le conduire à un certain pessimisme, il redouble d'attention et constate alors que le terrain se claque et que l'eau s'évacue soit dans les empreintes, soit au milieu de celles-ci, provoquant à assez bref délai une baisse de pression interstitielle accompagnée en moyenne d'un tassement de terrain.

Alors, il accepte de traiter les terrains de la Compagnie Française de l'Azote, fait construire 5 grues de 13 t x 18 m, garantit après traitement des tassements maxima sous le poids de stocks minéraux de 16 m de haut et donne son aval pour construire des galeries horizontales en béton armé sous ces stocks. Les tassements annoncés se produisent sans atteinte au béton de ces galeries.

Alors, cet inventeur qui a beaucoup observé, essaye de bâtir une théorie concernant le compactage dynamique. Comment expliquer qu'un terrain à perméabilité limitée voit son volume réduit d'une quantité supérieure au volume d'eau expulsée ? Après mûres réflexions, Louis MÉNARD présente sa première théorie des bulles d'air en 1973 dans une conférence à l'Institut du Bâtiment et des Travaux Publics. Il montre à la fois l'importance de la présence des matières organiques et des bulles d'air contenues dans le sol, mais cette théorie ne le satisfera pas entièrement par la suite. Il n'hésitera pas à financer une recherche scientifique en déléguant deux de ses ingénieurs qui vont travailler en permanence à l'École Centrale sous la direction du Professeur BIAREZ, et cette recherche lui permettra de perfectionner sa théorie et de constater que non seulement il faut s'attacher au critère des matières organiques incluses dans le sol mais aussi à la constitution minéralogique des argiles, et il fait alors, à la fin de sa vie, une différence très importante entre les deux extrêmes : les Kaolinites calcium et les Montmorillonites Sodium, les premières étant beaucoup plus justiciables que les secondes du compactage dynamique.

Louis MÉNARD veut faire un nouveau pas en avant, et il aperçoit l'intérêt de coupler pour les terrains les plus imperméables le compactage dynamique et les drains verticaux. Tel est le but de son nouveau chantier de SINGAPOUR où il va essayer de traiter des argiles marines jusqu'à 45 m de profondeur avec des géodrains associés à un compactage dynamique.

Enfin, il va entreprendre le compactage dynamique sous l'eau au moyen de masses dont il étudie la résistance hydrodynamique lors de leur chute dans l'eau.

L'idée du compactage dynamique est ancienne ; MÉNARD le sait, mais il sait aussi qu'il ne peut donner de résultat que par la volonté d'un ingénieur qui soit en même temps un excellent mécanicien. Il sait qu'avec des grues, il ne pourra réaliser que des compactages de 20 m de haut pour des poids limités à 20 t. C'est alors qu'il conçoit sa machine trépied où il va lancer de 40 m de haut des aérolithes de 40 tonnes et en faire l'application à l'étranger, à St-DOMINGUE, où dans l'urgence, il envoie ses machines sans même avoir eu la possibilité de les essayer. Ces machines exigent 1.500.000 Francs de recherches et chaque engin coûte 1 million. Le chantier est un succès mais même avant de le savoir, il soumissionne pour l'Aéroport de NICE et s'engage à réaliser des machines laissant tomber des poids de 100 t, puis 180 t tombant de 25 m de haut, machines dont le coût avoisine déjà 8 millions de francs. Pour réaliser toutes ces machines, une innovation technologique est nécessaire. Il invente des mandrins à serrage hydraulique, il dessine lui-même des vérins de 200 tonnes avec 8 m de course. Il n'a pas de Chef d'Atelier mécanique : c'est lui qui l'est. Jusqu'à la fin de sa vie, une ligne directe lui permettra de son lit de donner des instructions quotidiennes à l'atelier de construction de GRANVILLE. Voici (photo 3) la plus puissante des machines de compactage dynamique créée par Louis MÉNARD de 180 t x 25 m produisant des cratères de 100 m³ après trois impacts.

Toute cette consolidation dynamique a créé un vaste mouvement d'intérêt à l'étranger. Je me sou-



Photo 3

viens encore de l'assistance très nombreuse qui était venue à TOKYO en Juillet de l'an dernier à l'Imperial Hôtel où se déroulait le Xème Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, pour écouter Louis MÉNARD. Il souffrait déjà beaucoup mais aidé par son épouse, il avait parlé avec un courage extraordinaire, debout pendant plusieurs heures pour exposer sa technique et satisfaire la curiosité des ingénieurs. Et beaucoup d'entre vous n'ont pas oublié non plus la dernière conférence qu'il fit à l'I.T.B.T.P. le 11 Octobre dernier : il présentait peut-être que ce serait sa dernière conférence publique et l'avait préparée avec un soin particulier. Il la prononça assis et brossa le vaste panorama des applications nombreuses de sa consolidation dynamique à travers le monde. Lorsque le dernier auditeur quitta la salle, je restai seul avec lui : il était heureux et détendu

parce qu'il avait communiqué le dernier message de sa pensée d'inventeur.

Messieurs, quatre faits caractéristiques apparaissent dans la vie de Louis MÉNARD : l'imagination, l'audace, la ténacité et le courage :

- L'imagination qui lui a permis de créer le pressiomètre et tout l'équipement de consolidation dynamique,
- L'audace qui le conduit, du jour au lendemain, à passer de Bureau d'Études à Entrepreneur en doublant ses effectifs et ses investissements,
- La ténacité qui, devant certains échecs, lui permet de rebondir et d'atteindre de nouveaux sommets,
- Le courage enfin dont vous fûtes pour la plupart témoins au cours de sa maladie.

Louis MÉNARD est mort, finalement victime d'une maladie professionnelle puisque, au CONGO, tombant dans une fouille, il s'était brisé des vertèbres et que c'est sur cette colonne vertébrale que se fixera sa maladie ; cette maladie ne fera que renforcer sa ténacité et son courage. Il voit avec lucidité son état ; il aide ses médecins, les exhorte à observer le principe de la méthode expérimentale, consulte des statistiques, se donne une espérance de vie, et profitant de celle-ci il se fait construire un appartement à côté de son Bureau d'Études, de plain-pied puisqu'il sait qu'il ne pourra plus monter les escaliers, et que de là il pourra encore donner des conseils utiles pour l'avancement de ses inventions.

Mieux que personne, il incarnait les vertus et aussi disons-le, les quelques outrances de ces inventeurs nés. Il en avait le style flamboyant ; sourd aux contradictions, il fonçait comme s'il pressentait que le temps lui serait compté. Le regard tendu, presque hypnotiseur, il décidait, interprétait et entendait que la nature vérifiait ses pronostics.

Solitaire, et parfois dictatorial, il avait un don extraordinaire de persuasion à l'égard des hésitants

ou de contradicteurs. A l'étranger, il étonnait : en contraste avec l'image que l'on se fait quelquefois du français léger ou pusillanime, il surprenait par sa puissance de travail et de concentration dans les sujets qu'il traitait. Car il n'y avait pour lui ni jour férié, ni week-end : il fallait qu'il réussisse rapidement. Tout est dans le regard de ce jeune homme que nous avons vu aux U.S.A. en 1957 (photo 1) : confiance dans la mission qu'il va entreprendre, audace et volonté.

Madame, vous avez été pour lui la compagne fidèle et efficace des bons et mauvais jours ; vous l'avez soutenu et aidé pendant toute sa maladie, vous avez su être, avec toutes ses servitudes, l'épouse de l'inventeur créateur dont vous saviez combien longues seraient ses heures de travail.

Sa perte vous a été très cruelle. Mais dites-vous que ses amis et admirateurs ici présents n'oublieront pas, à travers toutes vos épreuves, le sourire conquérant et déjà vainqueur de ce jeune homme. Nous vous demandons de transmettre notre message d'affection et d'admiration à vos enfants et à ses parents, en leur disant que sa mémoire demeurera en nous.