

Hommage à Michel Gambin à l'occasion des 70 ans du Pressiomètre Ménard

Tribute to Michel Gambin on the 70th anniversary of the Ménard Pressuremeter

Jean-Pierre Baud^{1#}

¹Eurogé, Avrainville, France

[#]Corresponding author: baud@eurogeo.fr

ABSTRACT

Hired by Michel Gambin in 1978, a few weeks after Louis Ménard's death, I worked with "Mike" for several years as a boss at the Ménard Group, then for many years with him when he was successively Technical Director at Solétanche, then technical advisor to Apagéo, a company he helped create with a former Ménard employee responsible for the rental and sale of pressuremeter "suitcases".

I have the difficult task of trying to retrace, for those of you who knew him, as well as for the younger generations dealing with pressuremeters, the geotechnical career of Michel Gambin, who devoted his entire professional life and a large part of his retirement to the promotion and development of the Pressuremeter, and all the geotechnical disciplines related to or generated by this exceptional ground investigation tool, in particular the monitoring and understanding of soil improvement mechanisms during the control of this improvement by pressuremeter campaigns before and after improvement.

Keywords: ISP8; September 2025; Ménard Pressuremeter; Michel (Mike) P. Gambin; Louis Ménard; Dynamic Consolidation; Soil improvement ; Non-linear elasticity.

RÉSUMÉ

Embauché par Michel Gambin en 1978 quelques semaines après le décès de Louis Ménard, j'ai travaillé pendant quelques années avec "Mike" comme patron dans le Groupe Ménard, puis de longues années avec lui lorsqu'il a été successivement Directeur Technique chez Solétanche, puis conseiller technique d'Apagéo, société qu'il avait contribué à créer avec Robert Robin, ancien salarié de Ménard chargé de la location et vente des "valises" pressiométriques.

J'ai la lourde tâche de tenter de retracer, pour ceux d'entre vous qui l'ont connu, ainsi que pour les jeunes générations amenées à utiliser et développer le pressiomètre, le parcours géotechnique de Michel Gambin, qui a consacré toute sa vie professionnelle et une grande partie de sa retraite à la promotion et au développement du pressiomètre, et à toutes les disciplines géotechniques liées ou générées par cet outil exceptionnel d'investigation des sols, en particulier le suivi et la compréhension des mécanismes d'amélioration des sols lors du contrôle de cette amélioration par des campagnes pressiométriques avant et après amélioration.

Mots-clés : : ISP8 ; Septembre 2025 ; Pressiomètre Ménard ; Michel (Mike) P. Gambin ; Louis Ménard ; Consolidation dynamique ; Amélioration des sols ; Élasticité non linéaire.

1. Michel Gambin, 60 ans de géotechnique sans quitter des yeux le pressiomètre

Je voulais parler de presque 50 ans de collaboration avec Michel Gambin. Je me suis rendu compte qu'en fait cela se ramène plutôt à 40 ans, le dernier titre paru de sa bibliographie mise à jour après son décès (Apagéo 2024) datant de 2018. Il est plus juste de parler des 62 ans de géotechnique de Michel Gambin depuis son mémoire de fin d'études, et 60 ans de pressiométrie depuis son arrivée aux côtés de Louis Ménard.

En préambule également, je dois dire que le grand honneur qui m'est fait de donner cette Conférence au Symposium ISP8, parce que j'ai eu la chance d'avoir Michel Gambin comme patron pendant 4 ans dans le

Groupe Ménard, puis comme mentor pendant 43 années jusqu'à son décès en 2024 ; cette collaboration fructueuse m'a aussi rendu très modeste sur mes capacités à retracer sa longue carrière géotechnique (ICP 2024). Je pense que des géotechniciens de ma génération qui ont collaboré avec Michel Gambin autant que moi, comme Jean-Pierre Magnan ou Roger Frank, auraient été plus légitimes. Il n'est que de se reporter aux « Réminiscences » publiées dans le Bulletin de l'ISSMGE, dans lesquelles ce dernier amène Michel Gambin à donner des détails sur sa carrière dont je ne connaissais pas tout (Frank & Gambin 2009a), et que je citerai au fil de cet hommage. Je m'excuse également par avance d'être ainsi amené à développer plutôt les travaux que j'ai eu le bonheur de faire avec Michel Gambin, par rapport à ceux qu'il a fait avec d'autres géotechniciens, et qui sont en pratique beaucoup

plus importants pour le calcul des fondations et ouvrages dans le sol.

1.1. 1978, une année cruciale

Le décès de Louis Ménard le 15 Janvier 1978 marque pour Michel Gambin la fin d'un compagnonnage d'exception, pendant 20 ans exactement depuis que l'inventeur du Pressiomètre l'a appelé pour le développement de l'appareil et de la méthode pressiométrique (Gambin 2005a). « Bras droit » fidèle pendant ces vingt années, Michel Gambin a toute sa vie considéré que le génie de Louis Ménard surpassait tous ses collaborateurs, et que son décès aussi jeune leur donnait à tous l'obligation de développer ses inventions en se référant à ce que le maître aurait fait, et qui souvent se trouve dans ses écrits, bien que rares.

Michel Gambin dès ce moment où il a été privé du soutien de Louis Ménard, déploiera toute son énergie à la poursuite de son œuvre. Durant ces 20 années, 27 numéros de la revue Sols-Soils ont été publiés, en grande partie consacrés au développement par différents chercheurs des thèmes pressiométriques. Michel Gambin, dans le numéro 28, publie l'hommage à Louis Ménard de leur professeur Jean Kérisel (Kérisel 1979), et dans la même livraison un article sur le calcul des fondations à l'aide du module pressiométrique et de la pression limite (Gambin 1979), façon de marquer que le Pressiomètre n'est pas mort avec son inventeur.

Michel Gambin m'a embauché chez Études Pressiométriques Louis Ménard en avril 1978, je n'ai donc pas connu « le grand Louis », mais j'ai tout de suite été frappé par l'énergie des salariés des sociétés Ménard, dont le travail quotidien était tout entier motivé par le désir de poursuivre le travail du patron disparu, comme s'il était encore là.

J'ai toujours été impressionné aussi, comme si ce n'était forcément pas un hasard, par le fait que c'est en 1978 aussi que sont parus presque simultanément comme un hommage nécessaire à Louis Ménard, deux ouvrages de référence, en anglais « The Pressuremeter and Foundation Engineering » (Baguelin et al. 1978) et en français « Les essais in situ en mécanique des sols » (Cassan 1978) avec de grandes parties pratiques et théoriques sur le Pressiomètre.

Jeune géologue ayant surtout comme expérience celle des reconnaissances géologiques qualitatives de tracés routiers, j'ai senti l'obligation de rattraper au plus vite mes lacunes en pressiométrie si je voulais être à la hauteur de la réputation des sociétés Ménard. L'édition n'étant alors qu'imprimée, ces deux ouvrages sont les livres les plus truffés de marque-pages de ma bibliothèque, en concurrence de la collection des Sols-Soils dont Michel Gambin donnait à potasser un exemplaire à chaque nouveau, ainsi que la collection complète des notices Ménard « série D » dont Michel Gambin assurait également la remise à jour permanente, et la réédition imprimée de façon très moderne pour l'époque sur une imprimerie interne de niveau professionnel. Lorsque Michel Gambin faisait circuler en interne un document, une publication, à l'attention d'un collaborateur, avec la mention manuscrite « m'en parler », le destinataire savait qu'il avait intérêt à

réfléchir à son avis, et ne pas omettre de prendre rendez-vous avec lui. Michel avait une mémoire phénoménale et n'oubliait aucun détail.

1.2. Avant 1958.

De l'enfance et l'adolescence de Michel Gambin, né le 2 Décembre 1930 à Paris, je savais peu de choses. Il m'a évoqué une fois seulement l'ambiance morose des années 40 à Paris, où il a fait toute sa scolarité primaire et secondaire au Lycée Janson de Sailly. Son fils aîné Christophe m'a donné quelques éléments, depuis son décès : Michel avait une sœur Françoise, de deux ans sa cadette, décédée en 2015. Leur père Auguste Gambin, capitaine d'intendance au Ministère de la Guerre est décédé en 1932. Leur mère Marie-Lucie les a élevés seule, au 11 rue Magdebourg (Paris, 16ème) dans les restrictions de la guerre et de la Libération, avec les difficultés à assumer les études d'un garçon qui avait l'ambition de faire après le baccalauréat les classes préparatoires, puis le concours d'entrée à l'École Nationale des Ponts et Chaussées. Pour sa famille « papa Michel », était son nom familial aussi bien pour ses 3 enfants, que ses petits-enfants. Michel lui-même ne semblait pas intéressé par la recherche de ses ancêtres, alors même qu'il s'intéressait souvent à l'origine des miens, pour me reparler du cousinage éloigné de son épouse Marie-Thérèse avec un de mes camarades de classe en Franche-Comté. Je me souviens lui avoir montré que les Gambin, en France sont localisés sur le département de l'Ain, mais sont bien plus nombreux en Italie, province de Vénétie, et Espagne, province de Murcie.

Michel Gambin sort de l'ENPC dans la promotion 1954. Il a gardé comme Louis Ménard, dont il a fait connaissance à l'école à une promotion d'écart, des contacts avec le Professeur Jean Kérisel. Il part une année aux États-Unis à Harvard, Graduate School of Arts and Sciences, où il suit les enseignements de K. Terzaghi et de A. Casagrande et dans la même ville de Cambridge (Massachusetts), ceux de D. Taylor et de T. Lambe au MIT. Il m'a toujours rappelé qu'il a beaucoup progressé avec l'enseignement de David Taylor, peut-être plus encore qu'avec celui de Karl Terzaghi dont il avait du mal à comprendre l'anglais. Conscient de la chance d'avoir connu ces pères fondateurs de la géotechnique, il revient des USA avec une édition de « Soil mechanics in engineering practice » (Terzaghi & Peck 1948), « seventh printing, February 1954 », livre qu'il m'a légué, avec de nombreuses pages soulignées et annotées, ainsi que ses notes de cours Harvard & MIT, recopiées de la belle écriture presque calligraphiée qui le caractérise.

Michel (Gambin 2005b) parle de ses 18 mois de service militaire en 1956-1957, dans le Génie militaire, dont il sort lieutenant. Puis en 1958 c'est le début de la collaboration avec Ménard, revenant lui de l'Université de l'Illinois, avec son PhD (Ménard 1957) sur le Pressiomètre et son prototype. Ménard a déjà fondé sa société, doit faire son service militaire, tout en ayant déjà commencé à vendre son Pressiomètre aux bureaux d'études premiers compagnons de route, comme Sopéna, Sobésol et Fondasol, ainsi qu'aux Laboratoires

Régionaux des Ponts et Chaussées. Les deux hommes, parfaitement formés à la mécanique des sols déjà classique, ne vont pas tarder à s'en écarter pour innover et créer pour le Pressiomètre leurs propres concepts.

2. 1958-2024, la carrière de Michel Gambin, 66 années en 6 étapes.

2.1. 1958-1978, 20 ans avec Louis Ménard



Figure 1. Michel Gambin et Louis Ménard, années soixante, probablement Saulx-les-Chartreux (France)

Des 20 années de collaboration entre Louis Ménard et Michel Gambin (Fig. 1), on a le témoignage d'une activité intense et soutenue pour créer, développer et imposer à leurs contemporains le rôle irremplaçable du Pressiomètre (Fig. 2) dans la reconnaissance des propriétés géomécaniques des sols et des roches. Dès Août 1957, quelques mois après sa thèse, Louis Ménard n'hésite pas à aller seul au IV^{ème} CIMSTF, Congrès de la Société internationale de Mécanique des Sols et Travaux de Fondations à Londres, où il présente son prototype, et intervient oralement dans plusieurs communications pour dire que lui sait mesurer le module in situ, et promettre de revenir avec des preuves au 5^{ème} Congrès.

Dès les premières années, ils forment un petit groupe de passionnés autour de Louis, le patron incontesté, on dirait aujourd'hui une « dream team », avec un aîné, l'ingénieur Henri Pompon, qui développe les premiers calculs d'application de leurs mesures à la force portante des fondations, et des jeunes de leur âge : Jean Rousseau, dont le parcours est universitaire avec une thèse sur les sols granulaires, et qui crée un bureau d'études géotechniques au sein de la société La Béarnaise, dont il s'émancipera pour créer Soletco ; Maurice Cassan, sortant de l'ESTP, travaillant à la société Paul Clausse, qui rapidement devient Fondasol (Fig. 3) ; s'ajoute très vite le Professeur Albert Van Wambeke, de l'École Royale Militaire de Bruxelles, qui restera toujours un ami très proche de Michel Gambin.

Louis Ménard, toujours impératif, les décide très vite à abandonner au moins provisoirement la recherche des relations théoriques entre l'expansion d'une cavité cylindrique et les caractéristiques intrinsèques du sol, cohésion et angle de frottement, pourtant jugées alors universellement indispensables à la détermination des fondations selon l'enseignement de Karl Terzaghi.

En peu d'années, entre 1958 et 1961, leur conception pragmatique sans les paramètres classiques est mise au

point : invention et mise en exergue du concept de pression limite comme paramètre pouvant caractériser tout type de terrain, pose des bases de relations simples de la pression limite avec la force portante et avec le frottement, importance du module de cisaillement dans la compréhension du tassement, distinction entre la part sphérique et la part déviatorique dans le tassement. Pour ne pas trop déboussoler les ingénieurs familiers du module d'Young, le module de cisaillement pressiométrique est défini sur la plage pseudo-élastique de l'essai et exprimé avec un coefficient de Poisson unique, en module de compression.

Leurs recherches sont basées sur des essais de fondations en vraie grandeur que Ménard mène sur le site de construction de ses locaux et ateliers à Saulx-les-Chartreux, dans le sable de Fontainebleau, et qu'il nomme, non sans une certaine ambition « Centre d'Études Géotechniques de Paris ». La validation des hypothèses faites sur la relation directe de la pression limite avec la contrainte de rupture, et l'utilisation du module pressiométrique pour la prévision du tassement, a pour but d'arriver, comme ils l'ont retenu de l'enseignement de Terzaghi, à un dimensionnement pratique basé sur un tassement différentiel acceptable, avant d'en avoir toutes les justifications théoriques (Gambin 1995).

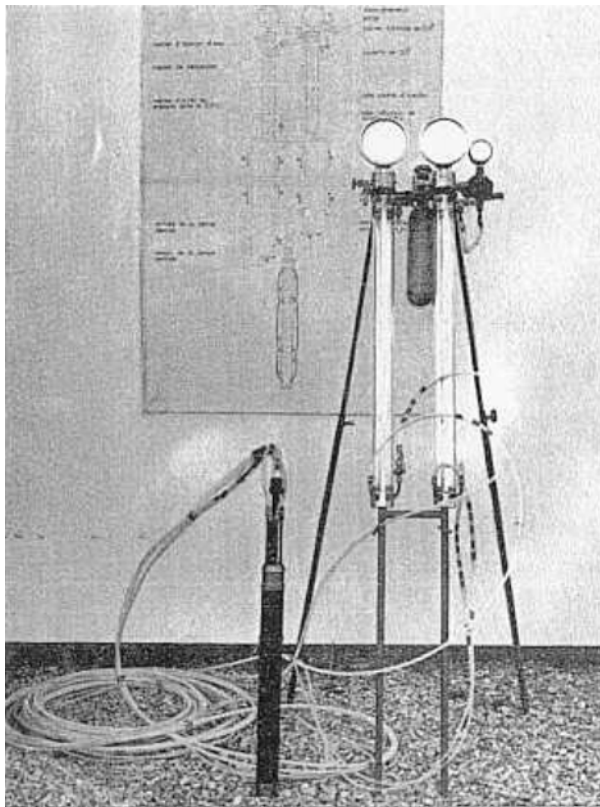


Fig. 1 Type de pressiomètre.
Type of pressiometer.

Figure 2. Le pressiomètre (Ménard 1961). Il s'agit du type D à 2 volumètres, pour la cellule centrale et les cellules de garde. M. Gambin dit qu'il n'a pas connu les types A, B « made in USA », le type C était avec sonde cellule de mesure quasi-sphérique. Ils seront remplacés après 1962 par le type F, longtemps conservé dans les LPC, puis le type G avec sonde à cellules emboîtées encore en usage aujourd'hui (Leblanc 1982)

L'objectif était de viser un tassement différentiel acceptable sous la contrainte, qui soit le meilleur compromis en fonction du profil de sol, établi statistiquement avec une répartition régulière tous les 1m de profondeur des essais pressiométriques d'un nombre de sondages adapté à la géométrie du projet.

Leurs travaux n'omettent cependant pas de prendre en compte l'étude théorique de la courbe pressiométrique, que Louis Ménard a initié dès sa thèse, qu'ils abordent aussi par les résultats d'autres travaux contemporains qui s'intéressent déjà assez tôt à l'invention de Ménard : (Gibson & Anderson 1961, Ladanyi 1961, Greenland 1964, Meigh & Greenland 1965, Salençon 1966, Dixon & Jones 1968, Higgins 1969), ou plus anciens, pouvant s'adapter à la contrainte radiale (Bishop & al. 1945, Skempton, Yassin, Gibson 1953, Rowe 1962)



Figure 3. Sur une photo de groupe en 2001, Michel Gambin, Maurice Cassan, Jean Rousseau, avec Marie-Laure Carrière, la seule avocate membre du CFMS. Henri Pompon, Louis Ménard, Albert Van Wambecke ne sont plus là. Pas de photos des années soixante de l'équipe au complet

Michel Gambin, dès ces années pionnières, s'applique à répertorier méthodiquement tout ce qui s'écrit autour du pressiomètre ou peut lui être utile (Série des notices Ménard Y, Bibliographie sur le pressiomètre).

Les besoins pratiques du dimensionnement par le pressiomètre font émerger très tôt :

- le concept du coefficient rhéologique α (alpha) (Ménard & Rousseau 1962), introduit pour tenir compte de la non linéarité de la phase pseudo-élastique de l'essai, notion fondamentale qui donne encore matière à réflexion aujourd'hui (Baguelin & al. 1978, Cassan 1978, Schmitt 1995, 1998, Briaud 2013, Gambin & Baud 2013), voir ci-après §3.2,
- le concept de profondeur relative et de profondeur critique (Ménard 1963, Gambin 1979), voir §3.3, qui va de pair avec
- le concept de coefficient de portance k pour les fondations superficielles ou la pointe des fondations profondes, pour lequel sont établies des abaques selon les catégories de terrain. Le coefficient de portance, prédit par Ménard dans le manuscrit de son premier brevet (Gambin 2005), ne sera formalisé sous ce nom que dans l'article qui résume sa méthode pressiométrique, la brochure Ménard D60 probablement préparée

par M. Gambin (Centre d'Études Géotechniques Ménard 1967, 1^{ère} édition), mise à jour et diffusée systématiquement aux utilisateurs, en plusieurs langues, et publiée aussi dans Sols-Soils avec la signature du maître (Ménard 1975).

La densité de ces travaux, en même temps que ceux des laboratoires des Ponts et Chaussées, utilisateurs de pressiomètres sur l'ensemble du territoire hexagonal, qui consolident par l'usage et par leurs recherches les bases pratiques et théoriques du pressiomètre, se résume difficilement en quelques phrases.

Il faut pour s'en convaincre consulter la liste des articles de Ménard et Gambin, les titres de la revue Sols-Soils qui font l'objet d'un catalogue en 1968, la liste des notices Ménard D (méthodes), M (matériels) et Y (bibliographie), ainsi que les archives de ces années du Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. Toutes ces publications du groupe Ménard, ont été diffusées en permanence aux utilisateurs « concessionnaires du Pressiomètre », parmi lesquels à partir de 1962 la société Eurasol fondée au Luxembourg par Ménard et qui en a conservé les archives parfois jaunies, mais plus complètes de celles de Ménard, dispersées après 1982. Le plus rapidement après ce Symposium, un article (Heintz et al. 2026) tentera un récapitulatif exhaustif.

Louis Ménard avait domicilié sa première société à Paris, avenue de la Motte-Picquet. Dès le début des années soixante, il acquiert un terrain au rocher de Saulx, à Saulx-les-Chartreux (91), où il construit des bureaux, attenants à sa maison, et des ateliers (Fig. 4). Au gré des agrandissements successifs, ses bâtiments servent pour l'expérimentation en vraie grandeur de semelles et de puits, fondés sur les sables de Fontainebleau (Rupélien, ex Stampien). Il y trouve aussi des bancs de grès de Fontainebleau, très résistant, pour les premiers essais en haute pression. A peu de distance, dans un terrain appartenant à la société Satujo, producteur de caoutchouc qui a été un de ses premiers actionnaires de Ménard, on trouve aussi les argiles vertes du Sannoisien.



Figure 4. Michel Gambin et Louis Ménard devant les locaux de Saulx-les-Chartreux, début des années soixante.

La technique de réalisation des forages et essais pressiométriques est en quelque sorte nationalisée, en 1971 par le mode opératoire LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), et en 1972 par la publication de l'épais dossier Fond 72 piloté par LCPC et le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), dans lequel le dimensionnement des fondations au pressiomètre est acté comme pratique éprouvée et fiable. Ce document de référence pour les marchés publics restera longtemps en vigueur avant d'être remplacé par le « fascicule 62 titre V du CCTG » en 1993, qui sera la bible des géotechniciens par les fondations superficielles et profondes, avant d'être remplacé par les Eurocodes.

2.2. 1978-1982, Ménard sans Louis

Après la mort du fondateur, les sociétés du groupe fondé par Ménard gardent une activité soutenue, en France et à l'international, aussi bien en bureau d'étude (EPLM) qu'en travaux de consolidation dynamique (TLM), et sa veuve Françoise Ménard tente d'en assurer la gestion, mais rapidement ne peut faire face à la complexité de la triple activité du groupe d'entreprises, où Ménard avait embauché beaucoup de salariés en bureaux d'étude géotechnique et reconnaissances pressiométriques, en entreprise de fondations spéciales, et en construction mécanique pour les foreuses et les pressiomètres, mais aussi la gigamachine de compactage spécialement construite par Ménard pour l'aéroport de Nice, important chantier en cours au moment de son décès. Petit à petit, les projets pourtant importants n'assurent plus la masse salariale qui étouffe la trésorerie, et leur mise sous tutelle d'Intrafor-Cofor en 1982, se traduit par une réduction drastique du nombre de salariés. Une grande part des acquis, archives, suivi des manuels et notices, fabrications de pressiomètres et de sondeuses et de grues de compactage, disparaissent. La société Intrafor, propriété de la Lyonnaise des Eaux, est elle-même revendue quelques années plus tard, la plupart des anciens salariés de Ménard se disperse en créant des entités correspondant à leurs spécialités. La société Apagéo créée dès 1984 reprend quelques années plus tard la licence de Ménard matériels, tandis que les travaux d'amélioration de sols se détachent d'Intrafor sous le nom Ménard Soltraitement, puis Ménard tout court, aujourd'hui une des branches du groupe Vinci.

En Avril 1982, l'Institut Français du Pétrole et le LCPC organisent un « Symposium on the Pressuremeter and its marine applications », au cours duquel sont présentées plusieurs communications sur le PAF, pressiomètre autoforeur LCPC, la sonde marine autoforeuse de l'IFP qui visait des reconnaissances en mer, et des communications de collaborateurs du groupe Ménard (Gambin 1982, Leblanc 1982).

Cette année 1982 est un basculement dans la carrière de Michel Gambin, amené à fermer Ménard Inc. aux USA. À son retour en France, il entre chez Solétanche où il restera jusqu'à sa retraite en 1992.

2.3. 1982-1992, les années Solétanche

Les 10 ans de Michel Gambin dans l'entreprise Solétanche, qui a accompagné Ménard depuis l'origine,

comme en témoignent la plupart des 4^{èmes} de couverture de Sols-Soils, ont été plus directement consacrés aux conseils internes sur les chantiers de consolidation dynamique, et d'amélioration de sols en général (Fig. 5).

M. Gambin avait accompagné depuis longtemps la mutation de Louis Ménard vers les travaux d'amélioration de sols. Le premier écrit de Louis Ménard sur le sujet (Ménard 1970) avait été à l'occasion du tout premier chantier de compactage dynamique tenté et réussi à Mandelieu-La Napoule, dont Michel Gambin avait suivi de près le chantier et son contrôle au pressiomètre tout au long du compactage.

En même temps il commence une activité assez soutenue d'enseignement, d'abord par des formations internes à Solétanche, puis par son implication dans diverses formes d'enseignement, à l'Université Pierre-et-Marie Curie (Jussieu) et au CNAM, à Ponts Formations, et ponctuellement d'autres établissements.

Cette activité de formateur ralentit un peu ses publications en pressiométrie. Un second Symposium organisé en 1986 par le Pr Jean-Louis Briaud à Texas A&M University (USA) avec le même titre, est suivi d'un troisième, qui prend cette fois le titre de ISP3 « Pressuremeters » en 1990 organisé par British Geotechnical Society à l'Université d'Oxford (UK), où il donne la lecture n°1 (Gambin 1990).



Figure 5. Michel Gambin sur un chantier de consolidation dynamique, vers 1990.

Il consacra aussi beaucoup de temps à une importante synthèse, avec d'autres « vieux routiers » du pressiomètre (Amar, Clarke, Orr & Gambin 1991) sur "Utilisation des résultats des essais pressiométriques pour le dimensionnement des fondations en Europe. Rapport sur l'état des connaissances", qu'il donnait par la suite souvent comme référence.

2.4. 1992-2005, la retraite, acte I

La retraite professionnelle n'arrête pas le besoin d'activité de Michel Gambin, qui s'exprime alors au sein du CFMSG dont il est vice-président de 1998 à 2002. Comme on peut le voir dans sa production d'articles, c'est au contraire pour lui une période de grande activité (Fig. 15, Fig. 17), sur laquelle nous reviendrons ; participations à des congrès (Fig. 6, Fig. 7) ; rédaction de la lettre de la Géotechnique, publications, seul ou le plus souvent en collaboration, autant sur le pressiomètre et les fondations que sur l'amélioration des sols, au rythme moyen de 4 à 5 articles par année, dont ceux du Symposium ISP4 en 1995 à Sherbrooke.

La publication du fascicule 62 (MELT 1993) qui réorganise le dimensionnement des fondations en intégrant les avancées du réseau des LPC sur les fondations superficielles et surtout les fondations profondes (Bustamante & Gianceselli 1981, Frank 1974, Frank & Zhao 1982), l'incite à une révision de la notice Ménard D60, dont il veut qu'elle reste un document pédagogique pour les méthodes pressiométriques (Gambin 1998)

C'est aussi le temps des souvenirs, avec l'article « Karl Terzaghi, my teacher » (Gambin 1995) qu'il va présenter à Istanbul. Il relit pour cela et se remet à annoter les écrits de Terzaghi.



Figure 6. Une autre conférence, en fait à Téhéran, 1993. Michel Gambin, entre Pierre Delage et Victor de Mello.

Il en parle en disant qu'il faut sans arrêt, comme l'enseignait et le pratiquait Terzaghi, chercher à exprimer rigoureusement les bases de la mécanique des sols, mais sur le terrain les mettre de côté au profit du pragmatisme de l'observation du comportement des terrains, ce que permet le pressiomètre, et de son application pratique au dimensionnement. Cet éternel débat, qui ne concerne pas que notre profession, entre théorie et pratique en géotechnique le mènera à l'article « Étude élémentaire d'un mythe » (Gambin 2003) où il n'hésite plus à défendre le qualificatif de « semi-empirique » donné aux méthodes de Ménard, et à revendiquer que c'est une approche aussi indispensable qu'une approche purement théorique.

Il tiendra beaucoup à répéter la même idée en anglais (Gambin 2008), puis ce sera le fil conducteur de sa conférence Coulomb (Gambin 2010), voir §3.7.



Figure 7. Michel Gambin à la tribune de Solscope (2001, Futuroscope, Poitiers, France)

2.5. 2005-2018, la retraite, acte II

L'année 2005 est une année exceptionnelle aussi pour Michel Gambin. Avec d'autres collaborateurs, nous lui avons fait remarquer que 2005 serait celle des 50 ans de l'invention de Ménard, et que nous pourrions organiser une petite célébration. Il a aussitôt pensé que c'était trop peu, et nous a convoqué dans le bureau de Jean-Pierre Magnan, au LCPC, en nous disant que celui-ci, qui venait d'organiser et éditer une série de colloques importants (PARAM 2002, FONDSUP 2003, ASEP-GI 2004), était l'homme de la situation pour créer un Symposium sur le Pressiomètre, ISP5. Avec JP Magnan, et comme lui, M. Gambin consacre une énergie considérable, pour mobiliser des auteurs de tous pays, et le Symposium est une réussite mémorable, avec, en complément d'une Ménard Lecture (Baker 2005), de 5 conférences majeures et d'un grand nombre de communications, plus de 162, de nombreux rapports nationaux sur le développement du pressiomètre dans leur pays. Un exercice de calcul de fondation profonde, diffusé avant le Symposium, a reçu 12 réponses circonstanciées, objets d'autant d'articles et d'une synthèse de comparaison des prévisions aux résultats (Reiffsteck 2005). Enfin, un report verbatim des débats nourris et passionnés dans l'enceinte de l'ENPC à Marne-la-Vallée (Fig. 8).



Figure 8. Pressio 2005. À la tribune : J.P. Magnan ; M. Gambin, R. Frank, École des Ponts, Paris Tec

La somme de contributions amènera les Presses des Ponts à prévoir pour les actes 2 volumes (fig. 9).

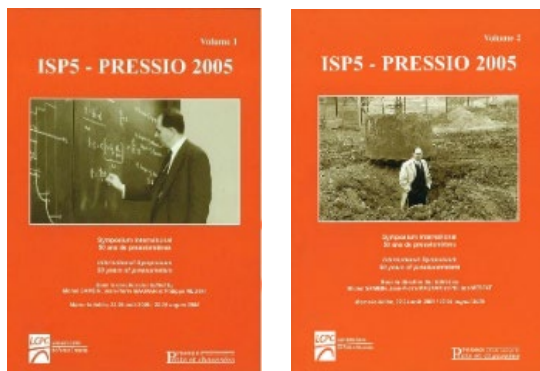


Figure 9. Actes ISP5, les 2 volumes

Dans le même temps, Michel Gambin a obtenu de la Commission Européenne de Normalisation la formation d'un groupe de travail (WG5) sur les essais d'expansion en forage dont il prend naturellement la présidence. Son but est d'élargir le champ de la norme pressiométrique NF P94-110(-1), à laquelle il a déjà participé en 1991 et 2000, qu'il juge trop franco-française et restrictive pour la pratique hors de France. Là aussi, il bat le rappel de ses correspondants en Europe pour constituer un groupe assez conséquent, représentant une dizaine de pays européens, qui mènera à bien avant 2009 la déclinaison des pratiques des essais d'expansion en forage la première étant évidemment celle de la norme EN-ISO24476-4 « Essai Pressiométrique Ménard », un des rares cas où le système normatif admet de donner à la norme le nom de l'inventeur.

Pendant ces années-là, où il assure encore 4 livraisons annuelles de la Lettre de la Géotechnique, il nous rappelle parfois que, même s'il a l'air encore alerte, il est soigné en permanence depuis des années pour une maladie sanguine, et qu'il commence à sentir le poids de l'âge.

Cela ne l'empêche pas d'accepter avec enthousiasme la proposition du CFMS de prononcer la 8^{ème} Conférence Coulomb, rendez-vous annuel qu'il avait contribué à instituer quelques années auparavant. Ce sera l'occasion de résumer sa vision de l'évolution des théories en mécanique des sols, de leur vie et de leur abandon en fonction de leur applicabilité : « Les théories et leur évolution face à la réalité en géotechnique » (Gambin 2010), avec un sous-titre un peu malicieux « 1^{ère} partie : Fondations superficielles », sujet sur lequel il rappellera les apports de Louis Ménard, basés sur la méthode expérimentale (voir §3.7). Lui-même ayant apporté, plus que L. Ménard, des méthodes pratiques sur les fondations profondes, il envisageait sérieusement de donner un jour une seconde partie à son exposé. Après avoir rappelé le grand nombre d'approches théoriques de la rupture, principalement entre 1930 et 1960, il cite abondamment les recommandations de Terzaghi de ne jamais se fier aux formules théoriques pour résoudre les cas pratiques d'interactions sol-structure, mais de s'adapter à la réaction observée du sol en vraie grandeur pour modifier le dimensionnement proposé : c'est la méthode observationnelle, préconisée dès 1945.

Quelques années plus tard, à l'annonce du XVIII^{ème} Congrès International de Mécanique des Sols à Paris pour 2013, il souligne que c'est 52 ans après le V^{ème} Congrès

à Paris en 1961 et une des publications fondatrices majeures pour le pressiomètre (Ménard 1961). Il demande une session parallèle pour le Pressiomètre qui sera ISP6, et pour cela bat le rappel en quelques mois de communications, qui seront au total au nombre de 40, beaucoup moins que ISP5-2005. Ce congrès sera aussi l'occasion de la Ménard Lecture « The Pressuremeter test. Expanding its use » (Briaud 2013).



Figure 10. Jean-Pierre Baud, Robert Heintz, Michel Gambin et Clive Dalton. Paris 2013

Estimant qu'il n'a pas pu faire s'exprimer suffisamment de chercheurs sur le pressiomètre lors de cette session, il pousse à l'organisation d'un Symposium ISP7, pour lequel il demande à Serge Varaksin et Wissem Frikha de l'organiser à Hammamet (Tunisie). Déjà trop fatigué pour voyager en avion, il ne fait pas le déplacement, et s'adresse aux participants par visioconférence. 45 communications sont présentées. A la fin du Symposium, les participants décident de la création d'un organisme permanent pour la gestion des questions relatives au pressiomètre et la prévision des futurs Symposiums, création de ICP, International Committee on Pressuremeter, dont Michel Gambin est nommé Président Honoraire.

2.6. 2018-2024, la retraite, acte III

A partir de 2018, il a alors 88 ans, Michel Gambin, qui a dit à ses correspondants sur mugambin@maie.fr qu'il arrêterait ses activités géotechniques, il cesse d'écrire pour la géotechnique, mais demande, à Apagéo et à moi, de le tenir au courant des évolutions du pressiomètre, et il suit les sites ISSMGE et CFMS. Il travaille néanmoins encore beaucoup, collaborant comme il l'a promis à son épouse Marie-Thérèse, à la rédaction d'un ouvrage entrepris il y a plusieurs années, sur « Le planisphère de Ptolémée », (Fig. 11) que sa famille éditera après son décès (Gambin 2011, Gambin-Dejean & Gambin 2026).



Figure 11. Deux représentations du système géocentrique de Ptolémée

3. Les principaux apports techniques et scientifiques de Michel Gambin

Michel Gambin s'intéressait à tout, lisait beaucoup en prenant des notes, et avait une mémoire impressionnante de tout ce qu'il avait vu ou lu une seule fois. Il le classait le plus souvent en photocopie annotée.

Combien de fois, en lui soumettant une idée que je pouvais penser nouvelle ou du moins adaptée à notre problème, ai-je eu comme réponse, « cela a déjà été traité par tel auteur, à telle date, et je vais te donner aujourd'hui même la référence ». Son moteur de recherche interne, bien avant l'ère informatique, était basé sur les concepts plus que sur les mots.

Je vais tenter de regrouper par quelques thèmes ses principaux champs d'intérêt, en m'excusant d'avance de n'être ni exhaustif, ni objectif, influencé par les pistes qu'il m'a proposées, je dirais parfois imposées au cours de toute la carrière que j'ai eu la chance de vivre à ses côtés. Certains de ses coauteurs présents ici, et d'autres trop tôt disparus, ne m'en voudront pas.

3.1. L'élasticité non linéaire.

3.1.1. Les formes de courbe pressiométrique.

C'est un des tout premiers constats que Ménard et Gambin ont tiré de l'expérience renouvelée dans tous les terrains à chaque essai pressiométrique. La forme de la courbe pressiométrique, constante quel que soit le terrain, leur a donné dès le départ « du fil à retordre ». Ménard avait dessiné dans son mémoire, et repris dans ses premiers écrits, la forme idéale d'une courbe pressiométrique démarrant « de la déformation zéro » avec une tangente à l'origine correspondant à une réaction très raide, réaction se dégradant plus ou moins vite, souvent très vite, parfois plus lentement, vers l'apparition de grandes déformations et la notion de rupture progressive. Tandis que Ménard développait sa conception des petites déformations non-linéaires lues au pressiomètre (Ménard 1961, Ménard et Rousseau 1962), Michel Gambin, plus préoccupé pour donner des directives d'interprétation de l'essai aux premiers utilisateurs, posait le principe que les premiers paliers de l'essai dans un forage préalable étant forcément entachés d'un « remaniement » minimum, il fallait pour le calcul d'un module déterminer une plage pseudo-élastique entre un point où on constate le bon contact avec la paroi, ce sera « P_{0M} » et le point où la croissance du fluage amène à désigner par P_F la fin de cette plage.

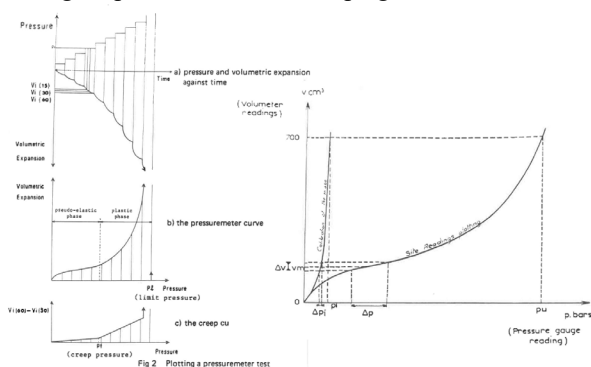


Figure 12. L'essai pressiométrique classique (Ménard 1975) prend en compte la décompression avant l'essai.

3.1.2. Le forage donne la forme de la courbe.

Michel Gambin n'ignore pas que cette imperfection du début de courbe va déranger les théoriciens. Il développe donc au plus vite les méthodes de forage de l'époque, comprend très tôt l'intérêt des boues bentonitiques dont les propriétés sont exploitées par les foreurs pétroliers. Les premiers ateliers de forage des sociétés Ménard sont des rotatives mécaniques utilisées pour le carottage ; il les modifie pour les utiliser avec des outils destructifs adaptés aux diamètres des sondes, en testant aussi en parallèle le carottier battu au mouton Delmag comme outil de découpe du terrain. Ménard avait dimensionné ses sondes en se basant sur les standards américains DCDMA : les sondes historiques de sa thèse dans l'Illinois étaient de 5 pouces et 4 pouces. À Paris, il pense tout de suite à ne pas imposer à ses concessionnaires et à ses propres équipes de trop grosses foreuses, et il dimensionne ses sondes pour des forages en 3 pouces (76mm), 2 1/2 pouces (63mm), 1 3/4 pouce (44mm), et même 1 1/4 pouce (32mm) et 7/8 pouce (22mm), pour le minipressiomètre qui répond au contrôle de chaussée, sujet sur lequel il a eu ses premières intuitions de chargement de la paroi d'un forage à la place d'une plaque. Les coupures ne sont pas choisies au hasard, mais pensées pour permettre le télescopage de sondes de plus en plus petites. Assez vite, la dimension de 2 1/2 pouces s'imposera comme le meilleur compromis pour les mécaniciens que Ménard a embauché pour construire les sondes, les outils et leur environnement de raccords, tubulures rigides et tubulures souples. La sonde « nue » 60 Ménard devient la référence, en même temps que l'invention brevetée (Ménard 1960) du tube fendu 63mm qui utilise à l'intérieur la sonde 44mm. Le tube fendu est conçu au départ comme une façon de pallier les difficultés de tenue d'un forage dans les sables et graviers sous la nappe, et donc utilisé en battage direct, et en vibrofonçage en mer, à l'aide du vibro-marteau construit chez Techniques Louis Ménard (Ménard et Gambin 1965). Très vite, ce fonçage du tube fendu direct, muni d'une pointe ou d'un carottier fermé, est limité aux sols granulaires, et prohibé dans les sols cohérents. Mais très vite aussi apparaît l'idée de battage ou fonçage du tube fendu ouvert, simultanément au nettoyage de l'intérieur par un petit outil adapté. La méthode du tube fendu ouvert est très employée par les équipes Ménard, souvent dans les terrains meubles de recouvrement, pour passer plus en profondeur au forage en petit diamètre permettant de prolonger le forage destructif pour la sonde pressiométrique de 44mm.

Michel Gambin rédige de nombreuses notes destinées aux opérateurs maison et aux concessionnaires, expliquant la nécessité de forage avec injection de bentonite, en modifiant les « wagons-drills » à air comprimé utilisés en carrière pour les équiper d'une d'injection, pour laquelle les ateliers Ménard conçoivent des pompes monopiston à faible débit et forte pression. Ces pompes équipent aussi la foreuse hydraulique Ménard D9000, construite par Ménard pour le forage pressiométrique.

Pour la construire entièrement dans le groupe Ménard, Ménard et Gambin construisent à Granville, ville natale de Louis Ménard, un atelier de production qui

emploi de nombreux ouvriers normands. La D900 est une des premières foreuses hydrauliques légères, dont l'équipement permet toutes les techniques de forage pressiométrique.

Toutes ces méthodes sont réunies par Michel Gambin dans une notice (Centre d'Études Géotechniques Ménard D10 1966 1ère édition) dite « notice exécution » qui connaîtra une grande diffusion et des ajouts, avant et après sa publication en article dans Sols-Soils. L'élaboration de cette notice est parallèle à la publication par les LPC du mode opératoire de l'essai pressiométrique (LCPC 1971). Michel Gambin y voit plus une saine émulation qu'une concurrence, et considère que c'est une reconnaissance par les services de l'État de l'importance du pressiomètre dans les reconnaissances des tracés routiers et autoroutiers dont les LRPC ont la charge. Il en fait la promotion tout autant que la notice D10 et recommande à tous ses interlocuteurs, salariés ou concessionnaires Ménard d'en suivre les recommandations. Il explique avec constance que, la technique d'alternance forage préalable et essais par passes ne pouvant pas être parfaite, elle doit tendre à un objectif de « remaniement contractuellement normalisé » pour que les essais restent tous comparables entre eux (Fig. 12). Ces deux béquilles de la pratique de l'essai resteront utilisées et opérationnelles jusqu'à la première normalisation en 1991, et sont de fait pendant 30 ans, avant le passage par l'AFNOR puis le CEN et l'ISO, la normalisation de l'essai Ménard.

3.1.3. L'autoforage de la sonde pressiométrique.

L'émergence de la notion d'autoforage se fait dans les actions de recherche sur le Pressiomètre des Laboratoires des Ponts (Jézéquel et Baguelin 1970). Elle ne surprend pas Michel Gambin, qui discute régulièrement avec eux, et connaît leurs écrits dès l'origine. Mais il sait que seul le pressiomètre en forage préalable restera capable de produire quotidiennement les données nécessaires au dimensionnement des ouvrages, et ne se détournera jamais de cette certitude, même si le groupe Ménard produit dès ces années-là la sonde rétrojet, capable d'autoforage dans les sols fins et les sols sableux de pression limite modérée. Michel Gambin ne néglige pas, pour autant, l'apport théorique important que représente l'analyse des essais autoforés dans les sols compressibles, et il fait la promotion du livre « The Pressuremeter and Foundation Engineering » (Baguelin et al. 1978) dès sa sortie, dans la revue de presse de Sols-Soils n°28, déjà évoqué, sorti au lendemain du décès de Ménard ; il en acquiert un stock distribué largement aux clients utilisateurs de pressiomètre Ménard, et aux ingénieurs du groupe. Dans le même temps, les chercheurs de l'Université de Cambridge mettent au point le Camkometer, et lorsqu'une société commerciale se constitue pour le fabriquer et le vendre, il invite chez lui à Paris Clive Dalton (Fig. 10), qui malgré la compétition commerciale deviendra un ami, croisé au gré des Congrès et Symposiums, et qu'il appellera dans les années 2000 pour constituer le groupe TC41 WG5 de normalisation européenne.

3.1.4. La forme hyperbolique de la loi de comportement pressiométrique.

Cette forme hyperbolique est appréhendée dès les débuts des réflexions de Ménard et Gambin : thèse de Louis (Ménard, 1957), premier article de Sols-Soils (Ménard et Rousseau 1961), article fondateur (Ménard 1962) montrant la décroissance du module tangent maximum initial avec la déformation. Michel Gambin a lu et annoté dès leur parution les articles fondamentaux sur le sujet (Kondner 1963, Hardin & Drvenik 1972). Le papier millimétré en $(P | 1/V)$ est imprimé à l'usage des ingénieurs dessinant les points d'essai et formera une page entière dans la D60. En même temps, le professeur Van Wambecke milite auprès de Ménard et Gambin pour la prise en compte de l'ensemble de la courbe pressiométrique en créant la modélisation en double hyperbole (Van Wambecke & D'Hemricourt 1971, 1979). Parallèlement, toutes sortes de méthodes d'extrapolation sont testées par différents chercheurs : méthode des volumes relatifs, méthode log-log, méthode Lemée, toutes sont « décortiquées » dans le groupe Ménard, mais M. Gambin reste convaincu que l'adéquation aux points expérimentaux qui reste la meilleure est l'hyperbole en $1/V$ sur les derniers points de l'essai et la double hyperbole sur l'ensemble des courbes classiques en forage préalable.

Mon parcours avec Michel Gambin commence par là. Peu après mon embauche, il me demande de programmer pour le bureau d'étude EPLM la méthode en $1/V$ et, si possible, la double hyperbole, sur les petites calculatrices Hewlett-Packard qui viennent de sortir. Avec l'aide d'Eric Füneggard, stagiaire suédois arrivant chez EPLM en même temps que moi, nous nous formons aux subtilités de la programmation en notation polonaise inverse. Limités par les 25 lignes maximum des premières HP25, nous demandons très vite à suivre la distribution des calculatrices successives jusqu'à la HP45C aujourd'hui « vintage » mais toujours accessible sur ordinateurs et smartphones grâce à quelques passionnés. Michel Gambin m'envoie en 1979 à Bruxelles dans le labo du Professeur Van Wambecke où je découvre ce qu'est un ordinateur, émerveillé comme un gamin (que j'étais) par un écran qui permet de faire un zoom sur telle ou telle portion de la courbe. Je reviens en disant qu'il nous en faut un, et ce sera, toujours chez Hewlett-Packard, le HP85, avec son petit écran de 30 cm², sa sortie imprimée sur bande étroite, mais déjà une puissance suffisante pour résoudre l'ajustement en double hyperbole en un petit quart d'heure.

À cette époque, chose étonnante pour un jeune ingénieur d'aujourd'hui, il n'y a dans les entreprises, grosses ou petites, aucun ordinateur bureautique, et très peu d'ordinateurs dignes de ce nom dans les laboratoires. En même temps, Michel Gambin a initié chez Ménard la mise au point d'un pressiomètre enregistreur, ce sera le type GE, implanté vers 1981 dans la carcasse d'un type GC, et nous fait travailler sur le prototype ambitieux d'un pressiomètre automatisé avec régulation de pression. La chute du groupe Ménard, moins de 5 ans après le décès du fondateur, ralentira nos travaux, qui aboutiront, pendant la location-gérance de Ménard par Intrafor-Cofor, grâce à la collaboration de Gérard Arsonnet,

salarié Ménard de longue date, Daniel Perpezat, arrivé juste après cette reprise, et une équipe de deux sous-traitants tout juste sortis de Centrale. Ce sera le PAC, pressiomètre assisté par ordinateur (Baud & Perpezat 1984, Baud, 1985), magnifique Concorde dont 2 exemplaires seront utilisés pendant quelques années sur les chantiers EPLM sous la houlette Intrafor, mais qui sera du point de vue commercial un bide complet.

La courbe en double hyperbole continue cependant son cheminement. Après avoir envisagé de l'implanter directement dans le PAC, la nécessité d'ajouter des composants pour le traitement, et la durée de calcul, nous ont incités à déporter le traitement sur les ordinateurs qui cette fois commencent à coloniser les bureaux. Chez Intrafor, Léon Mastikian, ingénieur du service injections qui a amené son ordinateur personnel au bureau à cause de la réticence de la direction à en acquérir, sera pour moi un aide précieux qui reprogramme la double hyperbole et accélère son ajustement à moins d'une minute, performance alors remarquable.

Michel Gambin, alors chez Solétanche, est un concurrent pour Intrafor, surtout pour ses travaux sur la consolidation dynamique. Il suit néanmoins mon parcours, qui sera de quitter Intrafor, au moment de sa mise en vente par la Lyonnaise des Eaux, et il m'appelle pour me dire qu'il faut absolument publier la méthode de résolution de la double hyperbole et ses applications, à l'occasion du Colloque « Géotechnique et Informatique » organisé par l'École des Ponts. Nous développerons à la fois la méthode de résolution, et son application aux courbes « de type autoforé » en simple hyperbole (Baud, Gambin, Uprichard 1991).

3.1.5. L'exploitation de l'hyperbole pressiométrique.

La collaboration avec Michel Gambin reprendra une plus grande fréquence grâce au Symposium ISP5 en 2005. Depuis la chute du groupe Ménard puis le démantèlement d'Intrafor, la forte demande des utilisateurs de pressiomètres confrontés à la pénurie de matériel, notamment toutes les pièces petites ou grosses nécessaires aux sondeurs pour la maintenance de leurs sondes, et contrôleur pression-volume, a incité d'anciens salariés de Ménard à créer les ateliers de production de cette petite industrie. Le nombre de bureaux d'étude pratiquant quotidiennement le pressiomètre s'accroît comme en témoigne la croissance du nombre de membres de l'Union Syndicale Géotechnique, moins de 10 en 1990, et au moins 40 dans les années 2000. Michel Gambin est depuis l'origine conseil d'Apagéo fondé par Robert Robin, moi-même de Géomatech fondé par Gérard Arsonnet ; les deux sociétés se rapprochent en 2000, et nous commençons à penser, en regardant cette évolution, que nous arrivons à bientôt 50 ans de la vie un peu tumultueuse du Pressiomètre Ménard. Michel Gambin a vite fait de nous convaincre que cette célébration n'est pas à faire entre anciens salariés, mais est l'occasion de monter un Symposium n°5 / 50 ans / 2005. Il nous emmène voir au LCPC Jean-Pierre Magnan avec qui il sera l'organisateur et l'éditeur de ISP5. Tous deux m'incitent à approfondir ce que l'on peut tirer de l'équation hyperbolique de la courbe. Ce sera avec M. Gambin une généralisation de l'équation

hyperbolique réduite en $\varepsilon f(\sigma)$ (Baud & Gambin 2005), en conclusion de laquelle nous exprimons un espoir d'essor de la pressiométrie grâce à la présentation de la méthode du tube fendu autoforé (STAF[®]) modernisant le tube fendu ouvert (Arsonnet, Baud, Gambin 2005). Tandis que cette méthode se perfectionne, nous reprenons sous des formes plus élaborées le modèle hyperbolique, lors d'autres colloques, ISC3 à Taïpeh (Baud & Gambin 2008) où je me rends en compagnie de François Schlosser ; le long trajet aérien sera l'occasion d'une fructueuse discussion avec lui. Ce sera l'occasion de reprendre notre travail avec l'analyse mathématique rigoureuse de F. Schlosser qui nous propose une présentation différente pour ISC4 à Pernambuco (Baud, Gambin, Schlosser 2012), puis à Paris pour ISP6 Symposium Pressiométrie en parallèle du 18^{ème} CSMG (Baud, Gambin, Schlosser 2013). Ce dernier article montre que la courbe pressiométrique est entièrement déterminée en connaissant 4 paramètres : la pression limite asymptotique p^*_L , la pression au repos p_0 , le module tangent initial G_0 et le module de cisaillement sécant G_M à $p^*_L/2$. M. Gambin, très satisfait de cette solution, et constatant son application sur des séries d'essais en tube fendu autoforé (Rotostaf) que je lui montre dans différents terrains, considère que l'obtention d'une loi de comportement complète de la pression initiale à la rupture est maintenant faisable dans tout type de sol, et dessine la forme idéale cherchée par Ménard (Fig. 13). Elle permet de revenir par ailleurs aux paramètres classiques E_M et p^*_{LM} , et d'en déduire le coefficient rhéologique α propre à chaque essai (Baud & Gambin 2013), voir §3.2, et donc de proposer des données fiables et représentatives de la réalité des terrains pour l'application aux travaux dans le sol.

L'exploitation de la non-linéarité de la réponse pressiométrique, et du « taux d'amortissement » lors de la décroissance des modules tangents mesurés au pressiomètre a atteint aujourd'hui un niveau d'analyse très élevé, qui ne surprendrait pas M. Gambin, exposé par plusieurs orateurs dans ce Symposium (Lopes Dos Santos & Habert 2025, Hughes & Whittle, 2025, Contreras et al. 2025).

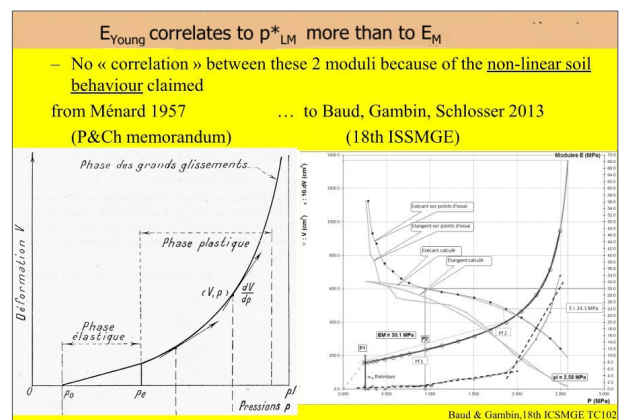


Figure 13. Courbe pressiométrique parfaitement hyperbolique (Baud & Gambin 2013). Diapositive comparant la courbe en simple hyperbole obtenue en autoforage au dessin d'origine de L. Ménard (Ménard 1957).

3.2. La classification des sols et des roches par le pressiomètre, et le coefficient α

Dans mes débuts en pressiométrie, après avoir ingurgité de façon intensive sous la pression de Michel Gambin l'essentiel des notices D, des Sols-Soils et bien entendu la D60, la réponse au « m'en parler » a été un peu longue à venir, mais j'ai commencé à le « tanner » sur la question de savoir pourquoi l'essai pressiométrique se comporte différemment dans les argiles et dans les sables, et celle de savoir quels étaient les fondements du coefficient rhéologique α . En effet, les controverses sur l'utilisation du pressiomètre étaient encore vives à cette époque (fin des années 70) où le pressiomètre comptait certes beaucoup d'adeptes, mais encore beaucoup de contempteurs. On pouvait trouver aussi bien des gens qui admettaient que l'essai pressiométrique peut signifier quelque chose dans l'argile, mais certainement pas dans les sables, ou l'inverse. Et par ailleurs, cette tendance naturelle des mécaniciens du sol à ne s'intéresser qu'aux cas extrêmes bien délimités avait quelque chose de gênant pour un géologue qui constate que ces deux cas sont les plus rares, la majorité des terrains étant entre ces deux extrêmes, et des plus variables en proportions et en granulométries. En 1979, M. Gambin m'envoie seul représenter Ménard à une conférence ITBTP présidée par P. Habib sur les fondations soumises à des efforts horizontaux. Toute la conférence se déroule sur la prise en compte des efforts sur le pieu à partir des paramètres intrinsèques des sols, et des grandes difficultés de prédiction des déplacements. Surpris, je risque une remarque sur ce qu'apporte le pressiomètre à ce problème, je me fais aussitôt remettre à ma place par P. Habib « Le pressiomètre ne peut pas permettre ce calcul des déformations, et la pression limite est une notion aléatoire ». Je me tais devant l'argument d'autorité, et une salle que je pensais assez acquise à l'orateur. Après quelques autres questions, une personne prend la parole pour dire « Je construis des ducs d'albe tous les ans, tous sont dimensionnés au pressiomètre et me donnent satisfaction ; je suis Directeur du Port Autonome de Bordeaux ». En rapportant l'incident, je comprends que c'est sciemment que Michel Gambin m'a envoyé en terre inconnue du pressiomètre.

Michel Gambin ne m'a jamais répondu complètement sur l'origine du coefficient α (Ménard et Rousseau 1962), ni sur la petite phrase de la D60 disant « il y a une relation directe entre le coefficient α et le coefficient de concentration mis en évidence par Fröhlich », phrase qu'il a d'ailleurs omise dans la révision de la D60 en 1998. Je n'ai pas plus obtenu d'éclaircissement de la part de Jean Rousseau, chez lequel j'avais été stagiaire, ni de Maurice Cassan, qui tente dans son livre (Cassan 1978) de donner une justification rationnelle. La relation entre α et la nature du sol est bien sûr évidente au vu du tableau de Ménard donnant α en fonction de E/PL resté à peu près inchangé depuis son origine jusqu'aux Eurocodes, alors même que Ménard avait assorti le tableau du codicille « les valeurs de α seront revues à la lumière de résultats d'essais expérimentaux ». La critique faite à la méthode pressiométrique de calcul du tassement est que le résultat peut varier du simple au triple, voire au

quadruple, selon la valeur que l'ingénieur attribue au coefficient ; fort heureusement, la comparaison des prévisions aux mesures sur fondations instrumentées est très bonne, preuve que les ingénieurs concernés ont estimé pour α une valeur en relation avec le comportement du sol selon sa classification, comme montré dans « The pressuremeter » (Baguelin et al. 1978). Michel Gambin m'avait laissé vers 1982, avant son départ aux USA, avec une injonction : puisque cette question vous préoccupe, cherchez-moi une façon plus rationnelle d'exprimer α en fonction de l'essai pressiométrique. Les vicissitudes professionnelles ont fait que je n'ai commencé à lui répondre que pour Pressio 2005 en proposant de répartir les résultats d'essai, E_M et p^*_{LM} , dans un diagramme bilogarithmique (Baud 2005). À partir de là, Michel Gambin a décidé que nous allions tenter de tracer un nomogramme des isovaleurs de α , puis de lui donner une expression numérique. Rapidement, il apparaît que la pression des terres au repos p_0 joue un rôle dans cette expression, et que ce nomogramme ne peut pas être tracé en $(p^*_{LM} | E_M)$, mais en $(p^*_{LM}/p_0 | E_M/p^*_{LM})$ et nous arrivons à proposer pour α une expression fonction de ces données de l'essai (Baud et Gambin 2013). En même temps, au 18^{ème} congrès SISMIG, J.L. Briaud dans sa Ménard Lecture (Briaud 2013) donne une explication simple de la nécessité du coefficient α dans la méthode pressiométrique par la considération du rapport, variable selon la nature du sol, entre le module de compression et le module de traction. Michel Gambin a été satisfait de constater cette convergence. L'intérêt de la prise en compte du coefficient α dans la prévision des déformations avait été montré et confirmé bien auparavant dans l'analyse des déformations des soutènements verticaux (Ménard, Bourdin, Gambin 1969, Schmitt 1995, 1998). Parallèlement à cette recherche, les diagrammes Pressiorama utilisés nous avaient amenés à proposer une classification des sols par les résultats pressiométriques, complétée en l'étendant aux roches tendres jusqu'à des pressions d'essai de 3 à 5 MPa, rendues possibles par les avancées technologiques vers la haute pression dans ce domaine (Arsonnet et al. 2011, 2014, Baud & Gambin, 2011, 2014).

3.3. Le comportement des fondations, superficielle ou profonde

Dès les premières utilisations du pressiomètre, Ménard et Gambin soumettent le dimensionnement à la rupture basé sur la pression limite, à une condition de déplacement admissible basée sur le module pressiométrique. Pendant que Louis Ménard établit les bases de sa méthode de prévision du tassement (Ménard et Rousseau 1961, Ménard 1961, Gambin 1963a), Michel Gambin assimile toute la littérature de l'époque sur le comportement des pieux, dont la prévision de tassement est encore très peu développée. Les essais de chargement de pieux sont encore peu nombreux et leur interprétation objet de discussions. Tout au long de ses conférences, Michel Gambin rappelle souvent que ses travaux avec Ménard ont été marqués par la notion de profondeur critique (Figure 14).

Il met au point (Gambin 1963b) sa méthode itérative de modélisation du chargement, déplacement minimal de la pointe et mobilisation progressive du frottement le long du fut, basés sur une relation entre frottement et pression limite pour laquelle il ne dispose que de peu d'expériences en vraie grandeur. Sa méthode est novatrice à l'époque par rapport aux conceptions sur le fonctionnement des pieux à partir des données de sol de laboratoire ou d'essais in situ en pénétration.

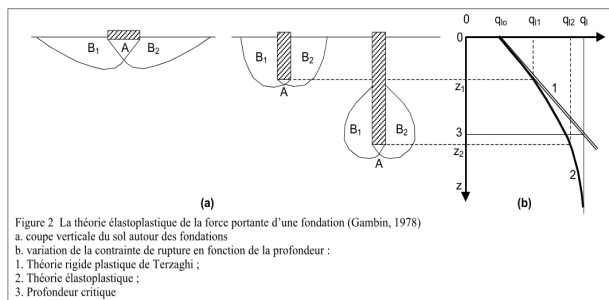


Figure 14. Schéma classique pour la profondeur critique. In (Gambin & Magnan 2000), voir aussi Conférence Coulomb, diapo 112 (Gambin 2010)

Pendant plusieurs années, Michel Gambin, faute de moyens, aura peu d'occasions de vérifier sa méthode sur des pieux instrumentés. Au fur et à mesure de la publication des résultats de chargement de pieux du réseau de Laboratoire des Ponts et Chaussées, il a l'occasion de voir que les courbes du frottement en fonction de la pression limite nécessitent une plus grande diversité de types de sols que l'abaque initial (Ménard 1975). La publication de cette révision des courbes de frottement (Bustamante et Gianceselli, 1981) est un événement dans le monde de la pressiométrie. Les ingénieurs du bureau EPLM sont quelque peu interloqués du changement par rapport à « leur » D60. M. Gambin au contraire n'y voit que la confirmation de sa méthode et une avancée majeure de la relation expérimentale. Il prend rendez-vous avec Michel Bustamante boulevard Lefevre (siège du LCPC) ; il m'y emmène alors même qu'il n'y a que peu de temps que je sais appliquer la méthode, programmée, encore en polonaise inverse, sur nos caleuses HP. Au même moment, les travaux de Roger Frank viennent apporter une rationalisation de la méthode avec la notion de fonction de transfert p-y (Frank & Zhao, 1982).

Le succès opérationnel de cette méthode l'a imposé dans l'ensemble des documents réglementaires et, puis normatifs. Bien que son travail initial de 1963 soit parfois un peu méconnu, Michel Gambin s'est toujours réjoui du succès de cette application de la méthode pressiométrique et attaché à sa diffusion (Gambin & Frank 1995, Bustamante, Gianceselli et Gambin 2009, Frank et Gambin 2009).

3.4. La consolidation dynamique et l'amélioration des sols

Dès les premières années d'utilisation quotidienne du Pressiomètre avec des équipes de sondeurs sillonnant la France et envoyés à l'étranger, l'attention des ingénieurs du groupe Ménard s'était portée sur les nombreux cas où le sol n'est pas tout à fait assez porteur en surface pour

une fondation directe, et faible sur épaisseur limitée qui faisait regretter de devoir prévoir des pieux profonds. Les orientations de Louis Ménard vont vers la recherche dans diverses directions pouvant apporter des solutions économiques : calcul avec les données pressiométriques des puits de fondation, pieux expansifs Ménard dans lesquels on prévoyait une gaine caoutchouc pressant le béton contre les parois, et qui amène à créer une entreprise de travaux (Techniques Louis Ménard), mini-pieux tronconiques pour lesquels le groupe construit des machines de vibrofonçage, radiers-brosses sur maillage de mini-pieux qui constituent un cas de fondation mixte. Ménard dépose les brevets de ce qui deviendra la consolidation dynamique en 1969. 15 ans après son brevet du pressiomètre, qu'il laisse se développer seul, Ménard décide de lancer son entreprise dans ce nouveau développement. Il l'expose au départ comme « compactage par pilonnage intensif » (Ménard 1970), puis compactage dynamique. Michel Gambin accompagne ces nombreuses initiatives, en essayant aussitôt de comprendre et d'expliquer le mécanisme. Il suivra de près, dès le premier chantier de terrains gagnés sur la mer à Mandelieu-La Napoule, la montée en puissance des énergies mises en œuvre, la construction des tripodes, puis le pari de la construction de la mégamachine pour l'aéroport de Nice. Comprenant petit à petit le mécanisme de cisaillement du sol par les impacts et la reconstitution d'un sol densifié, il pousse à adopter l'appellation consolidation dynamique, titre qu'il donnera peu après le décès de Louis Ménard à l'article récapitulatif « Ménard Dynamic Consolidation » (Gambin 1979), écrit et présenté depuis Ménard Inc. à Pittsburgh. Après la fermeture de Ménard Inc. US en 1982, Michel Gambin entre chez Solétanche avec déjà une solide expérience de la consolidation dynamique, qu'il mettra au service de nombreux chantiers dans le monde. Dans le même temps, en organisant des cours de formations internes au menu très copieux, il initiait de nombreux ingénieurs, non seulement aux techniques de consolidation dynamique, mais aussi à de nombreuses techniques d'amélioration des sols. De 1982 à 1992, des cours et des articles se succèdent : sur l'injection solide, décrite sous le nom plus descriptif de consolidation statique horizontale, sur le compactage par explosifs, sur le jet-grouting, sur le traitement des sols affaissables.

C'est la période de la vie de Michel Gambin que je connais le moins bien. J'avais perdu un peu le contact avec lui depuis son départ aux Etats-Unis, et à son retour j'étais conseiller de la société Géomatech, créée par Gérard Arsonnet avec les anciens salariés Ménard licenciés par Intrafor, alors que Michel était déjà conseiller d'Apagéo créé par Robert Robin, lui aussi salarié Ménard licencié deux ans auparavant. Les deux anciens collaborateurs étaient concurrents sur le même créneau de diffusion de matériel pressiométrique, et d'innovations en développant chacun leurs pressiomètres, manuels et enregistreurs. Cela n'a pas empêché Michel Gambin de me contacter pour me dire qu'un Colloque Géotechnique et Informatique était en préparation à Paris, et il m'a intimé l'ordre comme lorsqu'il était mon patron, d'écrire où on en était sur la double hyperbole (cf. §2.14 & 2.1.5), et il le voulait en anglais. Les organisateurs du colloque étant réticents à un

article en anglais de la part de géotechniciens français, j'ai rappelé Tom Uprichard, Irlandais parfaitement bilingue que M. Gambin avait embauché à ma demande chez Ménard, en lui expliquant que le pressiomètre serait mieux expliqué à l'international par un britannique avec son accent authentique, qu'avec le mien exécrable. Nous avons formé la cellule « Ménard International Pressuremeter Surveys », jusqu'en 1986 à l'intérieur d'Intrafor-Cofor.

Les travaux dans ces années-là de Michel Gambin, qui avait dû mettre un terme à la production « pressiométrique » de la revue Sols-Soils, ont porté beaucoup plus sur les différentes techniques d'amélioration des sols. Pourraient en témoigner mieux que moi ses collègues chez Solétanche, comme Pierre Schmitt, Nicolas Utter, Jean-Marc Desbats, ou ses ex-

collègues et concurrents chez Ménard Soltraitement à l'époque, Jean-Marie Cognon, Philippe Liausu, Serge Varaksin. Ce que l'on peut retenir de l'ensemble de ses travaux sur les techniques d'amélioration des sols, c'est le grand rôle tenu par les relations entre les grains, avec pression interstitielle, dans un processus d'amélioration des sols, qui revient toujours à une densification et un réarrangement plus compact qu'avant l'intervention artificielle pour le consolider. En cela, l'analogie avec le rôle du cisaillement dans l'essai pressiométrique est grande. Les publications de M. Gambin sur les différentes techniques d'amélioration des sols sont nombreuses durant ces années « Solétanche », et il aura plusieurs occasions d'en présenter une synthèse (Gambin 1979, 1984, 1987, 1992).

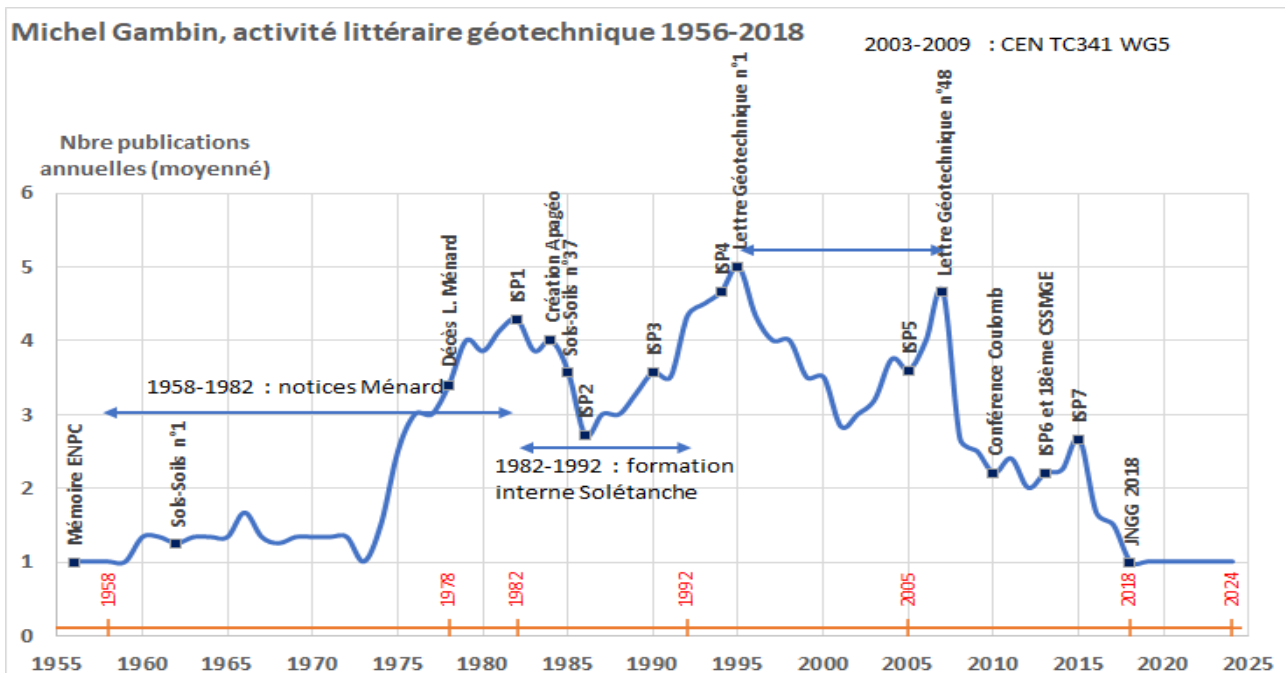


Figure 15. Graphique du rythme des publications d'après la bibliographie de Michel Gambin (Apagéo 20)

3.5. L'information géotechnique et l'enseignement

Michel Gambin a senti dès le départ la nécessité d'une pédagogie adaptée pour faire comprendre le pressiomètre débutant à un public d'ingénieurs découvrant l'appareil, soit avec avidité, soit au contraire avec méfiance. Nombre des notices D qu'il a compilées et mises à jour patiemment, témoignent d'une organisation du Groupe Ménard pour développer un outil d'information permanente, à usage des collaborateurs au fur et à mesure de leur embauche, et à l'usage du nombre grandissant des « concessionnaires » du Pressiomètre. Pour cela, Michel Gambin fait montre de talents d'éditeur et d'imprimeur, pour les notices comme pour la fondation de la revue Sols-Soils dont il assure la direction et de comité éditorial conjointement à Jean Rousseau. En complément des articles propres aux pionniers du pressiomètre, il sollicite des auteurs du monde académiques dont il fait progressivement la connaissance, et assure toujours lui-même la revue critique des livres géotechniques paraissant dans le monde. C'est avec regret qu'il doit

mettre fin dans les années 1990 à la parution de Sols-Soils. Presque aussitôt, il compensera cette soif de diffusion de l'information géotechnique en initiant au CFMS, sous la présidence de François Schlosser, la parution d'une traduction française des ISSMGE News, sous le nom de « Bulletin de la SIMSTF ». Puis assez vite il va devenir rédacteur en chef de « La Lettre de la Géotechnique » créée sous l'égide de la Société Internationale de Mécanique des Sols et de Travaux de Fondation, dénomination de l'époque, avec comme sous-titre « Le lien entre les géotechniciens francophones ». Le premier numéro (décembre 1995) est déjà riche en information sur les différents colloques de l'année, et en particulier un compte-rendu du Symposium ISP4 (Sherbrooke, Canada), et de la Première Journée Louis Ménard organisée par le CFMS. Ce n'est que dans le n°2 que M. Gambin fait intervenir en éditorial le Pr Van Impe alors vice-président pour l'Europe pour rappeler que le français est avec l'anglais une des deux langues de la Société Internationale, notion que Michel Gambin, parfaitement anglophone par ailleurs, tenait à maintenir et rappeler. Il en assumera la rédaction pendant 12 ans,

pour 48 livraisons, en ayant augmenté la fréquence et la pagination de la Lettre (Fig 16).



Figure 16. La Lettre de la Géotechnique, de 1995 à 2007

On imagine la quantité de travail assumée par Michel Gambin ; dans le même temps, il avait organisé et édité avec Jean-Pierre Magnan les 130 articles du Symposium ISP5 à Paris, et assurait des enseignements dans différentes universités, écoles et centres de formation. Par ailleurs, ces années-là, où il passe de 65 à 77 ans, ne sont pas pour lui les moins productives en articles dans différents colloques et revues (voir Fig.15).

Je me souviens encore qu'il m'a dit alors : « Hergé a limité les jeunes de 7 à 77 ans, donc maintenant que je ne peux plus lire Tintin, il faut que je lève le pied ». Et c'est bien ce qu'il a fait, très progressivement, tout en continuant à donner ses conseils, parfois consignes, en particulier chez Apagéo.

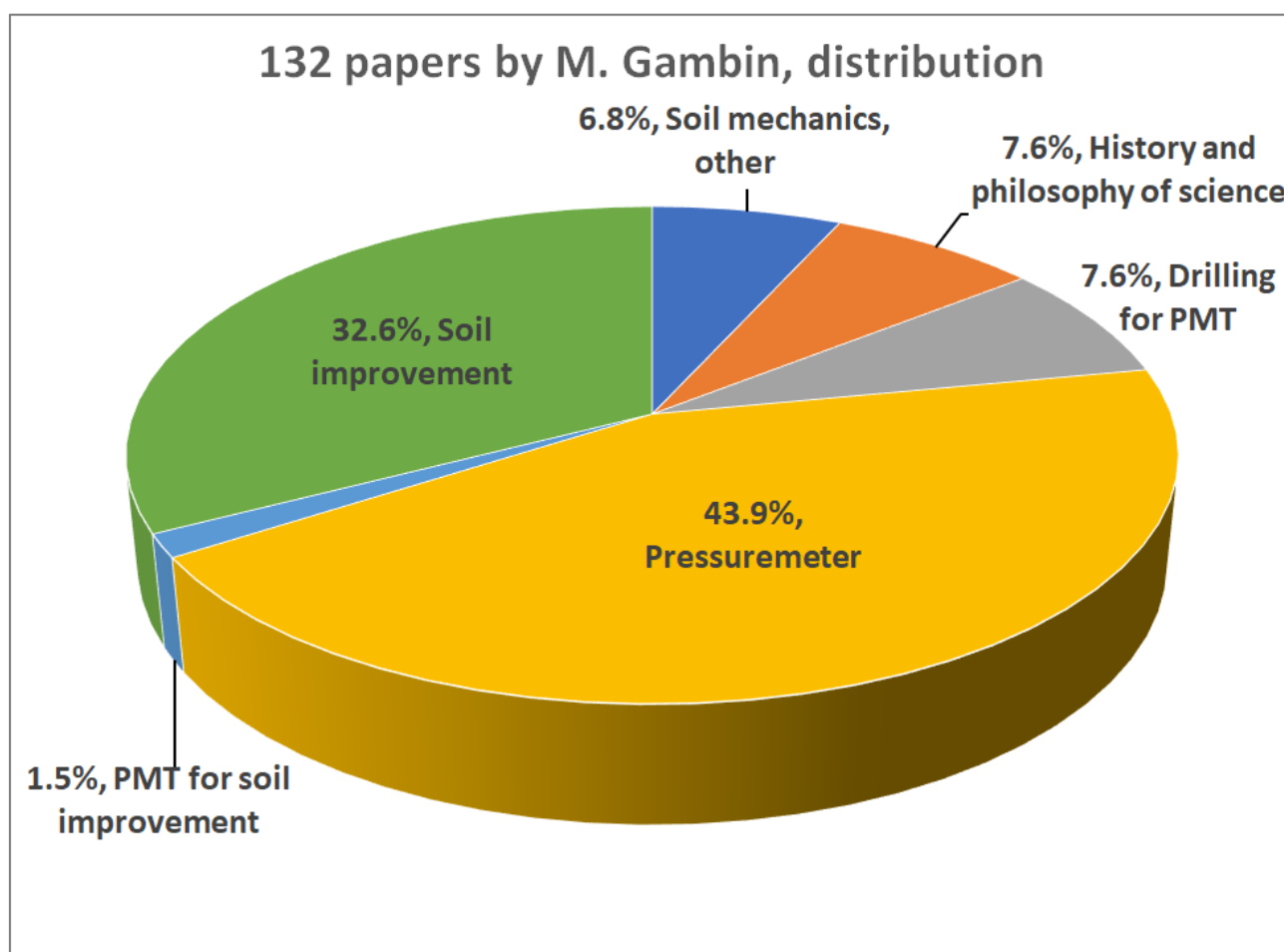


Figure 17. Analyse thématique de la production écrite de Michel Gambin

3.6. La normalisation

La fixation d'un protocole de chargement unique et stable pour l'essai pressiométrique a été un élément majeur pour Louis Ménard et Michel Gambin dès l'origine. D'abord imposer que le chargement soit en paliers de pression régulièrement espacés, et non en incréments de volume, ensuite fixer une durée constante pour chaque palier, pour disposer d'un élément de

chiffrage du fluage. Dans les premières expériences, de 1956 à 1960 environ, les paliers ont été pratiqués de 3 minutes, puis assez rapidement de 2 minutes. Après quelques études expérimentales montrant que la stabilisation était assez rapide dans la plupart des sols, il a été décidé que sur un palier de 1mn la différence de volume entre 30 et 60 s était suffisante pour appréhender un « indice de fluage » significatif. C'est cette pratique qui a été imposée aux équipes de sondage Ménard et aux concessionnaires du pressiomètre, diffusée avec le mode d'emploi des pressiomètres modèles F, puis G, et qui a

été retenue, par Ménard dès 1960, et entérinée par le mode opératoire LCPC de 1971. En France, les notices Ménard et ce mode opératoire ont été considérés comme une norme pour l'essai pressiométrique Ménard, comme l'écrivait J. Kérisel après le décès de Ménard (Kérisel 1979). Michel Gambin profite de son séjour aux USA pour préparer avec J.L. Briaud (Briaud & Gambin 1984) une première version de la norme ASTM D4719 (ASTM 1991).

En même temps en France, le LCPC alerte les géotechniciens pour dire qu'il faut se préparer en vue de la mise en place de normes européennes à partir des normes nationales, et que nos DTU et autres Modes opératoires ne seront pas reconnus comme des normes nationales, qu'il faut se presser de constituer. La normalisation géotechnique débutera sous la houlette de Gérard Bigot, délégué par le LCPC pour cela ; Michel Gambin participe « en tant qu'expert » à la norme NF 94-110 « essai pressiométrique Ménard » de 1991, pas toujours d'accord avec G. Bigot sur certaines orientations, notamment au sujet du tube fendu et de la rupture avec la doctrine de L. Ménard de ne pas prendre l'épaisseur du tube incompressible, dans le volume de calcul de la sonde. Ce sera l'imposition aux fabricants d'une sonde interne au tube fendu dite « courte » de 21 cm de longueur, alors que Ménard avait construit sa sonde à 37 cm pour arriver au même volume qu'une sonde « standard » de diamètre 60 mm. 35 ans après, les deux types de sonde coexistent, leur utilisation amène des risques de confusion, sans parler des risques d'éclatement accrus en raison du faible rapport H/D de cette cellule courte, de l'hésitation sur le volume moyen à adopter pour le calcul du module. On se reportera à la communication, dans cette conférence, d'une nouvelle étude de cette question (Grégoire et al. 2025).

Une seconde version, NF P94-110-1 est publiée en 2000, sans grands changements sur la plupart des points, sauf un, celui d'introduire comme quasi obligatoire l'utilisation de dispositifs d'enregistrement des pressions et volume, sur chaque palier, à 1 s après mise en pression, puis 15 s, 30 s et 1 mn. Dès cette publication, Michel Gambin prend l'initiative de créer au sein de la CEN, Commission Européenne de Normalisation, le groupe de travail TC341 WG5 consacré aux essais d'expansion en forage, dont il sera le Président pendant une dizaine d'années pour la parution de plusieurs normes : essais au vérin à coquilles, essai pressiométrique Ménard, essai au pressiomètre autoforeur, essai au pressiomètre par fonçage, essai au dilatomètre dit flexible. L'état actuel de ces normes CEN-ISO, en y ajoutant l'essai au phicomètre, dont Michel Gambin souhaitait le développement, est exposé dans cette conférence (Habert et al. 2025).

3.7. La Conférence Coulomb en 2010, testament géotechnique de Michel Gambin

Michel Gambin n'a jamais écrit de livre sur « Le Pressiomètre ». Quand on lui demandait pourquoi, il répondait qu'il lui semblait plus utile de maintenir vivante la création de Louis Ménard et qu'elle se développe. Je crois aussi qu'il pensait que c'est aux universitaires d'écrire les livres et de développer les

concepts, aux ingénieurs de développer les outils. Universitaire, il aurait sûrement rêvé de l'être dans une autre vie, comme son épouse Marie-Thérèse, professeure de géographie à l'Université, spécialité sémiologie graphique, qu'il admirait autant qu'elle en retour. Il aurait aimé terminer avec elle et pour elle son ouvrage sur Ptolémée, pour lequel il a un peu abandonné la géotechnique les dernières années de sa vie, en déplorant, il me l'a dit souvent, que l'âge ralentisse leurs travaux. Il écrit dans « I remember » (Gambin 2005) que ses premières discussions avec Louis Ménard, en 1953, étaient sur la philosophie et la métaphysique, avant la naissance de l'idée même du pressiomètre. Et à partir de ses réflexions sur l'enseignement de Terzaghi (Gambin 1995a, 2003), il entreprend de formaliser que ce qu'il a pratiqué avec L. Ménard et depuis le décès de celui-ci, c'est la mise en œuvre de la méthode expérimentale et l'analyse de sa pratique avant l'analyse théorique ; il veut faire comprendre que le qualificatif d'empirique ou semi-empirique attribué aux méthodes qui ont depuis longtemps le succès que l'on sait (Gambin 1995b) est à prendre comme une confirmation, plus que comme la connotation négative que garde cet adjectif en français. Entre ISP4 (1995b) et la préparation d'ISP5 10 ans plus tard, je me souviens que nos discussions, orales et écrites, ont souvent porté sur l'épistémologie, la philosophie des sciences, le rôle moteur de la méthode expérimentale, et la nécessaire réflexion pour chercher l'explication rationnelle et théorique des observations vérifiées et répétables. C'est dans ces années-là qu'il a insisté sur l'importance de l'enseignement de la géotechnique de façon historique (Magnan & Gambin 2000), et que sa réflexion l'amène à écrire, de façon un peu provocatrice, que la théorie parfaite est un mythe (Gambin 2003). Il tiendra à renouveler le même message en anglais (Gambin 2008). Immédiatement après, Michel Gambin consacre beaucoup d'énergie pour coordonner, pour le congrès IFCEE (International Foundation Congress & Equipment Expo) à Orlando, un état des pratiques du pressiomètre Ménard, qu'il fait publier avec l'autorisation de l'ASCE sous le nom de « Foundation design with Ménard Pressuremeter tests » (Frank & Gambin 2009, Bustamante, Gambin & Ganeselli 2009).

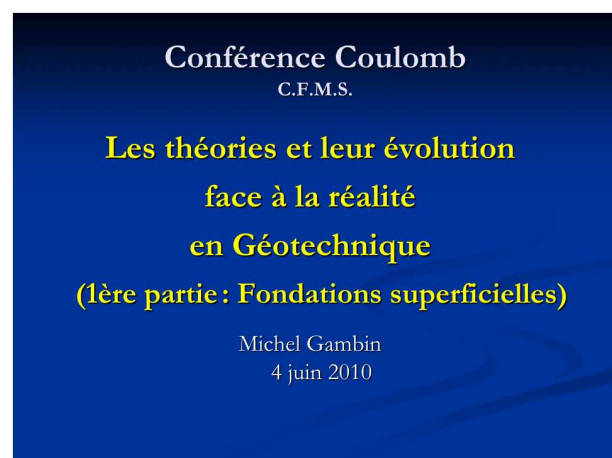


Figure 18. Conférence Coulomb M. Gambin 2010. Diapo de titre

Puis c'est en 2010 qu'il donne la 8^{ème} Conférence Coulomb du CFMS, qui lui donne l'occasion de développer les articles précédents sur sa philosophie de la géotechnique, la variabilité et la nécessité d'adaptation des théories confrontées aux résultats expérimentaux (Fig. 18 à 22). Toute la première partie de la conférence est consacrée à passer en revue les différents apports théoriques, du XIX^{ème} siècle à nos jours, à la compréhension des phénomènes mis en jeu lors de l'interaction sol-structure, et comment K. Terzaghi arrive en 1943 à sa célèbre formule de calcul de la force portante. Il montre ainsi que la compatibilité n'est pas évidente entre ces différentes approches théoriques, et que Terzaghi lui-même, à de nombreuses reprises, met en garde les praticiens sur le caractère très simplificateur des équations théoriques, et leur inadaptation fréquente à la réalité du comportement des ouvrages. Quelques phrases-clés : « Les solutions mathématiques rigoureuses sont souvent trop compliquées pour pouvoir être utilisées d'une façon générale ». « La nécessité de la simplification est due à la nature même du sol : son hétérogénéité et la complexité de ses propriétés. ». « Obtenir des solutions rigoureuses n'est pas une condition nécessaire pour le succès des recherches dans le domaine de la mécanique des sols ».

- « **Pratiquement toute théorie de mécanique appliquée est basée sur une série d'hypothèse concernant les propriétés du matériau utilisé.** »
- « **Ces hypothèses ont toujours tendance à s'écarter de la vérité.** »
- « **Les solutions mathématiques rigoureuses sont souvent trop compliquées pour pouvoir être utilisées d'une façon générale** »

Figure 19. Conférence Coulomb M. Gambin 2010. Citations sélectionnées de K. Terzaghi (diapositive 44)

Cette longue approche est destinée à amener quel a été l'apport de Louis Ménard à la géotechnique, et de quelle façon il s'est éloigné de l'élasticité linéaire pour introduire, avec le coefficient α en particulier, une prise en compte implicite de la décroissance du module avec la déformation. Il s'appuie sur la vérification de la validité de cette approche de la prévision des déformations, par Ménard, et par le réseau LPC (Baguelin et la 1978). Il fait un long développement sur l'exercice de prévision de tassements « Settlements 94 » (Briaud & Gibbens 1994), qu'il estime insuffisamment pris en compte en France, et pour lequel il fait remarquer que l'utilisation de la méthode pressiométrique Ménard a produit les résultats les plus proches de la réalité.

Bien qu'ayant consacré sa conférence à montrer les limites des approches théoriques « rigoureuses » et en particulier à démontrer la formule classique de la force portante de Terzaghi, sa conclusion s'appuie sur ce que celui-ci lui a appris :

8. Conclusion

Karl Terzaghi (1936, puis 1943) :

- **Nos théories seront dépassées par de meilleures, mais les résultats d'observations consciencieuses sur le chantier resteront un acquis permanent d'une valeur inestimable.**

Figure 20. Conférence Coulomb M. Gambin 2010. Première diapo de conclusion

Et il rappelle qu'il a appliqué cet enseignement, avec Louis, l'année même où Terzaghi l'a donné dans ses dernières recommandations :

Past and Future of Applied Soil Mechanics (1961)

- **Tandis que la plupart des problèmes de résistance des matériaux peuvent être résolus dans les manuels et les tables, ...en Mécanique des Sols Appliquée, si l'ingénieur n'a pas la formation géologique requise, de l'imagination et du bon sens, ses connaissances en mécanique des sols peuvent lui faire plus de mal, que de bien. Au lieu d'utiliser la mécanique des sols, il en abusera.**

Figure 21. Conférence Coulomb M. Gambin 2010. Une des diapos de conclusion, Citation K. Terzaghi 1961

Karl Terzaghi (1950) :

- **Il n'est pas raisonnable d'établir un projet avec la sécurité maximale à toutes les étapes**
 - **Il vaut mieux établir un projet où il sera toujours possible de modifier une particularité pour conserver une sécurité admissible :**
- « Learn as we go »**

Figure 22. Conférence Coulomb M. Gambin 2010. Dernière diapo, Citation K. Terzaghi 1950 ; « Apprendre au fur et à mesure [que l'on fait] »

4. Conclusion

On peut considérer l'héritage géotechnique de Michel Gambin (Fig. 17) à travers les 132 titres de sa bibliographie (Apagéo 2024), et y chercher ce qu'il voulait qu'on retienne de ses travaux, associés à ceux de Ménard pour les expériences sur fondations à Saulx-les-Chartreux, complétés et développés par ses successeurs cités dans la conférence, les travaux des chercheurs du LCPC, et ceux de Jean-Louis Briaud.

Je crois pouvoir comprendre, d'après mes derniers entretiens avec Michel Gambin, qu'il aurait retenu :

- la notice D60, dont il tenait beaucoup à la révision à laquelle il a consacré beaucoup de temps (Gambin 1998)
- l'état de l'art du pressiomètre (Amar et al 1991)
- le chapitre « Essai pressiométrique » (Gambin 2005)
- la synthèse « Foundation design with Ménard Pressuremeter tests » de 2009
- la forme hyperbolique de la courbe pressiométrique idéale (Baud, Gambin, Schlosser 2013) et les déductions sur la décroissance des modules avec la déformation (Baud, Gambin, Heintz 2015)
- enfin, la Conférence Coulomb (Gambin 2010)

Epilogue plus que conclusion. Nous avons, vous avez à poursuivre et accompagner l'aventure pressiométrique, après ISP8.

Remerciements

J'ai vraiment beaucoup de monde à remercier, parmi mes collègues et amis, et ceux de Michel Gambin, qui m'ont aidé, par leurs encouragements à décrire son parcours, par leurs relectures et leurs remarques, par l'envoi de photos suite à ma demande circulaire cet été, et par leur patience et leur persévérance pendant la préparation de ce Symposium. Merci donc à Geoffrey Annarumma, Jean-Pierre Arsonnet, Marc Ballouz, Jean-Louis Briaud, Pierre Delage, Thierry Delaporte, Ammar Dhoubi, Roger Frank, Wissem Frikha, Julien Habert, Robert Heintz, Mehrez Khemakhem, Alexandre Lopes, Jean-Pierre Magnan, Philippe Reiffsteck, Dominique Rousseau, Jean Salençon, Pierre Schmitt, Marek Tarnawski, Nicolas Utter, Serge Varaksin, Didier Virely, et quelques autres, ainsi qu'à la famille de Michel Gambin, son épouse Marie-Thérèse Gambin-Dejean, ses enfants Christophe, Laurence et Denis, un de ses petits-fils Quentin Rousseau, qui ont trié dans les affaires de Michel Gambin énormément de documents géotechniques anciens, parfois inédits, à exploiter.

Références

Amar S., Clarke B., Orr T. & Gambin M. 1991 "The application of Pressuremeter test results to foundation Design in Europe" State-of-the-art report, ISSFME European Regional Technical Committee Pressuremeters. Part 1: Predrilled Pressuremeters, Self-boring Pressuremeters. "Utilisation des résultats des essais pressiométriques pour le dimensionnement des fondations en Europe. Rapport sur l'état des connaissances" Comité technique européen SIMSTF Pressiomètres, 1ère partie : Pressiomètre Ménard et pressiomètre autoforeur. 10th

European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.4 / Actes du 10ème Congrès Européen de Mécanique des Sols, Vol.4, / A. A. Balkema, Rotterdam, May 1991.

Apagéo, 2009 "Foundation design with Ménard pressuremeter tests - French contributions to International Foundation Congress & Equipment Expo' 09", Apagéo Ed. Magny-les-Hameaux, 2009, 44p. [Excerpts from Contemporary Topics in In Situ Testing, Analysis, and Reliability of Foundations, Proc. Int. Foundation Congress and Equipment Expo '09 (IFCEE'09), Orlando, Florida, 15-19 March 2009, ASCEE Geotechnical Special Publication No. 186]

https://www.apageo.com/storage/upload/pdf/Ed. Apagéo IFC EE09_Foundation design with Ménard PMT.pdf
https://kupdf.net/download/6-foundation-design-with-pressuremeter-2009-639_5a69c478e2b6f59c22257770_pdf

Apagéo, 2024 "Bibliographie de Michel Gambin", Apagéo Ed. Magny-les-Hameaux, 2nd édition, 2024, 32p. [in French] <https://en.apageo.com/la-bibliographie-de-michel-gambin>

Arsonnet, G., Baud, J.-P., Gambin, M. P. 2005. "Réalisation du forage pour essais pressiométriques par un système de tube fendu auto-foré (STAF)", in ISP5 – PRESSIO 2005, Actes Symp. Intern. Paris, Gambin, M. P., Magnan, J.-P., Mestat, P. (eds) 22-24, 2005, Paris, Presses des Ponts. Vol.1 pp 31-45. [in French] <https://www.apageo.com/realisation-du-forage-pour-essais-pressiométriques-par-un-système-de-tube-fendu-auto-foré-staf>

Arsonnet G., Baud J.-P., Gambin M., Heintz R. 2011) HyperPac "25 MPa Fills the Gap between the Menard Pressuremeter and the Flexible Dilatometer" In: Anagnostopoulos A (ed.) Geotechnics of Hard Soils and Weak Rocks, XV ECSMGE, Athens [in French]

Arsonnet G., Baud J.-P., Gambin M., Heintz R. 2013 The 25 MPa HyperPac fills the gap between the Ménard pressuremeter and the flexible dilatometer, Geological and Geotechnical Engineering Special Issue on Soil and Rock, Springer. DOI 10.1007/s10706-014-9751-x

Baguelin F., Jezequel J.F. Shields D.H. 1978. "The Pressuremeter and foundation engineering". Trans Tech Publications, Clausthal, Germany.

Baud J.-P. 1985 "Le PAC, pressiomètre assisté par calculateur". Travaux, n° 599, mai 1985. [in French]

Baud J.P. & Perpezat D. 1984 "Calcul automatique des valeurs du module Ep et de la pression limite Pl. Application au pressiomètre assisté par calculateur PAC". Ménard, Document technique D/75 bis/84. [in French]

Baud, J.-P., Gambin, M. P. 2005. "Déduction d'une loi de réponse hyperbolique unique par compilation de courbes pressiométriques dans un sol de lithologie homogène", in ISP5 – PRESSIO 2005, Actes Symp. Intern., Gambin, M. P., Magnan, J.-P., Mestat, P. (eds) Paris, Presses des Ponts, 2005, Vol.1: pp 175-186. [in French]

Baud, J.-P., Gambin, M. P. 2008. "Homogenising MPM tests curves by using a hyperbolic model", in Huang, A.-B., & Mayne, P. W. (eds) Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Proc. ISC'3 Taiwan, 1-4 April 2008, London: Taylor & Francis

Baud J.-P. & Gambin M. 2011 "Classification des sols et des roches à partir d'essais d'expansion cylindrique en haute pression" In: Anagnostopoulos A (ed.) Geotechnics of hard soils and weak rocks, XV ECSMGE, Athens. [in French] doi:10.3233/978-1-60750-801-4-325

<https://www.apageo.com/classification-des-sols-et-des-roches-a-partir-dessais-dexpansion-cylindrique-en-haute-pression>

Baud, J.-P., Gambin, M. P., Schlosser F. 2012. "Stress-strain hyperbolic curves with Ménard PMTs", in R.Q. Coutinho (ed.), 4th Int. Conf. on Geotechnical and Geophysical Site Characterization (ISC'4), P. de Galinhas, Brazil, 18-21 sept. 2012. London: Taylor & Francis

https://www.researchgate.net/publication/355844430_Stress-strain_hyperbolic_curves_with_Ménard_PMTs

Baud J.-P., Gambin M., Schlosser F., 2013, "Courbes hyperboliques contrainte-déformation au pressiomètre Ménard autoforé", Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, France. [in French] <https://www.issmge.org/uploads/publications/1/2/491-494.pdf>

Baud J.P. & Gambin M. 2013 "Obtaining the Ménard α Rheological Factor in a Pressiorama® Diagram" 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Parallel Session ISP6, Paris 2013. <https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/Actes/Volume1/20140319/assets/basic-html/index.html#469>

Baud J.P., Gambin M. & Uprichard S.T. 1992 "Modeling and Automatic Analysis of a Ménard Pressuremeter Test" Actes du colloque "Géotechnique et Informatique", Paris, 29-30 septembre et 1er octobre 1992 pp. 25-32, ENPC, Paris. <https://www.researchgate.net/publication/344934708> <https://www.researchgate.net/publication/387075209> [traduction française]

Baud J.-P., Gambin M. (2014) "Soil and Rock Classification from High Pressure Borehole Expansion Tests", Springer, Geotech. Geol. Eng. (2014) 32 pp1397-1403 DOI 10.1007/s10706-014-9752-9

Baud J.-P., Gambin M., Heintz R. (2015) "Modules élastiques, pseudo-élastiques et cycliques dans l'essai pressiométrique Ménard : historique et pertinence actuelle" (Ménard Pressuremeter modulus: Relationship and correlations between elastic, pseudo-elastic and cyclic E-modulus as defined by Louis Ménard) In: Frikha, Varaksin, Gambin (eds.) ISP7 - PRESSIO 2015, Hammamet, Tunisie, 2015, pp 317-327 [in French] <https://www.geotech-fr.org/archives-congres/congres-internationaux/ISP7/2015/details> (session 3, #9)

[English version available from authors]

<https://www.researchgate.net/publication/344943256>

Briaud J.-L. & Gambin M. 1984 "Suggested practice for drilling boreholes for pressuremeter testing" ASTM Geotechnical Testing Journal Vol. 17, No 1, March 1984 <https://doi.org/10.1520/GTJ10482J>

Briaud J.L. Gibbens R.M. (Eds) - « Predicted and Measured Behaviour of Five Spread Footings on Sand ». Geotechnical Special Publication n° 41. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia. USA, 1994, 256 p. <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockey=0090307>

Briaud J.-L. 2013 "Ménard Lecture. The pressuremeter test: Expanding its use", Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013, p. 107-126, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, France. <https://www.issmge.org/uploads/publications/1/2/107-126.pdf>

Bustamante M. & Gianceselli L. 1981 "Prévision de la capacité portante des pieux isolés sous charge verticale". Bulletin de liaison des P. et Ch. n° 113. [In French] https://madis-externe.iftstar.fr/exl-php/util/documents/accede_document.php?1751210361218

Bustamante M. & Gianceselli L. 1981 "Portance réelle et portance calculée des pieux isolés sollicités verticalement - règles pressiométriques" RFG n°16 p.17-33 [in French] <https://www.geotech-fr.org/sites/default/files/rfg/article/16-3.pdf>

Bustamante M., Gambin M. & Gianceselli L. 2009 "Pile Design at Failure Using the Ménard Pressuremeter: An Update", Contemporary Topics in In Situ Testing, Analysis, and Reliability of Foundations, Proc. Int. Foundation Congress and Equipment Expo '09 (IFCEE'09), Orlando, Florida, 15-19

March 2009, M. Iskander, D. F. Laefer, M. H. Hussein, (eds), ASCEE Geotechnical Special Publication No. 186, p.127-134

[https://doi.org/10.1061/41022\(336\)17](https://doi.org/10.1061/41022(336)17)

[voir réf. Apagéo 2009]

Cassan M. 1978 1ère éd. "Les essais in situ en mécanique des sols". Eyrolles, Paris. [In French] [épuisé, scan : <https://www.gcalgerie.com/les-essais-in-situ-en-mecanique-des-sols-volume-1-realisation-et-interpretation/>]

Centre d'Etudes Géotechniques Ménard 1962 "La réalisation du forage dans la méthode pressiométrique d'étude des sols" Notice D10, 1^{ère} édition [in French]

Centre d'Etudes Géotechniques de Paris 1965 "Le Pressiomètre Louis Ménard. Règles relatives à l'exécution des essais pressiométriques sur le terrain. Notice de base dite « Notice exécution »" Notice D10, rééditions 1965-1978 [Voir Ménard L. 1976]

<https://web.archive.org/web/20190410121222/http://icp-pressuremeter.com/wp-content/uploads/2018/04/D10-field-memorandum.pdf> [in English]

Centre d'Etudes Géotechniques de Paris, 1967 "Le Pressiomètre Louis Ménard. Règles d'utilisation des techniques pressiométriques et d'exploitation des résultats obtenus pour le calcul des fondations. Notice générale". Notice D60, rééditions 1967-1982 [in French] [Voir Ménard L. 1975]

<https://web.archive.org/web/20190410174024/http://icp-pressuremeter.com/wp-content/uploads/2018/04/D60-general-notice.pdf> [in English]

Contreras J., Dreger C., Sharma H.O. and Elwood D. 2025 "Analysis of Pressuremeter Testing: Evaluating anisotropic behaviour, operational stiffness, and non-linear elasticity in Soils and Soft Rocks" ISP8-Pressio 2025, Luxembourg.

Dixon J.S. & Jones, W.V. 1968 "Soft rock exploration with pressure equipment" Civil Engineering, A.S.C.E., October 1968

FHWA 1989 "The Pressuremeter Test for Highway Applications" U.S. Dep. of Transportation / Federal Highway Administration / Report IP-8 9-008 / Author J.-L. Briaud http://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/74774/dot_74774_DS1.pdf

Frank, R. 1974 "Theoretical Study of Axially Loaded Piles - Introducing Dilation" [in French] Rapport de Recherche No.46, LCPC Paris

Frank, R. 1974. "Etude théorique du comportement des pieux sous charge verticale : introduction de la dilatance" [Doctoral thesis] Université P. et M. Curie (Paris VI) [in French]

Frank R. & Zhao S.R. 1982, "Estimation par les paramètres pressiométriques de l'enfoncement sous charge axiale de pieux forés dans les sols fins", Bull. liaison Labo P. et Ch., n° 119, mai-juin, p. 17-24. [in French] <https://hal.science/hal-00547443v1>

Frank R. & Gambin M. 2009 "Réminiscences. Monsieur Michel (Mike) Gambin". ISSMGE Bulletin, Volume.3 Issue 2, June 2009, p. 12-15. Interviewer: Prof. Roger Frank, ENPC, Vice-President ISSMGE for Europe <https://htc.issmge.org/uploads/contributions/Michel-Mike-Reminiscences-ISSMGE-Bull-June-2009.pdf>

Gambin M. 1963 "Le Pressiomètre et l'art des fondations" Laboratoire Central des Ponts et Chaussées Journées des fondations, Paris, 6-11 Mai 1963

Gambin M. 1963 "Calcul du tassement d'une fondation profonde en fonction des résultats pressiométriques" Sols-Soils N° 7, Paris, Décembre 1963

Gambin M. 1979 "Utilisation du module pressiométrique et de la pression limite pour le calcul des fondations" Sols-Soils n°28, p. 14-24. Paris. [in French]

Gambin M. 1979 "Ménard Dynamic Consolidation" ASCE National Capital Section Seminar on Ground Reinforcement, January 28, 1979, Washington DC, Vol. 8, pp. 241-249 [also Sols-Soils N° 29, Paris, 1979]

Gambin M. 1982 "Application of Ménard Pressuremeter Results to Foundation Design" Symposium on the Pressuremeter and its Marine Applications, I.F.P. - L.C.P.C., Ed. Technip, Paris, 19-20 Avril 1982 [ISP1] p. 337-346

Gambin M. 1984 "Ten Years of Dynamic Consolidation" 8th Regional Conf. for Africa on*/ SMFE, Harare, Zimbabwe, June 1984, Balkema Ed. pp 363-370

Gambin M. 1987 "Deep Soil Improvement" Chap. 36 in "Ground Engineer's Reference Book", F.G. Bell Editor, Butterworths, UK, September 1987

Gambin M. 1990 "The History of Pressuremeter Practice in France" Special Lecture No.1, 3rd International Symposium on Pressuremeters [ISP 3], Oxford, April 1990, in "Pressuremeters", p.5-24, Thomas Telford, London, 1990 www.emerald.com/books/edited-volume/14290/chapter-abstract/85219051/1-The-history-of-pressuremeter-practice-in-france?redirectedFrom=fulltext

Gambin M. 1992 "Soil Improvement Techniques, A State-of-the-Art Report" Continuing Education Program, Geotech 92, A.I.T. Bangkok, December 1992

Gambin M. 1995 "Recalling my Teacher, Karl Terzaghi" 70 Years of Soil Mechanics, Proceedings II, Istanbul, April 1995

Gambin M. 1995 "Le succès du Pressiomètre Ménard / Reasons for Success of the Ménard Pressuremeter" ISP4, 4th Int. Symp. on Pressuremeter, Sherbrooke, (Quebec), Canada, May 1995, "The Pressuremeter and its new avenues" [in French & English]

Gambin M. 1998 "Règles de réalisation des essais au Pressiomètre Ménard et d'exploitation des résultats obtenus pour le dimensionnement des fondations" Refonte de la « Notice Générale Ménard D60 » pour mise en conformité avec l'Eurocode 7, 1998, Apagéo Ed., 55 pages. [In French] https://www.eurogeo.eu/wp-content/uploads/2022/01/MENARD_D60_1998-couv.pdf

Gambin M. 2003 "Etude élémentaire d'un mythe" FONSUP 2003, Symposium International sur les fondations superficielles, Int. Symposium on shallow foundations, Paris, 5-7 novembre 2003, p.251-254, J.P. Magnan & N. Droniuc, éd., Presses de l'ENPC, Paris [in French]

Gambin M. 2005 "Essais pressiométriques" Chapitre 4, pp 104-146, in I. SHAROUR et R. GOURVES, Reconnaissance des terrains in situ, Traité MIM (Mécanique et Ingénierie des Matériau) série Géomécanique, Hermès Sciences Lavoisier Ed., 2005. [In French] [English translation by the author] <https://icp-pressuremeter.com/wp-content/uploads/2022/03/Pressuremeter-Testing-and-its-Applications.pdf>

Gambin M. 2005 "Louis Ménard, un visionnaire. Louis Ménard, a visionary engineer" ISP5 – PRESSIO 2005, Actes Symp. Intern., Gambin, M. P., Magnan, J.-P., Mestat, P. (eds) Paris, Presses des Ponts, 2005, Vol.2 : pp 54-55. [in French]

Gambin M. 2008 "In the pursuit of a myth" Third Int. Conf. Site Characterization (ISC'3), Taipei, 2008, Geotechnical and Geophysical Site Characterization, A. Huang & P. Mayne (eds), Taylor and Francis, London <https://www.routledge.com/Geotechnical-and-Geophysical-Site-Characterization-Proceedings-of-the-3rd-International-Conference-on-Site-Characterization-ISC3-Taipei-Taiwan/Huang-Mayne/p/book/9780415469364>

Gambin M. 2010 "Les théories et leur évolution face à la réalité en géotechnique" C.F.M.S., 8ème Conférence Coulomb, 4 juin 2010, Paris [in French] https://www.geotech-fr.org/sites/default/files/lettres/Lettre_055_octobre_2010.pdf <https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/manifestations/100604/CONF%20COULOMB.pdf>

Gambin M. & Magnan J.P. 2000 "Pour l'enseignement de l'histoire de la géotechnique" (For the Teaching of the History of Geotechnical Engineering) [in French] Geotechnical Engineering Education and Training, Proc. 1st Int. Conf. on the Teaching of Geotechnical Engineering, Sinaia, Romania. 2000, Balkema, Rotterdam

https://www.researchgate.net/publication/343947011_Pour_l'enseignement_de_l'histoire_de_la_geotechnique www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003078623-83/pour-enseignement-de-histoire-de-la-geotechnique-gambin-magnan

Gambin M. & Frank R. 1995 "The Present Design Rules for Foundations Based on Ménard PMT Results" ISP4, 4th Int. Symp. on Pressuremeter, Sherbrooke, (Quebec), Canada, May 1995, "The Pressuremeter and its new avenues", p. 425-432, G. Ballivy, ed., Balkema, Rotterdam

Gambin M. & Frank R. 2009 "Direct Design Rules For Piles Using Ménard Pressuremeter Test", Contemporary Topics in In Situ Testing, Analysis, and Reliability of Foundations, Proc. Int. Foundation Congress and Equipment Expo '09 (IFCEE'09), Orlando, Florida, 15-19 March 2009, M. Iskander, D. F. Laefer, M. H. Hussein, (eds), ASCEE Geotechnical Special Publication No. 186, p.111-118 [https://doi.org/10.1061/41022\(336\)15](https://doi.org/10.1061/41022(336)15) [voir réf. Apagéo 2009]

Gambin M.T., Mesfar S. & Piton O. 2011 "In the pursuit of a lost text, Ptolemy's Planisphaerium", NooJ 2011 International Conference, Dubrovnik, Croatia https://www.researchgate.net/publication/269275400_In_the_Pursuit_of_a_Lost_Text_Ptolemy's_Planisphaerium

Gambin-Dejean M.-Th. & Gambin M. 2026, *à paraître*. "Le planisphère de Claude Ptolémée, figure de l'astrolabe" Publication à compte d'auteurs. [in French]

Gibson, R. & Anderson, W. 1961. In situ measurement of soil properties with the pressuremeter. Civ. Eng. Public Works Rev., London, May 1961, pp. 615-618. https://reports.cambridge-insitu.com/system/files/files_trackable/CI%20Reference%20ID%2049%20GIBSON%20ANDERSON%201961.pdf

Greenland S 1964 "Economic Loading Tests with the Menard Pressuremeter" Proceedings of Symp. on the Economic Use of Soil Testing, Birmingham, 1964

Grégoire M., Finiasz A., Jacquard C., Rispal M. 2025 "Assessing the influence of Slotted Tube on Modulus calculations, from theory to field tests" ISP8-Pressio 2025, Luxembourg.

Habert J., Baud J.-P., Reiffsteck P. 2025 "Borehole expansion tests: State of the art of ISO standardization" ISP8-Pressio 2025, Luxembourg.

Hardin, B.O. & Drnevich V.P. (1972) "Shear modulus and damping in soils: design equations and curves" ASCE, Journ. Soil Mechanics and Foundations Division, 1972vol. 98, n° SM7, pp. 667-692.

Higgins, C., "Pressuremeter Correlation Study," Highway Research Record, Highway Research Board, No. 284, 1969.

Hughes J. & Whittle R., 2025 "The rigorous application of cavity expansion data" " ISP8-Pressio 2025, Luxembourg.

International Committee on Pressuremeters 2024 "Obituary Michel Gambin, 2/12/1930 – 30/06/2024" & "Our Honorary President Michel « Mike » Gambin has left this world" <https://icp-pressuremeter.com/our-honorary-president-michel-mike-gambin-has-left-this-world/>

Kérisel J. 1979 "Hommage à Louis Ménard" Sols-Soils n°28, p. 7-13. Paris. [in French]

Kondner, R.L. 1963 "Hyperbolic stress-strain response. Cohesive soils" ASCE, Journ. Soil Mechanics and Foundations Division, 1963, vol. 89, n° SM1, Proc. Paper 3429, pp. 115-143. <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0000479>

Ladanyi B. 1961. "Etude théorique et expérimentale de l'expansion dans un sol pulvérulent d'une cavité présentant une

symétrie sphérique ou cylindrique”. Ann. Trav. Publics Belg. pp. 105-148, 365-406. [in French]

Leblanc J. 1982 "Ménard Pressuremeter Testing" Symposium on the Pressuremeter and its Marine Applications, I.F.P. - L.C.P.C., Ed. Technip, Paris, 19-20 Avril 1982 [ISP1] p. 23-37 [in French]

Lopes Dos Santos A., Habert J. 2025 "Determining Damping Ratio through Pressuremeter Tests with unload-reload Loops" ISP8-Pressio 2025, Luxembourg.

Meigh A.C. & Greenland S.W. 1965 "In-situ testing of soft rocks" 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (Montréal)
https://www.issmge.org/uploads/publications/1/39/1965_01_0016.pdf

Ménard, L. (1956) "An apparatus for measuring the strength of soils in place". Thesis for the degree of Master of Science, University of Illinois. <https://www.solscope.fr/zoom-technique-l-origine-du-pressiometre-consultez-l-original-de-la-these-de-louis-menard-a-l-universite-de-l-illinois-en-1956.b18-889.htm>

Ménard L. 1961 "Influence de l'amplitude et de l'histoire d'un champ de contraintes sur le tassement d'un sol de fondation. Influence of the Intensity and Increment History of the Stresses on the Settlement of a Soil of Foundation" Vème ICSMFE, Paris. [In French]
https://www.issmge.org/uploads/publications/1/40/1961_01_0042.pdf

Ménard L. & Rousseau J. 1962 "L'évaluation des tassements. Tendances nouvelles" Sols-Soils n°1 1962 [in French]

Ménard L. 1963. "Calcul de la force portante des fondations sur la base des résultats des essais pressiométriques". Sols-Soils, n° 5 & 6, Paris. [In French]

Ménard L. 1970 "Une méthode économique de fondation sur terrains gagnés dur la mer". Sols-Soils, n° 24, Paris. [in French]

Ménard L. 1970 "A low-cost method of consolidating fills dumped into the sea". Sols-Soils, n° 24, Paris.

Ménard L. 1975 "The interpretation of Pressuremeter Test Results". Sols-Soils n° 26, Paris [English text of Centre d'Etudes Géotechniques Ménard D60]

Ménard L. 1976 "Règles relatives à l'exécution des essais pressiométriques". Sols-Soils n° 27, Paris [French text of CEG Ménard D10]

Ménard L., Bourdon G. & Gambin M. 1969 "Méthode générale de calcul d'un rideau ou d'un pieu sollicité horizontalement en fonction des résultats pressiométriques" Sols-Soils N° 22-23, Paris, 1969 [in French]

Rowe P.W. 1962 "The Stress Dilatancy Relation for Static Equilibrium of an Assembly of Particles in Contact" Proceedings of the Royal Society.
<https://doi.org/10.1098/rspa.1962.0193>

Salençon J. 1966 "Expansion quasi-statique d'une cavité à symétrie sphérique ou cylindrique dans un milieu élastoplastique" Annales des Ponts et Chaussées, III, 1966, 175-187. [in French]
https://www.researchgate.net/publication/284267095_Expansion_quasi-statique_d'une_cavite_a_symetrie_spherique_ou_cylindrique_dans_un_milieu_elastoplastique

[English version
https://www.researchgate.net/publication/353932207_Quasi-static_expansion_of_a_spherical_or_cylindrical_cavity_in_an_elastoplastic_medium]

Schmitt P. 1995 "Méthode empirique d'évaluation du coefficient de réaction du sol vis-à-vis des ouvrages de soutènement souples" Revue Française de Géotechnique, n°77, p 3-10. [In French]

<https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/1995/02/geotech1995071p3.pdf>

Schmitt P. 1998 "De l'élasticité linéaire au coefficient de réaction : théories, observations et ordres de grandeur" Revue Française de Géotechnique, n°77, p 79-87. [in French]
<https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/1998/04/geotech1998085p79.pdf>

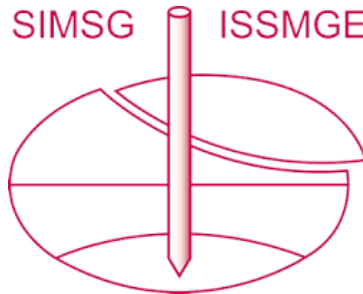
Skempton A., Yassin A., Gibson R. 1953. "Théorie de la force portante des pieux dans le sable" Annales de l'ITBTP n° 63-64, Paris 1953.

Terzaghi K. & Peck R. 1948 "Soil mechanics in engineering practice" J. Wiley & sons.
https://openlibrary.org/books/OL6027241M/Soil_mechanics_in_engineering_practice

Van Wambeke A. & d'Hemricourt J. 1971 "Courbes pressiométriques inverses : Méthode d'interprétation de l'essai pressiométrique" Sols-Soils (VII), 25, 15-16. [In French]

Van Wambeke A. & d'Hemricourt J. 1979 "Méthode globale d'interprétation de l'essai pressiométrique" Comptes rendus de la 7ème Conférence Européenne de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations. British Geotechnical Society, vol 2, 279-282. [in French].

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

The paper was published in the proceedings of the 8th International Symposium on Pressuremeters (ISP2025) and was edited by Wissem Frikha and Alexandre Lopes dos Santos. The conference was held from September 2nd to September 5th 2025 in Esch-sur-Alzette, Luxembourg.