

**1 9 0 6 – 2 0 0 6**

**CENTENAIRE DU BASSIN D'ESSAIS DES CARENES**

**De l'évaluation à la conception**

**Serge Bindel**

Vice-président de l'ATMA

**Jean-Claude Dern**

Ancien directeur du Bassin d'essais des carènes

**Jean-Marc Quenez**

Directeur technique du Bassin d'essais des carènes

**SOMMAIRE**

Le mémoire retrace l'historique du Bassin d'essais des carènes depuis sa création à Paris en 1906 jusqu'à son installation et à son nouveau départ à Val-de-Reuil. Il décrit les investissements mis en place, donne quelques exemples de recherches et d'études significatives réalisées et évoque les hommes qui ont marqué les étapes de son développement et sans lesquels le Bassin ne serait pas ce qu'il est.

**SUMMARY**

The paper recalls the history of Bassin d'essais des carènes from the beginning in Paris in 1906, to its settling down in Val-de-Reuil in Normandy and its new life there. It describes the investments, and gives some examples of significant researches and studies carried out during one century. It also reminds us those men whose contribution to its development was so important that Bassin wouldn't be what it is without them.

*« L'art d'interroger la nature par la voie de l'expérience est fort délicat »*

(Abbé Bossut, « Nouvelles expériences sur la résistance des fluides », 1777)

## INTRODUCTION

### **L'hydrodynamique navale, des origines à la création du Bassin d'essais des carènes**

#### **Les précurseurs**

Si les origines de l'hydrodynamique navale, en tant que technique, se perdent dans la nuit des temps, ses origines, en tant que science, ne remontent guère au-delà de trois siècles. Elle a d'ailleurs intéressé d'abord les théoriciens, Newton par exemple (« Principia », 1687) qui prétendait avoir trouvé les formes du corps de moindre résistance à la marche, ou encore Bouguer (« Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements », 1746) qui avait même l'ambition de calculer cette résistance.

Mais c'était peine perdue car la mécanique des fluides, au sens où nous l'entendons aujourd'hui, était encore en gestation, une gestation marquée notamment par Euler et Daniel Bernoulli.

L'approche expérimentale du problème ne se fit réellement jour que dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle. Les Français y prirent une part prépondérante.

Il faut en particulier mentionner ici – parce qu'elles sont les plus importantes – les expériences menées, Turgot étant contrôleur général des finances, dans le cadre d'une politique de construction de canaux pour la navigation intérieure. A l'initiative d'une commission « *perpétuelle* » composée de géomètres de l'Académie des Sciences, d'Alembert, Condorcet et l'Abbé Bossut, des essais furent réalisés par ce dernier sur de petits modèles, dans une grande pièce d'eau de l'Ecole Militaire.

Ils donnèrent lieu à un compte rendu complet publié en 1777 sous le titre « Nouvelles expériences sur la résistance des fluides ». Il s'agit là d'un document important, qui fait référence. Ces essais confirment en particulier que, en eau infinie, la résistance est en gros, mais en gros seulement, proportionnelle au carré de la vitesse et que, dans un canal étroit, elle est considérablement plus grande.

Dans un « Discours préliminaire », l'Abbé Bossut, qui était un authentique savant, quoique moins connu que ses deux confrères, donne les règles qu'il convient d'observer quand on veut réaliser des expériences scientifiques, règles auxquelles, aujourd'hui encore, on ne peut que souscrire.

Si l'on excepte ceux effectués par Romme (« L'Art de la Marine », 1787) sur le modèle « parfait » d'un vaisseau de 74 canons, « L'Illustre », les essais entrepris au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle portent sur des corps de formes relativement simples. Il ne faut donc pas en attendre une prévision des performances des navires à la mer. De toute façon, c'est bien sur cette difficulté d'extrapolation du modèle au réel qu'achopperont jusqu'à William Froude toutes les tentatives en ce sens.

Et pourtant, Ferdinand Reech, alors directeur de l'Ecole du Génie Maritime avait montré, dès 1832 donc une quarantaine d'années avant Froude, que « *les résistances de corps flottants de formes semblables ne peuvent être proportionnelles aux surfaces et aux carrés des vitesses qu'autant que les carrés des vitesses sont proportionnels aux dimensions linéaires* » (Une démonstration complète de cette affirmation est donnée dans le dernier chapitre de son « Cours de mécanique d'après la nature généralement flexible et élastique des corps », 1852).

Reech précise d'ailleurs que les parois sont supposées "*absolument lisses ou polies*", ce qui, en termes d'aujourd'hui, signifie que le fluide est parfait et que la similitude en question concerne uniquement la résistance de vagues.

### **William Froude et le premier bassin d'essai opérationnel**

Si la loi de similitude qu'on applique couramment pour les essais sur modèle est bien celle de Reech, il revient à Froude – qui n'avait évidemment pas lu les cours de ce dernier – de la mettre le premier en pratique.

William Froude – à ne pas confondre avec Robert-Edmund, son fils – mena à bien son entreprise après avoir convaincu, malgré de nombreuses critiques plus ou moins ironiques, l'Amirauté britannique (1870) : il réalise à Torquay le premier véritable bassin d'essai, il remorque à différentes vitesses des planches de différentes longueurs et de différentes rugosités, ce qui lui permet d'établir une formule donnant la résistance de frottement (sans d'ailleurs même envisager l'existence possible d'une similitude du type Reynolds) et, pour couronner le tout, malgré les difficultés techniques que l'on devine aisément, en procédant au remorquage d'un bâtiment, le « Greyhound », il apporte la preuve que la résistance mesurée à la mer est très voisine de celle qu'on pouvait prévoir d'après les essais en bassin.

Avec le succès de Froude c'est vraiment une nouvelle ère qui commence pour l'hydrodynamique navale.

Des bassins de traction sont alors construits dans différents pays, en Grande Bretagne (Dumbarton, Haslar, Clydebank), en Italie (La Spezia), en Allemagne (Bremerhaven), en Russie (Saint-Petersbourg), aux Etats-Unis (Washington).

Et Parsons, à la fin des années 1890, construit de son côté, à Newcastle, un circuit hydraulique pour l'étude de la cavitation des hélices, certes de petites dimensions puisque le diamètre des hélices modèles ne dépasse pas 5 cm !, mais qui rendra de grands services pendant de nombreuses années.

Paradoxalement, alors que des Français avaient été pionniers en la matière, il faudra attendre 1906 – il y a tout juste 100 ans – avant que l'on puisse disposer à Paris d'un véritable bassin d'essai. Jusqu'alors, on devait en effet se contenter de remorquer des modèles dans une cale de radoub du port de Brest, aménagée sommairement, et équipée de moyens de fortune.

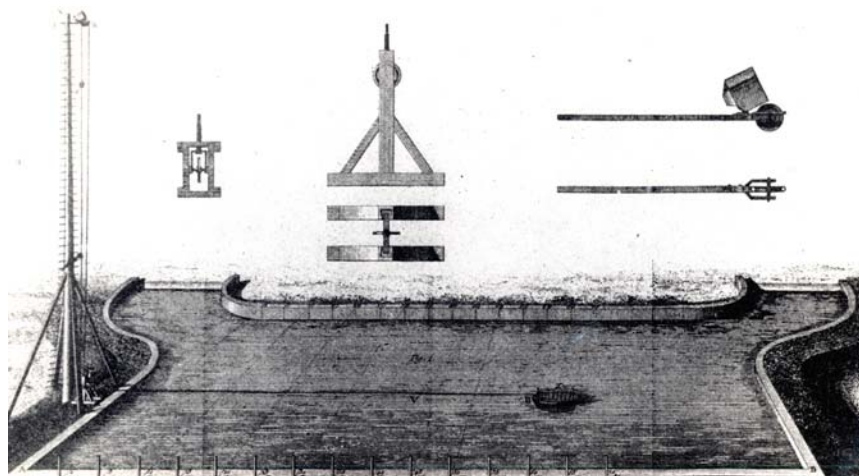


Figure I.1: L'expérience de l'Abbé Bossut

# ATMA 2006

## I PARIS 1906-1988

### 1- 1906-1920 Des débuts modestes

#### La création du Bassin de Paris

La création en 1895 à Paris d'une Section technique des constructions navales, chargée de « *dresser, d'après les programmes transmis par le ministre, les plans complets des navires et de leurs appareils moteurs* », a certainement constitué un élément déterminant dans la décision prise, quelques années plus tard, de créer un « *bassin destiné aux expériences des modèles de navires* ». Le chef de cette section, Emile Bertin, qui était non seulement un constructeur mais aussi un homme de science – il a effectué des études sur les qualités nautiques, roulis notamment – dépensera toute son énergie pour faire aboutir le projet de construction d'un bassin de dimensions suffisamment grandes, et doté d'équipements suffisamment perfectionnés, pour qu'on puisse y réaliser des essais fiables.

#### Le bassin de traction n° 1

Le bassin d'essai, qui sera connu bien plus tard comme bassin de traction n° 1, ou bassin 1, est implanté boulevard Victor, sur un terrain militaire, le long des fortifications qui ceinturent encore partiellement Paris.

Après enquête auprès des principaux laboratoires d'hydrodynamique navale, Bertin propose d'adopter les mêmes dimensions que celles du bassin de Washington mais, restrictions budgétaires obligeant, il doit se contenter finalement d'une largeur plus petite.

Ce bassin, qui a fonctionné avec satisfaction jusque dernièrement, a une longueur de 160 m (dont 135 m utiles, les extrémités étant réservées, pour l'une à la préparation et au stockage des modèles, et pour l'autre à un amortisseur de vagues), largeur 10 m, profondeur 4 m.

Le bassin étant à un niveau assez voisin de celui de la Seine, donc sujet aux caprices de celle-ci, sa section est elliptique de façon à mieux résister à la pression à laquelle les parois pourraient être soumises en cas de crue.

On n'avait certainement pas songé à l'époque à l'exécution d'essais sur houle de l'avant ou de l'arrière, mais la forme de cette section transversale interdirait de toute façon l'exécution de tels essais compte tenu que la houle qu'on pourrait créer à une extrémité se déformerait au fur et à mesure de sa propagation dans le bassin. Il n'a donc jamais été équipé d'un générateur de houle.

Une plate-forme de 25 tonnes, entraînée par 4 moteurs électriques, permet le remorquage de modèles de 6 mètres à une vitesse pouvant atteindre 6 m/s.

A l'origine, l'équipement comprend uniquement un dynamomètre pour la mesure de la résistance à la marche de la carène, et un autre pour celle des caractéristiques de fonctionnement des hélices isolées. Des essais d'autopropulsion (avec mesure du couple et de la poussée de l'hélice derrière carène) ne pourront être effectués qu'à partir de 1929.

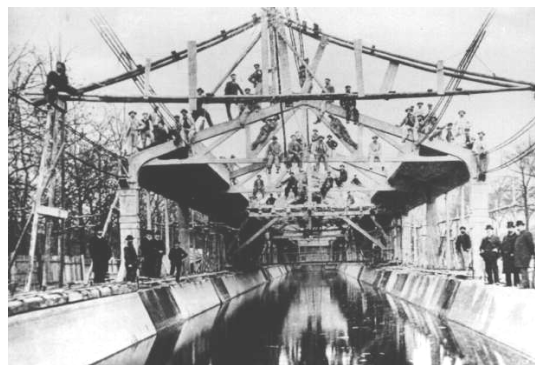


Figure 1.1: B1 en construction en 1905



Figure 1.2: B1 vide avec fond elliptique

# ATMA 2006

## Le « Bassin d'expérience de la Marine »

Le laboratoire chargé de la mise en œuvre de ce bassin est dénommé « Bassin d'expérience de la Marine » mais il prendra rapidement le nom de « Bassin d'essais des carènes » qu'il a conservé jusqu'à nos jours.

Rattaché à la Section technique des constructions navales, il a pour mission de « faire bénéficier les navires en construction des résultats obtenus par les expériences sur modèle ».

L'effectif du Bassin est au départ des plus réduits : un ingénieur du génie maritime, qui partage son temps entre le boulevard Victor et la rue Royale, un officier de direction, un agent technique, un dessinateur, un modelleur et trois ajusteurs-électriciens.

L'ingénieur principal Emmanuel Petithomme est le premier chef du Bassin. Il occupera ce poste jusqu'en 1910. Nous n'avons pas d'informations sur celui, ou sur ceux, qui l'ont suivi de 1910 à 1920.

Il semble bien que, pendant toute cette période, l'activité du Bassin se soit réduite à l'exécution d'essais de routine visant à déterminer les performances des navires en projet (une vingtaine de modèles essayés en moyenne chaque année entre 1910 et 1920), activité allant d'ailleurs en croissant puisque le Bassin se plaindra au début des années 20 de manquer de personnel pour mener à bien toutes ses tâches.

Un seul mémoire issu du Bassin est présenté à l'Association Technique Maritime au cours de cette période <sup>1</sup>. Petithomme, en 1908, y expose la façon dont sont réalisés les modèles, « avec l'exactitude voulue, et sans une dépense exagérée de main-d'œuvre de finissage », puis la « méthode de traduction des essais de traction des modèles ». Il est intéressant de remarquer que, si pour les études générales on conserve dans leur intégrité les formules de R-E Froude, on emploie, dans le cas d'un navire donné, faute de disposer à l'époque de moyens de calcul, « des formules simplifiées et un procédé graphique qui abrège les opérations ».



Figure 1.3: Pantographe ou machine à tailler la maquette en paraffine utilisée entre 1906 et 1963

<sup>1</sup> Les références des articles cités et de quelques articles issus du Bassin, sont données en annexe.

## 2- 1920-1940 Le temps du développement

### Un tournant important

1920 marque un tournant important dans l'histoire du Bassin. C'est en effet au cours de cette année qu'arrive à sa tête Emile Barrillon qui marquera de son empreinte le Bassin pendant vingt ans, et même plus puisqu'il restera jusqu'au début des années 60 conseil de son successeur, Roger Brard, qui fut son élève, son collaborateur, et plus encore son disciple, et qui, lui, assura la direction de l'établissement jusqu'en 1969.

Au total, 1920 marque donc le début d'une période d'un demi-siècle au cours duquel le Bassin se développera et s'affirmera dans la continuité comme l'un des centres majeurs dans le domaine de l'hydrodynamique navale.



Figure 2.1: Emile Georges Barrillon

### Emile- Georges Barrillon

Quand il arrive au Bassin, Barrillon a une solide expérience de constructeur mais aussi de chercheur : il a été l'un des créateurs du Centre Technique de la Marine, et il a poursuivi des études sur des sujets divers, optique télémétrie, TSF.

Barrillon est véritablement un savant, d'une rigueur intellectuelle exemplaire, et d'une curiosité scientifique insatiable qui l'amène à s'intéresser à des domaines

souvent éloignés de ses préoccupations professionnelles. Cette ouverture d'esprit l'aidera certainement quand, en 1939, tout en restant directeur du Bassin, il sera appelé par Raoul Dautry à créer le Service des Recherches Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Armement.

C'est un expérimentateur de talent, qui multipliera les postes d'expérience, mais toujours avec le souci de la qualité au moindre coût. Pour l'étude des qualités évolutives par exemple, auxquelles il consacre un effort particulier, il dispose d'un manège de 2,90 m de diamètre, les modèles n'ayant eux-mêmes que 40 cm de long ! Et ce n'est que tardivement qu'il lancera le projet d'un grand bassin de giration, bassin qui sera achevé par son successeur.

Il ne s'intéresse d'ailleurs pas uniquement aux essais sur modèles car il a le souci que les progrès réalisés en petit soient confirmés sur le navire lui-même. Comme il aimait à le répéter, l'hydrodynamique navale doit s'appuyer, pour avancer, sur deux béquilles : les essais sur modèle et les essais à la mer. Il plaidera donc constamment (cf. en particulier ses mémoires présentés à l'ATMA en 1924 et 1925) pour l'exécution d'essais systématiques : « *en deux mots, faire de nombreux essais à la mer et d'innombrables essais de modèles* ».

Emile Barrillon, qui a un penchant pour les mathématiques, n'est pas, loin de là, hostile à la théorie – il apportera d'ailleurs une contribution significative à la compréhension de certains sujets – mais, après réflexion, il est amené à constater « *l'impossibilité actuelle de la théorie* ». Il voit plutôt la théorie « *évoluer dans la voie d'une mise en ordre systématique et raisonnée d'expériences aussi nombreuses que possible* ».

Sous sa direction, le Bassin s'ouvre à l'international. Avec l'Anglais Baker, l'Allemand Kempf et le Hollandais Troost, Barrillon est l'un des fondateurs des Congrès Internationaux des Directeurs de Bassins, association sans statut juridique, connue aujourd'hui sous le nom anglais de International Towing Tank Conference (ITTC). Il organise d'ailleurs à Paris, de façon remarquable, la quatrième de ces réunions en 1935, et il participera régulièrement à toutes les autres jusqu'en 1963, ses remarques et ses conseils étant toujours reçus avec beaucoup d'attention par tous ses collègues.

## ATMA 2006

S'il n'a pas été lui-même le créateur du Bassin d'essais des carènes, Emile Barrillon fut le premier artisan de son développement, il lui imprima sa marque pour longtemps et il en fit un laboratoire polyvalent à la réputation bien établie. Il mérite donc grandement d'être reconnu comme le véritable Père du Bassin.

### Premiers investissements complémentaires

Bien que le besoin de nouvelles installations d'essai (pour la giration ou la tenue à la mer notamment) se fit sentir, le Bassin ne put les réaliser à une échelle suffisamment grande tant que la Marine ne put acquérir de la Ville de Paris une parcelle des anciennes fortifications.

Trois petites installations seulement purent donc être réalisées dans un premier temps :

- en 1926, un petit canal à mouvement d'eau, sorte de soufflerie à eau avec surface libre (section 0,50 m x 0,50 m ; vitesse maximale du courant 2,5 m/s), permettant de visualiser l'écoulement sur des corps fixes (safrans par exemple) et de mesurer les efforts qu'ils subissent ;
- en 1927, une petite soufflerie pour la visualisation des fumées sortant des cheminées, ou la visualisation d'écoulements autour d'obstacles fixes ;
- en 1930, une petite cuve à houle pour l'étude du roulis (et du tangage) au point fixe.

Le canal à mouvement d'eau et la cuve à houle étaient considérées comme des maquettes de ce qui deviendra le Laboratoire d'hydrodynamique, équipé d'une « grande » cuve à houle et d'un canal à mouvement d'eau plus important.

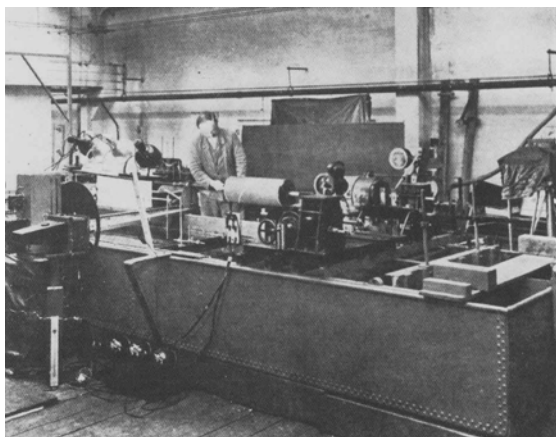


Figure 2.2: Petite cuve à houle de 1930

### Le canal à mouvement d'eau

Mis en service en 1935, le canal à mouvement d'eau est une veine d'expérience à surface libre de 1 m x 1 m de section où l'eau peut circuler jusqu'à 6 m/s. L'installation comprend en amont un réservoir de grande capacité (145 m<sup>3</sup>) se déversant dans la veine d'essai en pente douce, l'eau étant recueillie en aval dans une autre grande cuve (230 m<sup>3</sup>) puis renvoyée dans la cuve amont à l'aide de 4 pompes.

Le canal a été utilisé pour des études d'hydrodynamique intéressant le navire (écoulement autour de gouvernails, ou de massifs de sous-marins par exemple), mais aussi pour des études d'hydraulique (écoulement autour de piles de pont, écoulement dans un déversoir de barrage). On doit toutefois noter que, à cause de la présence d'une surface libre, la qualité de l'écoulement dans cette installation n'était pas parfaite, rendant les mesures qu'on pouvait y effectuer assez peu fiables. Le canal à mouvement d'eau a toutefois rendu des services pendant de nombreuses années.

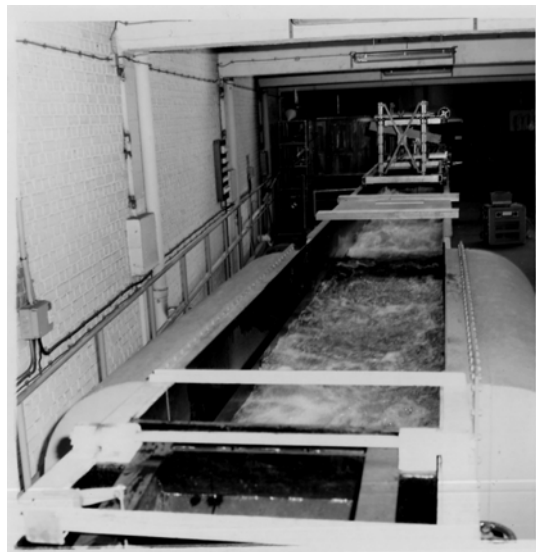


Figure 2.3: Le canal à mouvement d'eau

### La grande cuve à houle

Mise également en service en 1935, la grande cuve à houle est la première de son genre dans le monde. Ses dimensions principales (longueur 30 m, largeur 7 m, profondeur 2,40 m) ont été choisies de manière à permettre l'exécution d'essais sur les mêmes modèles que ceux passant en bassin de traction.



## ATMA 2006

Le générateur de houle est un volet dont la forme de la section rappelle celle d'un chistera ; il est animé d'un mouvement qui reproduit le plus fidèlement possible le mouvement orbital de la houle à la profondeur considérée. La qualité exceptionnelle de ce générateur permet d'obtenir une houle bien régulière à quelques mètres seulement de l'extrémité amont de la cuve. La longueur d'onde de la houle peut être réglée entre 1,50 m et 22 m ; sa hauteur peut atteindre 30 cm pour une longueur d'onde supérieure à 3 m.

Un amortisseur de houle (plage parabolique), lui-même d'excellente qualité, est placé à l'autre extrémité de la cuve.

Les essais effectués dans cette installation sont, pour la très grande majorité d'entre eux, des essais de roulis au point fixe. Les mouvements du modèle sont mesurés au moyen d'appareils photographiques à disque tournant avec fentes, la vitesse de rotation étant synchronisée avec le mouvement du volet.

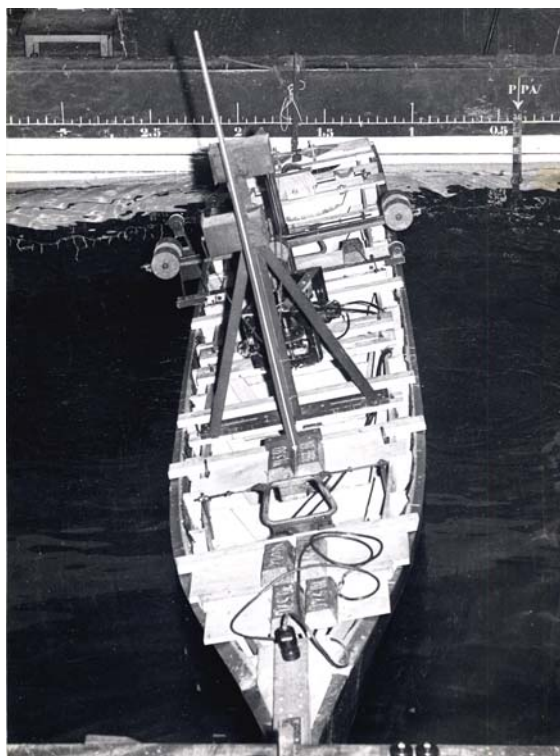


Figure 2.4: Essai de roulis dans la grande cuve à houle

### Etudes de tenue à la mer

Pour l'étude du roulis en marche, on fera appel, mais bien plus tard, à une méthode consistant à remplacer l'effet de la houle par celui d'un dispositif « équivalent » installé sur

le modèle, et consistant en deux poids tournant en sens inverse autour d'axes situés dans le plan de symétrie du modèle. Dans la cuve à houle, c'est-à-dire au point fixe, on règle l'amplitude et la période du couple ainsi créé de manière à stabiliser le modèle en roulis. Le modèle, remorqué ensuite dans le bassin de traction avec ce dispositif en marche, est censé avoir le même couple de roulis que s'il était placé sur la houle réalisée dans la cuve.

Brard (1949) montrera, à l'aide de cette technique des poids tournants, l'influence favorable de la vitesse (et celle des quilles) sur le roulis, confirmant les essais effectués par Legendre (1932) sur l'amortissement du roulis en fonction de la vitesse.

Barrillon montrera par exemple de son côté l'existence possible d'un double régime de roulis (en fait trois régimes, dont un instable) pour une houle de hauteur donnée. Il donnera ultérieurement (1934) une explication théorique de ce phénomène exceptionnel, qui pourrait avoir été à l'origine de la perte d'un aviso de l'Aéropostale dans l'Atlantique Sud.

On doit encore souligner l'important travail de Legendre (1933) sur le comportement en roulis du navire sur houle irrégulière, houle qu'il décrit déjà pratiquement comme on le fait aujourd'hui. Legendre réalise à la fois une étude théorique, des essais sur modèle et des essais à la mer sur deux bâtiments, le « Foch » et la « Provence ». Les essais à la mer confirment pleinement les résultats du calcul.

A l'aide d'essais effectués au point fixe, Igonet (1939) dégage les caractéristiques essentielles du tangage par mer de l'avant, et en particulier l'importance primordiale du rapport de la longueur d'onde de la houle à la longueur du navire.

### Propulsion et cavitation

Sur le plan expérimental, le plus grand progrès réalisé dans l'entre-deux-guerres a consisté en la possibilité de mesurer les caractéristiques de fonctionnement des hélices derrière carène, mais peu de résultats sont aujourd'hui disponibles. Cette possibilité a en tout cas permis de mieux cerner la question des interactions hélice-carène. La note de Barrillon sur la définition expérimentale du sillage, rédigée à l'occasion du congrès international de 1935 dont on a déjà parlé, est une bonne synthèse sur le sujet.

## ATMA 2006

Faute de disposer d'une installation appropriée – la seule existant en France est, à Brest, un petit tunnel pour essais de profils à deux dimensions – les ingénieurs du Bassin en seront réduits à aborder le problème de la cavitation par voie théorique.

Brard notamment (1932) établira quelques règles pour éviter la cavitation, comme l'utilisation de profils cambrés qui permettent de réaliser la condition d'entrée sans choc (appelée condition d'adaptation en aérodynamique) avec une portance non nulle.

## 3- 1941-1969 L'âge d'or du Bassin

### Un relais assuré dans des circonstances difficiles

Quand l'Ingénieur général Barrillon quitte la direction du Bassin d'essais des carènes, il ne le fait pas parce qu'il a atteint la limite d'âge de son grade, il ne le fait pas de son plein gré, il le fait à cause d'une loi de circonstance de Vichy. A un tel moment, un tel changement aurait pu être source de désordre mais, comme on l'a déjà noté, le remplacement d'Emile Barrillon par quelqu'un qui connaissait bien la maison, Roger Brard, et l'existence d'une parfaite confiance entre les deux hommes ont grandement facilité la transition.

Et si les années sombres de l'Occupation n'ont pas été chargées en activités courantes, elles ont permis de préparer, discrètement, l'avenir.

### Roger Brard

Quand il prend la direction du Bassin, Roger Brard a déjà une solide expérience en hydrodynamique navale. Il est en effet entré au Bassin dès sa sortie de l'Ecole du Génie Maritime en 1929. Il y a fait un premier séjour, jusqu'en 1932, au cours duquel, outre le travail courant consacré aux navires en projet, il a effectué des études sur l'action des quilles de roulis, et sur la théorie des hélices, en particulier du point de vue du risque de cavitation.

Affecté à Brest de 1932 à 1938, il poursuivra ses recherches dans ces deux voies.

Sa réputation comme spécialiste des hélices lui vaudra d'ailleurs d'être appelé par les Chantiers de Penhoet à les aider à résoudre les problèmes délicats (cavitation, vibrations) rencontrés par les hélices du paquebot « Normandie ». Les hélices qu'il dessinera permettront à ce prestigieux navire de conquérir en 1935 le Ruban Bleu de la traversée de l'Atlantique Nord, puis de le reconquérir en 1937 après qu'il eut été ravi par le paquebot « Queen Mary ».

La coopération de Roger Brard avec les Chantiers se poursuivra de façon régulière : les hélices B-Penhoet équiperont de nombreux navires, militaires aussi bien que civils.

Revenu au Bassin en 1938, Brard étendra rapidement son champ d'intérêt à tous les aspects de l'hydrodynamique navale. C'est ainsi qu'il abordera successivement, ou simultanément, les questions relatives au tangage, à la tenue de plongée des sous-marins, à la giration des navires de surface, à la résistance de vagues (un de ses sujets de prédilection en fin de carrière), et naturellement à la propulsion (il concevra par exemple des bras de chaise « distributeurs » destinés à améliorer l'arrivée d'eau aux hélices, et des gouvernails « redresseurs » pour récupérer l'énergie perdue à la sortie).

Son approche des problèmes est différente de celle de son prédécesseur : alors que Barrillon était un savant qui avançait pas à pas en respectant une logique toute scientifique, Brard est davantage un intuitif qui fonce directement dans le sujet, n'hésitant pas à se lancer d'entrée de jeu dans des calculs complexes.

Débordant d'énergie, travailleur infatigable, il ira jusqu'à frapper directement à la porte des plus hautes autorités quand il estime que les intérêts du Bassin sont en jeu.

Parfois contesté en France par certains à cause de sa forte personnalité, mais souvent admiré par d'autres à cause de sa compétence indiscutable, Roger Brard est unanimement apprécié à l'étranger, en particulier par ses collègues de l'International Towing Tank Conference. Le succès de la 9<sup>e</sup> ITTC, qui s'est tenue à Paris en 1960, doit grandement à son engagement personnel. Et quand son activité officielle prendra fin, c'est tout naturellement que l'« Admiral » Brard sera invité à donner des conférences aux Etats-Unis, alors même qu'il ne maîtrise qu'imparfaitement l'anglais, l'Ingénieur Général Brard continuant à faire profiter le Bassin de son expérience comme conseiller scientifique de son successeur André Castéra.

La présence d'un tel homme, au même poste pendant pratiquement trente ans, aura marqué profondément le Bassin, mais aussi le milieu de la construction navale, militaire bien sûr, mais également civile.



Figure 3.1: R Brard et E Barrillon à la 9<sup>e</sup> ITTC (Paris 1960)

### Une période d'intense activité

Les quinze années qui ont suivi la fin de la dernière guerre constituent pour le Bassin une période exceptionnelle.

Tout était à refaire ou presque : la marine marchande était à reconstruire, la flotte militaire de surface également. Quant aux sous-marins, il s'agissait d'abord de retrouver une compétence perdue et de maîtriser les techniques nouvelles apparues pendant la guerre avant de lancer de nouveaux projets.

Tous les bâtiments de guerre ont fait l'objet de nombreux essais sur modèle, avant d'être soumis à des essais techniques à la mer très complets, qui permettront, au moins pour les bâtiments de surface, de faire avancer la question de la comparaison modèle-réel.

Et c'est tout naturellement qu'on a effectué d'innombrables essais de toute sorte sur le plus prestigieux des navires de commerce, le paquebot France.

Pendant un certain nombre d'années, le bassin de traction a donc dû fonctionner avec deux équipes, c'est-à-dire pratiquement seize heures par jour et six jours par semaine.

De plus, de nombreuses installations nouvelles – quatre majeures en une douzaine d'années – ont été réalisées et mises en service à cette époque, requérant beaucoup de temps et de soins de la part de ceux qui en avaient la responsabilité.

Le Bassin avait aussi l'ambition de ne pas baisser le niveau de ses études à caractère général, et même de profiter de ses nouvelles installations expérimentales pour en lancer de nouvelles.

Enfin, les leçons qu'on doit normalement tirer des essais à la mer n'ont jamais été perdues de vue, au contraire, d'où de nombreuses missions d'ingénieurs et de techniciens du Bassin à bord des navires.

Les effectifs se maintiendront pendant toute cette période à un niveau élevé. Ils étaient de 215 personnes en 1968, mais le nombre des ingénieurs – 35 à cette même date – était certainement insuffisant pour faire face aux besoins croissants en recherches et études.

### La cuve de tangage en marche

Mise en service en 1942, il s'agit encore d'une petite installation (longueur 20 m, largeur 2,70 m, profondeur 1,25 m), dans laquelle on peut produire des houles régulières dont la longueur d'onde varie de 0,50 m à 9 m, et la hauteur maximale, fonction de la longueur d'onde, de 8 à 12 cm. Le modèle, dont la longueur ne dépasse pas 2 m, est remorqué par une plateforme légère.

Au cours d'un essai, on mesure le tangage et le pilonnement, et l'on prend, sur une même plaque, des photographies à des instants rapprochés, ce qui permet d'avoir d'un seul coup d'œil une idée du comportement du modèle (risque d'embarquement d'eau par exemple).

Cet équipement, d'une taille modeste, jouera jusqu'à la mise en place d'un générateur de houle dans le bassin rectiligne n° 2 un rôle non négligeable. A titre d'exemple, on peut citer les essais réalisés sur une vedette rapide qui avait été rebutée aux essais de recette parce que, par mer de l'avant, sa passerelle recevait tellement d'embruns que la visibilité était très mauvaise, et donc la navigation impossible en toute sécurité. Les essais effectués dans la cuve ont confirmé l'existence d'un tel désordre. Un simple changement du nez de la vedette a été proposé, et les essais à la mer effectués après transformation ont pleinement confirmé le bien-fondé de cette solution.



Figure 3.2: Essai d'une vedette dans la cuve de tangage en marche

### Le bassin de giration

C'est sous la direction d'Emile Barrillon qu'a été projetée la réalisation d'un grand bassin de giration, mais c'est sous celle de Roger Brard, en 1942, que sa construction a été achevée, pas tout à fait d'ailleurs puisque, à l'origine, le bassin n'était couvert qu'à sa périphérie. Mais les inconvénients d'une telle solution (effets possibles du vent, rigueur des hivers – ceux de 1946 et de 1947 notamment) ont vite fait comprendre l'intérêt d'une couverture totale, qui fut réalisée en 1953.

Cette installation d'essai sera unique au monde pendant un certain nombre d'années, les bassins comparables de l'Admiralty Experiment Works, Haslar, de Washington et de Saint-Petersbourg n'étant réalisés qu'en 1957, 1961 et 1965 respectivement.

C'est une cuve circulaire de 65 m de diamètre et de 5 m de profondeur, équipée d'un bras tournant dont la vitesse de rotation peut atteindre 17 °/s, soit 10 m/s à la périphérie. Une passerelle relativement légère est suspendue au bras ; sa position, donc le rayon de giration, peuvent être réglés à volonté. Au cours d'un essai, le rayon, la dérive (angle entre la tangente à la trajectoire et l'axe du modèle) et l'angle de barre étant fixés, on mesure en général les efforts horizontaux s'exerçant sur le modèle, propulsé ou non (3 composantes), la gîte et le couple sur la mèche du gouvernail.



Figure 3.3a: Vue extérieure du bassin de giration avant qu'il ne soit couvert en 1953



Figure 3.3b : Vue intérieure du bassin de giration après la pose du toit en verrière

Les essais effectués ont le plus souvent pour objet de déterminer les caractéristiques de la giration permanente du navire en fonction de l'angle de barre.

D'autres essais consistent à mesurer systématiquement les efforts hydrodynamiques s'exerçant sur la carène et sur son gouvernail en fonction des différents paramètres de la giration (rayon, dérive, vitesse), les essais à rayon infini étant naturellement effectués dans un bassin rectiligne. De ces essais on peut alors tirer les coefficients hydrodynamiques à introduire dans les équations du mouvement, équations qui sont ensuite éventuellement introduites elles-mêmes dans un calculateur (analogique dans les années 60, digital ensuite) pour notamment connaître les réactions du navire aux différents ordres de barre qu'on lui impose.



## ATMA 2006

La connaissance des efforts transversaux permet en particulier de savoir si le régime de route rectiligne, barre à zéro, est stable ou non.

En plus des essais sous passerelle, on effectue également des essais sur modèle radioguidé. Celui-ci peut être équipé d'une hélice aérienne qui fournit une poussée égale à la correction de frottement qu'il faut appliquer pour passer du modèle au réel. L'hélice marine travaille alors dans les mêmes conditions que sur le réel, et donc le gouvernail également. Un appareil photographique placé dans l'axe au sommet du bassin permet de reconstituer la trajectoire du modèle.



Figure 3.4: Essai de modèle radioguidé

Le bassin rectiligne n° 3, mis en service au milieu des années 50, sera implanté pratiquement tangentiellement au bassin de giration, ce qui permettra de mettre en vitesse le modèle en l'entraînant par la passerelle de ce bassin 3 avant de le lâcher pour lui permettre d'évoluer librement.

Grâce à cette installation le Bassin d'essais des carènes sera incontestablement pendant un certain nombre d'années le leader mondial en matière de qualités évolutives.

Les études expérimentales se doubleront d'ailleurs de recherches théoriques. C'est ainsi que, le premier, Brard a proposé un schéma tourbillonnaire du navire en giration, deux nappes horizontales de tourbillons s'échappant de la quille et de son image par rapport à la surface libre supposée non perturbée (effet de miroir). Le navire en giration se comporte donc comme une aile portante verticale d'envergure très petite.

La théorie ainsi esquissée sera développée par Casal au titre d'une thèse de doctorat (1951).

### Tenue de plongée des sous-marins

Les efforts verticaux qui s'exercent sur un sous-marin en plongée se déplaçant selon une ligne droite (pas nécessairement horizontale) sont d'une part un couple hydrostatique de rappel vers la position en assiette nulle, et d'autre part une force hydrodynamique dont la position en longueur dépend des formes du sous-marin, de la dérive et de la vitesse.

A faible vitesse, les efforts hydrodynamiques (proportionnels à  $V^2$ ) étant petits, le régime de route rectiligne du sous-marin est toujours stable. Ce cas était celui des sous-marins d'avant-guerre. Mais les progrès réalisés pendant la guerre sur la vitesse en plongée, en Allemagne notamment, ont changé la donne. On a alors découvert à l'occasion des essais à la mer du sous-marin « La Créole » que, à partir d'une certaine vitesse, un sous-marin pouvait avoir un régime de route instable, phénomène se manifestant par des mouvements d'oscillation d'amplitude croissante avec la vitesse (mouvements dits « de marsouin »).

Dès le début des années 50, le Bassin a donc fait un effort pour comprendre ce phénomène, pour évaluer son risque d'apparition, et pour le supprimer.

Les conditions de stabilité ayant été proposées par Brard, il restait à mesurer les efforts verticaux, mais on ne disposait pas d'équipement permettant de le faire. D'où l'idée du demi-modèle de sous-marin, couché à  $90^\circ$  (sur le flanc), et évoluant dans un plan horizontal. Si la vitesse est assez faible, le champ de vagues créé par le modèle est négligeable, et tout se passe comme si on mesurait la moitié des efforts hydrodynamiques s'exerçant sur un sous-marin évoluant dans un plan vertical.

Des essais effectués en 1957 sur le sous-marin « Narval » ont permis de valider a posteriori la méthode.

Plus tard (1963), le bassin a disposé d'un équipement appelé Planar Motion Mechanism System qui mesure les efforts sur un modèle oscillant dans un plan vertical, avec une fréquence et une amplitude variables, d'où l'on

## ATMA 2006

peut tirer les coefficients à introduire dans les équations du mouvement.

Enfin le Bassin s'est doté de son premier modèle libre (Brard et al, 1968). Ce modèle de 6,50 m de long fit ses premiers essais en baie de Saint-Tropez en 1968 et fut utilisé jusqu'en 1990 en subissant les adaptations nécessaires aux projets de sous-marins à étudier. Il était mis en œuvre par l'établissement de Saint-Tropez, les tirs se déroulant dans la baie de Saint-Tropez avec l'aide d'un catamaran.

### Autres essais sur des corps sous-marins

On donnera encore deux exemples pour montrer la variété des questions auxquelles le Bassin a dû répondre durant cette période.

Le premier est l'étude de la remontée des sous-marins après chasse aux ballasts, étude entreprise à la suite d'un incident survenu au cours de la première plongée du « Narval » (le bâtiment, après avoir chassé partout, ayant été soumis à un roulis important). Cette étude a pu être réalisée assez aisément grâce à la présence d'un hublot dans une des parois latérales du bassin rectiligne n° 3, ce qui a permis de visualiser la remontée. Le phénomène a pu être expliqué (le massif se comporte en effet dans ce cas comme un aileron déstabilisateur).

Le second exemple concerne le sonar remorqué DUBV 43, un « poisson » qui devait satisfaire à des spécifications très sévères et contradictoires : être stable en direction et en immersion, ne pas gîter, y compris en giration, et permettre une écoute sur 360 °. Après un examen approfondi de ce problème particulièrement difficile, et des essais dans le bassin n° 3 et dans le bassin de giration, des formes originales ont pu être proposées qui ont donné toute satisfaction à la mer.

### Le tunnel de cavitation

Plus de quarante ans après la construction par Parsons de son circuit hydraulique pour l'étude de la cavitation des hélices, la France ne disposait encore que d'une installation pour étude de profils fixes. Et pour l'étude des hélices du paquebot « Normandie » par exemple, il avait fallu s'adresser au bassin de Hambourg.

Longtemps attendu, retardé dans sa construction à cause de l'Occupation, un vrai tunnel de cavitation verra enfin le jour en 1948.

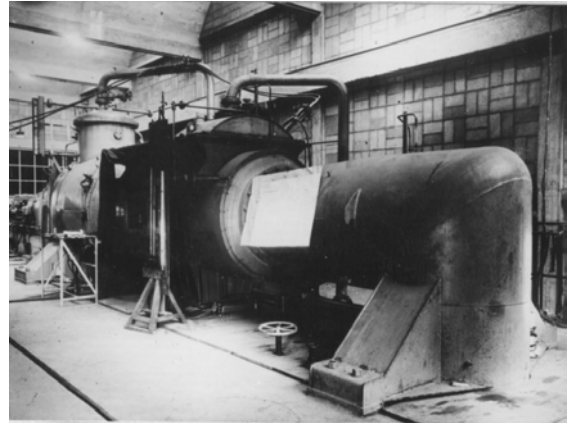


Figure 3.5: Vue de la partie supérieure du tunnel N°1

C'était à l'époque le plus important d'Europe avec sa veine d'essai de 0,80 m de diamètre, et sa vitesse maximale de 18 m/s, grâce à une pompe de 560 kW placée en partie basse du circuit pour éviter qu'elle ne cavite elle-même. Une pompe à vide permet d'autre part de régler la pression dans la veine d'essai. Un arbre axial entraîne en rotation l'hélice modèle à un nombre de tours/mn pouvant aller jusqu'à 2 200 tr/mn.

Les hélices essayées sont en général les mêmes que celles qui équipent le modèle de carène pour les essais d'autopropulsion. Leur diamètre étant limité à une trentaine de centimètres, il n'existe en fait pas d'effet de paroi. Un dynamomètre permet de mesurer leur couple et leur poussée.

On sait qu'une hélice, quand elle est unique et qu'elle est placée derrière une carène à fort remplissage, travaille dans un champ de vitesse incidente très perturbé ; aussi, pour pallier l'impossibilité d'installer dans le tunnel une carène, même tronquée, a-t-on imaginé de remplacer celle-ci par un empilement de grillages désigné sous le nom de « générateur de sillage ». La mise au point de ce générateur « équivalent » à la carène est une opération purement empirique. Le dispositif donne dans l'ensemble satisfaction.

Pour les hélices multiples travaillant dans un sillage faible, et pratiquement uniforme, hélices des bâtiments de guerre notamment, rien de spécial n'est prévu. Mais on découvrira bien plus tard (alors qu'on aurait déjà pu le faire à l'époque) que l'inclinaison du courant

incident par rapport à l'axe de l'hélice joue un rôle important dans l'apparition et le développement de la cavitation de telles hélices. Au début des années 60 on équipera donc le tunnel avec une ligne d'arbres inclinable.

### Etudes de cavitation

Sans nul doute, ce tunnel a fait faire des progrès considérables au dessin des hélices. Il a d'abord permis de bien comprendre les conditions dans lesquelles la cavitation apparaît, dans lesquelles elle se développe, de codifier les différents types de cavitation rencontrés, et de déterminer leur influence sur les performances des hélices (couple poussée, rendement, mais non bruit car le tunnel n'est pas silencieux et n'a d'ailleurs pas été conçu en tenant compte de cet objectif).

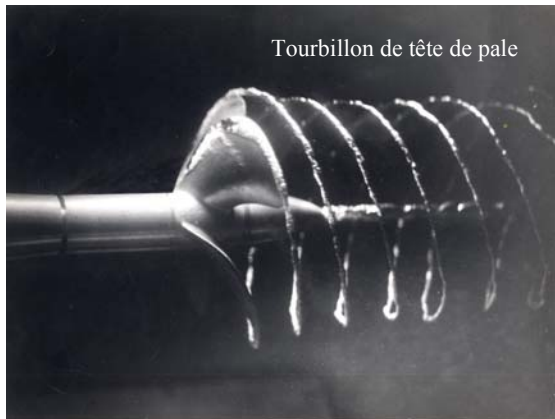


Figure 3.6: Essai au tunnel N°1

La comparaison avec le navire réel est rendue difficile car les hélices des navires ne sont en principe pas observables. Aussi s'est-on contenté pendant longtemps – et se contente-t-on encore aujourd'hui – de détecter à la mer les bruits anormaux, d'évaluer la dégradation éventuelle des performances mécaniques et, le cas échéant, de relever les érosions qui peuvent apparaître sur les pales après un nombre d'heures de fonctionnement en général assez élevé.

Globalement, on peut dire que les zones d'érosion sont en bon accord avec les figures de cavitation relevées au tunnel (cf. par exemple, dans le cas d'un pétrolier, le mémoire de Pascault, 1960).

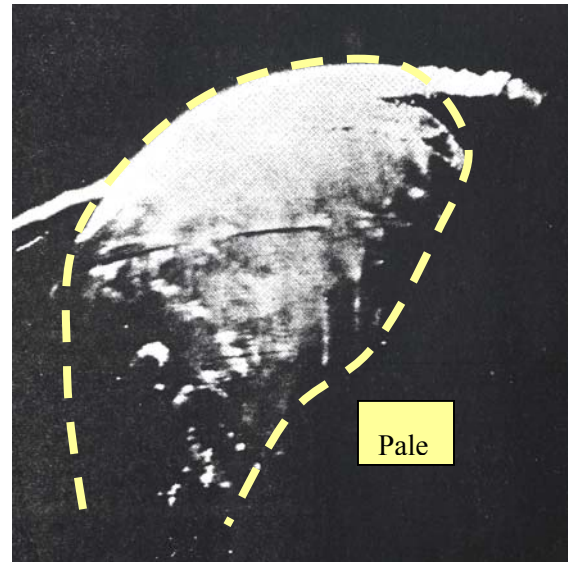


Figure 3.7: Nuage de cavitation sur le dos d'une hélice d'escorteur à la mer

Mais on peut aller plus loin, et observer la cavitation sur un navire en service, à travers un hublot disposé dans la coque et en illuminant l'hélice (ou un appendice, gouvernail par exemple) avec un dispositif stroboscopique commandé par la ligne d'arbres. En opérant de nuit, et dans une zone où l'eau est assez transparente (en Méditerranée par exemple), on se retrouve dans des conditions analogues – confort en moins ! – à celles du tunnel.

A partir de l'expérience acquise par l'Admiralty Experiment Works, et en utilisant du matériel prêté par ce centre d'hydrodynamique navale, des essais ont été effectués pour la première fois en 1962 sur un escorteur ex-italien, le « Châteaurenault ». Ils se sont ensuite poursuivis sur des escorteurs d'escadre type « Surcouf » du programme naval, avant d'être généralisés.

C'est avec surprise qu'on a constaté les divergences entre le réel et les prévisions pour ce qui concerne les figures de cavitation. Alors par exemple que, sur le dos, on ne voyait rien ou presque rien au tunnel, on a pu observer un gros nuage de cavitation quand la pale était en position descendante ! L'effet de l'inclinaison de la ligne d'arbres était patent. On a pu aussi mieux soupçonner l'insuffisance du nombre de Reynolds (proportionnel au produit du diamètre de l'hélice par la vitesse incidente) au tunnel, le grand nombre de Reynolds de l'hélice réelle favorisant la cavitation.



## ATMA 2006

On a donc été incité à entreprendre des essais systématiques au tunnel sur des profils fixes pour déterminer l'influence de la vitesse du courant, de la teneur en air de l'eau, et de l'échelle sur l'apparition de la cavitation du modèle (cf. Bindel et Lombardo, 1964 ; Bindel et Riou, 1969). Les modèles essayés à Paris ont ensuite circulé dans d'autres tunnels au titre d'une coopération dans le cadre de l'ITTC.

On peut illustrer les services que le tunnel, aujourd'hui disparu, a rendus en rappelant que, au cours de la première sortie en mer du paquebot « France » en 1960, on avait constaté l'apparition, à partir de 25 nœuds, d'une cavitation prenant naissance sur l'étrave, sous forme d'une lame située d'un bord ou de l'autre selon les circonstances. Il en résultait, quand cette lame disparaissait, un bruit très gênant, d'abord intermittent puis continu, comme un intense roulement de tambour, qui rendait inconfortables (et donc impropres à une utilisation commerciale) une centaine de cabines situées à l'avant. Après essais au tunnel, une modification des formes de l'étrave fut proposée, qui se révéla à la mer tout à fait satisfaisante.

### Le bassin n° 2

Après la guerre la taille des pétroliers a commencé à grandir, mais les dimensions du Canal de Suez étaient restées les mêmes depuis sa création. Or, on sait que la navigation d'un navire dans l'axe d'un canal est instable car il est attiré par la berge la plus proche. On pouvait donc avoir des craintes quant à la possibilité de faire transiter des gros pétroliers par le Canal.

C'est la raison pour laquelle un nouveau bassin rectiligne, appelé d'ailleurs au départ « Canal de Suez », avant de devenir le bassin 2, a été construit en 1951.

Sa longueur, 55 m, sera portée à 155 m en 1954. Sa largeur est de 8 m et sa profondeur de 2 m, mais il est possible de régler le niveau de l'eau pour faire des essais en eau peu profonde ou en canal.

Pour les essais en canal, des berges sont installées dans le fond du bassin, et le modèle est piloté manuellement, de préférence toujours par un même technicien sélectionné en raison de son aptitude pour ce genre d'exercice. Des navigants attesteront que les

réactions du modèle sont analogues à celles qu'ils ressentent quand ils passent le Canal. Il s'agit donc alors d'essais purement qualitatifs.

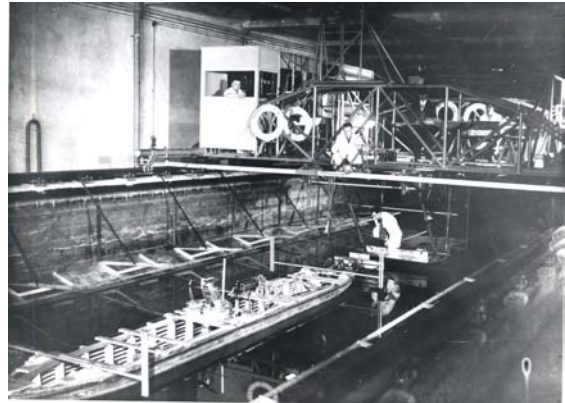


Figure 3.8: Essai au bassin 2 de stabilité de route lors du passage du canal de Suez

Ultérieurement, à l'occasion du projet d'agrandissement du Canal de Suez, une importante campagne d'essais systématiques sera organisée, avec mesure des variations de l'angle de barre et des déplacements latéraux du modèle. On tentera de définir, pour chaque condition (du navire ou du canal) envisagée, la vitesse possible de navigation sans risque (cf. S. Bindel, 1st Symposium on Ship Maneuverability, Washington 1960).

A l'origine, il n'est pas prévu de créer de la houle dans ce bassin. Il recevra en 1961 un générateur de houle régulière, qui sera ensuite doté, en 1970, d'une capacité de création de houles irrégulières grâce à la mise en place d'un servomoteur électrique d'orientation de tourelle de 100 mm. La grande bande passante du servomoteur permettait de générer des spectres de houle sur un intervalle étendu de fréquences de houles. Le bassin 2 se substituera donc de fait à la petite cuve de tangage en marche pour les essais mer de l'avant ou de l'arrière.

Le bassin 2 apparaît donc au total comme une installation de dimensions moyennes très utile pour étudier, sans coût excessif, des phénomènes variés.

### Le bassin rectiligne n° 3

Le Bassin d'essais des carènes avait toutefois réellement besoin d'un grand bassin rectiligne, non seulement pour soulager le bassin datant de la création de l'établissement, mais aussi pour permettre l'exécution d'essais sur des modèles plus grands et plus rapides. Ce sera le

## ATMA 2006

bassin rectiligne n° 3, mis en service en 1954 et allongé en 1958.

Long de 220 m (après allongement), large de 13 m, profond de 4 m, il est équipé d'une passerelle pouvant se déplacer à 10 m/s.

C'est donc un bassin de traction tout à fait classique. On rappellera seulement ici deux de ses caractéristiques intéressantes, déjà signalées.

D'une part, il est relié au bassin de giration par une darse de 8 m de large, ce qui facilite la mise en vitesse permanente des modèles dans le bassin n° 3 avant leurs libres évolutions dans le bassin de giration.

D'autre part, une de ses parois latérales comporte des hublots permettant d'observer dans de bonnes conditions, et de filmer, le comportement de corps sous-marins.

Le bassin 3 sera équipé en 1973 d'un générateur de houles régulières ou irrégulières se propageant selon son axe. La hauteur maximale des houles régulières produites est de 0,50 m, ce qui, à l'échelle habituelle des modèles, représente des houles réelles d'au moins 10 m de creux. Ce générateur muni de servo-verins hydrauliques repose sur des rails circulaires fixés sur le fond du bassin de façon à pouvoir rabattre le générateur sur un des bords du bassin. Cette disposition qui conduit à une structure mécanique complexe a l'avantage de sauvegarder la possibilité de mettre en communication le bassin n° 3 et le bassin de giration pour le lancement des modèles avant leur mise en giration.

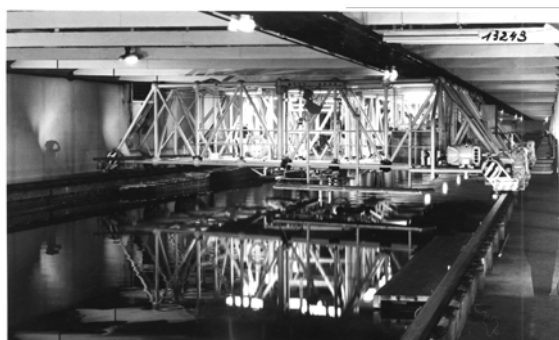


Figure 3.9: Vue du bassin 3

### Les essais à la mer

On a, à plusieurs reprises, mentionné certains phénomènes qui avaient donné lieu à la fois à des études sur modèle et à des vérifications au réel. On doit souligner ici que, d'une façon générale, et selon le vœu d'Emile Barrillon, la période 1940-1969 a été particulièrement riche en essais à la mer.

Les bâtiments de surface du programme naval, au moins les premiers de série, ont fait l'objet d'essais techniques étendus, avec toujours la participation active de représentants du Bassin.

Pour les essais des navires de commerce, cette participation se faisait évidemment au cas par cas. Les excellentes relations existant entre le Bassin d'essais des carènes et l'Institut de Recherches de la Construction Navale, souvent appelé par les chantiers à prendre en charge les essais, ont en particulier facilité la mise en parallèle entre modèle et réel.

Le mémoire fondamental « Critique des essais à la mer » présenté à l'ATMA en 1953 par Roger Brard et Marcel Jourdain, alors adjoint de Jean Dieudonné directeur général de l'IRCN, est d'ailleurs le symbole même de cette coopération.

Pour des raisons évidentes de coût et de difficultés techniques, la mesure de la résistance à la marche d'un navire réel est une opération assez rarement entreprise et, depuis le remorquage du « Greyhound », on compte sur les doigts d'une main le nombre de tels essais. On doit donc particulièrement rappeler ici l'opération consistant à faire remorquer sur base de vitesse un dragueur, l'« Aldébaran », par un dragueur identique, le « Sirius » (Rétafi et Bindel, 1955). Cette particularité a permis d'étudier la corrélation modèle-réel à la fois sur la résistance (mesurée sur le bâtiment remorqué) et sur la propulsion (mesurée sur le remorqueur).

### Le centre mathématique

L'aventure informatique du Bassin commence au début des années 1960 avec l'acquisition du « calculateur électronique digital » GIER en 1962 et du calculateur analogique EAI/ PACE-231 R en 1963, plus tard complété par une unité EAI 680.

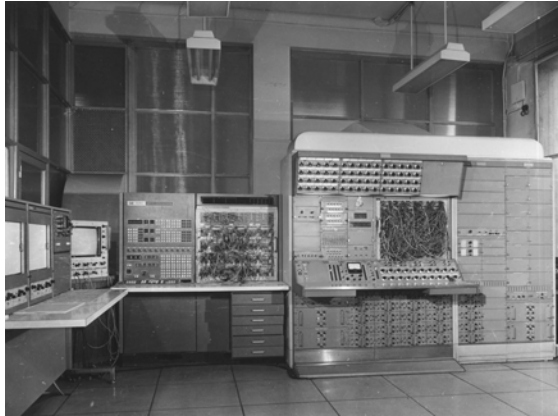


Figure 3.10: Calculateurs analogiques : de gauche à droite EAI 680 et PACE 231 R

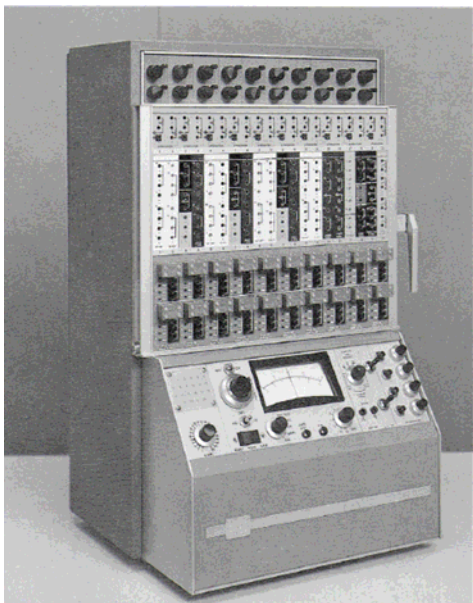


Figure 3.11: Petit calculateur analogique pour les plateformes des bassins EAI/TR20

Il faut noter aussi l'acquisition d'un petit calculateur analogique EAI TR 20 destiné aux calculs sur les bassins de traction et l'acquisition de cuves rhéographiques permettant de faire des calculs en fluides parfaits sur des profils bidimensionnels et tridimensionnels (Brard, 1964). En fait, l'informatique du Bassin est en constante évolution. Le Bassin fera ainsi l'acquisition du calculateur MITRA 15-35 et vers 1968 du calculateur Honeywell qui, installé sur la plateforme du bassin n°3, permettra de réaliser des mesures en temps réel à l'aide de ses 200 voies d'acquisition. Pour les gros calculs, le Bassin avait accès à l'UNIVAC 1110 du Centre de Calcul Scientifique de l'Armement (CCSA) implanté à Bruz. Ce calculateur plus puissant que les calculateurs du Bassin était cependant d'une puissance moyenne pour l'époque

puisque son contemporain le CDC 7600 était 20 fois plus rapide que lui.

Tous les équipements informatiques du Bassin sont mis sous la responsabilité de Sacha Krakowiak arrivé au Bassin en 1962 et qui le quitta en 1968 après avoir créé et dirigé le « Centre Mathématique », dénomination qui n'était pas surprenante à une époque où on ne faisait pas de distinction entre l'informatique considérée comme une branche des mathématiques et ses applications.

Le calculateur GIER était l'un des plus performants de son époque. Il ferait pourtant sourire aujourd'hui avec ses caractéristiques : une surface au sol de 30 m<sup>2</sup> avec les périphériques, une mémoire centrale de 1ko, une mémoire temporaire (buffer) de 500 ko stockée dans des tores à ferrites qui exigeaient une température constante à 1° près grâce à un système de climatisation dont la fiabilité n'était pas parfaite et entraînait des interruptions fréquentes de fonctionnement du GIER. Les mémoires de masse étaient constituées par des bandes magnétiques et plus tard par des mémoires à disque magnétique. Pour les calculs demandant beaucoup de place mémoire, 90% du temps de calcul était perdu à des opérations de transfert entre mémoires de masse, buffer et mémoire centrale. La maintenance de l'ordinateur nécessitait aussi des soins constants à l'aide d'une programmation en langage machine. Mais pour l'utilisateur, le GIER avait comme qualités d'être doté d'un lecteur de ruban perforé à très grande vitesse, le plus performant du monde. Point aussi important, le GIER possédait un compilateur Algol 60 dont la facilité d'utilisation était extraordinaire même pour un novice en informatique, et qui permettait une programmation considérablement plus aisée qu'avec les autres langages, comme le FORTRAN, utilisés par ailleurs.

Le calculateur GIER acheté par le Bassin était le second exemplaire vendu en Europe, le premier ayant été acheté par le laboratoire hydrodynamique de Lyngby au Danemark (aujourd'hui appelé le DMI, Danish Maritime Institute). Le DMI était très satisfait du GIER, ce qui avait conduit Roger Brard à en commander un exemplaire pour le Bassin. Une coopération entre le Bassin et le DMI s'engagea alors naturellement pour l'exploitation de cette machine, par exemple

## **ATMA 2006**

pour l'étude de la stabilité des chalutiers. Cette coopération aboutit en 1963 à un programme informatique de calcul hydrostatique des carènes, premier outil de base pour l'étude des navires. Un autre exemple de coopération porta sur un programme de lissage de carène

par spline selon la méthode de E. Kantorowitz qui était alors chercheur à la « Technical University of Denmark ». Le GIER était aussi très utilisé pour le dépouillement des essais.