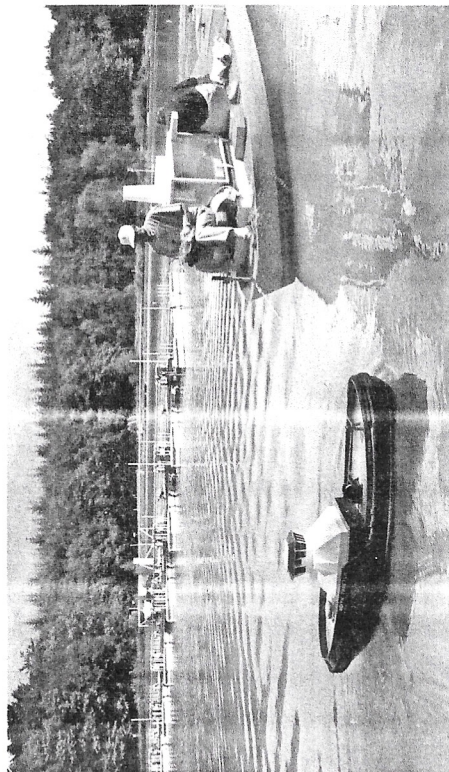




Manœuvre maquette Sogreah.

se terminer à la fin du mois d'octobre sur un total de cent vingt-cinq stagiaires, ce qui en fait une assez bonne saison. Rendez-vous est maintenant donné au début avril 2005 après un hiver de remise en état des bateaux... bien méritée. À l'heure où la sécurité maritime devient une préoccupation majeure, Port Revel est un outil plus que jamais d'actualité pour former les capitaines et les pilotes maritimes à la gestion des situations de crise. Depuis 1967, le centre a formé plus de cinq mille capitaines, officiers et pilotes venus du monde entier.

Les capitaines et les pilotes portent une lourde responsabilité dans notre monde moderne. Une pression de plus en plus forte est exercée sur eux pour s'assurer de leur compétence maximale : l'Organisation maritime internationale vient justement d'approuver la révision de la résolution A.485 (12), qui se nomme dorénavant A.960 (23), sur la formation et la certification des pilotes maritimes. De son côté, l'Union européenne a mis en place l'Agence européenne pour la sécurité maritime¹.

La formation à Port Revel

Pour répondre à ces besoins, le centre de Port Revel propose divers types de stage de formation à la manœuvre des navires sur des modèles réduits avec pilote embarqué : stages de base pour pilotes et capitaines, stage de rappel, stage de remorqueur d'escorte, stage *offshore*, stage méthanier / *car carrier* / porte-conteneurs, stage *ultra-large crude carrier* et le nouveau stage de manœuvres d'urgence qui dure trois jours.

1. Voir son site Internet : <http://www.emsa.eu.int/end173.html>.

La formation à la manœuvre des navires à Port Revel

Arthur de Graauw
Directeur du centre de Port Revel

Port Revel est ce « centre d'entraînement » à la navigation que beaucoup de Français avaient découvert dans le film « La femme d'à côté ». Gérard Depardieu y travaillait. Au-delà de cette anecdote, sa réputation internationale fait qu'on vient du monde entier, preuve que là aussi la France peut être en pointe dans bien des domaines maritimes, comme l'a démontré notre « cluster ». Et ceci est encore plus vrai lorsqu'on souligne sa complémentarité avec les « simulateurs de navigation » dernier cri, tel celui inauguré officiellement par le secrétaire d'État à la mer en octobre à la station de pilotage du Havre, et que le président de l'IFM a eu la chance de visiter et d'expérimenter à deux reprises ces derniers temps. C'est d'ailleurs dans cet esprit que la Revue Maritime publiera un article des pilotes du Havre dans une prochaine livraison. La Revue Maritime

À l'heure de la sécurité maritime

Il y a pas mal d'années, le visiteur occasionnel se promenant dans les bois du plateau de Chambaran dans les préalpes dauphinoises, pouvait apercevoir à sa grande surprise des navires miniatures manœuvrant paisiblement sur un lac ; à leur bord des hommes on ne peut plus sérieux dont le comportement et le jargon dénotaient une réelle expérience maritime. « *Encore une lubie, une nouvelle forme de loisirs pour quelques privilégiés !* » se disait le promeneur plus intéressé par la flore locale et la cueillette des champignons.

Comme chaque année au début du mois d'avril, le centre d'entraînement à la manœuvre des navires de Port Revel a ouvert ses portes. La saison 2004

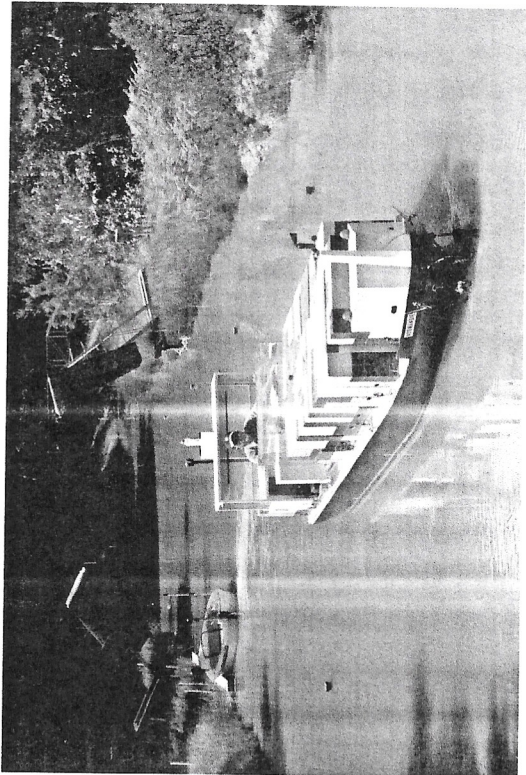
Les stages durent cinq jours et demi, pour un maximum de huit stagiaires, sauf le nouveau stage de manœuvres d'urgence qui s'adresse à des groupes de six stagiaires, marins expérimentés, et qui contient des exercices tels que dérive et manœuvres dans la houle et/ou les courants, arrêt d'urgence dans un canal avec les ancres, accostage ou appareillage en draguant une ancre, manœuvre de zigzag avec remorqueur sur l'arrière et panne de machine ou de gouvernail, manœuvre dans un chenal avec panne de machine ou de gouvernail en utilisant le remorqueur pour rester dans le chenal. Ces exercices sont exécutés sur le lac avec les modèles réduits pendant six heures de navigation par jour (en plus des deux heures de formation théorique) pendant lesquelles chaque stagiaire est aux commandes la moitié du temps, en alternance avec son partenaire de bordée.

Pourquoi cette formation ? La formation des marins à la manœuvre est vitale parce que l'erreur humaine reste la principale cause des accidents.

Et pourquoi s'entraîner sur des modèles réduits ? Les modèles réduits sont encore le meilleur moyen d'acquies des réflexes qui, le moment venu, feront la différence entre les bons et les meilleurs. En effet, l'entraînement sur les modèles réduits procure une expérience qui ne pourrait jamais être acquise sur des navires réels pour la simple raison que ni les armateurs, ni les autorités locales ne permettraient la prise d'autant de risques. Sur les modèles réduits, l'erreur est permise pour le manœuvrier. **Les modèles réduits permettent d'expérimenter les réactions d'un bateau et d'explorer des zones inconnues au-delà des limites de sécurité.**

L'entraînement sur les modèles réduits à l'échelle de 1/25 est complémentaire de la formation sur les simulateurs électroniques car il procure une expérience supplémentaire par effet de « déjà vu ». Sur un modèle réduit, dame nature est à l'œuvre, avec des effets aléatoires similaires aux situations grandeur nature : le caractère imprévisible des rafales de vent, des hauts-fonds, des courants ou de la houle nécessite une réaction immédiate, sans répétition ni automatisme. Pour la même raison, les effets hydrodynamiques sont correctement reproduits sur les modèles réduits et il n'est donc pas nécessaire de les transposer sous forme d'équations complexes. On obtient donc une meilleure simulation des effets hydrodynamiques complexes tels que les interactions entre les navires (par exemple lors d'un croisement ou d'un dépassement dans un canal, ou avec un remorqueur positionné en traction directe ou indirecte), les interactions entre le navire et le poste d'amarrage (quai massif ou sur pieux) un faible clair sous quille (par exemple 10 % du tirant d'eau du navire), le dragage des ancres dans diverses situations de manœuvre.

La reproduction du champ visuel réel est également caractéristique des modèles réduits. Les stagiaires ont une réelle vision à 360°. Ils peuvent analyser leur environnement instantanément (par exemple la propagation de la houle, les courants, etc.) et évaluer la dérive et les embarcées du navire. Et lorsque les choses tournent mal sur un modèle réduit, le stagiaire sent réellement son bateau s'échouer ou entrer en collision avec un autre navire ou un poste d'amarrage. Ceux qui ont connu cette situation savent combien elle est motivante pour progresser. Enfin, l'échelle des temps



Porte-conteneurs Normandie dans le canal de Suez de Port Revel.

permet cinq fois plus de manœuvres (tout se produit cinq fois plus vite sur le modèle)... ce qui met le modèle réduit sensiblement au même prix par manœuvre que le simulateur électronique.

Les capitaines et les pilotes - manœuvriers par excellence - considèrent les modèles réduits comme le meilleur « outil » après l'échelle un pour étudier et mieux comprendre le comportement du navire. Port Revel est aussi un forum permanent d'idées, un endroit idéal où s'échange l'information et l'expérience, ou comme un stagiaire en fin de stage la remarque : « Dans la vie de tous les jours, un commandant est toujours seul. Il n'a personne pour commenter ou discuter une manœuvre particulière. Le seul moment où une manœuvre est analysée ou commentée, c'est après l'accident, lorsqu'il y a une enquête. Et cela se passe toujours dans un climat de tension. À Port Revel, les instructeurs observent ton travail dans un climat calme, impartial et constructif. »

Le centre de Port Revel

Le centre de Port Revel a été le premier centre de ce type à être créé dans le monde, et ses atouts restent importants : plus de cinq mille stagiaires y ont été accueillis depuis 1967 (surtout États-Unis, Canada, France) ; beaucoup d'entre eux reviennent pour la seconde (et même pour la troisième) fois dans leur carrière ; les stages peuvent être adaptés pour reproduire les conditions de navigation locales ; les instructeurs sont des pilotes maritimes très expérimentés ; la flottille de neuf modèles à l'échelle du 1/25 reproduit dix huit navires différents ; deux remorqueurs sont

commandés par un vrai capitaine de remorqueur aux ordres du pilote ; Port Revel hérite de plus d'un siècle d'expérience de SOGREAH dans le domaine des modèles réduits, de la simulation numérique, de la conception et construction portuaire ; le lac de quatre hectares est polyvalent avec peu d'effets incontrôlés du vent, il inclut en outre d'importantes zones en eau peu profonde et est équipé d'un générateur de courants et d'un générateur de houle ; le *global positioning system* différentiel (DGPS) permet un débriefing précis des exercices effectués sur le lac.

Après trois années passées avec les capitaines d'Esso à la fin des années 60, le centre a été repris par SOGREAH en 1970. Les années 70 ont vu passer en majorité des capitaines et ont vu les premiers pilotes maritimes découvrir le Centre. Dans les années 90, les premiers stages de rappel ont été organisés pour les stagiaires revenant tous les cinq ans. Ces stages sont moins directs et laissent plus de place à la personnalisation : certains y voient une manière d'optimiser les manœuvres portuaires pour augmenter l'accessibilité des ports.

La décennie actuelle connaît une évolution des relations de Port Revel avec les marins. Le centre se dirige maintenant vers un partenariat plus étroit dans lequel les stagiaires utilisent les installations à leur convenance : des stages et des équipements spéciaux sont conçus en étroite collaboration avec eux, comme par exemple les stages de manœuvres avec les remorqueurs d'escorte avec les pilotes de San Francisco.



Trois navires de la flottille de Port Revel

navire	Antifer ULCC	Ben Franklin Métanier	Normandie 4 400 EVP
taille	400 000 tpi	120 000 m ³	53 000 tpi
unité	100 %	4 %	100 %
Long. entre perp.	m 337	13.47	256
Largeur	m 70.00	2.80	41.00
TE à pleine charge	m 21.96	0.88	11.10
Déplacement	tonne 471 000	30.13	90 000
AR	m 12.81	0.50	-
TE sur ballast	-	-	-
AV	m 8.24	0.34	-
Déplact / ballast	tonne 219 000	14.05	-
Puissance prop	Ch. 45 000	0.57	32 000
Type propulsion	turb/mot	-	T & M
Type gouvernail	-	Normal	Schilling
Angle barre	deg/sec 2.1	10.5	2.6
Ancre	-	Électr.	Électr.
Pousseur AV	Ch. 6 000	0.077	1 500
Pousseur AR	Ch. 6 000	0.077	1 500
Coefficient bloc	-	0.89	0.76

La similitude des modèles réduits

De nombreux chercheurs, hydrauliciens et ingénieurs utilisent les modèles réduits, depuis plus d'un siècle, en particulier dans les bassins d'essais de carènes. Le choix de Port Revel est de respecter la similitude de William Froude (1810-1879). C'est-à-dire de considérer que la gravité est prépondérante sur les autres forces en action sur la carène (viscosité, capillarité, cavitation, compressibilité, etc.). Ainsi, on peut définir les différents aspects de la similitude :

- Similitude de forme : le modèle a exactement la même forme géométrique que le navire réel. C'est-à-dire que toutes les dimensions de ce dernier sont divisées par un même facteur qui est le facteur d'échelle. Les concepteurs de Port Revel ont choisi l'échelle 1/25. Soit : $S_{(L)} = 25$. Il est à noter que dans cette similitude, les proportions sont respectées (les rapports entre les différentes cotes sur le navire sont identiques). C'est aussi le cas du coefficient de bloc. De plus, les angles étant un rapport de longueur, ils sont donc également identiques à l'original. On en déduit le facteur d'échelle des surfaces et des volumes, respectivement : $S_{(D)}^2 = 25^2 = 625$ et $S_{(V)}^3 = 25^3 = 15\,625$.

- Similitude de masse : le modèle utilisé pour l'entraînement à la manœuvre doit non seulement ressembler à l'original mais surtout se déplacer comme l'original en étant soumis à des forces similaires. De plus, la densité de l'eau du lac est sensiblement égale à la densité de l'eau de mer. Par conséquent, le facteur d'échelle pour la masse et le déplacement est le même que pour les volumes, soit : $S_{(M)} = S_{(V)}^3$.

- Similitude de forces : si à l'instar des formes, des masses et des inerties, les forces extérieures soumises à la maquette sont en similitude, le mouvement de la maquette sera en similitude. On démontre alors que les forces doivent être à la même échelle que les masses et les poids. $S_{(F)} = S_{(M)}$.

- Similitude de temps : en accord avec la loi de Froude, l'échelle des temps est la racine carrée de l'échelle des longueurs. Donc : $S_{(T)} = S_{(L)}^{1/2} = 25^{1/2} = 5$.

- Similitude de puissance : de même, on démontre que : $S_{(P)} = S_{(L)}^{7/2} = 25^{7/2} = 78\,125$.

En conclusion, en choisissant l'échelle 1/25^e pour les longueurs et en respectant la similitude de Froude, les ingénieurs de SOGREAH - Port Revel ont construit des modèles 25 fois plus petits, avec des vitesses 5 fois plus lente, mais comme les distances sont 25 fois plus petites, le temps est 5 fois plus rapide. Les navires sont 78 125 fois moins puissants.

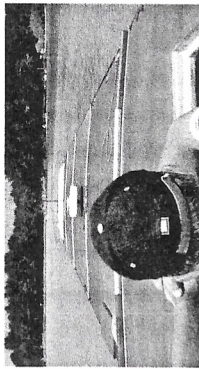
La similitude des manœuvres

Si la bonne similitude des maquettes est indispensable, elle n'est pas suffisante. En effet, la bonne reproduction des manœuvres peut être influencée par d'autres éléments, tels que le champ de vision, les équipements de bord et le vent.

On notera tout d'abord que les manœuvres sur les modèles nécessitent les mêmes ordres de pilotage que sur le navire réel. La seule différence est que les ordres se succèdent à un rythme cinq fois plus rapide sur le modèle :

La formation à la manœuvre des navires à Port Revel

Le commandant est installé de façon que son champ de vision soit bien au niveau de la passerelle. Il donne ses ordres au timonier qui est installé devant lui et qui manipule les commandes de barre et de machine.



Vision du commandant depuis la passerelle du modèle réduit.

Les navires sont équipés de pousseurs d'étrave et de poupe, avec des manœuvres parfaitement opérationnelles. Ils se comportent comme le navire réel de ce point de vue également. Deux remorqueurs ont été acquis en 1999. L'un d'eux est équipé d'une propulsion Voith-Schneider, l'autre d'un système Z-peller. Le *bollard pull* est réglable et peut être monté jusqu'à plus de 100 tonnes. Les deux remorqueurs sont aux ordres du commandant par télécommande interposée... manipulée par un vrai capitaine de remorqueur.

Trente-cinq années d'expérience ont montré que les stagiaires maîtrisent rapidement les modèles, tout comme ils le font sur les navires réels qu'ils ont l'habitude de manœuvrer. Ceux qui ont fréquenté les deux estimation ont la formation sur les modèles réduits est complémentaire de la formation sur simulateur électronique. En effet, si la manœuvre proprement dite avec courants, houles, remorqueurs, ancrages, effets de berges, etc. est mieux reproduite en modèle réduit, le simulateur numérique est plus réaliste pour ce qui concerne l'environnement de la passerelle.

DOM-TOM

La Réunion
Saint-Pierre

Martinique
Fort-de-France
Saint-Pierre
Le Marin
Le François

Guadeloupe
Pointe-à-Pitre
Gourbeyre-Rivière-Sens
Saint-Barthélemy
Saint-Martin

100

Gourbeyre-Rivière-Sens
Saint-Barthélemy
Saint-Martin

**Saint-Pierre-
et-Miquelon**

Saint-Pierre

**Centres
de formation**

Bordeaux

Caen
Côte basque et Landes
Granville
Hérouville
La Rochelle-Chatellain
Le Havre
Limoges

Lyon

Menton
Metz
Montbéliard
Nantes
Orléans
Paris
Rochefort

Rouen
ne-el-Villaine

Samorete-Escut
Comme
foulon
l'endee
//l'neuve-Lille

LA FORMATION A LA MANŒUVRE DES NAVIRES A PORT REVEL

**Arthur de Graauw,
Directeur du Centre de Port Revel
www.portrevel.com**

A l'heure de la sécurité maritime

Il y a pas mal d'années, le visiteur occasionnel se promenant dans les bois du plateau de Chambaran dans les Préalpes Dauphinoises, pouvait apercevoir à sa grande surprise des navires miniatures manœuvrant paisiblement sur un lac ; à leur bord des hommes on ne peut plus sérieux dont le comportement et le jargon dénotaient une réelle expérience maritime.

«Encore une lubie, une nouvelle forme de loisirs pour quelques privilégiés ! » se disait le promeneur plus intéressé par la flore locale et la cueillette des champignons.

Comme chaque année au début du mois d'Avril, le Centre d'Entraînement à la Manœuvre des Navires de Port Revel a ouvert ses portes. La saison 2004 va se terminer à la fin du mois d'Octobre prochain sur un total de cent vingt cinq stagiaires, ce qui en fait une assez bonne saison. Rendez-vous est maintenant donné au début Avril 2005 après un hiver de remise en état des bateaux ... bien méritée.

A l'heure où la sécurité maritime devient une préoccupation majeure, Port Revel est un outil plus que jamais d'actualité pour former les capitaines et les pilotes maritimes à la gestion des situations de crise. Depuis 1967, le Centre a formé plus de cinq mille capitaines, officiers et pilotes venus du monde entier.

Les capitaines et les pilotes portent une lourde responsabilité dans notre monde moderne. Une pression de plus en plus forte est exercée sur eux pour s'assurer de leur compétence maximale : l'OMI vient justement d'approuver la révision de la Résolution A.485 (12), qui se nomme dorénavant A.960 (23), sur la formation et la certification des pilotes maritimes¹. De son côté, l'U.E. a mis en place l'Agence Européenne pour la Sécurité Maritime².

La formation à Port Revel

Pour répondre à ces besoins, le Centre de Port Revel propose divers types de stage de formation à la manœuvre des navires sur des modèles réduits avec pilote embarqué :

- Stages de base pour Pilotes & Capitaines
- Stage de rappel
- Stage de remorqueur d'escorte
- Stage offshore
- Stage méthanier/car carrier/porte-conteneurs
- Stage ULCC, et le nouveau :
- Stage de manœuvres d'urgence qui dure trois jours (par ex. Mardi à Jeudi)

¹ voir le site Internet OMI : <http://www.imo.org/HOME.html>

² voir leur nouveau site Internet : <http://www.emsa.eu.int/end173.html>

Les stages durent cinq jours et demi, pour un maximum de huit stagiaires, sauf le nouveau stage de manœuvres d'urgence qui s'adresse à des groupes de six stagiaires, marins expérimentés, et qui contient des exercices tels que dérive et manœuvres dans la houle et/ou les courants, arrêt d'urgence dans un canal avec les ancres, accostage ou appareillage en draguant une ancre, manœuvre de zigzag avec remorqueur sur l'arrière et panne de machine ou de gouvernail, manœuvre dans un chenal avec panne de machine ou de gouvernail en utilisant le remorqueur pour rester dans le chenal.

Ces exercices sont exécutés sur le lac avec les modèles réduits pendant six heures de navigation par jour (en plus des deux heures de formation théorique) pendant lesquelles chaque stagiaire est aux commandes la moitié du temps, en alternance avec son partenaire de bordée.

Mais...pourquoi cette formation ?

La formation des marins à la manœuvre est vitale parce que l'erreur humaine reste la principale cause des accidents.

...et pourquoi s'entraîner sur des modèles réduits ?

Les modèles réduits sont encore le meilleur moyen d'acquérir des réflexes qui, le moment venu, feront la différence entre les bons et les meilleurs. En effet, l'entraînement sur les modèles réduits procure une expérience qui ne pourrait jamais être acquise sur des navires réels pour la simple raison que ni les armateurs, ni les autorités locales ne permettraient la prise d'autant de risques. Sur les modèles réduits l'erreur est permise pour le manœuvrier. Les modèles réduits permettent d'expérimenter les réactions d'un bateau et d'explorer des zones inconnues *au delà des limites de sécurité*.

L'entraînement sur les modèles réduits à l'échelle de 1/25 est complémentaire de la formation sur les simulateurs électroniques car il procure *une expérience additionnelle par effet de « déjà vu »* :

- Sur un modèle réduit, *Dame Nature est à l'œuvre*, avec des effets aléatoires similaires aux situations grandeur nature : le caractère imprévisible des rafales de vent, des hauts-fonds, des courants ou de la houle nécessite une réaction immédiate, sans répétition ni automatisme.
- Pour la même raison, les effets hydrodynamiques sont correctement reproduits sur les modèles réduits et il n'est donc pas nécessaire de les transposer sous forme d'équations complexes. On obtient donc une *meilleure simulation des effets hydrodynamiques complexes* tels que les interactions entre les navires (par exemple lors d'un croisement ou d'un dépassement dans un canal, ou avec un remorqueur positionné en traction directe ou indirecte), les interactions entre le navire et le poste d'amarrage (quai massif ou sur pieux) un faible clair sous quille (par exemple 10 % du tirant d'eau du navire), le dragage des ancres dans diverses situations de manœuvre.
- La reproduction du champ visuel réel est également caractéristique des modèles réduits. Les stagiaires ont une *réelle vision à 360°* ; ils peuvent analyser leur environnement instantanément (par exemple la propagation de la houle, les courants, etc.) et évaluer la dérive et les embardées du navire.
- Et lorsque les choses tournent mal sur un modèle réduit, le stagiaire *sent réellement son bateau* s'échouer ou entrer en collision avec un autre navire ou un poste d'amarrage. Ceux qui ont connu cette situation savent combien elle est motivante pour progresser...
- Enfin, l'échelle des temps permet *cinq fois plus de manœuvres* (tout se produit cinq fois plus vite sur le modèle) ... ce qui met le modèle réduit sensiblement au même prix par manœuvre que le simulateur électronique.

Les capitaines et les pilotes – manœuvriers par excellence – considèrent les modèles réduits comme le meilleur « outil » après l'échelle un pour étudier et mieux comprendre le comportement du navire.

Port Revel est aussi un forum permanent d'idées, un endroit idéal où s'échangent information et expérience, ou comme un stagiaire en fit un jour la remarque : « Dans la vie de tous les jours, un commandant est toujours seul. Il n'a personne pour commenter ou discuter une manœuvre particulière. Le seul moment où une manœuvre est analysée ou commentée, c'est après l'accident, lorsqu'il y a une enquête. Et cela se passe toujours dans un climat de tension. A Port Revel, les instructeurs observent ton travail dans un climat calme, impartial et constructif. »

Le Centre de Port Revel

Le Centre de Port Revel a été le premier centre de ce type à être créé dans le monde, et ses atouts restent importants :

- plus de cinq mille stagiaires y ont été accueillis depuis 1967 (surtout USA, Canada, France),
- beaucoup d'entre eux reviennent pour la seconde (et même pour la troisième) fois dans leur carrière,
- les stages peuvent être adaptés pour reproduire les conditions de navigation locales,
- les instructeurs sont des pilotes maritimes très expérimentés,
- la flottille de neuf modèles à l'échelle du 1/25 reproduit dix huit vaisseaux différents,
- Deux remorqueurs sont commandés par un vrai capitaine de remorqueur aux ordres du pilote,
- Port Revel hérite de plus d'un siècle d'expérience de Sogreah dans le domaine des modèles réduits, de la simulation numérique, de la conception et construction portuaire,
- le lac de quatre hectares est polyvalent avec peu d'effets incontrôlés du vent, il inclut en outre d'importantes zones en eau peu profonde et est équipé d'un générateur de courants et d'un générateur de houle,
- le DGPS permet un debriefing précis des exercices effectués sur le lac.

Après trois années passées avec les capitaines d'Esso à la fin des années 60, le Centre a été repris par Sogreah en 1970.

Les années 70 ont vu passer en majorité des capitaines et ont vu les premiers pilotes maritimes découvrir le Centre.

Dans les années 90, les premiers stages de "Rappel" ont été organisés pour les stagiaires revenant tous les cinq ans. Ces stages sont moins directifs et laissent plus de place à la personnalisation : certains y voient une manière d'optimiser les manœuvres portuaires pour augmenter l'accessibilité des ports.

La décennie actuelle connaît une évolution des relations de Port Revel avec les marins. Le Centre se dirige maintenant vers un partenariat plus étroit dans lequel les stagiaires utilisent les installations à leur convenance : des stages et des équipements spéciaux sont conçus en étroite collaboration avec eux, comme par exemple les stages de manœuvres avec les remorqueurs d'escorte avec les pilotes de San Francisco.

La similitude des modèles réduits

De nombreux chercheurs, hydrauliciens et ingénieurs utilisent les modèles réduits, depuis plus d'un siècle, en particulier dans les bassins d'essais de carènes.

Le choix de Port Revel est de respecter la similitude de William Froude (1810-1879). C'est à dire que la gravité est considérée comme prépondérante sur les autres forces en action sur la carène (viscosité, capillarité, cavitation, compressibilité, etc.).

Ainsi, on peut définir les différents aspects de la similitude :

Similitude de forme : Le modèle a exactement la même forme géométrique que le navire réel. C'est à dire que toutes les dimensions de ce dernier sont divisées par un même facteur qui est le facteur d'échelle. Les concepteurs de Port Revel ont choisi l'échelle 1/25. Soit :

$$S_{(L)} = 25$$

Il est à noter que dans cette similitude, les proportions sont respectées (les rapports entre les différentes cotes sur le navire sont identiques). C'est aussi le cas du coefficient de bloc. De plus, les angles étant un rapport de longueur, ils sont donc également identiques à l'original. On en déduit le facteur d'échelle des surfaces et des volumes, respectivement :

$$S^2_{(L)} = 25^2 = 625$$

$$S^3_{(L)} = 25^3 = 15\,625$$

Similitude de masse : Le modèle utilisé pour l'entraînement à la manœuvre doit non seulement ressembler à l'original mais surtout se déplacer comme l'original en étant soumis à des forces similaires. De plus, la densité de l'eau du lac est sensiblement égale à la densité de l'eau de mer. Par conséquent, le facteur d'échelle pour la masse et le déplacement est le même que pour les volumes, soit :

$$S_{(M)} = S^3_{(L)} = 25^3 = 15\,625$$

Similitude de forces : Si à l'instar des formes, des masses et des inerties, les forces extérieures soumises à la maquette sont en similitude, le mouvement de la maquette sera en similitude. On démontre alors que les forces doivent être à la même échelle que les masses et les poids. Ainsi :

$$S_{(F)} = S_{(M)} = 25^3 = 15\,625$$

Similitude de temps : En accord avec la loi de Froude, l'échelle des temps est la racine carrée de l'échelle des longueurs. Donc :

$$S_{(T)} = S^{1/2}_{(L)} = \sqrt{25} = 5$$

Similitude de puissance : De même, on démontre que :

$$S_{(P)} = S^{7/2}_{(L)} = 25^{7/2} = 78\,125$$

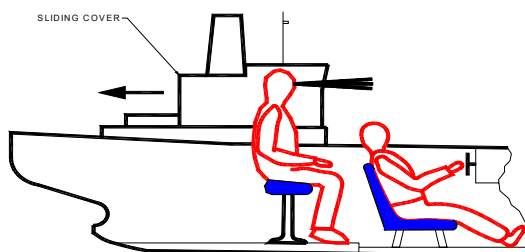
En conclusion, en choisissant l'échelle 1/25ème pour les longueurs et en respectant la similitude de Froude, les ingénieurs de SOGREAH - Port Revel ont construit des modèles 25 fois plus petits, avec des vitesses 5 fois plus lente, mais comme les distances sont 25 fois plus petites, le temps est 5 fois plus rapide. Les navires sont 78 125 fois moins puissants.

La similitude des manœuvres

Si la bonne similitude des maquettes est indispensable, elle n'est pas suffisante. En effet, la bonne reproduction des manœuvres peut être influencée par d'autres éléments, tels que le champ de vision, les équipements de bord et le vent.

On notera tout d'abord que les manœuvres sur les modèles nécessitent les mêmes ordres de pilotage que sur le navire réel. La seule différence est que les ordres se succèdent à un rythme cinq fois plus rapide sur le modèle : pas le temps de discuter, donc. En fait, le rythme est tel que le commandant et le timonier alternent toutes les heures pour limiter la fatigue.

Le commandant est installé de façon que son champ de vision soit bien au niveau de la passerelle. Il donne ses ordres au timonier qui est installé devant lui et qui manipule les commandes de barre et de machine.



Des tableaux de bord donnent les indications classiques (allure machine, angle de barre, cap du navire, loch, vitesse et direction du vent, nombre de maillons de chaîne dévirée). Ces indications sont fournies en grandeur nature afin de faire oublier autant que possible au stagiaire qu'il est dans un modèle réduit.

Les navires sont équipés de pousseurs d'étrave et de poupe, avec des ancres parfaitement opérationnelles. Ils se comportent comme le navire réel de ce point de vue également.

Deux remorqueurs ont été acquis en 1999. L'un d'eux est équipé d'une propulsion Voith-Schneider, l'autre d'un système Z-peller. Le « bollard pull » est réglable et peut être monté jusqu'à plus de 100 tonnes. Les deux remorqueurs sont aux ordres du commandant par télécommande interposée ... manipulée par un vrai capitaine de remorqueur.

Pour ce qui concerne le vent, il est à rappeler que du fait du facteur d'échelle des vitesses de cinq, un vent de dix nœuds sur le lac équivaut à un grain de cinquante nœud dans la réalité. Les risées visibles à la surface de l'eau et le mouvement des feuilles des arbres ne sont donc pas de bons indicateurs. L'affichage au tableau de bord de la vitesse du vent et de celle du navire est donc très important pour les stagiaires. Le lac est néanmoins disposé de telle façon (au cœur d'une forêt située dans une région peu ventée) que les effets incontrôlables du vent sont minimisés.

Trente cinq années d'expérience ont montré que les stagiaires maîtrisent rapidement les modèles, tout comme ils le font sur les navires réels qu'ils ont l'habitude de manœuvrer.

Ceux qui ont fréquenté les deux estiment que la formation sur les modèles réduits est complémentaire de la formation sur simulateur électronique. En effet, si la manœuvre proprement dite avec courants, houles, remorqueurs, ancres, effets de berges, etc. est mieux reproduite en modèle réduit, le simulateur numérique est plus réaliste pour ce qui concerne l'environnement de la passerelle.



Porte-conteneurs NORMANDIE dans le Canal de Suez de Port Revel



Remorqueur VOITH SCHNEIDER en traction indirecte