

LES VEDETTES RAPIDES DE TRANSPORT DE PASSAGERS DE LA COMPAGNIE GENERALE DE NAVIGATION (LAC LEMAN)

Jean-Charles NAHON, Pascal LEMESLE, Vincent SEGUIN

Bureau d'études MAURIC - Marseille & Nantes (France)

SOMMAIRE

La création, à l'initiative de la Compagnie Générale de Navigation, de lignes de liaison rapide sur le lac Léman est une nouveauté par rapport à la navigation traditionnelle sur le Lac. Les Navibus, conçus par le Bureau Mauric, et construits par le chantier Merré, sont les premiers navires à réaliser ces liaisons. Les objectifs de vitesse, de confort et d'intégration à l'environnement du Lac ont été atteints grâce à la mise en œuvre de diverses innovations : construction modulaire, système actif de contrôle de la gîte et l'assiette. Des mesures détaillées in situ, avec un appareillage sophistiqué ont permis de quantifier la réalisation de ces objectifs.

ABSTRACT

Led by the « Compagnie Générale de Navigation », the opening of fast transit links on the Geneva lake is a brand new concept, compared to traditional navigation on the lake. The Navibus, designed by Bureau Mauric, and built by Merré shipyard, are the first crafts operated on these lines. Speed, comfort and environment friendliness are the targets reached thanks to the deployment of innovative concepts and equipments : modular construction, active pitch and heel control...Sophisticated on site measurements during trials, have shown that these goals have been reached or even exceeded.

1 PROGRAMME ARMATEUR / CONTEXTE

Il existe une longue tradition de navigation sur le lac Léman. Les unités qui parcourent les eaux du Lac témoignent de ce passé historique : steamers à roues à aubes, grands navires restaurants aux salons luxueusement décorés... Ces navires assurent des liaisons régulières le long du lac et des promenades, où l'on peut déjeuner, selon des horaires d'une précision toute Suisse, ou bien peuvent être affrétés pour des « courses » privées.

Ces affrètements privés représentent une part significative de l'activité, soit pour des occasions exceptionnelles comme le G8, ou bien plus couramment pour les événements de la vie privée ou de la vie des sociétés. Les mots paisible, confortable, luxueuse, qualifient globalement cette navigation spécifique au « Lac ».

Cependant, l'augmentation permanente des flux migratoires autour du Lac, travailleurs

riverains, travailleurs transfrontaliers, et touristes l'été, induit un contexte bien différent. Embouteillages chroniques autour de Genève, de son aéroport international, et de Lausanne le matin et le soir, accès de plus en plus difficile aux villes bordant le lac, et asphyxie des réseaux routiers et autoroutiers Suisses et Français pendant les périodes d'été et les weekends.

L'idée naturelle d'utiliser la voie lacustre pour écouler une partie de ce trafic s'est développée tant auprès des collectivités locales face à la problématique de l'urbanisation et des nuisances du « surtrafic » routier, qu'auprès de l'Etat Major de la Compagnie Générale de Navigation (CGN), à la recherche de solutions de croissance et de renouveau pour la Compagnie.

Cette idée implique un transit lacustre à vitesse relativement élevée, tout temps, tous les jours, dans un certain confort, dans le but de dissuader les travailleurs urbains d'utiliser leur voiture. Ce « tramway » du Lac, baptisé « Navibus » induit un contexte de rupture par rapport à la navigation un peu intemporelle évoquée en premier.

Toute la diplomatie, et la persuasion de l'Etat Major de la CGN, de certains responsables locaux, ont été nécessaires pour faire accepter cette vision d'utiliser le Lac pour un transport rapide, type « navette » reliant les différentes villes riveraines du Lac. Beaucoup de personnes en Suisse étaient en effet profondément attachées à la navigation paisible des unités anciennes de la CGN, à leur esthétique un peu surannée, et craignaient les nuisances d'un transport rapide. Le programme de ces navires impliquait donc une large composante de réduction des inconvénients du transport rapide. Les grandes lignes du programme étaient donc :

- Utilisation intensive des navires 300 jours/an, 10 heures/jour- Service d'environ 3000h par an
- Fiabilité
- Vitesse élevée 50 km/h,
- Accostage aisé, embarquement et débarquement rapide
- Faible sillage (low wash)
- Bruit aérien limité

- Environnement d'une berline confortable, peu de bruit, chauffage l'hiver, climatisation l'été.

Tout l'Art de l'équipe de conception du Bureau Mauric a été de satisfaire ce programme ambitieux.

2 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU BATEAU

2.1 Architecture générale :

Compte tenu de la nouveauté du projet, la CGN a opté pour un nombre de passagers limité à 130 environ et une unité de dimensions assez modestes. Après quelques itérations, les dimensions extérieures ont été arrêtées :

Longueur hors tout : 24,6 m

Longueur à la flottaison : 21,40 m

Largeur : 5,75 m

L'architecture générale s'inspire des SURFER 320, une série de crew-boats particulièrement réussis conçus pour le groupe BOURBON. Les passagers sont disposés dans une cabine fermée semblable à un bus avec une sortie arrière débouchant sur un espace couvert et protégé, mais non fermé, particulièrement agréable l'été. Le poste de pilotage est positionné sur l'avant, de manière à exploiter au mieux toute la longueur du navire, surélevé en demi-étage. Des commodités accessibles aux personnes à mobilité réduite sont disposées dans une zone tampon entre la plage arrière et la cabine passagers. Les passagers embarquent et débarquent par le tiers avant.

La vedette garde une silhouette basse et discrète.

2.2 Lignes opérées :

La CGN a envisagé le Navibus pour deux types de liaisons. Tout d'abord, un cabotage reliant les différentes villes bordant le lac, côté Suisse, devait permettre un accès plus facile aux métropoles que sont Genève et Lausanne, pour tous ceux qui résident dans le voisinage de ces cités. La desserte des villes comme Nyon, Yvoire, à partir de Genève fut donc un premier objectif.

Un second objectif était évidemment des liaisons transfrontalières et transversales permettant de relier Thonon à Genève et Lausanne. Ces lignes offraient un gain de

temps considérable par rapport à la voiture ou au train. L'objectif était de traverser le lac en une demi-heure environ, soit une vitesse de l'ordre de 50 km/h.

2.3 Performances

La vitesse requise de 50 km/h, soit 27 nds, et la nécessité d'un sillage faible, imposait des essais en bassin, qui ont été menés au bassin de Nantes. Ils ont été précédés par des calculs numériques du sillage, afin de valider la conception d'une forme « low wash ».

Ils ont montré que le déjaugage de la vedette était favorable à la réduction du sillage, et la hauteur de vague obtenue dépassait seulement marginalement celle des vedettes lentes déjà en service. De plus, l'augmentation de la vitesse de 40 à 50 km/h n'accroissait pas le sillage.

Les essais en bassin allaient confirmer cette première estimation.

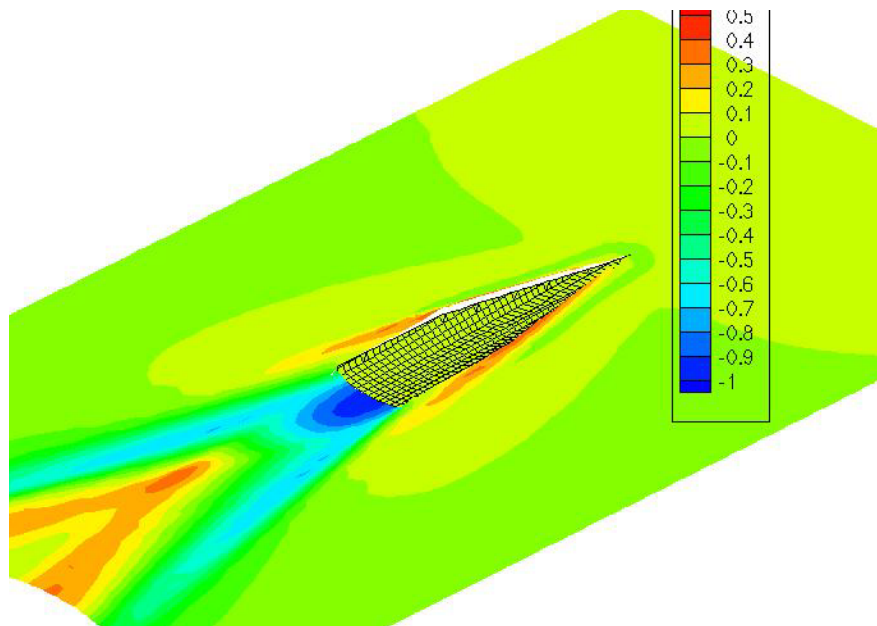


Fig 1 : Vue du champ de vagues.

2.4 Propulsion

La présence de débris divers sur le lac, et la nécessité d'une manœuvrabilité exceptionnelle pour des accostages multiples chaque jour, imposaient naturellement le waterjet, même si en terme de rendement, il ne représentait peut être pas l'optimum. Des comparaisons ont été conduites entre divers types de jets et de moteurs, avec trois critères :

- La performance pure : rendement jet, poids du groupe propulsif...
- Le coût et la facilité d'installation pour le chantier
- Le service après-vente en Suisse

Le couple Hamilton/Caterpillar a remporté cette compétition très serrée. Le navire est ainsi équipé de moteurs C32 Caterpillar réglés à 1045 kw, et de jets Hamilton 521.

2.5 Réglementation applicable

Les questions réglementaires et l'homologation des vedettes ont constitué tout le long du projet une préoccupation majeure. Peut être un quart des heures et de l'énergie de l'équipe de conception ont été consacrés à ce sujet.

La problématique était multiple : tout d'abord tant l'Armateur que l'Architecte souhaitaient s'entourer de toutes les précautions nécessaires, allant souvent même au delà des règlements en vigueur, et faisaient de la sécurité une de leur priorité. Ensuite, les règlements applicables n'étaient pas du tout faits pour des navires rapides, et les Autorités étaient très réservées s'agissant d'un type nouveau de transport sur le Lac.

La navigation sur le lac est placée sous l'autorité de l'Office Fédéral des Transports (OFT) Suisse. En 2005/2006, lors de la

conception des navires, le règlement OFT 2006 n'était pas sorti, et le règlement en vigueur était l'OFT 1994.

Ce règlement a posé plusieurs problèmes en matière de stabilité, par exemple en ce qui concerne la stabilité en giration. La formule réglementaire :

$$M = \frac{0,4 \ v^2 D}{L_{wl}} \cdot (KG - \frac{T}{2})$$

M moment inclinant kN.m

L_{wl} longueur flottaison en m

D déplacement en tonnes-

V vitesse en m/sec

KG,T hauteur CdG/OH et tirant d'eau en m

n'a pas été prévu pour une vitesse $v = 13,89$ m/s ! Son application brutale donnait un moment inclinant de l'ordre de 36 t.m, qui conduisait à un GZ inclinant= 0,68 m et au quasi chavirage de la vedette.

La comparaison avec d'autres règlements montrait le caractère excessif de cette formule qui ne tient pas compte du ralentissement

important de la vedette en virage, et suppose implicitement un diamètre de giration $D=5L$.

L'application avec une vitesse de giration égale à $0,8 \ v$, suggérée par le règlement US Navy, conduit à 22 t.m et un angle de gite de 15° environ, toujours incompatible avec les critères de l'OFT.

Différentes comparaisons ont été alors entreprises avec le règlement US Navy et le règlement du Rhin 2006. L'application de ce dernier règlement conduisait par exemple, compte tenu de la nécessité de superposer moment de tassement des passagers et moment de giration, à une vitesse maximum en giration de 34 km/h,

Le plus surprenant était que l'expérience de navigation sur des vedettes à waterjets de ce type, contredisait manifestement ces formules. Personne ne se souvenait d'angles de gite importants vers l'extérieur du virage, mais plutôt d'une gite vers l'intérieur comme le montre l'image ci-après.



Fig 2 : Vedette à waterjets en giration

Nous en sommes alors venus à penser qu'un autre phénomène apparaissait et correspondait à une dissymétrie de l'écoulement sur les côtés droit et gauche de la surface planante, liée à la dérive (le dérapage) de la vedette dans la giration. L'incidence de l'écoulement sur la surface portante à l'extérieur du virage augmenterait la portance sur cette surface, alors que la portance diminuerait sur la surface interne au virage, masquée par la quille et la surface extérieure, et ayant une incidence plus faible. Ce phénomène serait typique des navires semi-planants, ou planants, et ne s'appliquerait pas aux navires à déplacement.

Cependant, le BUREAU MAURIC était incapable de formuler ce phénomène quantitativement, soit par lui-même, soit à travers la littérature. Une étude de ce type de phénomène dans un contexte universitaire serait certainement intéressante.

La situation était donc délicate vis à vis de l'OFT, auprès duquel, nous manquions sinon d'argument, du moins de preuve de ce que nous avancions.

En conséquence, l'idée est apparue d'équiper le navire d'un système actif de contrôle de la gîte. Nous avons opté pour des intercepteurs (équivalents aux flaps) capables de compenser la gîte dans les girations, qu'elle soit vers l'intérieur, ou l'extérieur. Ce système fonctionnerait en permanence, et en cas de panne, le pilote aurait la consigne de ne pas dépasser une certaine vitesse, de l'ordre de 30 km/h. Cette solution a été acceptée par l'OFT comme équivalente au calcul.

2.6 Quelques photos et planches de présentation du Navibus

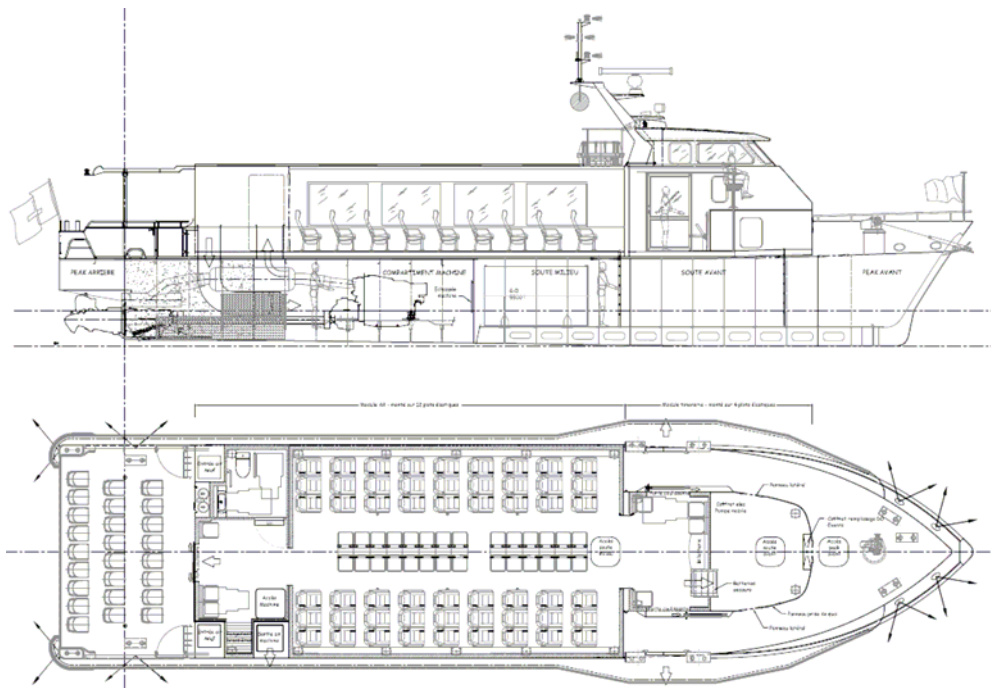


Figure 3 : extraits du plan d'ensemble du Navibus (MAURIC©)



Figure 4: Navibus avant son lancement à Amphion-les-Bains – France-(MAURIC©)



Figure 5 : Navibus en navigation sur le Lac Léman – (MAURIC©)

3 SPECIFICITES DU BATEAU :

3.1 Concept modulaire pour transport routier

Dès le début de la conception du Navibus, l'architecture générale a été pensée sous forme modulaire pour plusieurs raisons :

1. La livraison du bateau ne pouvait être assurée en utilisant la voie d'eau ; Obligation d'assurer la livraison jusqu'à Lausanne en utilisant pour l'essentiel le transport routier ;
2. L'impossibilité d'envisager la construction et la mise au point du navire depuis les bords du Lac Léman ; pas d'infrastructure industrielle suffisante en matière de construction navale ;
3. L'obligation de performance acoustique particulièrement sévère pour un navire en aluminium de cette dimension et équipée d'une telle puissance. Les performances acoustiques fixées étaient de 68dBa dans le salon des passagers placé juste au dessus du compartiment machine.
4. Faciliter la maintenance de la propulsion en accédant le plus directement et le plus rapidement possible aux moteurs

Le principe de développer l'ensemble des superstructures du navire montées sur suspension élastique a ainsi été retenu.

Plusieurs avantages :

1. Découplage des vibrations transmises par la motorisation par les plots de suspension, réduction des transmissions solidiennes et acoustiques.
2. Pas de brèches d'accès aux moteurs à prévoir dans le salon passagers.
3. Réalisation d'ensembles complets dont les interfaces ont été réduites et centralisées au maximum : connexion électrique, raccordement tuyauteries, liaison mécanique

Les inconvénients se limitaient, outre la nécessité de prévoir très tôt dans les études la gestion de toutes les interfaces possibles avec les moyens associés pour assurer leurs liaisons, à une légère augmentation de poids de structure (obligation d'un deuxième pont, quelques centaines de kilos de structure supplémentaire, le poids des plots élastiques,...)

Le navire a été découpé en trois sous-ensembles :

- La coque
- Le salon des passagers avec le bloc arrière de servitude,
- Le bloc avant intégrant la timonerie.

Une autre contrainte de conception s'est révélée en cours du projet: Les dimensions admissibles des différents modules compatibles avec le gabarit routier, tant en largeur qu'en hauteur....

Cette organisation a permis que pratiquement tout le navire soit assemblé et terminé dans les locaux du constructeur du navire, le Chantier Merré, sur les bords de l'Erdre. Puis les trois modules ont été déposés et conditionnés pour le transport par camion : plus de dix jours de transport entre Nort sur Erdre, , en amont de Nantes et Amphion sur les bords du Lac LEMAN.

Les convois ont été réceptionnés un Vendredi...et en moins d'un weekend, le navire a été reconstitué pour être mis à l'eau, paré pour les premiers essais sur le Lac Léman, le mardi matin suivant, une performance du chantier Merré !

Les photos ci-après attestent de la rapidité et de la simplicité du montage modulaire. Cette architecture montre tout l'intérêt de cette construction pour des lieux d'exploitation non reliés aux voies navigables compatibles avec des navires de cette dimension.



Arrivée des convois à Amphion
Haute Savoie -France



Dépose des modules sur l'aire d'assemblage



Début du montage



Fin d'assemblage des modules

Fig 6 : Historique de l'assemblage

3.2 Intercepteurs

Le Navibus est équipé d'intercepteurs. Le principe de fonctionnement des intercepteurs est extrêmement simple et bien connu.

Montée directement en extrémité du tableau arrière, une lame en excroissance provoque un point d'arrêt des filets d'eau sous la coque, générant ainsi un champ de pression local et en amont sur la coque, se traduisant par une

augmentation de la portance. A l'identique d'un flap, la portance permet de contrôler l'assiette du navire et donc de réduire les traînées induites, et de culot.

Les intercepteurs peuvent être à commande manuelle, ou bien contrôlés par un système actif comme dans le cas du Navibus.

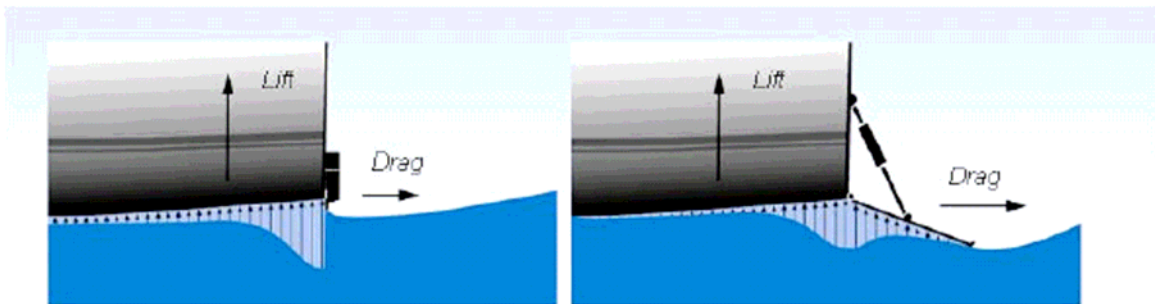


Fig 7 : Intercepteurs

3.3 Intégration environnementale :

Le Navibus est étudié pour minimiser les nuisances environnementales du transport rapide :

- Navire de dimensions et poids volontairement limités
- Élégance et discrétion de son esthétique
- Carène à faible sillage (low wash)
- Bruit aérien limité par un silencieux sec et un échappement humide montés en série
- Peu de rejet de particules à l'atmosphère en raison de l'échappement humide
- Motorisation de dernière génération répondant à toutes les normes en vigueur et à venir dans un avenir proche (TIER 2)

4 PRESENTATION DES ESSAIS DE RECEPTION ET DE VALIDATION DES PERFORMANCES

Dans le cadre des essais de réception et de validation des performances, le bateau a été équipé d'une chaîne de mesure « POS MV

320 » d'APPLANIX, mise à disposition par la société SIREHNA (Nantes – France).

Cette chaîne de mesure a permis d'enregistrer les principaux paramètres de fonctionnement du bateau pendant les essais et de démontrer ainsi à l'armateur CGN et à l'autorité statuaire (Office Fédéral des Transports) que le bateau était en accord avec la spécification et la réglementation applicable.

Les principaux essais effectués avec cette chaîne de mesure ont été les suivants : essais de vitesse (avec ou sans intercepteurs), de giration (avec ou sans intercepteurs) et d'arrêt d'urgence.

4.1 Présentation de la chaîne de mesure « POS-MV »

La chaîne de mesure « POS-MV » est constituée de :

- 2 antennes GPS, fixées sur un mât et distantes de 1,80 m
- 1 antenne de corrections différentielles DGPS

- 1 centrale d'inertie « Inertial Measurement Unit » ou « IMU »
- 1 PCS d'acquisition et de traitement des données provenant des antennes GPS, DGPS et de l'IMU
- 1 ordinateur portable permettant l'enregistrement et le dépouillement des résultats.

Cette chaîne de mesure permet de déterminer et enregistrer, en temps réel, les données relatives à la trajectoire du navire et à ses mouvements (trajectoire, vitesse, gîte, tangage, lacet, pilonnement, embardée, accélérations, etc.).

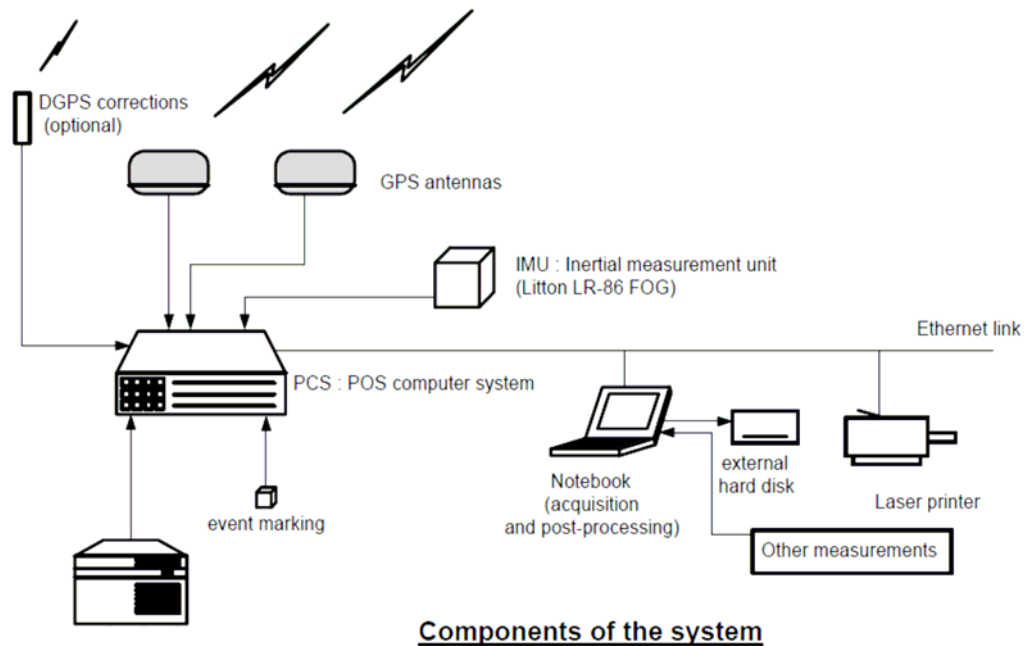


Figure 8 : Schéma de principe de la chaîne d'acquisition « POS-MV » (Illustration SIREHNA©)

4.2 Installation a bord de la chaine de mesure « POS-MV »

L'installation des différents éléments constitutifs de la chaîne de mesure « POS-MV » est la suivante :

Le mât supportant les antennes GPS et DGPS est placé sur le toit du module passagers. Il a été fixé sur l'AR de manière à être éloigné, autant que possible, de la mâture pouvant perturber la réception de données GPS,

La centrale IMU est placée dans le module passagers.

Un relevé précis de la position des équipements a été effectué de manière à connaître leurs coordonnées dans le référentiel navire et en déduire leur écart de position.

Ce relevé est fondamental pour permettre à la centrale d'acquisition d'apporter les corrections nécessaires entre les mesures fournies par les antennes GPS, la centrale IMU et les traduire dans le référentiel navire.

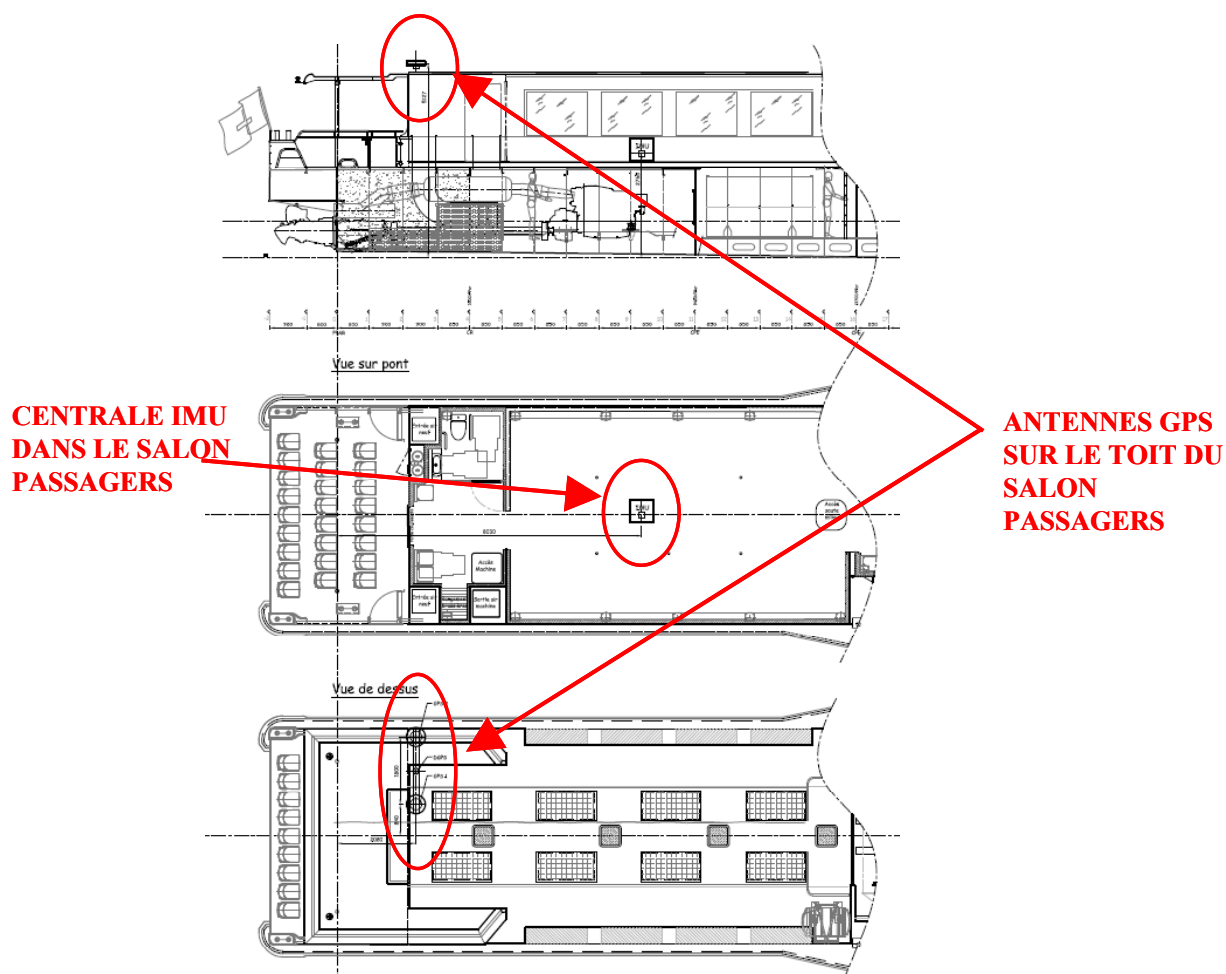


Figure 9 : Schéma d'implantation à bord de la chaîne d'acquisition « POS-MV » – (MAURIC©)



Figure 10 : Photos présentant l'implantation à bord de la chaîne d'acquisition « POS-MV » (MAURIC©)

4.3 Conditions d'essais

4.3.1 Déplacement du bateau pendant les essais

Différents essais de vitesses et de giration ont été effectués entre les 26 et 27 avril et le 2 mai 2007.

Ces essais ont été effectués à différents déplacements variant entre :

CAS A, correspondant à un déplacement équivalent à environ 10% des passagers et 100 % des consommables.

CAS B, correspondant au déplacement réglementaire 100% des passagers et 50 % des consommables.

CAS C, correspondant au déplacement 100% des passagers et 10 % des consommables.

Ces déplacements ont été déterminés par sur la base de l'expérience de stabilité du bateau,

effectuée le 25 avril 2007 et une analyse des masses embarquées pendant les essais. En particulier, les CAS B et C ont été atteints par ajout de masses (sacs de sable dans le salon passagers) pour simuler la présence de passagers.

L'expérience de stabilité avait permis de montrer que le déplacement léger et le centrage longitudinal du bateau étaient en accord avec le déplacement prévisionnel (écart inférieur à 0.4% sur le déplacement et 0.05% sur la position longitudinale du centre de gravité).

4.3.2 Conditions météo et état du plan d'eau

Les conditions météo et d'état de mer relevées pendant les essais sur le Lac Léman étaient les suivantes :

	26 avril 2007	27 avril 2007	2 mai 2007
Densité eau	1,000 t / m ³	1,000 t / m ³	1,000 t / m ³
Vent	Faible à nul	Faible à nul	≈ Force 2 à 3
Etat plan d'eau	Calme	Calme	≈ mer 1 à 2
Courant	Faible	Faible	Faible

4.3.3 Protocole de mesure

Pour chaque mesure, on s'est attaché à respecter les conditions de déroulement suivantes, pour assurer une acquisition fiable et permettre ensuite un dépouillement par analyse statistique précis :

- Lancement de l'acquisition en route libre, après stabilisation de la vitesse d'essai et des conditions expérimentales (ex : réglage des intercepteurs)
- Acquisition des mesures pendant 20 à 30s minimum, à une fréquence de 50 Hz
- En giration, enregistrement de la trajectoire et des mouvements du bateau pendant au moins ½ tour, de manière à pouvoir déterminer une valeur moyenne des principales grandeurs caractéristiques du bateau pendant la giration (vitesse, angle de roulis).

4.3.4 Dépouillement des résultats

Les résultats de mesures effectuées ont été traités à l'aide du logiciel « POSTMV » associé à la chaîne de mesure « POS-MV ».

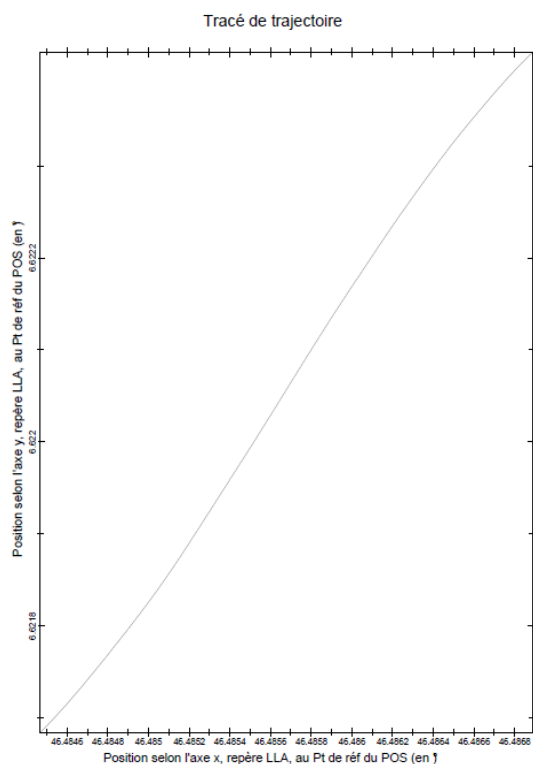
Ce logiciel permet de récupérer le tracé de la trajectoire du bateau pendant l'acquisition et d'effectuer une analyse statistique des mouvements et accélérations mesurés dans le but d'en obtenir, selon le besoin, les valeurs caractéristiques (valeurs moyennes, amplitudes, périodes, valeurs significatives, etc...)

Dans le cadre de ces essais, les grandeurs suivantes ont été analysées :

➤ Mesures de vitesse :

- Trajectoire (sur le fond)
- Vitesse moyenne
- Assiette moyenne

- Mesures de giration :
 - Trajectoire (sur le fond)
 - Vitesse
 - Roulis (valeurs moyennes et pics)
- Mesures de distance d'arrêt :
 - Trajectoire (sur le fond) permettant le calcul de la distance d'arrêt
 - Vitesse, jusqu'à arrêt total du bateau
 - Tangage



5 SYNTHESE DES RESULTATS - COMMENTAIRES

5.1 Essais de vitesse

5.1.1 Enregistrements sur le « POS-MV »

On présente ci-après un exemple d'enregistrement effectué pendant un essai de vitesse.

Près de 50 enregistrements de ce type ont été effectués pendant les essais, en faisant varier différents paramètres : chargement, régime moteur ou intercepteurs.

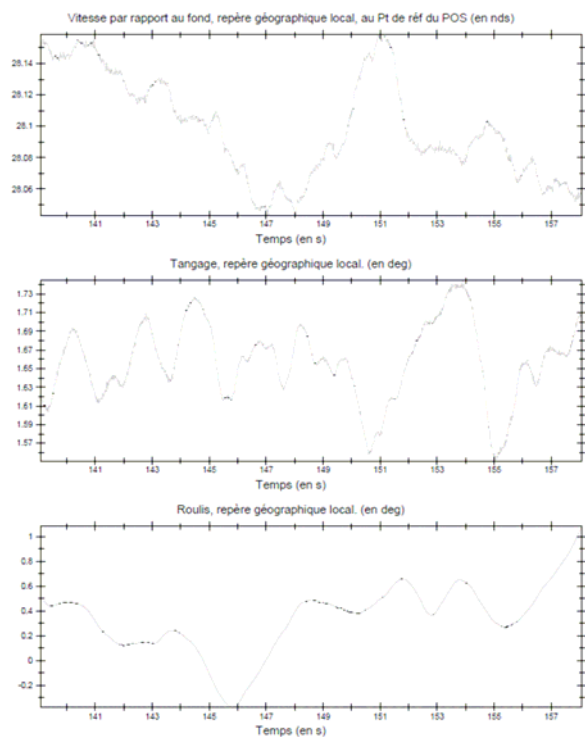


Figure 11 : Enregistrement sur la chaîne d'acquisition « POS-MV » pendant un essai de vitesse au déplacement « CAS B », à 1515 tr/min, avec intercepteurs.

5.1.2 Dépouillement des résultats

On présente la synthèse des résultats des enregistrements obtenus dans le cas de chargement B. Dans ce cas, le bateau a une assiette statique de 43 mm et une gîte initiale de $-0,057^\circ$ (vers Td)

La vitesse maximale obtenue au déplacement B est de 52.4 km/h pour le régime moteur maximal en exploitation de 1515 tr/min environ.

Les intercepteurs permettent un gain de l'ordre de 6 km/h environ à régime maxi et une réduction de l'assiette dynamique jusqu'à $2,1^\circ$.



Figure 12 : Evolution de la vitesse

« CAS B », avec (rouge) et sans (bleu) intercepteurs

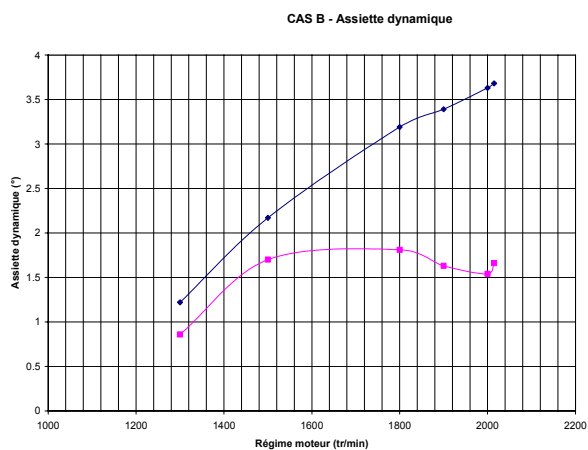


Figure 13 : Evolution de l'assiette dynamique

L'influence des intercepteurs peut aussi s'illustrer par les photos suivantes :



SANS INTERCEPTEUR

AVEC INTERCEPTEUR

Figure 14 : Assiette et sillage du NAVIBUS, à env. 53 km/h – avec et sans intercepteur – (MAURIC©)

On voit que l'assiette dynamique est fortement diminuée et le sillage significativement réduit.

5.2 Essais de giration

5.2.1 Enregistrements sur le « POS-MV »

On présente ci-après un exemple d'enregistrement effectué pendant un essai de giration.

Près de 25 enregistrements de ce type ont été effectués pendant les essais, en faisant varier différents paramètres : régime moteur, incidence des jets, sens de giration ou intercepteurs.

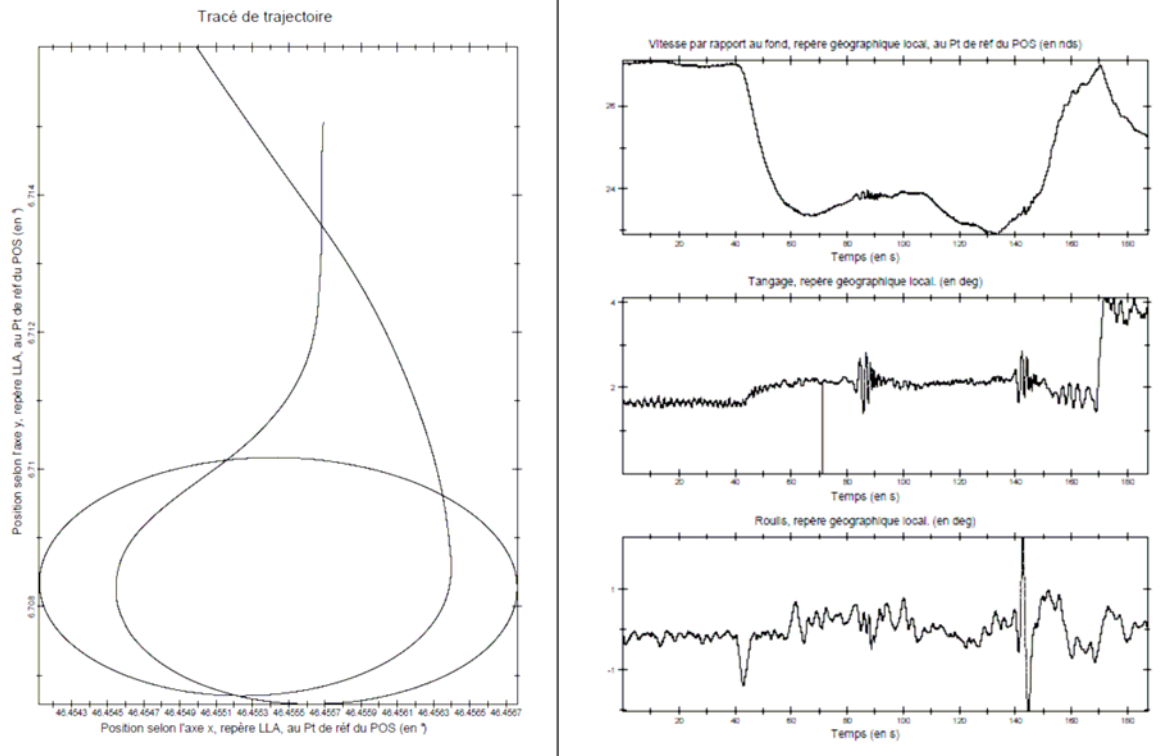


Figure 15 : Enregistrement sur la chaîne d'acquisition « POS-MV » pendant un essai de giration vers bâbord au déplacement « CAS B », à 2015 tr/min, avec intercepteurs et avec une incidence des jets de 23°.

5.2.2 Dépouillement des résultats

Les essais de giration ont permis de mesurer les valeurs moyennes de gîte en giration suivantes (en effectuant la moyenne des girations bâbord et tribord) dans le cas de chargement C :

Nota : on suppose ici que la gîte moyenne est positive si le bateau gîte vers l'extérieur du virage et négative s'il penche vers l'intérieur.

Les essais de giration ont permis de montrer :

- Une réduction rapide de la vitesse du bateau pendant la phase de giration.
- Un angle de gîte en giration variable qui oscille pendant la phase préliminaire de la

giration avant de se stabiliser à une valeur à peu près constante.

- L'angle de gîte moyen reste très faible, quelle que soit la vitesse du bateau. Il est au maximum de 2.3° à 25 km/h et sans intercepteurs.
- Sur ce bateau, les valeurs de gîte en giration ont tendance à diminuer au fur et à mesure que la vitesse augmente.

- En considérant une orientation maximale des jets, le bateau a tendance à s'incliner vers l'extérieur du virage pour les basses et moyennes vitesses (jusqu'à 40 à 45 km/h). **A partir de 45 km/h, il vire pratiquement à plat, sans gîte.**
- Par contre avec un angle d'orientation des jets plus faible ($23^\circ \approx 66\%$ de l'angle maxi), on constate que le navire s'incline plutôt vers l'intérieur du virage.
- Les intercepteurs permettent de réduire l'angle de gîte en giration à basse vitesse (jusqu'à 25 à 30 km/h).
- Par contre l'effet est légèrement inversé au-delà de 30 km/h : les angles moyens relevés sont un peu plus importants avec intercepteurs que sans eux. Mais une analyse des tableaux présentés au §5.2 montre que les intercepteurs ont néanmoins un effet bénéfique sur les premières oscillations du bateau : ils permettent de réduire significativement l'amplitude des pics de gîtes constatés en début de giration.

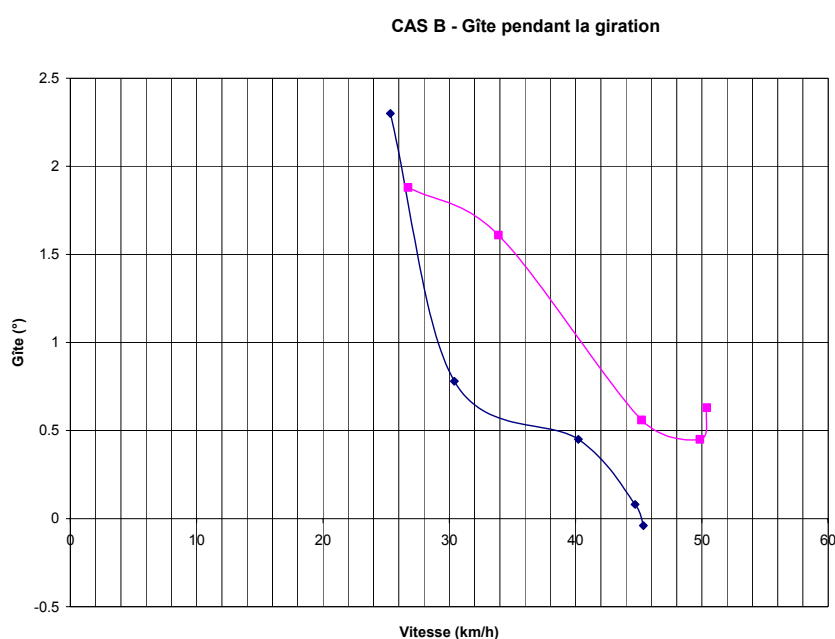


Figure 16 : Evolution de la gîte moyenne en giration en fonction de la vitesse avec (rouge) et sans (bleu) intercepteur.

Ces essais de giration ont permis surtout de confirmer que l'angle de gîte observé pendant les essais est largement inférieur à l'angle de gîte réglementaire défini par l'OFT. Ils confirment la présence de phénomènes non pris en compte par la formule.

5.3 Essais de crash-stop

5.3.1 Enregistrements sur le « POS-MV »

L'essai de crash-stop réglementaire a été effectué dans le cas de chargement A et enregistré sur le « POS-MV » :

5.3.2 Dépouillement des résultats

Les essais de crash-stop ont permis de montrer que le bateau, lancé à pleine vitesse, peut **s'arrêter en toute sécurité sur 24m soit environ une fois sa longueur**, pour un temps d'arrêt de 17 s.

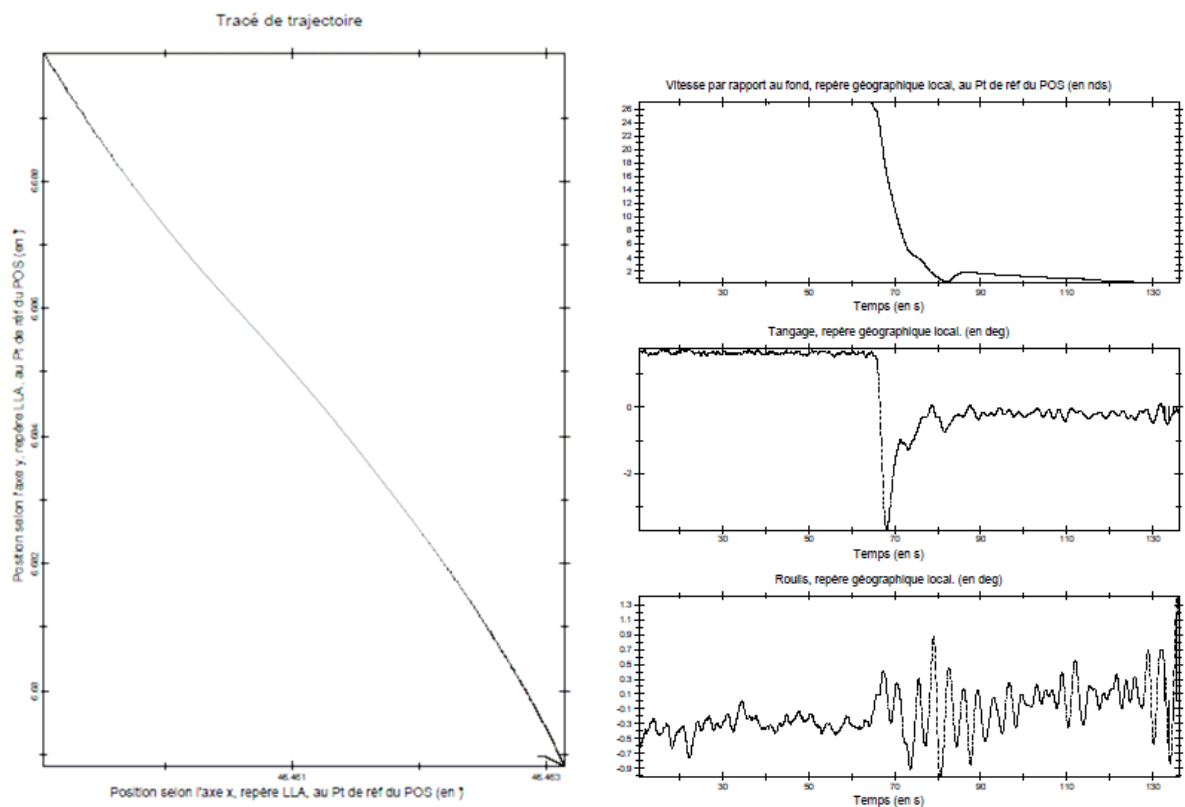


Figure 17 : Enregistrement sur la chaîne d'acquisition « POS-MV » pendant un essai de crash-stop, en partant d'une vitesse de 50 km/h.

REFERENCES :

- [1] Plan d'ensemble : Document MAURIC n° 14426 indice M
- [2] Plan des formes : Document MAURIC n° 14822 indice C
- [3] Compte-rendu d'essais de vitesse et giration: Document MAURIC n° N15118 indice A
- [4] Compte-rendu d'expérience de stabilité : Document MAURIC n° N15110 indice A
- [5] Présentation « POS-MV » : Document SIREHNA « POS_MV_SIR_datasheet mar_2006 »
- [6] Interceptor System for NAVIBUS Project: Document HUMPHREE SWEDEN AB n°H0106-03