

SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE.....	I
SYNTHESE.....	II
1. MODELISATION LOCALE DES COURANTS.....	6
1.1. DESCRIPTION SOMMAIRE DU SYSTEME DE MODELISATION TELEMAR- 2D.....	6
1.2. EMPRISE DU MODELE.....	7
1.3. LES CONDITIONS AUX LIMITES	7
1.4. LES DIFFERENTES CONFIGURATIONS ETUDIEES	7
1.4.1. L'ETAT ACTUEL	8
1.4.2. LE PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 1	9
1.4.3. LE PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 2	10
2. ETUDE DE NAVIGATION	1
2.1. DESCRIPTION GENERALE DU SIMULATEUR	1
2.2. MODELISATION DES NAVIRES UTILISES.....	2
2.3. EXPLOITATION DU SIMULATEUR	4
2.4. CONDITIONS EXPERIMENTALES CONSIDEREES.....	5
2.4.1. LIMITES DU DOMAINE D'EVOLUTION.....	5
2.4.2. NAVIRES TYPES.....	5
2.4.3. CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT.....	6
2.4.4. TYPES DE MANŒUVRE.....	6
2.5. RESULTATS ET ANALYSE	7
2.5.1. PRESENTATION DES RESULTATS	7
2.5.2. ANALYSE DES RESULTATS	7

FIGURES

ANNEXE 1 : ETAT ACTUEL

ANNEXE 2 : PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 1

ANNEXE 3 : PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 2

ANNEXE 4 : PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 1 CHAMPS DE COURANTS AUX
INSTANTS DE MAREES RETENUS POUR LES SIMULATIONS DE NAVIGATION

ANNEXE 5 : ESSAIS DE RECETTE EN MER

ANNEXE 6 : RESULTATS DES SIMULATIONS DE MANOEUVRE

OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre des études comparatives du franchissement de la Garonne à Bordeaux au droit de la rue Lucien Faure, la Communauté Urbaine de Bordeaux (dénommée ci-après CUB) examine la faisabilité comparée :

- D'un pont sur la Garonne à travée centrale levante afin de permettre la remontée jusqu'au Port de la Lune des navires au gabarit maritime,
- D'un tunnel sous-fluvial.

Dans le cadre des études de la solution pont, la CUB a souhaité engager une étude permettant de :

- Déterminer l'influence du pont sur les conditions hydrodynamiques locales,
- Cerner les contraintes de navigation imposées par le franchissement de l'ouvrage.

Afin de satisfaire ces objectifs, la CUB a donc confié à SOGREAH par marché n° 003120 en date du 19 septembre 2000, les prestations suivantes :

- Modélisation locale des courants, à l'aide du système de modélisation bidimensionnel TELEMAC-2D,
- Etude de navigation, au moyen d'un simulateur interactif de manœuvre des navires PORTSIM.

oOo

SYNTHESE

Le chapitre 1 présente la modélisation locale des courants. Les calculs ont été réalisés avec le système de modélisation TELEMAR-2D. L'emprise du modèle s'étend du pont de chemin de fer (en amont du pont de Pierre) jusqu'au pont d'Aquitaine. La bathymétrie a été fournie par le Port Autonome de Bordeaux et les plans et coupe des enrochements mis en place sous le pont de Pierre par la DDE. Les conditions aux limites ont été reprises du modèle unidimensionnel CARIMA de la Gironde réalisé antérieurement par SOGREAH.

Trois configurations ont été étudiées : l'état actuel qui a servi au calage du modèle et l'état futur avec deux alternatives de pont. Les caractéristiques de ces variantes de pont ont été fournies par le SETRA, par l'intermédiaire de la CUB.

Dans les deux variantes, le pont est à travée levante et celle-ci est soutenue par des pylônes (ou massifs) dont la position dans la rivière est la même dans chaque cas. L'axe du pont est également identique pour chaque variante. Il se situe dans le prolongement exact de l'avenue Lucien Faure et présente un biais faible (84°) avec l'axe de la Garonne et donc du chenal de navigation. Les pylônes qui soutiennent la travée levante ont été pivotés d'un angle de 6° par rapport à l'axe du pont de façon à se présenter à peu près parallèle à l'axe de la rivière et du chenal. La largeur entre pylônes offre, pour chaque variante, une ouverture à la navigation de 106 m utile dans l'axe du chenal, protections incluses.

Les deux variantes diffèrent en fait par le nombre de tabliers pour les deux sens de circulation. Avec la première alternative, il est prévu deux tabliers (un pour chaque sens de circulation). La deuxième alternative correspond à l'hypothèse d'un seul tablier pour les deux sens de circulation.

Du point de vue impact hydrodynamique, la différence entre les variantes se fera donc par la longueur et la largeur des pylônes et de leurs protections d'extrémité, ainsi que par le nombre de piles courantes de soutien du (ou des) tablier(s). La longueur et la largeur des pylônes et protections d'extrémité sont respectivement de 113 m x 16 m et de 88 m x 14 m. Il existe trois groupes de piles de soutien avec 2 piles par groupe pour la première alternative et une pile par groupe pour la deuxième. Chaque pile a un diamètre de 2,5 m.

Le modèle de l'état actuel a été calé avec les mesures de niveaux du marégraphe de Bordeaux et les mesures de courants effectuées par THETIS en trois points de la rivière.

Les champs de courant pour une marée de vive-eau moyenne (coefficient 95) et un débit de la Garonne de 400 m³/s en ont été déduits. Les calculs pour l'état futur ont été effectués avec les mêmes conditions de marée et de débit de la Garonne.

Par rapport à l'état actuel, il existe une accélération des vitesses au droit de l'axe du pont qui varie entre 8 et 15 % suivant l'instant de marée pour la première variante et entre 4 et 8% pour la seconde. Compte - tenu de l'orientation des pylônes, il n'existe pas de déviation importante des courants par rapport à l'axe du chenal sauf très localement à l'amont et à l'aval des structures (remous).

L'étude de navigation a consisté à effectuer des manœuvres de franchissement du pont en montée et en descente de la rivière, à l'aide d'un simulateur interactif préparé à partir du logiciel PORTSIM. Ces

simulations ont été effectuées par une équipe composée d'un pilote instructeur du Centre de Port Revel et de pilotes de la Gironde.

A l'issue d'une période d'adaptation généralement courte, les pilotes professionnels se sont accordés à reconnaître le réalisme du simulateur et la conformité à la réalité tant des navires dans leurs manœuvres que du lieu où elles sont effectuées.

L'alternative 1 du pont est celle qui était considérée comme la plus importante par la CUB et sur laquelle l'étude de navigation devait porter en priorité. L'alternative 2 ne devait être étudiée que si la première apparaissait rédhibitoire pour la navigation. Comme ce dernier cas ne s'est pas présenté, l'alternative 2 n'a pas fait l'objet de simulation de navigation.

Différents navires types ont été utilisés :

- Un cargo de 95 m représentatif du type de navire suivant : caboteur de longueur inférieure à 100 m équipé d'une hélice, un gouvernail et un propulseur d'étrave.
- Un ferry de 140 m représentatif du type de navire suivant : ferry ou petit paquebot de 100 à 150m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave.
- Un paquebot de 205 m représentatif du type de navire suivant : paquebot de 150 à 200 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave.
- Un paquebot de 245 m à deux gouvernails représentatif du type de navire suivant : paquebot de 200 à 245 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails, d'un propulseur avant et d'un propulseur arrière.
- Un paquebot de 245 m à un gouvernail équipé de deux hélices, deux gouvernails, d'un propulseur avant et d'un propulseur arrière qui reste assez atypique et ne représente qu'une faible proportion de la gamme des paquebots de 200 à 245 m.

Au cours des simulations, différents instants de la marée ont été considérés suivant qu'il s'agisse de manœuvres de montée ou de descente :

- Manœuvres de montée : PM-2h30 ; PM-1h45 ; PM-1h ; PM+0h30
- Manœuvres de descente : PM-3h ; PM-1h45 ; PM-0h30

Les niveaux d'eau et les champs de courant correspondant à ces instants de marée ont été obtenus à partir de la modélisation effectuée avec le système TELEMAC-2D, pour des conditions de vive-eau moyenne en période d'étiage de la Garonne.

Tous les instants de marée choisis correspondent à des courants de flot à l'exception de l'instant PM+0h30 (étales de PM) pour lequel un très faible courant de jusant se fait sentir. Le maximum du flot est atteint à l'instant PM-1h45.

Les courants sont considérés comme permanents pendant toute la durée de la simulation.

Tous les instants de marée n'ont pas été utilisés systématiquement avec l'ensemble des navires types. En particulier, avec le paquebot de 245 m, seuls les champs de courant de PM-1h à PM+0h30 ont été utilisés.

Avec la plupart des essais, des vents d'Ouest ont été pris en compte. L'intensité moyenne du vent était le plus souvent de 5 m/s (environ 10 nœuds) mais quelques essais ont également été réalisés avec une vitesse moyenne de vent de 10 m/s (environ 20 nœuds).

Avec un *caboteur de longueur inférieure à 100 m*, les essais montrent que à la montée comme à la descente, il n'y a pas de problème particulier de présentation avant le pont ni de passage du pertuis. Pour les huiliers accostant au poste 139, l'accostage de flot ou de jusant est toujours possible, malgré la présence de l'ouvrage. Par contre, l'appareillage de jusant est à proscrire.

Il apparaît d'après les simulations que, pour les navires de type *ferry ou petit paquebot de 100 à 150 m de long*, :

- en montée, il n'existe pas de difficulté réelle de présentation ou de passage du pont sauf en période de très fort courant de flot au moment de l'intensité de vitesse maximale (au voisinage de PM-1h45) ou si le vent est supérieur à 20 nœuds,
- la descente ne pose pas non plus de problème majeur sauf en cas de très fort courant de flot au moment de l'intensité de vitesse maximale (au voisinage de PM-1h45) ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.

Avec un *paquebot de 150 à 200 m de long*, les essais de montée avec flot et vent modéré (10 nœuds) montrent que la présentation du navire est délicate du fait de la présence de la courbe entre Lormont et le pont. En giration permanente et recevant le courant sur sa hanche tribord, le navire est soumis à une importante dérive babord dont la récupération au pont est souvent difficile et demande beaucoup d'attention. Parfois, si la récupération n'a pu être effectuée à temps, le passage du pertuis s'effectue avec un angle de dérive important.

Les essais avec vent de 20 nœuds ont montré que cela pouvait conduire à une présentation difficile avant l'entrée dans le pertuis.

Il s'ensuit que d'une façon générale, pour les navires de ce type (paquebot de 150 à 200 m de long), la manœuvre de montée en flot est à éviter si le courant dépasse 2 nœuds ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.

Avec ce type de navire, les manœuvres de descente montrent qu'il n'y a pas de problème majeur si, comme pour la montée, le courant reste inférieur à 2 nœuds et si le vent est inférieur à 20 nœuds.

Le passage de la bouée des épaves demande une attention particulière mais le chenal présente une partie à peu près rectiligne et donc le flot est dans l'axe du pont, suffisamment loin en amont de celui-ci pour permettre une présentation et un passage du pertuis qui ne présentent pas de difficulté dans la plupart des cas.

Avec un *paquebot de 200 à 245 m de long à deux gouvernails*, le phénomène de dérive mis en évidence avec le navire précédent prend encore plus d'ampleur, du fait de son inertie et de sa longueur plus importantes.

L'augmentation de l'inertie augmente le temps de réaction du navire avec pour conséquences : un moins bon rattrapage lorsque le navire se trouve en position délicate ; une attention et une anticipation du pilote plus soutenues au cours des manœuvres. L'accroissement de la longueur entraîne une plus grande prise au cisaillement du courant (courant non homogène dans la zone d'emprise du navire) et une aire « balayée » plus importante lorsque l'angle de dérive est notable (avec 15° de dérive, cette surface « balayée » s'accroît de près de 1,5 fois la largeur du navire).

La présentation et le positionnement en montée de flot s'avèrent donc très délicats avec ce type de navire, le passage du pont pouvant se faire avec un angle de dérive important très difficilement rattrapable au dernier moment et/ou un excentrement par rapport à l'axe du chenal faisant passer le navire assez proche des pylônes. L'utilisation des remorqueurs ne permet pas d'améliorer sensiblement la manœuvre.

Il en résulte que d'une façon générale, pour les navires de ce type (paquebot de 200 à 245 m de long à deux gouvernails), la manœuvre de montée en flot est à éviter si le courant dépasse 0,5 nœuds ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.

La descente ne pose pas de problème majeur si le courant reste inférieur à 1 nœud et si le vent est inférieur à 20 nœuds.

Le contrôle du *paquebot de 200 à 245 m de long équipé d'un seul gouvernail* est très difficile du fait de sa manœuvrabilité réduite. La moindre abattée d'un bord ou de l'autre est très longue à rattraper et il est pratiquement impossible de récupérer un angle de dérive trop important au passage du pont.

Pour les navires de ce type, la manœuvre de montée ne peut se faire qu'en début de jusant (vitesse inférieure à 0,5 nœuds) avec une vitesse sur l'eau ne dépassant pas 4 nœuds et en utilisant en permanence les propulseurs auxiliaires. Le vent devra être bien sur inférieur à 20 nœuds. La présence d'un remorqueur est aussi fortement recommandée pour des raisons de sécurité.

Les manœuvres de descente ne pourront se faire qu'en fin de flot avec un courant inférieur à 1 nœud et un vent inférieur à 20 nœuds.

Le simulateur de navigation a permis de tester un certain nombre de conditions d'environnement (courants et vents) qui sont globalement plus fortes que les conditions actuellement utilisées pour la remontée et la descente des navires.

Les contraintes d'environnement qui sont ressorties de cette étude en termes d'intensités limites pour les courants et les vents, conduisent cependant à définir des créneaux horaires de montée et de descente des bateaux qui ne sont pas sensiblement différents de ceux pratiqués actuellement. Du point de vue des créneaux horaires, le pont n'apportera donc pas de gêne supplémentaire par rapport à l'état actuel.

Il n'en est pas de même pour le risque engendré qui sera forcément accru avec la présence de l'ouvrage. Cette augmentation du risque sera d'autant plus forte que la taille des navires augmentera.

L'emplacement et l'orientation du pont sont jugées globalement correctes par les pilotes de la Gironde. Ceux-ci font cependant remarquer que, si le pont était situé plus en amont, au droit du cours Edouard Vaillant, la présentation et donc le passage des navires en montée s'en trouverait grandement facilité. La zone d'évitage après le pont en serait cependant diminuée.

oOo

1.

MODELISATION LOCALE DES COURANTS

Dans cette partie, on présentera les simulations numériques qui ont permis de définir les champs de courant nécessaires aux calculs de navigation.

Après une courte description du système de modélisation, on s'attachera à présenter les résultats des différents modèles utilisés : celui de l'état actuel avec lequel le calage a été effectué et ceux de l'état futur permettant de déterminer les impacts hydrodynamiques pour les différentes alternatives de franchissement.

1.1. DESCRIPTION SOMMAIRE DU SYSTEME DE MODELISATION TELEMAC-2D

TELEMAC-2D modélise la dynamique des écoulements bidimensionnels dans les milieux naturels – côtes, estuaires, lacs et rivières – et le transport de substances par ces écoulements : polluants conservatifs ou dégradables, sables, vases, etc. Il modélise également la génération de la houle et la transformation des caractéristiques des vagues dans leur propagation vers la côte, pour des domaines plus ou moins vastes (d'une bordure océanique à un port).

TELEMAC-2D est un système aux éléments finis. De ce fait, la zone est représentée par un assemblage de facettes triangulaires de tailles et de formes variables, nommé "maillage". Cette approche procure trois avantages essentiels :

- Le maillage épouse avec fidélité les géométries complexes que l'on peut rencontrer dans la nature : les côtes, les îles, les digues, les chenaux, etc.
- Cette approche autorise de densifier le maillage - et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle - dans les zones d'intérêt.
- L'outil de génération de maillage intégré au système TELEMAC-2D adapte la densité du maillage à différents critères comme la profondeur ou la pente des fonds. Il réalise un compromis entre les besoins en précision dans les régions où l'hydraulique est complexe (estrans, berges d'un chenal, etc.) et le nombre total de points.

Tous les modules du système sont basés sur la méthode des éléments finis. Ils partagent la même architecture, les mêmes structures de données et la même chaîne de traitement. Ils présentent donc une grande compatibilité et le transfert de données d'un code à l'autre peut se faire sans difficulté.

Le système TELEMAC-2D n'est pas limité aux codes de calcul scientifique : il s'agit d'un système de modélisation intégré incluant les outils de préparation des modèles et des simulations (outils de saisie graphique et de génération de maillage) et d'analyse des résultats (outils de visualisation et de production de sorties graphiques et imprimées) indispensables à ce type de modélisation.

TELEMAC-2D est développé par le LNH en respect des procédures d'Assurance de la Qualité des Logiciels Scientifiques et Techniques d'EDF-DRD.

1.2. EMPRISE DU MODELE

Le futur franchissement est prévu pour relier le quai de Bacalan sur la rive gauche et le quai de Queyries sur la rive droite. Il est situé à peu près à mi-chemin entre le pont de Pierre et le pont d'Aquitaine.

De façon à représenter correctement l'écoulement au niveau du futur pont, un modèle numérique a été construit qui s'étend du pont de chemin de fer (en amont du pont de Pierre) jusqu'au pont d'Aquitaine. Ce choix a nécessité de modéliser aussi les piles du pont de Pierre mais cela a paru préférable, étant donné le rôle important joué par ce pont dans la répartition des débits.

Ainsi, les coudes de la Garonne, situés de part et d'autre du projet, sont totalement inclus dans le modèle réalisé.

1.3. LES CONDITIONS AUX LIMITES

Dans la portion de la Garonne étudiée, l'influence de la marée est prédominante. Les calculs ont donc été effectués en régime transitoire.

Les conditions aux limites fournies en entrée du modèle TELEMAC-2D proviennent d'un modèle CARIMA (modélisation unidimensionnelle) de la Gironde réalisé antérieurement par SOGREAH.

Le modèle CARIMA fournit les cotes de surface libre et les débits au niveau des sections amont et aval du modèle TELEMAC-2D.

1.4. LES DIFFERENTES CONFIGURATIONS ETUDIEES

Trois versions du modèle ont été déclinées au cours de cette étude afin de tester les deux variantes de pont choisies par la Communauté Urbaine de Bordeaux.

Le modèle représentant l'état actuel sert au calage et la validation des calculs. Il permet d'ajuster les différents paramètres afin de reproduire au mieux les conditions réelles de courant dans la zone du pont.

Les deux autres modèles représentent l'état futur (après implantation du pont) pour deux variantes du pont. Les caractéristiques de ces variantes de pont ont été fournies par le SETRA, par l'intermédiaire de la CUB.

Dans les deux variantes, le pont est à travée levante et celle-ci est soutenue par des pylônes (ou massifs) dont la position dans la rivière est la même dans chaque cas. L'axe du pont est également identique pour chaque variante. Il se situe dans le prolongement exact de l'avenue Lucien Faure et présente un biais faible (84°) avec l'axe de la Garonne et donc du chenal de navigation. Les pylônes qui soutiennent la travée levante ont été pivotés d'un angle de 6° par rapport à l'axe du pont de façon à se présenter à peu près parallèle à l'axe de la rivière et du chenal. La largeur entre pylônes offre, pour chaque variante, une ouverture à la navigation de 106 m utile dans l'axe du chenal, protections incluses.

Les deux variantes diffèrent en fait par le nombre de tabliers pour les deux sens de circulation. Avec la première alternative, il est prévu deux tabliers (un pour chaque sens de circulation). La deuxième alternative correspond à l'hypothèse d'un seul tablier pour les deux sens de circulation. Du point de

vue impact hydrodynamique, la différence entre les variantes se fera donc par la longueur et la largeur des pylônes et de leurs protections d'extrémité, ainsi que par le nombre de piles courantes de soutien du (ou des) tablier(s). Pour chaque alternative, ces caractéristiques spécifiques sont données dans les paragraphes suivants (§ 1.4.2 et 1.4.3).

1.4.1. L'ETAT ACTUEL

Il s'agit du modèle de référence de la zone. Il représente la zone à modéliser dans sa configuration actuelle avec les fonds réels (cf. fig. 1.1).

La période du 1 au 7 mai 2000 a été simulée de façon à pouvoir caler le modèle sur les mesures de courants qui ont été réalisées par la société THETIS.

1.4.1.1. LA BATHYMETRIE

La bathymétrie du modèle est présentée sur la figure 1.1. Elle est ramenée au zéro hydrographique. Les données de base nous ont été fournies par le port autonome de Bordeaux. Elles étaient constituées principalement par un semi de points issu du levé récent de mars 2000 et par le contour des berges et des quais. Les plans et coupes des enrochements mis en place sous le pont de Pierre ont été fournis par la DDE, par l'intermédiaire de la CUB.

1.4.1.2. LE MAILLAGE

Le maillage du modèle totalise 3857 points. La taille des mailles varie entre 5 m au niveau des piles du pont de Pierre, et 50 m dans le reste de la rivière (cf. figure 1.2).

1.4.1.3. CALAGE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

Les données disponibles pour le calage du modèle sont les suivantes :

- Enregistrement de la surface libre au marégraphe du port de Bordeaux,
- Campagne de mesures de courant en 3 points A, B et C (cf. fig. 1.2) du 2 au 5 mai 2000 (Données THETIS). Lors de cette campagne, les coefficients de marée étaient compris entre 79 et 104 et le débit de la Garonne atteignait 400 m³/s environ.

Pour les données fournies par le marégraphe de Bordeaux, hormis quelques discontinuités dans l'enregistrement, il n'y a pas de précaution particulière à prendre avec les valeurs mesurées. La marée est correctement reproduite par le modèle. Le calage en temps est bon et seule, une légère différence apparaît à la marée basse entre valeurs mesurées et calculées (cf. figure 1.3).

Par contre, pour les mesures de courant effectuées par la société THETIS, il convient de prendre certaines précautions quant aux résultats :

- La méthode employée (effet Doppler) permet de faire les mesures par couches horizontales. Elle fournit donc une représentation tridimensionnelle des courants. Le modèle mathématique étant bidimensionnel, il est nécessaire de connaître les valeurs moyennes sur la verticale. Celles-ci ne sont cependant calculées par THETIS que pour les couches toujours en eau situées sous la cote de basse mer. La variation de la surface libre au cours de la marée et les mesures dans les couches supérieures ne sont donc pas prises en compte dans la moyenne. Toutefois, un traitement des données brutes fait par nos soins montre que l'écart reste limité.

- Les mesures peuvent être sujettes à problèmes si des objets métalliques sont situés au voisinage du capteur. Dans ce cas, l'erreur affecte la mesure de direction des courants. Elle peut atteindre jusqu'à 30°.

Dans le cadre de cette étude, il ne semble pas y avoir eu de problèmes majeurs sur les mesures et le modèle reproduit bien les courants réels sauf au point B où il persiste un léger décalage entre la direction mesurée et calculée (cf. figure 1.3 et 1.4).

L'écart d'environ 10% constaté sur l'intensité des vitesses reste acceptable.

1.4.1.4. RESULTATS DU MODELE

Les champs de courant depuis PM-6h et jusqu'à PM+6h pour un coefficient de marée de vive-eau moyenne (coefficient 95) et un débit de la Garonne de 400 m³/s sont présentés sur les figures 1.5 à 1.8.

On pourra remarquer que les vitesses les plus fortes sont atteintes en flot au voisinage de PM-2h et en jusant au voisinage de PM+2h. Aux alentours de la position du futur pont, ces vitesses se trouvent en milieu de rivière en flot et près de la rive gauche en jusant.

1.4.2. LE PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 1

La première alternative représente le pont à deux tabliers.

Les caractéristiques spécifiques sont les suivantes :

- Longueur des pylônes avec leurs protections d'extrémité : 113 m,
- Largeur des pylônes et des protections d'extrémité: 16 m,
- Trois groupes de piles de soutien (1 en rive gauche et 2 en rive droite) avec une pile par tablier, soit au total 2 piles par groupe. Chaque pile a un diamètre de 2,5 m.

1.4.2.1. LA BATHYMETRIE

La bathymétrie (cf. figure 2.1) est issue du calcul dans l'état actuel. On y a ajouté les pylônes et les piles. De plus, le haut-fond à (-4,50/ZH) qui était présent dans le chenal de navigation dans le voisinage immédiat du pont a été arasé à la cote (-5,6/ZH), conformément aux travaux de dragage récents du PAB (Août 2000).

1.4.2.2. LE MAILLAGE

Le maillage de cette alternative comporte 7043 points. Le maillage de l'état actuel a été affiné au niveau du pont pour atteindre une taille de maille de 2,5 m nécessaire pour représenter les piles (cf. figure 2.2).

Sur le zoom de la fig. 2.2, on voit nettement les pylônes. Par contre, compte-tenu de leur taille, l'échelle n'est pas suffisante pour distinguer nettement les piles secondaires.

1.4.2.3. RESULTATS DU MODELE

Sur les figures 2.3 à 2.9, on présente les champs de courants toutes les deux heures de PM-6h à PM+6h. On montre aussi l'évolution du profil de vitesse par rapport à celui de l'état actuel dans la section correspondant à l'axe du pont.

Cette courbe met en évidence une accélération des vitesses qui varie entre 8 et 15 % suivant l'instant de marée mais on voit aussi que la forme du profil n'est pas modifiée. Les vitesses s'annulent au droit des pylônes mais pas au droit des piles car l'axe choisi passe au milieu de chaque groupe de deux piles.

Comme cette configuration du pont était, pour la CUB, la plus importante et constituait celle sur laquelle l'étude de navigation devait porter en priorité, il a été tracé, aux différents instants de marée retenus pour l'étude de navigation (cf. fig. 4.1 à 4.6), les champs de courant globaux et détaillés sous l'ouvrage. On y retrouve l'augmentation globale des courants sous le futur pont. Compte - tenu de l'orientation des pylônes, il n'existe pas de déviation importante des courants par rapport à l'axe du chenal sauf très localement à l'amont et à l'aval des structures (remous).

1.4.3. LE PONT LUCIEN FAURE – ALTERNATIVE 2

La deuxième alternative représente le pont à un tablier.

Les caractéristiques spécifiques sont les suivantes :

- Longueur des pylônes avec leurs protections d'extrémité : 88 m,
- Largeur des pylônes et des protections d'extrémité: 14 m,
- Trois groupes de piles de soutien (1 en rive gauche et 2 en rive droite) avec une pile par tablier, soit au total 1 pile par groupe. Chaque pile a un diamètre de 2,5 m.

1.4.3.1. LA BATHYMETRIE

La bathymétrie est semblable à la première alternative (cf. figure 3.1) et inclut les pylônes et piles de pont.

1.4.3.2. LE MAILLAGE

La taille de maille reste la même que pour la version à deux tabliers. Le maillage (voir figure 3.2) atteint les 6430 points.

1.4.3.3. RESULTATS DU MODELE

Comme pour l'alternative 1, on présente, sur les figures 3.3 à 3.9, les champs de courants toutes les deux heures de PM-6h à PM+6h. On montre aussi l'évolution du profil de vitesse par rapport à l'état actuel dans la section correspondant à l'axe du pont.

Cette courbe met en évidence une accélération des vitesses qui varie entre 4 et 8 % suivant l'instant de marée mais on voit aussi que la forme du profil n'est pas modifiée.

Dans ce cas, les vitesses s'annulent au droit des pylônes et des piles car le profil passe au centre des piles, ce qui n'était pas le cas dans le cas des deux tabliers.

oOo

2. ETUDE DE NAVIGATION

Cette étude consiste à effectuer des simulations de manœuvre de franchissement du pont en montée et en descente de la rivière, à l'aide d'un simulateur interactif (logiciel PORTSIM). Ces simulations ont été effectuées par une équipe composée d'un pilote instructeur du Centre de Port Revel et de pilotes de la Gironde.

2.1. DESCRIPTION GENERALE DU SIMULATEUR

Le simulateur est spécialement préparé pour l'étude à partir du logiciel PORTSIM, mis au point par le SSPA et dont SOGREAH a acquis une licence.

Ce logiciel opère, pas à pas, le calcul de la trajectoire d'un navire en considérant à chaque instant les ordres du pilote (angle de barre, ordre machine, propulseurs, remorqueurs,...) et les caractéristiques locales de l'environnement (profondeur, courant, vent, houle). Il est basé sur la résolution des équations fondamentales de la dynamique du navire réduites à 4 degrés de liberté (deux déplacements horizontaux, giration, roulis) si la houle n'est pas prise en compte. Avec la prise en compte de la houle, le calcul est effectué dans les 6 degrés de liberté.

En présence d'un champ de courant variable dans le plan horizontal (champ de courant bidimensionnel), les caractéristiques du courant et les efforts qui en résultent tiennent compte des éventuelles variations sur l'ensemble de la zone occupée par le navire. En particulier, il est tenu compte d'un terme de rotation additionnel lorsque la distribution des vitesses de courant est non uniforme le long de la coque du navire.

Les coefficients hydrodynamiques et aérodynamiques dépendent des formes et dimensions des navires considérés. Ces coefficients conditionnent la dynamique des navires sous l'effet des différentes sollicitations de leur environnement ou de leurs moyens de gouverne et de propulsion propres.

Les coefficients hydrodynamiques sont généralement ajustés par réglages préalables en simulant quelques manœuvres types du navire réel dont on connaît les trajectoires (essais de recette en mer).

Dans le cas présent, c'est ce qui a permis de modéliser les navires suivants: cargo de 95 m, ferry de 140 m, paquebot de croisière de 245 m à deux hélices et un gouvernail. Pour le paquebot de 245 m à deux gouvernails et le paquebot de 205 m, faute de données précises, les éléments et la méthode présentés dans les rapports d'études précédents (cf. R 5 1262 de février 1991 et R 5 1340 de décembre 1991 sur le Pont du Médoc) ont été utilisés.

Un résumé des caractéristiques des différents navires sera donné au paragraphe suivant.

Les coefficients aérodynamiques ont été tirés d'études effectuées à partir d'essais en soufflerie sur des navires de catégorie analogue. Le vent est considéré comme permanent en direction mais variable en intensité (rafales).

Le logiciel permet de tenir compte aussi des effets suivants : atténuation du vent par des bâtiments, réaction due à des quais ou des ducs d'albe, effets de berge, prise en compte d'amarres, utilisation des ancrés et des remorqueurs.

Certains effets sont entrés au préalable dans le modèle et ne peuvent être désactivés au cours de la simulation. Il s'agit de l'atténuation du vent, des effets de berge et des réactions induites par les quais ou les ducs d'albe. Les autres effets (amarres, ancrés, remorqueurs) peuvent être activés ou non au cours de la simulation. De plus, dans le cas des remorqueurs, on peut agir sur l'angle, la puissance et le mode d'action (traction ou poussée).

2.2. MODELISATION DES NAVIRES UTILISES

Les principales caractéristiques déterminantes pour les manœuvres pratiquées sont présentées ci-après pour :

- le cargo de 95 m,
- le ferry de 140 m,
- le paquebot de croisière de 205 m,
- le paquebot de croisière de 245 m à un et deux gouvernails.

(Nota : à titre indicatif, les navires existants pris pour modèle étaient respectivement le Royal Viking – Sun pour le paquebot de 205 m et le Star Princess pour le paquebot de 245 m à un gouvernail).

COMMUNAUTE URBAINE DE BORDEAUX
FRANCHISSEMENT LUCIEN FAURE – ETUDE DE NAVIGATION
FIGURES

Type de navire	Croisière 245 m (1 gouvernail)	Croisière 245 m (2 gouvernails)	Croisière 205 m	Ferry 140 m	Cargo 95 m
Caractéristiques de la carène :					
Longueur hors tout (m)	245	245	205,5	140	95,5
Longueur entre perpendiculaires (m)	209,8	209,8	174,1	131	89,1
Largeur (m)	32,2	32,2	28,9	26	18,3
Tirant d'eau (m)	8,0	8,0	7,05	6	6,15
Déplacement (m3)	34620	34620	21410	11000	5500
Caractéristiques de la gouverne :					
Nombre de gouvernails	1	2	2	2	1
Aire immergée (par gouvernail) (m2)	31,8	20	18,6	16	9
Hauteur du gouvernail (m)	6,53	6,53	5,3	5,3	4
Angle de barre maximal (°)	35	35	35	35	35
Vitesse angulaire maximale (°/s)	4	4	4	7	4,5
Caractéristiques de la propulsion					
Nombre et type (f : pas fixe ; v : pas variable)	2(v)	2(v)	2(v)	2(v)	1(f)
Diamètre de l'hélice (m)	5,4	5,4	4,6	4,8	4
Nombre de tours/mn AV ¹ (maxi si pas variable)	146	146	150	128	124,5
Nombre de tours/mn AR (maxi si pas variable)	95	95	150	128	-99
Pas réduit maxi en AV	1,025	1,025	1,26	1,295	1
Pas réduit maxi en AR	-0,77	-0,77	-0,66	-0,97	1
Caractéristiques des propulseurs auxiliaires :					
Puissance propulseur AV (CV)	2400	2400	2720	2000	408
Puissance propulseur AR (CV)	1420	1420	sans objet	sans objet	sans objet
Caractéristiques des superstructures :					
Aire longitudinale de prise au vent (m2)	7284	7284	5500	3450	580
Aire latérale de prise au vent (m2)	1265	1265	950	670	300

¹ Pour les hélices à pas variable, le mode de régime de propulsion se caractérise par une loi de conjugaison (pas, RPM) à segments linéaires en fonction du cran d'allure au levier. La vitesse de rotation présente un minimum au cran stop pour lequel le pas est nul. Ce minimum est de 68 t/mn pour le paquebot de 245 m, 70 t/mn pour celui de 205 m et 64 t/mn pour le ferry de 140 m.

Lorsque des remorqueurs ont été simulés, ils étaient supposés développer une traction maximale de l'ordre de 30 t chacun avec une longueur de remorque de 50 m.

Les différents essais de recette en mer qui ont été reproduits avec le logiciel sont donnés en annexe 5. Ces essais comportent en général une giration à barre toute, un essai de « zig - zag », une manœuvre d'arrêt et un essai avec le propulseur avant. Pour les navires dont les données étaient disponibles (paquebot de 245 m à un gouvernail, ferry de 140 m, cargo de 95 m), ces essais de recette ont été utilisés pour le réglage des coefficients hydrodynamiques. Pour les deux autres navires (paquebot de 245 m à deux gouvernails, paquebot de 205 m), les essais reproduits permettent de se rendre compte de la fiabilité de la méthode de réglage « approché » utilisée.

2.3. EXPLOITATION DU SIMULATEUR

Pour les besoins de l'étude, le simulateur a été installé dans les locaux de SOGREAH PRAUD à Bordeaux. Il comportait :

- un ordinateur portable,
- un projecteur graphique couleur.

Une vue en plan de la zone de manœuvre est représentée sur l'écran graphique. La silhouette schématisée du navire évolue sur ce plan au cours de la simulation, sa position et son cap étant calculés au pas de 0,2 seconde (temps réel). Au cours de la simulation, il est possible de « zoomer » la zone d'évolution du navire de façon à améliorer la vision de la manœuvre.

Un mode de fonctionnement en temps accéléré est également possible pour des utilisations spéciales.

Les instructions du pilote sont introduites à la « souris » à partir de différents panneaux qui apparaissent sur l'écran graphique couleur. Ces panneaux concernent les divers réglages de la propulsion, de la gouverne, des propulseurs auxiliaires et s'il y a lieu, des remorqueurs, des amarres et des ancres. Un tableau de bord rassemblant tous les paramètres utiles de la dynamique et de l'environnement (vitesses fond et surface du navire, vitesse de giration, caractéristiques du vent et du courant,...) fournit également des informations au cours de la manœuvre.

En ce qui concerne la modélisation physique du domaine de manœuvre :

- les limites du plan d'eau (berges, ouvrages,...) ont été intégralement définies sur la base des plans fournis,
- la bathymétrie et les courants ont été définis à partir de fichiers fournis par le modèle TELEMAR-2D,
- le vent qui a été considéré comme homogène sur l'ensemble du domaine a été simplement défini en intensité et direction à l'initialisation de chaque simulation.

A l'issue d'une période d'adaptation généralement courte, les pilotes professionnels se sont accordés à reconnaître le réalisme du simulateur et la conformité à la réalité tant des navires dans leurs manœuvres que du lieu où elles sont effectuées.

Toutes les simulations de cette étude ont été effectuées dans les locaux de SOGREAH PRAUD à Bordeaux du 6 au 9 novembre 2000 avec la participation des pilotes suivants :

- M. Lejeune, pilote de la Gironde,
- M. Lopinot, pilote de la Gironde et président du Syndicat,
- M. Renault, pilote de la Gironde,
- M. Delesalle, pilote instructeur du Centre de Port Revel.

Les pilotes réalisaient en alternance les différents cas de manœuvre du programme qui avait été défini préalablement.

2.4. CONDITIONS EXPERIMENTALES CONSIDEREES

2.4.1. LIMITES DU DOMAINE D'EVOLUTION

Pour des raisons pratiques de présentation au simulateur, deux cadres d'évolution sont préparés (cf. annexe 6) :

- l'un pour les « descentes », du pont de Pierre au pont d'Aquitaine,
- l'autre pour les « montées », du pont d'Aquitaine au pont de Pierre.

Les deux alternatives de pont sont schématisées par les silhouettes en plan des ouvrages, dont la description est donnée au chapitre précédent. Y figurent les principaux obstacles à la navigation : pylônes, tabliers de viaduc. Il est rappelé ci-dessous les caractéristiques principales de ces variantes du point de vue de la navigation :

- Alternative 1 : axe de la passe à 199 m de la rive gauche ; ouverture à la navigation de 106 m utile dans l'axe du chenal, orienté au 62°/242° N ; encombrement des pylônes et des protections d'extrémité: 113 m.
- Alternative 2 : axe de la passe à 199 m de la rive gauche ; ouverture à la navigation de 106 m utile dans l'axe du chenal, orienté au 62°/242° N ; encombrement des pylônes et des protections d'extrémité: 88 m.

L'alternative 1 est celle qui était considérée comme la plus importante par la CUB et sur laquelle l'étude de navigation devait porter en priorité. L'alternative 2 ne devait être étudiée que si la première apparaissait rédhitoire pour la navigation. Comme on le verra par la suite, ce dernier cas ne s'est pas présenté et donc l'alternative 2 n'a pas fait l'objet de simulation de navigation.

La limite du chenal de navigation et son axe de référence ainsi que les principales bouées et les quais y sont également schématisés.

2.4.2. NAVIRES TYPES

Les différents navires types utilisés, ainsi que leurs caractéristiques principales, ont été décrits au § 2.2.

Le cargo de 95 m est représentatif du type de navire suivant : caboteur de longueur inférieure à 100 m équipé d'une hélice, un gouvernail et un propulseur d'étrave.

Le ferry de 140 m est représentatif du type de navire suivant : ferry ou petit paquebot de 100 à 150m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave.

Le paquebot de 205 m est représentatif du type de navire suivant : paquebot de 150 à 200 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave.

Le paquebot de 245 m à deux gouvernails est représentatif du type de navire suivant : paquebot de 200 à 245 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails, d'un propulseur avant et d'un propulseur arrière.

Le paquebot de 245 m à un gouvernail équipé de deux hélices, deux gouvernails, d'un propulseur avant et d'un propulseur arrière reste assez atypique et ne représente qu'une faible proportion de la gamme des paquebots de 200 à 245 m.

2.4.3. CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Au cours des simulations, différents instants de la marée ont été considérés suivant qu'il s'agisse de manœuvres de montée ou de descente :

- Manœuvres de montée : PM-2h30 ; PM-1h45 ; PM-1h ; PM+0h30
- Manœuvres de descente : PM-3h ; PM-1h45 ; PM-0h30

Les niveaux d'eau et les champs de courant correspondant à ces instants de marée ont été obtenus à partir de la modélisation effectuée avec le système TELEMAC-2D, pour des conditions de vive-eau moyenne en période d'étiage de la Garonne (cf. chapitre 1).

Tous les instants de marée choisis correspondent à des courants de flot à l'exception de l'instant PM+0h30 (étales de PM) pour lequel un très faible courant de jusant se fait sentir. Le maximum du flot est atteint à l'instant PM-1h45.

Les courants sont considérés comme permanents pendant toute la durée de la simulation.

Tous les instants de marée n'ont pas été utilisés systématiquement avec l'ensemble des navires types. En particulier, avec le paquebot de 245 m, seuls les champs de courant de PM-1h à PM+0h30 ont été utilisés.

Avec la plupart des essais, des vents d'Ouest ont été pris en compte. L'intensité moyenne du vent était le plus souvent de 5 m/s (environ 10 nœuds) mais quelques essais ont également été réalisés avec une vitesse moyenne de vent de 10 m/s (environ 20 nœuds).

2.4.4. TYPES DE MANŒUVRE

Des manœuvres de montée et de descente ont été simulées avec les différents types de navire.

D'une manière assez générale, le navire était positionné initialement :

- Pour la descente : tantôt dans la zone du cercle d'évitage face au quai Lyautey ou un peu à l'amont de la bouée des épaves avant la courbe.
- Pour la montée : au voisinage du feu de Lormont au centre du chenal ou sur le bord de celui-ci en rive droite.

2.5. RESULTATS ET ANALYSE

2.5.1. PRESENTATION DES RESULTATS

En tout, 62 manœuvres ont été simulées. Pour chacune des simulations, différentes représentations graphiques sont présentées en annexe 6. Il s'agit :

- d'un « plan d'évolution » restituant la position du navire au cours de la manœuvre. Cette position est indiquée à des intervalles de 30 s. Outre la position du navire, le fond du plan d'évolution représente la zone de manœuvre telle qu'utilisée pour la simulation avec notamment : les limites du plan d'eau (berges, quais, pont,...) ; la limite du chenal et son axe de référence ; les repères de balisage ; le vecteur « Nord » (pour les descentes, ce vecteur est effectivement confondu avec le Nord géographique ; pour les montées, par contre, ce vecteur est inversé de 180° et est donc orienté au Sud géographique).
- D'un groupe de diagrammes représentant les variations temporelles des paramètres cinématiques (vitesses fond longitudinale et transversale, vitesse de giration, cap du navire par rapport au vecteur « Nord » modèle) et des paramètres de commande (angle de barre, nombre de tours machine et pas d'hélice, régime des propulseurs, poussée des remorqueurs).

Les caractéristiques de chaque manœuvre (type de navire, instant de marée, conditions de vent, montée ou descente) sont indiquées sur chaque « plan d'évolution ».

2.5.2. ANALYSE DES RESULTATS

Les différentes simulations effectuées n'apparaissent pas dans l'ordre chronologique mais ont été reclassées en fonction des types de navire étudiés. Même si cela n'apparaît pas explicitement, l'analyse qui suit tient cependant compte de deux paramètres : le temps d'adaptation des différents pilotes au simulateur et les enseignements qui ont été obtenus au fur et à mesure du déroulement des manœuvres (gain d'information au cours du temps).

2.5.2.1. MANŒUVRES EFFECTUEES AVEC UN CABOTEUR DE LONGUEUR INFÉRIEURE A 100 M

En tout, 3 manœuvres ont été effectuées avec ce type de navire (2 montées et 1 descente), avec les conditions d'environnement suivantes :

- Montée :
 - PM+0h30 : essai n°55 (vent de 5 m/s).
 - PM-1h : essais n°56 (vent de 5 m/s).

- Descente :
 - PM-1h : essais n°57 (vent de 5 m/s).

Ces essais montrent que à la montée comme à la descente, il n'y a pas de problème particulier de présentation avant le pont ni de passage du pertuis avec ce type de navire. Pour les huiliers accostant au poste 139, l'accostage de flot ou de jusant est toujours possible, malgré la présence de l'ouvrage. Par contre, l'appareillage de jusant est à proscrire.

2.5.2.2. MANŒUVRES EFFECTUEES AVEC UN FERRY/PAQUEBOT DE 100 A 150 M :

En tout, 13 manœuvres ont été réalisées avec ce type de navire : 9 montées et 4 descentes. Toute la gamme des champs de courant a été déclinée : de PM-3h à PM+0h30. En particulier, les essais n° 8 et 9 ont été effectués avec le courant de flot maximal (PM-1h45) et se sont correctement déroulés.

Certains incidents constatés correspondent :

- à une prise en main du modèle, comme lors de l'essai n°4 où pendant un long moment au cours de la simulation les deux barres n'étaient pas couplées, réduisant ainsi fortement la manœuvrabilité du navire,
- à une mauvaise appréciation sur simulateur de la giration du navire (essai n°8) qui n'a pas permis d'anticiper la forte dérive au moment du passage du pertuis (environ 28°). Cette dérive a pu cependant être rattrapée avec un effleurement du pylône rive gauche.

Malgré ces quelques incidents de « prise en main », il apparaît d'après les simulations que pour les navires de ce type (ferry ou petit paquebot de 100 à 150m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave) :

- en montée, il n'existe pas de difficulté réelle de présentation ou de passage du pont sauf en période de très fort courant de flot au moment de l'intensité de vitesse maximale (au voisinage de PM-1h45) ou si le vent est supérieur à 20 nœuds,
- la descente ne pose pas non plus de problème majeur sauf en cas de très fort courant de flot au moment de l'intensité de vitesse maximale (au voisinage de PM-1h45) ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.

2.5.2.3. MANŒUVRES EFFECTUEES AVEC UN PAQUEBOT DE 150 A 200 M

En tout, 21 manœuvres ont été effectuées avec ce type de navire (17 montées et 4 descentes), avec les conditions d'environnement suivantes :

- Montée :
 - PM+0h30 : essais n°14 et 15 (vent nul), essai n°16 (vent de 5 m/s), essais n° 17, 28, 31 (vent de 10 m/s).
 - PM-1h : essais n° 18, 19, 29, 47, 48, 52 (vent de 5 m/s).
 - PM-1h45 : essais n° 22, 27 (vent de 5 m/s).
 - PM-2h30 : essais n° 20, 21, 30 (vent de 5 m/s).

- Descente :
 - PM-0h30 : essais n°24 et 26 (vent de 5 m/s).
 - PM-3h : essais n° 23, 25 (vent de 5 m/s).

D'après les différentes simulations de montée, on peut faire les remarques suivantes :

- Les essais de montée à l'étale de PM (PM+0h30) se sont bien déroulés sauf avec du vent de 20 nœuds qui peut conduire à une présentation difficile avant l'entrée dans le pertuis (cf. essais n° 17 et 28). Cette situation très peu confortable a cependant pu être rattrapée au passage du pont avec notamment un « coup de fouet » machine (essai n° 28).
- Les essais de montée avec flot (de PM-2h30 à PM-1h) et vent modéré (10 nœuds) montrent que la présentation du navire est délicate du fait de la présence de la courbe entre Lormont et le pont. En giration permanente et recevant le courant sur sa hanche tribord, le navire est soumis à une importante dérive babord dont la récupération au pont est souvent difficile et demande beaucoup d'attention. Parfois, si la récupération n'a pu être effectuée à temps, le passage du pertuis s'effectue avec un angle de dérive important : 15° de dérive pour la manœuvre n°18 avec cependant une assez bonne récupération, 9° à 10° pour les manœuvres n°19, 22 et 48. Il s'ensuit que d'une façon générale, pour les navires de ce type (paquebot de 150 à 200 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails et un propulseur d'étrave), la manœuvre de montée en flot est à éviter si le courant dépasse 2 nœuds ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.
- Le navire en début de manœuvre a, la plupart du temps, été positionné au voisinage du feu de Lormont et au centre du chenal. Quelques essais ont été réalisés en positionnant le navire toujours au voisinage du feu mais sur le bord du chenal en rive droite (essais n° 47 et 48). Ce positionnement initial ne présente pas cependant d'avantage significatif quant à la présentation et à la dérive avant le passage du pont (cf. manœuvre n°48).
- La manœuvre n°52 présente un passage du pont à faible vitesse sur l'eau avec utilisation du propulseur d'étrave. Après passage du pont, le navire a été évité sans problème puis remonté en culant, toujours avec l'aide du propulseur, jusqu'au quai Lyautey où il y a été accosté.

Les manœuvres de descente montrent que:

- Il n'y a pas de problème majeur si, comme pour la montée, le courant reste inférieur à 2 nœuds et si le vent est inférieur à 20 nœuds.
- Le passage de la bouée des épaves demande une attention particulière mais le chenal présente une partie à peu près rectiligne et donc le flot est dans l'axe du pont, suffisamment loin en amont de celui-ci pour permettre une présentation et un passage du pertuis qui ne présentent pas de difficulté dans la plupart des cas.

2.5.2.4. MANŒUVRES EFFECTUEES AVEC UN PAQUEBOT DE 200 A 245 M (DEUX GOUVERNAIS)

En tout, 11 manœuvres de montée ont été effectuées avec ce type de navire, avec les conditions d'environnement suivantes :

- Courant nul : n°44 (vent nul).
- PM+0h30 : essais n°62 (vent de 5 m/s),

- PM-1h : essais n° 41, 42, 43, 58, 59, 60, 61 (vent de 5 m/s), n° 45, 46 (vent nul).

Toutes les simulations de montée de flot ont été réalisées entre PM-1h et PM+0h30. En effet, cette gamme de navires n'est pas susceptible d'emprunter d'autres créneaux horaires de marée pour venir à Bordeaux.

A PM+0h30 (étale de PM), le contrôle de la présentation et du passage se fait dans de bonnes conditions, si le vent reste inférieur à 20 nœuds.

Les essais de montée en flot avec vent modéré (10 nœuds) montrent que le phénomène de dérive mis en évidence avec le navire précédent prend encore plus d'ampleur avec ce type de navire, du fait de son inertie et de sa longueur plus importantes.

L'augmentation de l'inertie augmente le temps de réaction du navire avec pour conséquences : un moins bon rattrapage lorsque le navire se trouve en position délicate ; une attention et une anticipation du pilote plus soutenues au cours des manœuvres.

L'accroissement de la longueur entraîne une plus grande prise au cisaillement de courant (courant non homogène dans la zone d'emprise du navire) et une aire « balayée » plus importante lorsque l'angle de dérive est notable (avec 15° de dérive, cette surface « balayée » s'accroît de près de 1,5 fois la largeur du navire).

La présentation et le positionnement en montée de flot s'avèrent donc très délicats avec ce type de navire, le passage du pont pouvant se faire avec un angle de dérive important très difficilement rattrapable au dernier moment (15° de dérive lors des essais N°46, 58 ; 10° lors de l'essai n°61) et/ou un excentrement par rapport à l'axe du chenal faisant passer le navire assez proche des pylônes (essais n°42, 58, 59, 61 et n°60 où le navire aborde le pylône rive gauche par tribord avant). L'utilisation des remorqueurs ne permet pas d'améliorer sensiblement la manœuvre.

Il en résulte que d'une façon générale, pour les navires de ce type (paquebot de 200 à 245 m de long équipé de deux hélices, deux gouvernails, un propulseur avant, un propulseur arrière), la manœuvre de montée en flot est à éviter si le courant dépasse 0,5 nœuds ou si le vent est supérieur à 20 nœuds.

Avec ce type de navire, les manœuvres de descente n'ont pas été effectuées. Elles l'ont été avec le navire à un gouvernail (cf. paragraphe ci-après) et on peut donc en conclure que la descente ne pose pas de problème majeur si le courant reste inférieur à 1 nœud et si le vent est inférieur à 20 nœuds.

2.5.2.5. MANŒUVRES EFFECTUEES AVEC UN PAQUEBOT DE 200 A 245 M (UN GOUVERNAIL)

En tout, 13 manœuvres de montée ont été effectuées avec ce type de navire (9 montées et 4 descentes), avec les conditions d'environnement suivantes :

- Montée :
 - PM+0h30 : essais n°32, 33, 34 (vent de 5 m/s).
 - PM-1h : essais n° 38, 39,40, 49,50, 51(vent de 5 m/s).
- Descente :
 - PM-0h30 : essais n°35, 36,37 (vent de 5 m/s), n°54 (vent nul).

Comme précédemment, toutes les simulations de montée de flot ont été réalisées entre PM-1h et PM+0h30.

Le contrôle de ce navire est très difficile du fait de sa manœuvrabilité réduite. La moindre abattée d'un bord ou de l'autre est très longue à rattraper et il est pratiquement impossible de récupérer un angle de dérive trop important au passage du pont.

Il s'ensuit que d'une façon générale, pour les navires de ce type (paquebot de 200 à 245 m de long équipé de deux hélices, un gouvernail, un propulseur avant, un propulseur arrière), la manœuvre de montée ne peut se faire qu'en début de jusant (vitesse inférieure à 0,5 nœuds) avec une vitesse sur l'eau ne dépassant pas 4 nœuds et en utilisant en permanence les propulseurs auxiliaires. Le vent devra être bien sur inférieur à 20 nœuds. La présence d'un remorqueur est aussi fortement recommandée pour des raisons de sécurité.

Les simulations réalisées avec ce type de navire montrent que les manœuvres de descente ne peuvent se faire qu'en fin de flot avec un courant inférieur à 1 nœud et un vent inférieur à 20 nœuds.

2.5.2.6. REMARQUES GENERALES CONCERNANT LES MANŒUVRES

Le simulateur de navigation a permis de tester un certain nombre de conditions d'environnement (courants et vents) qui sont globalement plus fortes que les conditions actuellement utilisées pour la remontée et la descente des navires.

Les contraintes d'environnement qui sont ressorties de cette étude en termes d'intensités limites pour les courants et les vents, conduisent cependant à définir des créneaux horaires de montée et de descente des bateaux qui ne sont pas sensiblement différents de ceux pratiqués actuellement. Du point de vue des créneaux horaires, le pont n'apportera donc pas de gêne supplémentaire par rapport à l'état actuel.

Il n'en est pas de même pour le risque engendré qui sera forcément accru avec la présence de l'ouvrage. Cette augmentation du risque sera d'autant plus forte que la taille des navires augmentera.

L'emplacement et l'orientation du pont sont jugées globalement correctes par les pilotes de la Gironde. Ceux-ci font cependant remarquer que, si le pont était situé plus en amont, au droit du cours Edouard Vaillant, la présentation et donc le passage des navires en montée s'en trouverait grandement facilité. La zone d'évitage après le pont en serait cependant diminuée.