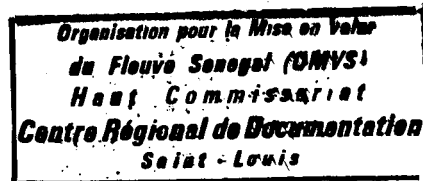


09921

**ORGANISATION POUR LA MISE  
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL  
O.M.V.S.**

Kreditanstalt für Wiederaufbau R.F.A.



**ETUDES D'EXECUTION DU PROJET  
D'AMENAGEMENT DU FLEUVE SENEGAL  
POUR LA NAVIGATION**

Mission A. 1.12: Etude Complémentaire du Système et du  
Matériel de Balisage  
(Rapport Intermédiaire)

**GROUPEMENT D'INGENIEURS-CONSEILS**

Prof. Dr. Lackner & Partner  
Brême, R.F.A.

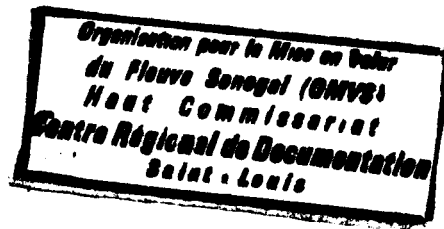
Dorsch-Consult  
Munich, R.F.A.

Electrowatt  
Zurich, Suisse

09921

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. <u>Résumé</u>	1
2. <u>But de l'étude</u>	3
3. <u>Etudes et dossiers existants</u>	5
4. <u>Système de balisage</u>	9
4.1 Caractéristiques de la Voie Navigable du Sénégal	9
4.2 Exigences posées au système de balisage du fleuve Sénégal	10
4.3 Systèmes de balisage existants	11
4.3.1 L'ancien système sur le Fleuve Sénégal d'après Fromaget	11
4.3.2 Système de balisage maritime	12
4.3.3 Système de balisage international pour voies fluviales européennes	13
4.4 Système de balisage pour le Fleuve Sénégal	15
4.4.1 Généralités	15
4.4.2 Balisage pour la circulation diurne	16
4.4.2.1 Signaux pour la voie navigable	16
4.4.2.2 Signaux pour ouvrages	19
4.4.2.3 Signaux particuliers	20
4.4.3 Balisage pour la circulation nocturne	21
4.4.3.1 Remarques générales	21
4.4.3.2 Solutions envisageables	22
4.4.3.3 Résumé et recommandations	25



	<u>Page</u>
4.5 Etendue du balisage	27
4.5.1 Nombre des signaux de balisage	27
4.5.2 Répartition des bouées et balises sur la longueur du fleuve	29
4.6 Points kilométriques	30
5. <u>Organisation du service de balisage</u>	32
5.1 Remarques générales	32
5.2 Structure du service	33
5.3 Tâches du service de balisage	33
5.3.1 Fonctions et travaux à réaliser directement sur le fleuve	33
5.3.1.1 Nature des travaux à effectuer	33
5.3.1.2 Répartition du travail le long du fleuve	35
5.3.1.3 Temps requis pour la réalisation des travaux	35
5.3.1.4 Détermination du nombre de baliseurs nécessaires	38
5.3.2 Organisation et tâches des services à terre	41
5.3.2.1 Service technique central pour les signaux de balisage	41
5.3.2.2 Dépôts secondaires de balisage	43
5.3.2.3 Dépôts intermédiaires	44
5.4 Balisage de la voie navigable maritime	45
5.4.1 Balisage	45
5.4.2 Organisation	46
6. <u>Matériel et construction des balises et des bouées</u>	50
6.1 Bouées	50
6.1.1 Corps de la bouée	50
6.1.1.1 Matériaux pour les corps flottants	51

	<u>Page</u>
6.1.1.2 Elément de signalisation	53
6.1.2 Ancres	53
6.1.3 Raccordement bouée - ancre	54
6.2 Balises	54
6.2.1 Elément de signalisation	55
6.2.2 Supports avec fondation	56
6.3 Bornes kilométriques	56

Table des matières des annexes

Annexe 1:	Plan général du Fleuve 1/1.000.000
Annexe 2:	Représentation schématique d'un balisage de la voie navigable
Annexe 3:	Dimensions des bornes kilométriques
Annexe 4:	Organigramme du service de balisage
Annexe 5:	Répartition des Arrondissements au cours de la phase 1 et 2

1.

## Résumé

Afin de pouvoir proposer un système de balisage répondant aux exigences, il a tout d'abord été procédé à l'examen des caractéristiques de la "Voie Navigable du fleuve Sénégal". Celui-ci a montré qu'il ne sera plus possible, en raison du trafic escompté, de garder le système de balisage existant jusqu'à présent. L'ancien système ne permet pas une entière utilisation de la voie navigable et une navigation rentable.

Le système proposé dans cette étude pour le fleuve Sénégal est basé sur le Système International de Balisage pour les voies fluviales européennes édité par la "Commission Economique pour l'Europe, ECE, Genève 1957/1972". Il convient aussi bien à la navigation diurne que nocturne. Dans le cas de la navigation nocturne, il ne faudra compter que de faibles investissements supplémentaires pour les projecteurs de bord et matières réfléchissantes dans une première phase et pour des équipements radars dans une phase ultérieure.

Le Service de Balisage s'occupera de l'entretien de tous les signaux de balisage. A cet effet, il sera créé, le long du fleuve Sénégal, trois Arrondissements au cours de la première phase et cinq Arrondissements au cours de la deuxième et chacun d'eux disposera d'un baliseur. De plus, il est prévu 5 dépôts intermédiaires au cours de la première phase et 3 dépôts intermédiaires au cours de la deuxième.

Les balises et bouées placées sur chaque tronçon du fleuve seront continuellement contrôlées et, le cas échéant, échangées au moyens des baliseurs. Les baliseurs seront

également chargés de la surveillance permanente du chenal navigable et de l'enlèvement des obstacles.

Le balisage de la voie navigable maritime entre St. Louis et la pleine mer devrait, en raison des conditions parfois particulières, être assuré par une autre organisation. Dans ce cas, on pourrait penser au Service des Phares et Balises à Dakar ou à un service à créer dans le port de St. Louis, qui serait subordonné au Service des Phares et Balises à Dakar.

Pour tout le tronçon du fleuve entre St. Louis et Kayes, il faudra prévoir environ 730 bouées et 460 balises ainsi que 926 bornes kilométriques.

Les bouées devraient, pour permettre une bonne visibilité à distance, avoir un diamètre de 1,40 m. Ces balises pourront être en acier étant donné que ce matériau est, d'une part, bon marché et qu'il est, d'autre part, facile à travailler dans les ateliers existants.

Pour les éléments de signalisation des balises, on pourra, compte tenu du niveau des prix, choisir de l'acier ou de l'aluminium.

Les balises seront en acier ou en aluminium et elles seront placées sur des supports en béton armé ou en tubes d'acier. Les supports pourront être placés directement et sans fondation dans le sol.

Les bornes kilométriques seront, sous forme de plaque en béton, directement placées sur le sol. Des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium ne seront utilisées qu'aux endroits instables ou lorsque les plaques devront, pour des raisons de visibilité, être placées au-dessus du sol. Celles-ci seront de même fabrication que les balises.

2. But de l'étude

Cette étude a pour but d'établir un système de balisage pour le fleuve Sénégal rendant possible une navigation économique et

- indiquant, pour un volume initial de transport d'environ 350.000 t par an, le chenal de navigation à ses usagers, ce qui facilite, dans le cas de faibles débits, un passage sans danger des seuils et des coudes étroits,
- pouvant s'adapter facilement aux exigences liées à un accroissement du volume de transport et
- permettant, en cas de besoin, la navigation nocturne.

Cette étude tient également compte de l'accès à St. Louis par mer.

En outre, cette étude précise

- la forme et les dimensions des balises
- les matériaux de construction,
- le poids et
- le matériel d'ancrage,
- le nombre de balises pour la première phase y compris une réserve suffisante pour une période de deux ans et
- les frais d'acquisition de ce matériel.

Elle traite enfin les points suivants:

- l'organisation et les tâches du service de balisage,
- les besoins en personnel



- les besoins en engins, machines et bateaux ainsi que
- les besoins en bâtiments et autres installations.

Les résultats de ces études seront intégrés dans l'étude sur l'Organisation de la Direction de la Voie Navigable.

3. Etudes et dossiers existants

Les dossiers énumérés ci-dessous ont été utilisés pour l'étude du système et du matériel de balisage pour le Fleuve Sénégal:

- [1] OMVS: Aménagement du Bassin versant du Fleuve Sénégal, Octobre 1976.
- [2] Fromaget, M. C.: Instructions Nautiques du Fleuve Sénégal, 1908. Centre Documentation OMVS Saint-Louis.
- [3] Dekker, G.: Rapport sur la navigabilité et les problèmes connexes. 1968. Conseiller de la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, Addis Abeba. Centre Documentation OMVS Saint-Louis.
- [4] Beziukov, K.I.: Atlas Nautique du Fleuve Sénégal, Tome I. IGN Paris 1971.
- [5] Beziukov, K.I.: Système de Balisage pour le Fleuve Sénégal. Saint-Louis 1970.
- [6] Rombouts, C.: Rapport sur le Balisage du Fleuve Congo. (env. 1952) Centre Documentation Saint-Louis.
- [7] Association Internationale de Signalisation Maritime: Systèmes de Balisage Maritime, Système A. Paris 1976.
- [8] Commission Economique pour l'Europe, ECE: Signalisation des Voies Navigables. Genève 1972. (Trans/325, Trans/SC 3/54, 26.1.76).
- [9] Commission du Danube: Système de Balisage uniforme sur le Danube. Budapest 1962.

- [10] Ministre des transports de la RFA:  
Principes pour le balisage des voies de navigation intérieures de l'Allemagne, uniformisation du marquage des bornes kilométriques. Bonn 1962 (non publié).
- [11] Beziukov, K.I.: Recommandations pour l'Aménagement des Conditions de Navigation sur le Fleuve Sénégal, Balisage et Organisation du Service de Balisage, St. Louis 1970.
- [12] Bernard, M., Maurice, M.R.: Organisation d'un service de balisage et d'annonce des crues du Fleuve Sénégal. BCEOM Parix 1970.
- [13] Messerschmidt-Bölkow-Blohm GmbH: Systemanalyse der Transportaufgaben im Schiffahrtzeichenwesen. (Analyse de système relatif aux transports pour le service de balisage) Rapport final Partie I, Partie II, pièces jointes, Hamburg 1973 (non publié).  
Résumé publié par:  
Volk, D.: Analyses de système pour problèmes de transport, application pour le service de balisage. 9ème Conférence technique internationale du balisage, Ottawa 1975, -10.6.2.-.
- [14] Commission Centrale pour la Navigation du Rhin, Strasbourg: Prescriptions relatives aux caractéristiques des radars utilisés pour la navigation sur le Rhin.  
  
Prescriptions relatives aux caractéristiques des appareils d'indication de vitesse de giration des bateaux naviguant sur le Rhin. Doc 69/37 1969.

En plus des dossiers [1] à [4], des photos aériennes, des inspections effectuées à certains endroits du fleuve ainsi qu'une reconnaissance aérienne de toute la longueur

du fleuve à aménager ont servi à définir le système et l'étendue du balisage du fleuve Sénégal.

Les dossiers [2], et [5] à [10] ont été utilisés pour sélectionner le système de balisage.

On a d'abord vérifié si d'autres systèmes ont été développés en Afrique après celui de Fromaget (1908). On a trouvé au Centre de Documentation de l'OMVS le rapport de Rombouts sur le balisage du fleuve Congo. Ce système, bien que complété en 1952, ne répond cependant plus aux exigences des techniques modernes.

Beziukov a suggéré d'adopter le système de balisage du Danube pour le fleuve Sénégal. Ce système a d'abord été conçu en 1962 sur la base du Système ECE de Genève. En 1972, le système de Genève a été, conformément aux expériences acquises sur différentes voies navigables, adapté par l'ECE aux progrès les plus récents de la technique. Le Prof. Dr.-Ing. Wiedemann y a participé dans le cadre de la Commission du Danube et en tant qu'expert de la Commission de Signalisation de Genève. Beziukov a par conséquent déjà proposé indirectement le Système ECE pour le fleuve Sénégal.

Les dossiers [11] à [13] ont servi de point de départ pour la proposition d'organisation du système de balisage. Les résultats des analyses de système relatives au transport dans le domaine du balisage ont été très précieux.

Un règlement similaire pour des appareils radars a, sur la base des réglementations concernant le Rhin dont la première version fut introduite en 1961, également été introduite pour le Danube par la Commission du

Danube. Ces prescriptions servent, dans les pays de l'est comme dans ceux de l'ouest, de base pour la fabrication d'appareils. Le dossier [14] est une nouvelle édition tenant compte des expériences acquises par l'industrie, la navigation et les services publics de contrôle.

#### 4. Système de balisage

##### 4.1 Caractéristiques de la Voie Navigable du Sénégal

Le fleuve Sénégal peut, en ce qui concerne les conditions de navigation et si l'on considère comme critère le nombre et la nature des seuils y compris leur répartition le long du fleuve ainsi que les coudes du fleuve d'un rayon inférieur à 1000 m, être divisé en cinq tronçons caractéristiques:

- PK 0-207 presque sans obstacles pour la navigation, lit très large et rives basses,
- PK 207-380 tronçon présentant de nombreux coudes (méandres)
- PK 380-600 de nombreux seuils et encore beaucoup de coudes mais moins serrés que dans la partie plus en aval.
- PK 600-755 de nombreux seuils, avec quelques coudes de faible rayon uniquement dans la partie en aval.
- PK 755-925 des seuils nombreux et difficiles (rochers).

Les conditions dans les différents tronçons déterminent la nature du balisage et le nombre de balises ainsi que le rythme et l'étendue des contrôles et des travaux d'entretien.

Les travaux d'aménagement prévus amélioreront sans aucun doute les conditions de la navigation sans pour autant modifier les particularités essentielles des différents tronçons.

Le but des mesures relatives à l'amélioration des conditions de navigation consiste notamment à prolonger la période pendant laquelle la navigation sera possible afin de créer une voie navigable rentable. La pleine utilisation ne sera cependant atteinte que si les bateaux pourront entièrement profiter des profondeurs existantes du chenal ce qui sera assuré par un choix adéquat du balisage.

4.2 Exigences posées au système de balisage du fleuve Sénégal

Compte tenu des caractéristiques du fleuve Sénégal mentionnées ci-dessus, il est nécessaire de disposer d'un balisage

- permettant de naviguer sans interruption de jour comme de nuit en utilisant le chenal navigable,
- signalant de façon particulière les passages difficiles, notamment les seuils et les coudes d'un rayon inférieur à 1000 m et
- d'un entretien facile et simple.

Le balisage devra être tel que le pilote ne puisse pas s'écarter de la direction prescrite dans le chenal navigable.

Cette condition sera remplie si l'on place des bouées à l'aplomb des limites du chenal navigable de sorte que le bateau puisse longer les bouées.

Le même effet est obtenu au moyen de balises placées sur les seuils rocheux ou sur la rive.

Si, par contre, une route précise doit être suivie sur un trajet rectiligne déterminé, p. ex. lors d'un passage étroit à l'approche d'un seuil, et que la position du bateau par rapport à cette ligne doit être constamment contrôlée dans le cas d'un courant transversal, il conviendra d'utiliser des balises directionnelles (2 balises dans la ligne de la route désirée). Ceci nécessite toutefois que les prolongements de cette ligne rejoignent l'une ou l'autre rive et qu'un emplacement situé dans ce prolongement puisse être trouvé pour la mise en place des deux balises.

Sur les trajets présentant un large chenal, le pilote ne sera pas tenu de maintenir la route de façon aussi précise. Dans un tel cas, un balisage plus simple pourra être adopté. Si le pilote peut, sur certains tronçons, déterminer sa route d'une manière précise au moyen de points de repère naturels, comme par ex. rives escarpées, arbres ou ouvrages caractéristiques, et de cartes assez détaillées, on pourrait dans ces secteurs renoncer totalement à un balisage ou ne placer sur la rive et à des distances assez grandes que des signaux correspondants. Etant donné que la navigation devra avoir lieu non seulement de jour mais également de nuit, la navigation nocturne est déterminante pour le choix du système.

#### 4.3 Systèmes de balisage existants

##### 4.3.1 L'ancien système sur le fleuve Sénégal d'après Fromaget

Le système introduit en 1908 signalait le parcours du chenal navigable au moyen de balises placées sur la rive. Elles indiquent au pilote à quelle distance de la rive il doit rester ou s'il doit naviguer au milieu du fleuve. Aux passages difficiles, le système a été complété par des tours balises qui étaient ou sont



placées aux endroits dangereux, tels que des bancs de rochers, ou par des bouées placées aux limites des seuils. Certaines tours-balises étaient munies de feux de signalisation.

Aux passages particulièrement difficiles, des lignes directionnelles étaient marquées par 2 balises placées à terre.

Les indications relatives à la position du chenal navigable par rapport à la rive ne servent que de points d'orientation au pilote du fait qu'il est difficile, sur l'eau, d'estimer correctement les distances. Il n'est par conséquent pas possible d'utiliser entièrement les profondeurs du chenal navigable. En outre, il est indispensable que le pilote connaisse bien les lieux.

#### 4.3.2 Système de balisage maritime

Le système de la Société des Nations, Genève 1936: "Accord relatif à un Système Uniforme de Balisage Maritime", a surtout été introduit après la deuxième guerre mondiale, c'est-à-dire à partir de 1945. En 1976, une commission internationale d'experts, l'Association Internationale de Signalisation Maritime a, sur la base du système précité, élaboré les recommandations pour le système "A", "Système combiné Cardinal et Latéral, Rouge à Babord" conforme aux désignations utilisées en Europe, en Afrique et dans une partie de l'Asie, et pour le système "B" (uniquement Latéral, Rouge à Tribord) utilisé dans les pays d'Amérique et du Pacifique.

Ces recommandations ont pour objectif d'obtenir une uniformisation si possible mondiale basée sur les expériences des 30 dernières années.

Le système "A" qui est valable pour la côte de l'Afrique de l'Ouest permet au moyen de bouées, de balises et de feux de signalisation de:

- marquer les voies navigables (bords ou axe du chenal navigable)
- repérer les seuils et les obstacles étendus et
- repérer quelques points particuliers (tels que points de mesure océanographiques, câbles ou pipe-lines, zones sportives etc.).

Le système de balisage "A" a été conçu en fonction des conditions de la navigation maritime (grandes surfaces maritimes et goulets aux ports) et ne devrait par conséquent pas être adopté pour le balisage du fleuve proprement dit.

#### 4.3.3 Système de balisage international pour voies fluviales européennes

publié par la "Commission Economique pour l'Europe, ECE, Genève 1957/1972".

Le système a été élaboré à Genève de 1954 à 1956 par des experts de la Belgique, de la République socialiste tchécoslovaque, de la Yougoslavie, de la Pologne, de l'Italie, de la Suisse, de la France, des Pays-Bas, de l'Autriche, de l'URSS, de la République Fédérale d'Allemagne et par les commissions internationales fluviales de

la Commission Centrale de la Navigation sur le Rhin à Strasbourg et de la Commission du Danube à Budapest. Ces recommandations utilisent les expériences les plus récentes de balisage, de la technique des feux et des signaux de balisage ainsi que les expériences acquises par les différents services concernant des voies navigables très variées (des fleuves avec et sans écluses, des lacs et des canaux): On s'était donné pour but d'établir un réseau uniforme de voies navigables valable également au-delà des frontières des pays et d'adapter, dans la mesure de possible, le balisage fluvial au balisage maritime. Ce système fut, compte tenu des expériences acquises, complété en 1972 et il a été appliqué aux voies navigables internationales ainsi qu'à la plupart des autres voies fluviales des pays européens où il a donné entière satisfaction.

Les différents besoins se produisant sur les voies fluviales peuvent être ainsi satisfaits au moyen d'un balisage dont la signification peut être comprise rapidement, facilement et avec sécurité.

Le système prévoit:

- le balisage des voies navigables, comprenant:

- le balisage direct par des bouées et des balises,
  - le balisage indirect de la position du chenal navigable au moyen de balises placées sur la rive,
  - la mise en évidence d'obstacles avec et sans limitation de navigation

- des signaux pour des ouvrages tels que

- les ponts fixes et mobiles et
  - les écluses

- des signaux pour l'interdiction de navigation et
- des signaux particuliers sous forme de panneaux portant des symboles pour
  - interdictions
  - prescriptions
  - limitations et
  - indications.

Le système répond à l'état actuel de la technique et peut être parfaitement adapté aux différents besoins de la navigation.

#### 4.4 Système de balisage pour le Fleuve Sénégal

##### 4.4.1 Généralités

Compte tenu des caractéristiques de la voie navigable Sénégal, il est, après l'étude des différents dossiers de l'OMVS, des visites du fleuve et des entretiens avec des pilotes pour le fleuve Sénégal, proposé un balisage basé sur le système international de l'ECE, Genève.

Le système a été élaboré compte tenu des nécessités particulières posées par les voies fluviales. Celui-ci est flexible et pourra être ainsi facilement adapté à l'aménagement de la voie navigable et au développement du trafic. A ceci vient s'ajouter le fait que l'on a, pour ce système, élaboré des moyens techniques qui ont fait de nombreuses fois leur preuve dans la pratique. Il a été également tenu compte de l'exigence relative au passage direct à un balisage maritime.

#### 4.4.2 Balisage pour la circulation diurne

L'application du système international de balisage pour des voies navigables européennes, introduit les signaux caractéristiques suivants:

##### 4.4.2.1 Signaux pour la voie navigable

- a) Aux endroits où le chenal navigable doit être suivi exactement et où des obstacles se trouvent dans ou près de ce chenal:

##### Bouées:



côté droit du chenal navigable<sup>1)</sup>

bouées rouges de  
forme cylindrique



côté gauche du chenal navigable:

bouées noires de  
forme conique



division du chenal navigable:

bouées rouges-noires de  
forme sphérique

##### Balises à panneaux triangulaires:



côté droit du chenal navigable  
ou de la rive:

panneau triangulaire rouge  
avec pointe vers le bas

<sup>1)</sup> côté droit du chenal navigable = dans le sens du  
courant du fleuve à droite (de la source à l'embouchure)



côté gauche du chenal navigable  
ou de la rive:

panneau triangulaire noir  
avec pointe vers le haut

division du chenal navigable



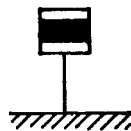
panneau rouge placé  
au-dessus d'un panneau  
noir avec pointes  
réunies

- b) Aux endroits où le chenal navigable est assez large  
et où le chenal ne doit pas être suivi exactement,  
les balises sur la rive indiquent la position du  
chenal par rapport à la rive:

Balises à panneaux  
carrés:

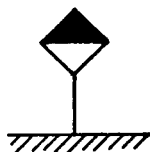
rive droite:

panneau carré rouge avec  
bande blanche horizontale  
au bord supérieur et in-  
férieur



rive gauche:

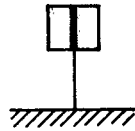
panneau carré placé sur  
un angle, divisé en diago-  
nale, triangle supérieur  
noir, triangle inférieur  
blanc



c) Passages d'une rive à l'autre

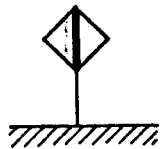
rive droite:

panneau carré de couleur  
jaune avec trait noir ver-  
tical médian



rive gauche:

panneau carré placé sur un  
angle, de couleur jaune  
avec trait noir vertical  
médian



d) Interdiction de passage

- pour tous les bateaux:

panneau rectangulaire  
rouge avec bande blanche  
médiane



ou

pavillon rectangulaire  
rouge, un ou deux placés  
l'un au-dessus de l'autre



ou

feu rouge permanent  
un ou deux placés l'un  
au-dessus de l'autre



- seulement pour les grands ba-  
teaux et non pour les petits  
(p.ex. canots etc.)



panneau rond de couleur  
rouge avec bande blanche  
horizontale

#### 4.4.2.2 Signaux pour ouvrages

##### a) Ponts fixes



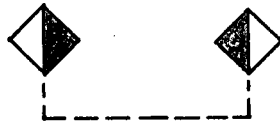
passage interdit:

panneau rectangulaire rouge  
avec bande blanche médiane



passage recommandé:

panneau carré jaune placé  
sur un angle



passage limité:

à la limite gauche et droite  
un panneau carré placé sur  
un angle, divisé verticale-  
ment en un triangle vert et  
un triangle blanc. Les tri-  
angles verts signalent le  
passage recommandé.

##### b) Ponts mobiles



pont fermé, passage interdit:  
2 feux rouges l'un à côté  
de l'autre



le pont est en train d'être ou-  
vert, le passage est encore in-  
terdit mais des préparatifs  
peuvent être pris pour la  
poursuite du voyage:

1 feu rouge est éteint, il  
ne reste qu'un seul feu  
rouge allumé





pont ouvert, passage autorisé:  
2 feux verts l'un à côté  
de l'autre



pont fermé pour une durée assez  
longue (réparation):



2 feux rouges placés l'un  
au-dessus de l'autre

c) Ecluses

mêmes feux que pour les ponts  
mobiles.

4.4.2.3 Signaux particuliers



pour des prescriptions, des  
interdictions et des limitations:  
des panneaux carrés ou  
rectangulaires blancs à  
bord rouge et des symboles  
noirs indiquant leur sig-  
nification



pour des indications  
panneaux carrés ou rectan-  
gulaires bleus avec sym-  
boles blancs indiquant  
leur signification

Les types de balisage (bouées, panneaux, feux) ont été  
choisis de telle sorte qu'ils se distinguent nettement  
par leurs formes, leurs couleurs ou leur phénomène lumi-

neux, qu'ils soient faciles à fabriquer du point de vue technique et qu'ils puissent être rapidement reconnus par le pilote.

Le balisage du chenal pour deux tronçons caractéristiques a été représenté à l'annexe A. 1.12-2.

#### 4.4.3 Balisage pour la circulation nocturne

##### 4.4.3.1 Remarques générales

Pour permettre une circulation dans l'obscurité, il faut que le pilote puisse reconnaître non seulement le chenal mais aussi d'autres bateaux mouillant ou se déplaçant dans le chenal.

La signalisation des bateaux pendant la nuit à l'aide de feux a été réglée d'une façon uniforme valable aussi bien pour la mer que pour les voies navigables intérieures (feux latéraux, feu de mât, feu de poupe).

Le balisage du chenal navigable peut être réalisé de plusieurs façons. Par nuit claire (clair de lune), un pilote connaissant bien les lieux et habitué à l'obscurité pourra souvent reconnaître d'une façon assez précise le parcours du chenal navigable du fait que la terre et l'eau réfléchissent la lumière du ciel d'une manière différente. Il sera donc parfois possible de circuler sans aide dans l'obscurité. Ceci ne convient cependant pas pour une exploitation économique des bateaux et de la voie navigable de sorte que des mesures particulières doivent être prises pour une navigation nocturne sur le fleuve Sénégal.

#### 4.4.3.2 Solutions envisageables

##### a) Projecteurs de bord

Les bateaux devront être équipés d'un projecteur de bord. Les balises seront revêtues d'une matière réfléchissante, par exemple de Scotchlite. Les rives et les signaux placés dans l'eau et sur les rives pourront être reconnus grâce à la lumière du projecteur.

Dans la mesure où le chenal est signalisé au moyen de bouées et de balises (balises directionnelles), il peut être suivi de façon assez précise et les passages étroits pourront être également traversés.

Si le projecteur est correctement installé à bord, il ne sera pratiquement pas porté atteinte à l'adaptation des yeux du pilote à l'obscurité. Lorsque le trafic est dense, une certaine gêne pourrait se produire, lors de croisements de bateaux, si les projecteurs n'étaient pas utilisés correctement. Ceci n'est cependant pas valable pour la phase initiale au cours de laquelle le trafic sur le fleuve Sénégal sera encore faible.

Pour ce système, les dépenses à engager sont les suivantes:

- Les bateaux doivent être équipés d'un projecteur de bord pouvant être également utilisé à d'autres fins, par exemple éclairage pour le déchargement et chargement.
- Le service de balisage ne se chargera que des coûts de différence entre la peinture et les feuilles réfléchissantes des balises (surfaces partielles des bouées et des signaux sur les balises). Il n'y a

pas de frais d'exploitation supplémentaires. Les feuilles réfléchissantes seront en effet aussi résistantes qu'une très bonne peinture de revêtement.

b) Feux de balisage

Le système de balisage à recommander devra prévoir des signalisations pour remplir différentes fonctions. Il n'y aura qu'une grande partie de bouées et de balises qui devrait être équipée de feux de balisage car la portée des feux peut être supérieure à celle des signaux non illuminés.

Le passage aux goulets peut être assuré par une disposition adéquate des feux.

Ce système entraîne les dépenses suivantes:

- Pas de coûts supplémentaires pour la navigation. Le service de balisage sera, dans un tel cas, chargé des frais supplémentaires pour l'installation des feux de balisage et des frais d'exploitation augmentant régulièrement pour le nettoyage, l'entretien et l'alimentation des feux en énergie (électricité ou gaz). En outre, le contrôle régulier qui doit, par rapport à la solution a), être effectué plus fréquemment, entraîne de nouveaux frais supplémentaires.

Ce système présente, par rapport à celui utilisant des projecteurs de bord, l'avantage que les bateaux ne se gêneront pas même dans le cas d'un trafic intense et d'un mauvais emploi des projecteurs de bord.

c) Equipement radar

Les bateaux seront équipés d'appareils radar. Sur un écran placé à bord, les points marquants se trouvant dans les environs seront, compte tenu de leur distance et de leur direction, reproduits constamment d'une manière afine sur l'écran radar. Après avoir acquis une certaine expérience, le pilote pourra naviguer sur la base des indications fournies par l'écran. Ces points marquants comprennent des objets naturels connus par la navigation de jour tels que lignes des rives, arbres, îles ou ouvrages dans l'eau et bateaux au mouillage ou en déplacement hors du chenal navigable ou dans celui-ci, même si ceux-ci ne sont pas signalés par des feux. Les balises placées à terre et dans l'eau font également partie des objets. Elles sont déjà, le plus souvent, conçues de telle sorte qu'elles réfléchissent bien le faisceau radar de façon à permettre leur identification sur l'écran.

Si le chenal navigable a été directement balisé par des bouées et des balises il peut être utilisé et suivi exactement, également aux passages étroits, au moyen des observations fournies par le radar.

En plus de l'équipement radar, il faut également avoir à bord un indicateur de vitesse de giration (petit gyroscope) car le radar reproduit les environs à l'échelle d'env. 1/3.500 à 1/14.000 et que des mouvements de giration du bateau ne peuvent, dans ce cas, pas être reconnus immédiatement. L'indicateur de vitesse de giration signale immédiatement au pilote la vitesse et le sens de giration

du bateau même dans le cas de faibles mouvements. Il s'avère donc être un instrument de travail indispensable à de nombreux pilotes. Pour les radars et indicateurs de vitesse de giration, utilisés pour les voies fluviales, des prescriptions techniques éprouvées existent déjà. De tels appareils se trouvent sur le marché à des prix avantageux et sont fabriqués dans de nombreux pays.

Pour ce système, il faut compter les dépenses suivantes:

- Pour la navigation: acquisition du radar et de l'indicateur de vitesse de giration, frais pour l'entretien et la réparation des appareils,
- Pas de frais particuliers pour le service de balisage.

Avant l'utilisation du radar, les pilotes devront se familiariser avec leur emploi (fonctionnement et lecture de l'écran).

#### 4.4.3.3 Résumé et recommandation

Dans toutes les 3 solutions, il faut tenir compte du fait, qu'après l'aménagement de la voie navigable, la mise en place du nouveau système de balisage et l'utilisation de nouveaux bateaux, les pilotes auront, avant d'entreprendre des voyages de nuit, besoin d'un certain temps pour se familiariser avec les nouvelles conditions. Quelle que soit la solution adoptée, celle-ci présuppose une certaine expérience dans les voyages de jour. On pourrait par conséquent recommander de n'autoriser tout d'abord que des voyages de jour.

Pour ce qui est des feux de balisage, il faut que les coûts pour leur installation et leur exploitation soient pris en charge dès le début, c'est-à-dire également lorsque le trafic est encore faible. Par contre, il n'y aura aucun frais supplémentaire dans le cas d'une intensification du trafic.

Compte tenu des investissements initiaux considérables et des frais d'entretien élevés même lorsque le volume de transport est faible, cette solution n'est pas économique et ne peut donc pas être recommandée.

La solution a), c'est-à-dire équipement des bateaux avec un projecteur et utilisation de matières réfléchissantes pour les signaux, représente par contre une solution adéquate et économique. Elle se distingue par le fait qu'il devra être prévu des coûts supplémentaires négligeables pour la navigation et de faibles frais supplémentaires pour le balisage.

En cas de besoin, c'est-à-dire lorsque le trafic deviendra plus intense, les bateaux pourront être alors équipés de radars et d'indicateurs de vitesse de giration.

Pour la circulation de nuit sur le fleuve Sénégal on propose par conséquent:

pour la phase initiale

- de munir les signaux de matières réfléchissantes
- d'équiper les bateaux d'un projecteur et

pour une phase ultérieure

- d'équiper les bateaux de radars d'autant plus que cette solution s'impose de plus en plus sur la plupart des grandes voies navigables du monde entier.

#### 4.5 Etendue du balisage

##### 4.5.1 Nombre de signaux de balisage

Les bouées et balises sont nécessaires pour marquer de façon continue la voie navigable et pour repérer les seuil et les coudes d'un rayon inférieur à 1000 m. Compte tenu des conditions du fleuve Sénégal et du mode de fonctionnement des bouées et des balises, il est possible d'évaluer avec une précision suffisante le nombre de balises nécessaire.

Lors de la réalisation, le nombre ne sera que faiblement modifié et les coûts d'investissement seront donc pratiquement pas influencés. Par ailleurs, il faut noter que, dans la pratique, de nouvelles exigences apparaissent constamment de sorte qu'il n'est possible que de donner des valeurs indicatives.

Sur la base de la documentation disponible relative au fleuve Sénégal et de la portée des bouées et balises, on peut retenir les valeurs indicatives suivantes:

a) pour toute la longueur du fleuve PK 0 à PK 925:

- distance moyenne entre les bouées: 2 km



- distance moyenne entre les balises  
placées sur la rive: 3 km

b) pour les seuils:

- pour chaque seuil: 3 bouées
- en plus pour 30 seuils: 2 balises par seuil
- en plus pour 23 seuils: 4 balises par seuil  
en tant que lignes de  
direction

c) pour les coudes d'un rayon inférieur à 1000 m:

- pour chaque coude: 3 bouées

Il en résulte que le besoin total en signaux représenté au tableau 4.5.1 est de 1.190 pièces ou 1,3 pièces/km.

Tableau 4.5.1: Besoin total en bouées et balises

Quantité		Bouées	Balises (sur la rive)	Total
Trajet	925 km	463	309	772
Seuils	30 pièces	90	60	150
Seuils	23 pièces	69	92	161
Coudes	35 pièces	105	-	105
Total		727	461	1188

#### 4.5.2 Répartition des bouées et balises sur la longueur du fleuve

La répartition des signaux sur toute la longueur du fleuve sera déterminée par la position des seuils et des coudes à faible rayon. Le tableau 4.5.2 indique le nombre de bouées et balises nécessaires pour les tronçons caractéristiques du fleuve.

Tableau 4.5.2: Signaux sur différents tronçons du fleuve

PK		Bouées		Balises		Total par secteur	Nombre de signaux par km
		indiv.	total	indiv.	total		
0 - 207	207 km 3 seuils	104 9	113	69 6	75	188	0,91
207 - 380	173 km 3 seuils 16 coudes	86 9 48	143	58 6 -	64	207	1,20
380 - 600	220 km 16 seuils 12 coudes	110 48 36	194	73 32 -	105	299	1,36
600 - 755	155 km 16 seuils 7 coudes	78 48 21	147	52 52 -	104	251	1,62
755 - 925	170 km 15 seuils	85 45	130	57 56	113	243	1,42
0 - 925	Total	-	727	-	461	1188	1,3

La densité des signaux par km de tronçon met en évidence les degrés de difficulté et les différences existant entre les tronçons.

#### 4.6

##### Points kilométriques

A l'aide des points kilométriques (PK), on peut définir clairement chaque point de la voie navigable. Sur de nombreuses voies navigables, les points kilométriques ont été par conséquent indiqués pour la navigation au moyen de panneaux placés sur les rives. On propose de prévoir également un tel marquage pour le fleuve Sénégal du fait que celui-ci contribue à la sécurité du trafic, par exemple à l'aide d'indications très claires relatives à des modifications du chenal navigable, à des avaries ou à des modifications de balisage, etc.

Les points kilométriques devront être choisis de telle sorte qu'ils ne puissent pas être confondus avec les balises. Ils seront placés à des endroits ne présentant aucun risque en cas d'érosions des berges.

A l'appui des expériences acquises au cours de nombreuses années, les repères suivants sont proposés pour les points kilométriques:

- a) Marquage des points des kilomètres entiers:  
panneau rectangulaire blanc à bord noir et nombre du PK en chiffres noirs.
- b) Marquage des points des demi-kilomètres dans le cas où ils sont nécessaires plus tard:  
panneau carré blanc à bord noir et croix noire disposée verticalement.

- c) Marquage des hectomètres aux endroits et lorsqu'ils seront nécessaires plus tard: panneau rectangulaire blanc placé verticalement, chiffres noirs (hectomètre 1 à 4, 6 à 9).

Les dimensions du panneau, la largeur du trait et la forme des chiffres sont déterminantes pour la lisibilité à distance. Compte tenu des essais et des expériences acquises, il est possible de recommander les valeurs indiquées à l'annexe A. 1.12-3. Vu les largeurs du fleuve Sénégal, on devrait choisir les dimensions indiquées sous chiffres II ou III.

Les points kilométriques pourront être réalisés sous forme de dalles de béton ou de panneaux par le service de balisage de la Direction de la Voie Navigable qui devra être créée. Les surfaces visibles devront être peintes.

Lesdits points pourront être également installés au fur et à mesure, parallèlement aux travaux d'entretien courants. Ils pourront être placés sur une ou sur les deux rives et directement sur le sol dans la mesure où les rives ne sont pas exposées aux crues.

5. Organisation du service de balisage

5.1 Remarques générales

Après leur mise en place, les signaux ne peuvent pas rester longtemps sans entretien. Ceci est notamment le cas lorsque la voie navigable est un fleuve vivant qui est régulièrement exposé à des modifications plus ou moins importantes, et souvent imprévisibles. Le balisage doit être par conséquent immédiatement adapté aux modifications survenues de manière à ce qu'il soit sûr pour la navigation.

En outre, les signaux sont constamment exposées aux attaques de la nature, c'est-à-dire qu'elles sont directement soumises à l'action de l'eau, du courant et du temps. Ainsi, leur position et leur état devront être régulièrement vérifiés notamment après une crue ou des périodes de mauvais temps. Les signaux peuvent enfin être endommagées par des bateaux ou de façon intentionnelle si bien que des réparations ou leur remplacement s'avèreront nécessaires.

Les feux de balisage exigent en outre un ravitaillement régulier des sources d'énergie.

Pour ces raisons il faudra, pour garantir un balisage fonctionnant correctement, prévoir un service assurant un contrôle et un entretien permanents. Un tel service est une condition importante pour obtenir un bon et efficace balisage.

5.2 Structure du service

L'organisation du service de balisage est représentée à l'annexe A. 1.12-4.

L'ampleur de ce service pour le fleuve Sénégal est définie par les travaux et tâches spécifiques qu'il aura à accomplir.

5.3 Tâches du service de balisage

Le service de balisage devra assurer les tâches suivantes:

- les travaux à exécuter directement sur le fleuve tels que les travaux de balisage ainsi que le contrôle du chenal navigable,
- l'administration et les travaux aux dépôts secondaires de balisage et aux dépôts intermédiaires ainsi que
- le service technique central pour le balisage comprenant le dépôt central et l'atelier central pour le balisage.

5.3.1 Fonctions et travaux à réaliser directement sur le fleuve

5.3.1.1 Nature des travaux à effectuer

Les travaux à effectuer directement sur le fleuve peuvent être répartis en 3 domaines comprenant les tâches suivantes:

a) Travaux aux bouées

Ils comprennent:

- la mise en place ou le remplacement des bouées
- le contrôle des corps de bouée et leur ancrage

- le nettoyage et les réparations des bouées à effectuer sur le pont du bateau et
- le contrôle de la position de la bouée et correction éventuelle.

Les travaux seront effectués à l'aide d'un baliseur. Ce bateau devra transporter les bouées des dépôts de balisage au lieu de travail et inversement et effectuer les travaux sur place. Ce bateau devra par conséquent disposer de possibilités de transport suffisantes et d'une aire de travail sur le pont. Par ailleurs, il devra être équipé d'un matériel de levage et d'un petit atelier.

b) Travaux aux balises

Ils comprennent:

- la mise en place des balises,
- le contrôle des balises à leur emplacement,
- de petites réparations et le remplacement des panneaux,
- l'élimination de végétaux gênant la vue ainsi que
- le contrôle de la position des balises et éventuellement un déplacement de celles-ci.

Ces travaux sont également effectués au moyen d'un baliseur du fait que l'accès à partir de la rive est difficile et temporairement même impossible. La durée de service et l'équipement correspondent à ceux du baliseur indiqué au point a).

c) Travaux relatifs au contrôle de la position du chenal

Ces travaux comprennent les reconnaissances locales relatives aux modifications des profondeurs et à la position correcte des signaux. Ils se limitent par conséquent aux emplacements réputés instables et dangereux, c.-à-d. notamment aux seuils et aux coudes serrés.

Il s'agit d'une longueur total de 220 km qui comprend 42 seuils d'une longueur moyenne de 2,6 km, 11 seuils d'une longueur moyenne de 5,0 km et 35 coudes étroits d'une longueur moyenne de 1,6 km.

Le baliseur effectue ces travaux seul ou à l'aide d'un canot. Tous deux devront donc être équipés en conséquence.

5.3.1.2 Répartition du travail le long du fleuve

Les signaux à entretenir sur les différents secteurs du fleuve sont indiquées dans l'annexe A. 1.12-5 et permettant ainsi d'évaluer l'étendue du travail à effectuer.

5.3.1.3 Temps requis pour la réalisation des travaux

Le temps requis pour la réalisation des travaux de balisage le long du fleuve comprend :

- les temps de parcours aller et retour et
- les temps de travail nécessaires pour les signaux



a) Temps de parcours

Pour évaluer les temps de parcours, on admettra que les bateaux spéciaux à utiliser à cet effet, c'est-à-dire les baliseurs, feront le trajet donné 8 fois par an au cours de la première phase et au moins 12 fois par an au cours de la deuxième phase. La vitesse de déplacement du bateau devra être au moins de 15 km/h et de préférence de 20 km/h. Par suite de la faible profondeur d'eau dans quelques secteurs, on retiendra une vitesse de 15 km/h afin de maintenir la puissance et la consommation de carburant dans les limites économiquement acceptables.

Pour la totalité de la voie navigable, on obtient ainsi par an les temps de parcours suivants pour la première phase déterminante:

$$\frac{8 \cdot 2 \cdot 925}{15} = \text{env. } 990 \text{ h/an}$$

b) Temps de travail nécessaire pour les bouées

A l'appui des expériences acquises en Allemagne, il faut, pour le remplacement des bouées et l'exécution de petites réparations à effectuer sur le pont du bateau, prévoir env. 1,5 heure par bouée.

Si l'on se base sur le fait qu'env. 65 % des bouées devront, chaque année, être remplacées, déplacées ou réparées sur le bateau, on obtient, pour un total de 727 bouées, un temps de travail de:

$$0,65 \cdot 727 \cdot 1,5 = \text{env. } 710 \text{ h/an}$$

=====

c) Temps de travail aux balises

Compte tenu de l'exposé du point b), les temps de travail ci-après peuvent être prévus par balise:

- pour le contrôle 1,0 h
- pour les réparations 1,5 h.

Si l'on admet que 50 % des balises doivent, chaque année, être contrôlées et 20 % réparées, on obtient pour les 421 balises isolées et les 20 paires de balises un temps de travail de

$$(421 + 2 \cdot 20) \cdot (0,50 \cdot 1,0 + 0,20 \cdot 1,5) = \text{env. } 370 \text{ h/an}$$

=====

Le temps total indiqué comprend également le temps nécessaire pour le changement de place des balises directionnelles qui sera de l'ordre de 5 à 6 heures par paire.

d) Contrôle de la position du chenal

Le contrôle des endroits instables et dangereux devra avoir lieu environ trois fois par an. Le tronçon à contrôler aura une longueur totale d'env. 220 km. Compte tenu du fait qu'il faut env. 0,5 heure par kilomètre pour déterminer les profondeurs, on obtient à cet effet un temps de

$$3 \cdot 220 \cdot 0,5 = \text{env. } 330 \text{ h/an}$$

=====

e) Etat des temps de parcours et de travail = temps d'exploitation

- temps de parcours:	990 h/an
- temps de travail pour bouées:	710 h/an
- temps de travail pour balises:	370 h/an
- contrôle du chenal:	<u>330 h/an</u>

Total (temps d'exploitation) 2.400 h/an

5.3.1.4 Détermination du nombre des baliseurs nécessaires

La durée d'utilisation d'un bateau résulte de la durée normale de travail de l'équipage et comprend:

- le temps de service et
- le temps de réfection

Le temps de réfection est le temps passé au chantier naval ou au port d'attache pour effectuer les réparations et révisions.

Le temps de service est constitué par:

- le temps d'exploitation et
- le temps de préparation

Le temps de service comprend les travaux effectués le long du fleuve ainsi que les temps de parcours et le temps de préparation, le temps pour le chargement et le déchargement dans le dépôt de balisage, le ravitaillement en carburants et les temps d'attente occasionnels.

Des études faites sur des baliseurs semblables permettent la fixation des valeurs suivantes:

- temps d'exploitation = env. 60 % de la durée d'utilisation
- temps de préparation = env. 30 % de la durée d'utilisation
- temps de service = env. 90 % de la durée d'utilisation
- temps de réfection = env. 10 % de la durée d'utilisation

La durée d'utilisation du bateau s'élève, pour une durée de travail de 42 heures par semaine et de 52 semaines par an, à:

$$52 \cdot 42 = 2.184 \text{ h/an} = \text{env. } 2.180 \text{ h/an.}$$

Il n'est pas nécessaire de tenir compte des congés annuels de l'équipage du fait que l'on peut admettre que ce temps sera compensé par le temps de réfection qui s'élève à env. 10 % du temps d'utilisation.

Se basant sur une durée d'utilisation de 2.180 h/an, on obtient pour

- le temps d'exploitation  $0,60 \cdot 2.180 = \text{env. } 1.310 \text{ h/an}$
- le temps de préparation  $0,30 \cdot 2.180 = \text{env. } 650 \text{ h/an}$
- le temps de service  $0,90 \cdot 2.180 = \text{env. } 1.960 \text{ h/an}$
- le temps de réfection  $0,10 \cdot 2.180 = \text{env. } 220 \text{ h/an.}$

Conformément à l'article 5.3.1.3 e), on obtient pour la totalité de la voie navigable un temps d'exploitation de 2.400 h/an,

$$n = \frac{2.400}{1.310} = 1,83, \text{ c'est-à-dire que 2 baliseurs}$$

sont nécessaires pour l'entretien du balisage.

En plus des travaux de balisage, il faudra également supprimer des arbres mettant en danger des tronçons de rive et éliminer des arbres, souches et autres obstacles se trouvant dans le chenal. Il sera nécessaire de prévoir des bateaux de travail supplémentaires si les baliseurs ne sont pas en mesure d'exécuter ces travaux.

Pour limiter à un minimum la flotte de la Direction, il est recommandé d'utiliser également les baliseurs pour l'élimination de ces obstacles. Ceci serait possible du fait que les travaux à effectuer sont de même nature et que le temps total de parcours peut être réduit par rapport à l'utilisation de bateaux différents pour les 2 travaux.

Pour cette raison il est recommandé d'employer pour le secteur du fleuve d'une longueur de 925 km 3 bateaux qui pourront être utilisés comme baliseur et bateaux de travail.

Ces bateaux devraient être stationnés dans les Arrondissements de St. Louis ou Rosso, de Kaédi et de Kayes.

Il est non seulement caractéristique pour le service de balisage mais aussi pour le service de nettoyage du lit du fleuve que les travaux ne sont que partiellement planifiables. En plus de la mise en place des signaux, de leur entretien régulier et de leur contrôle, on doit en effet également réaliser, immédiatement et dans les règles de l'art, des travaux souvent imprévus résultant d'intempéries, de modifications du chenal navigable ou d'endommagements. Le service devra être flexible et prévoir pour de tels cas

une réserve de capacité de travail. Cette réserve sera conçue de telle sorte que l'on puisse, en dehors de l'horaire normal de travail, fournir, au moyen d'heures supplémentaires, des prestations plus élevées d'une durée limitée. Des statistiques relatives à des baliseurs indiquent que 10 à 30 % des prestations supplémentaires ont été effectuées au moyen d'heures supplémentaires.

### 5.3.2 Organisation et tâches des services à terre

#### 5.3.2.1 Service technique central pour les signaux de balisage

Le service technique central comprend:

- le dépôt central de balisage et
- l'atelier central pour le balisage.

Le matériel utilisé par le service de balisage devra être uniforme sur toute la longueur du fleuve en vue de faciliter le stockage des pièces de rechange et les réparations. Par suite de son importance pour la sécurité du trafic, la nature et la qualité du matériel devront souvent répondre à des exigences particulières. Etant donné que le nombre de pièces est parfois très faible, il sera rentable de passer des commandes assez importantes pour la totalité du fleuve ou pour une durée assez longue. Pour cette raison, il faudra créer, pour le fleuve Sénégal, un service qui se chargera de l'acquisition et du stockage central du matériel de balisage et qui approvisionnera les services extérieurs.

Le dépôt devra être toujours équipé de telle sorte que des demandes imprévues puissent être également satisfaites rapidement. Le matériel pour le balisage devra être par conséquent stocké et géré séparément.

Pour la réparation et l'entretien des signaux, il faudra prévoir des spécialistes connaissant les installations techniques du balisage. De tels spécialistes étant rares dans tous les pays, ils sont généralement réunis dans un atelier central où ils peuvent effectuer les travaux difficiles et importants de remise en état. Les appareils de mesure et l'outillage requis seront également rassemblés en un point central en vue d'une utilisation rentable et conforme.

Un atelier central devra donc être également aménagé pour la Voie Navigable du Fleuve Sénégal.

Conformément à ce qui précède, les tâches du Service technique central peuvent être résumées comme suit:

- acquisition et fabrication du matériel de balisage,
- réparations difficiles et importantes au matériel de balisage,
- gestion du dépôt central et
- approvisionnement des services extérieurs en matériel de balisage.

Le service technique central devra également prêter son concours pour la formation et le perfectionnement du personnel du service de balisage.

Le service technique central sera directement subordonné au Chef de Balisage de la Direction. Pour cette raison,

et également en considération des moyens de circulation et de communication, il devra être installé au même endroit que la Direction.

#### 5.3.2.2 Dépôts secondaires de balisage

##### a) Fonctions

Les fonctions d'un dépôt secondaire peuvent être définies comme suit:

- Dépôt pour les bouées, les balises et les pièces de rechange nécessaires pour le fonctionnement
- Base pour les baliseurs avec installations de ravitaillement en carburants et possibilité d'effectuer de petites réparations aux bateaux
- Ateliers pour l'entretien du matériel de balisage et des autres signaux requis pour le tronçon concerné.

##### b) Installations d'un dépôt secondaire de balisage

Afin de pouvoir assumer cette fonction, les installations ci-après sont nécessaires:

- Poste d'accostage pour baliseurs et autres bateaux,
- Possibilités de manutention pour carburants, bouées et balises,
- Terre-pleins de stockage avec voies d'accès et
- Bâtiments pour ateliers et bureau.



c) Nombre et emplacement des dépôts secondaires de balisage

Un dépôt secondaire de balisage exige des investissements et des dépenses courantes pour le personnel et le matériel. Etant donné qu'au cours de la première phase de circulation, et conformément à l'exposé ci-dessus, trois baliseurs suffiront pour toute la longueur du fleuve, on pourra également prévoir au début trois dépôts secondaires de balisage.

Du point de vue administratif et pour des questions de communication relatives au ravitaillement ainsi qu'en raison de leur situation sur le fleuve, les villes de St. Louis (PK 0,0) ou Rosso (PK 132), Kaédi (PK 532) et Kayes (PK 925) sont recommandées comme siège. Des ports ou escales portuaires devront être également prévus à ces endroits de sorte qu'il ne sera, au cours de la phase initiale, pas nécessaire de construire un poste d'accostage propre pour les baliseurs. Lors de l'étude des ports et des escales portuaires, il faudrait déjà tenir compte de cette suggestion.

5.3.2.3 Dépôts intermédiaires

L'équipage des baliseurs devra pouvoir réparer très rapidement les signaux placés dans le fleuve et notamment les bouées. Si l'on ne prévoit des entrepôts pour les balises que dans les dépôts secondaires situés loin les uns des autres, il sera nécessaire d'effectuer des trajets à vide de baliseurs ou de prévoir un service de transport supplémentaire sur le fleuve pour tenir des balises toujours disponibles aux lieux de travail. Une solution économique consisterait à aménager des dépôts intermédiaires le long de la voie navigable.

Conformément à leur fonction, ils comprennent un terre-plein de stockage avec possibilité de manutention sur le fleuve. La surveillance pourra être effectuée par un agent habitant sur les lieux.

Pour de tels dépôts intermédiaires, il est proposé les villes suivantes:

St. Louis	PK 0,0	ou bien Rosso	PK 132
Podor	PK 268		
Boghé	PK 380		
Matam	PK 623		
Bakel	PK 795		

En outre, des escales portuaires ont été prévues aux emplacements ci-dessus de sorte que les conditions pour le transbordement des signaux et le ravitaillement des baliseurs se trouvent ainsi remplies.

#### 5.4 Balisage de la voie navigable maritime

On considère comme voie navigable maritime le secteur du fleuve situé en aval du Pont Faidherbe à St. Louis (PK 0,0) et allant jusqu'à la mer.

##### 5.4.1 Balisage

Le balisage devra dans ce cas être conforme à la réglementation maritime existante. Le système (ECE, Genève) proposé pour le secteur intérieur tient compte de cette suggestion.

L'utilisation des deux systèmes ne présente pas de difficulté pour la navigation du fait que, dans les deux cas, le rouge est à babord et le noir est à tribord pour les bateaux qui viennent de la mer.

Pour le balisage utilisé en mer, on emploiera cependant du matériel, par exemple bouées lumineuses, feux de balisage etc., résistant à l'action de la houle et de la mer. Il ne sera possible de prendre une décision relative à la nature et l'étendue du balisage de ce trajet que lorsque les plans d'aménagement du port de St. Louis et de son accès seront mis à disposition. Il est possible qu'un feu de jetée et une paire de feux directionnels soient au moins nécessaires pour l'entrée des bateaux venant de la mer. L'importance des deux feux de navigation existants déjà, c'est-à-dire Gandiole à 14 km au sud de St. Louis et Guet N'Dar à St. Louis, devra alors être vérifiée.

#### 5.4.2 Organisation

Pour le secteur de la navigation maritime, on pourra avoir recours aux trois solutions suivantes:

##### a) Proposition 1

Les deux feux existants relèvent de la compétence du chef de Service de la Sécurité Maritime à Dakar. Ils sont surveillés sur place par la capitainerie du port de St. Louis. Le service technique est assuré par le Service des Phares et Balises de Dakar. Celui-ci dispose des techniciens nécessaires et représente l'organisme chargé de l'approvisionnement.

On pourrait envisager que ce service prévu pour le secteur maritime continue à assurer l'entretien technique du balisage soit en régie propre soit pour le compte de l'OMVS. La surveillance locale pourrait être transférée de la capitainerie du port à l'arrondissement de la Direction de la Voie Navigable à St. Louis ou Rosso.

b) Proposition 2

Une autre possibilité consisterait à subordonner entièrement la voie maritime au service technique central de la "Direction de la Voie Navigable". La Direction devrait alors engager les spécialistes requis pour l'entretien des phares de navigation. Dans tous les cas, l'acquisition du matériel spécial devra se faire en coopération avec le Service des Phares et Balises de Dakar. Les bouées lumineuses pourront, compte tenu des faibles distances, être entretenues par la Direction sans que des bateaux supplémentaires doivent être mis en service. Le baliseur chargé de cette fonction devra cependant, en raison du poids assez élevé des balises, être équipé autrement que les autres et pouvoir aller en mer.

c) Proposition 3

Etant donné que le balisage pour l'entrée au port prévu à St. Louis est surtout important pour les bateaux maritimes et, par là-même pour le port de St. Louis, il pourrait être également subordonné à l'administration du port de St. Louis.

d) Recommandations

En raison de l'analyse des solutions présentées ci-dessus, il est recommandé de ne pas subordonner le balisage à la Direction de la Voie Navigable mais de le subordonner soit directement au Service des Phares et Balises à Dakar ou à un service extérieur qui devra être aménagé au port de St. Louis.

Cette solution présente les avantages suivants:

- l'ensemble du matériel qui est nécessaire pour l'entretien, la préparation et le remplacement des balises pourra être acheté d'une façon globale et donc à un prix plus avantageux.
- Le stockage sera moins important car les balises pour le port de Dakar et de St. Louis peuvent être analogues et donc interchangeables.
- Le personnel du Service des Phares et Balises à Dakar, qui est bien spécialisé et qui a acquis de l'expérience, offre une meilleure garantie pour une exploitation convenable et un bon entretien qu'un service qui devrait être nouvellement créé.
- Le Service des Phares et Balises à Dakar et le port de St. Louis disposent de bateaux résistant à une forte houle alors que le Service de la Direction de la Voie Navigable devrait acheter un tel bateau. Etant donné que ce bateau différerait des autres baliseurs utilisés sur le fleuve en ce qui concerne son équipement et sa forme, il ne serait pas interchangeable avec les autres.

Pour des raisons de responsabilité, il est indiqué de choisir le port de St. Louis ou le Service des Phares et Balises comme organisation compétente pour l'accès à partir de la mer et non pas l'Administration des Voies fluviales car les premiers sont directement intéressés à un déroulement correct du trafic maritime.

6. Matériel et construction des signaux de balisage

6.1 Bouées

Une bouée se compose d'un corps de bouée, d'une ancre et du raccordement entre la bouée et l'ancre.

6.1.1 Corps de la bouée

Le corps de la bouée devra remplir les fonctions suivantes:

- a) en tant qu'élément de signalisation d'une forme particulière, il balise le chenal navigable,
- b) en tant que corps flottant, il doit rester stable même lors de forts courants, garder si possible une position verticale et avoir une poussée verticale suffisante pour porter son propre poids et le poids du raccordement à l'ancre (chaîne ou câble).

A la suite de longues années de recherche, il a été mis au point en République Fédérale d'Allemagne une bouée qui satisfait ces exigences et permet une utilisation élastique ainsi qu'un fonctionnement rentable.

Le corps de la bouée se compose du corps flottant et de l'élément de signalisation. Alors que les corps des bouées sont identiques, les éléments supérieurs peuvent être adaptés à la forme requise (pointue, ronde, émoussée).

Les bouées furent utilisées pour la première fois, au cours des années soixante, dans les voies navigables allemandes. Cette utilisation a été précédée de nombreux essais intensifs effectués dans différentes voies navigables et d'un contrôle effectué dans le cas d'un courant d'eau allant jusqu'à 4 m/s dans le canal d'essai des Laboratoires d'essais à Hambourg pour la construction de bateaux.

L'emploi de ces bouées a, entre-temps, donné entière satisfaction.

L'administration française des Phares et Balises compétente pour les signaux de balisage a utilisé les bouées après les avoir soumises à des examens supplémentaires effectués à Chatou.

#### 6.1.1.1 Matériaux pour les corps flottants

Pour la fabrication du corps flottant, on pourra utiliser de l'acier, de l'aluminium et des matières plastiques.

##### a) Bouées en acier

L'acier est le matériau de construction le meilleur marché. Les bouées pourront être fabriquées dans un atelier aménagé pour le travail de la tôle. Des réparations pourront être effectuées facilement. Des bouées d'un diamètre de 1,05 m pèsent environ 48 kg.

La bouée en acier sera protégée contre la corrosion par des couches de peinture. Etant donné que la couleur est également un moyen de signalisation important, chaque bouée devra être repeinte régulièrement (1 à 2 ans) pour garantir la protection antirouille requise.

##### b) Bouées en aluminium

L'aluminium est un matériau de construction léger. Les prix de l'aluminium subissent de fortes fluctuations et ils sont supérieurs à ceux de l'acier. L'emploi de l'aluminium est difficile et il nécessite des spécialistes spécialement formés à cet effet ainsi que des appareils spéciaux. Ceci est également valable pour les travaux de réparation.



Les tonnes pèsent environ 41 kg pour un diamètre de 1,0 m.

L'aluminium est anticorrosif dans le cas d'un alliage approprié. De même que les bouées en acier, ces bouées devront, pour leur signalisation, être repeintes régulièrement et leur avantage présenté par une bonne résistance à la corrosion se trouverait ainsi supprimé.

b) Bouées en matière plastique

La matière plastique est le plus léger des matériaux de construction désignés. Une bouée en matière plastique d'un diamètre de 1,0 m ne pèse que 20 kg dans le cas d'un modèle en fibre de verre.

Au cours des dernières décennies, il a été procédé dans différents pays à des essais pour déterminer une matière plastique appropriée pour les signaux de balisage. La mise au point de ces matières plastiques n'est pas encore achevée.

Etant donné que le fleuve Sénégal se trouve dans une région possédant un "climat alternant", on peut enregistrer en surface des températures de 90 °C dans le cas de l'exposition d'un corps noir aux rayons du soleil alors que celles-ci ne sont, la nuit, que de l'ordre de 10 à 15 °C. Dans des conditions analogues, il a été constaté, à la suite du coucher du soleil, un changement de température pouvant atteindre 60 °C. Un emploi de bouées en matière plastique sera déconseillé étant donné qu'une endurance du matériau n'est pas garantie pour le moment.

En raison de l'exposé ci-dessus et compte tenu des avantages et inconvénients indiqués, il ne sera tout d'abord recommandé que l'utilisation de bouées en acier. Etant donné qu'il est souhaité une bonne visibilité à longue distance afin de réduire le nombre requis de bouées, il est proposé des bouées d'un diamètre de 1,40 m.

#### 6.1.1.2

##### Elément de signalisation

L'élément de signalisation se compose de tôles entrecroisées dont le profil est conforme aux formes fixées dans le système de balisage. Cet élément sera fixé par des vis au corps de la bouée afin de pouvoir le remplacer facilement.

Comme matériau, on pourra utiliser de la tôle d'acier ou de la tôle d'aluminium. Il sera possible de fabriquer sans difficulté ces éléments de signalisation à l'atelier central.

Les éléments seront recouverts d'une couche de peinture et seront, en raison du trafic nocturne, équipés de matières réfléchissantes.

#### 6.1.2

##### Ancres

D'une façon générale, il sera utilisé des corps morts en béton. Ces corps carrés pèseront 200 à 250 kg. Pour augmenter leur poids spécifique, il sera ajouté de la ferraille au béton. Ces corps pourront être fabriqués à l'atelier central de la Direction ou dans les dépôts de balisage des Arrondissements.

Des ancrs brevetées d'un poids de 75 kg ou des ancrs à jas à un bras ont fait également leurs preuves. Vu les frais d'acquisition assez élevés, ce mode d'ancrage ne pourra cependant pas être recommandé dans le cas présent.

### 6.1.3

#### Raccordement bouée - ancre

Le raccordement entre la bouée et l'ancre ne doit pas être trop lourd car il doit être porté par la poussée verticale. L'effort de traction de la bouée est relativement faible, même en cas de vagues et d'un courant assez fort. On pourra donc utiliser une chaîne assez légère. On pourra employer soit une chaîne à longs maillons de 8 mm soit une chaîne à petits maillons de 6 mm. Pour les voies navigables fluviales, on emploie de plus en plus des câbles métalliques étant donné qu'ils sont plus légers que les chaînes.

Pour la fixation à la bouée et au corps mort, il faudra prévoir des mailles et des émerillons ou bien des serre-fils afin de garantir une torsion libre.

La longueur du raccordement dépend de la profondeur d'eau moyenne. Il doit être 2 à 3 fois plus long que la profondeur de l'eau. On pourra décider par la suite, s'il faudra placer à certains endroits une chaîne dormante assez lourde. Cette chaîne repose normalement sur le fond du fleuve et elle n'est utilisée que dans les cas de niveaux d'eau très élevés.

### 6.2

#### Balises

Les balises se composent d'un élément de signalisation et d'un "support" avec fondation garantissant le niveau de l'élément de signalisation et son emplacement.

#### 6.2.1 Elément de signalisation

La forme et la couleur de l'élément de signalisation sont fixées dans le système de balisage. L'élément de signalisation est constitué soit de plaques possédant des symboles en couleur soit d'éléments d'une forme et d'une couleur particulières. La face antérieure porte les symboles de signalisation. Vu les distances du fleuve Sénégal, les plaques devraient avoir les dimensions suivantes: 1,45 x 1,45 m et 1,45 x 2,20 m. Les marques distinctives des balises (sur le côté droit, pointe dirigée vers le bas; sur le côté gauche, pointe dirigée vers le haut, etc.) seront réalisées au moyen de tôles entrecroisées.

Les largeurs des lignes et la position des symboles devront être choisies pour permettre une lecture à longue distance des balises. A cet effet, un expert internationalement reconnu devrait, en collaboration avec des pilotes locaux, déterminer sur place les dimensions requises. La face arrière devra être peinte de façon neutre.

Comme matériau, on pourra choisir de la tôle d'acier ou de la tôle d'aluminium. L'acier requiert cependant une conservation assez régulière.

Les plaques d'aluminium pourront être facilement fabriquées à l'atelier central étant donné que celles-ci n'exigent pas de grands travaux d'atelier (cintrage de la tôle et forage). Le choix définitif du matériau devrait être précédé d'une comparaison en matière des prix et des conditions de livraison.

#### 6.2.2 Supports avec fondation

Dans le cadre de l'ancienne désignation, des pieux en béton ont fait leur preuves pour les signaux placés sur

les rives. Ils ne nécessitent pas beaucoup d'entretien et ont une longue durée d'usage. Leur poids assez élevé peut cependant représenter un désavantage dans le cas où les signaux devront être déplacés plusieurs fois, par ex. dans le cas de lignes de direction et de signaux pour des seuils et des coudes variables. Pour de tels emplacements, il conviendra d'utiliser des tuyaux en acier munis d'une protection anti-corrosive appropriée et inaltérable.

Les pieux en béton d'une largeur de 4,50 x 6,00 m peuvent être fabriqués en tant que pieux en béton centrifugé ou en tant que pieux en béton normal munis d'une armature d'acier.

Conformément aux expériences faites avec les anciens signaux, les pieux pourront être placés sans fondation et les trous dans la terre devront être effectués au moyen d'une tarière.

### 6.3

#### Bornes kilométriques

Les dimensions et formes des symboles à représenter sur les signaux sont indiquées à l'annexe A 1.12.3. Aux endroits où les rives ne seront pas trop hautes et où des érosions ne seront pas possibles, il conviendra d'utiliser des plaques en béton. Ces plaques seront placées directement dans le sol.

Aux endroits où les plaques devront être placées au-dessus du terrain pour qu'elles puissent être vues à partir de l'eau et où il pourra se produire des érosions, il sera préférable d'utiliser des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium. Pour les supports, il sera employé des pieux en béton et/ou des pieux en acier.