

LE RADAR PORTUAIRE EXPERIMENTAL D'ANVERS ET SES ENSEIGNEMENTS.

Par **P. PERNET**,
Ing. A.I.Ms. et Radio A.I.Br. (*)

Sommaire.

Après un bref rappel des expériences réalisées jusqu'à l'heure actuelle, l'auteur se basant sur l'expérience passée définit la mission que doit remplir un radar portuaire ainsi que les principales caractéristiques lui permettant de remplir cette mission. L'auteur décrit ensuite les expériences qui ont eu lieu à Anvers dans le courant de l'année 1950 et en tire les principales conclusions quant à son efficacité pour la navigation sur l'Escaut.

Comme conclusion générale de l'exposé, l'auteur présente quelques considérations sur les possibilités d'application à une installation capable d'écouler, dans toutes conditions de visibilité, le trafic normal depuis l'embouchure de l'Escaut jusqu'à Anvers.

Samenvatting.

Na in korte woorden de proefnemingen aangehaald te hebben die tot hedendaags uitgevoerd werden, bepaalt de verslaggever de zending die een havenradar te vervullen heeft evenals de bijzonderste kenmerken die hem zullen toelaten deze zending te vervullen. Hij beschrijft vervolgens de proefnemingen die te Antwerpen gedaan werden in de loop van het jaar 1950 en haalt er de bijzonderste gevolgtrekkingen uit voor wat de doeltreffendheid aangaat voor de vaart op de Schelde.

Als algemene conclusie geeft de verslaggever enkele beschouwingen over de toepassingsmogelijkheden voor een installatie die in alle condities van zichtbaarheid het normale verkeer vanaf de Schelde monding tot Antwerpen zou kunnen verzekeren.

Summary.

After relating in a few words the experiments carried out till to day, the lecturer defines the functions which has to realise a port radar and indicates the principal characteristics permitting to reach

(*) Société Anonyme Internationale de Télégraphie sans Fil (S.A.I.T.) Bruxelles.

this targets. He describes the experiments carried out in Antwerp during the year 1950 and draws the most important conclusions about the efficiency regarding the navigation on the Scheldt.

As a general conclusion he gives some reflections about the possibilities of application to an installation which could secure the normal traffic on the Scheldt from Flushing to Antwerp in alle conditions of visibility.

* * *

En 1946, la Société Sperry entamait ses premiers essais en vue de doter le port de Liverpool d'une installation de radar portuaire. Cette installation, devenue un modèle classique et qui a trouvé sa forme définitive en 1948, fonctionne depuis lors d'une façon continue et à l'entière satisfaction des utilisateurs. Bien qu'il soit difficile de prévoir l'évolution future de cette nouvelle technique et hasardeux de prétendre que l'équipement de Liverpool ne sera pas dépassé dans un avenir plus ou moins proche, il faut reconnaître à cette première installation le mérite d'avoir créé une méthode nouvelle dans l'art de la navigation et, par là même, d'avoir jeté les bases de cette nouvelle technique. Elle reste d'ailleurs encore à l'heure actuelle, si pas l'unique installation, du moins la plus perfectionnée.

Depuis cette époque, l'importance du radar portuaire n'a fait que croître et l'intérêt des autorités compétentes en matière de navigation a été éveillé au point de permettre et d'encourager des recherches nouvelles. De nombreuses expériences ont suivi l'exemple de Liverpool; mais contrairement à celles-ci, elles se sont en général limitées à des équipements beaucoup moins évolués. En 1947, une seconde installation apparaît à Wallasey pour assurer le trafic des ferry-boats sur la Mersey : cette installation devait être considérablement améliorée en 1949. Il est superflu de rappeler les résultats intéressants qu'ont donnés ces deux expériences, de nombreux rapports ayant été publiés à ce sujet. Vers le milieu de l'année 1949, une nouvelle installation équipée d'un radar du type « marine » est signalée à Long-Beach en Californie et quelque temps après une troisième installation à Baltimore avec un type semblable ; aucun renseignement nouveau ne nous est parvenu à leur sujet. Egalement dans le courant de la même année, la Commission hollandaise du Radar est

chargée de l'étude d'un équipement destiné à couvrir le Nieuwe Waterweg sur toute sa longueur depuis le Hoek van Holland jusqu'au port de Rotterdam.

Au début de l'année 1950, Anvers inaugure une nouvelle station expérimentale qui la place ainsi au quatrième rang des installations portuaires. La même année voit apparaître deux nouvelles stations, l'une à Svalbard, en Norvège, l'autre à Sunderland, sur la côte est de l'Angleterre, l'une et l'autre équipées d'un appareil du type « marine ». Signalons enfin les essais effectués par une station mobile, sous la surveillance de la Commission hollandaise, en vue de superviser le port d'Amsterdam et pour terminer, les essais entrepris tout récemment à Southampton sur lesquels nous n'avons encore que des renseignements peu précis.

Cette énumération prouve l'intérêt qu'a suscité la nouvelle technique chez les autorités compétentes et c'est ce même intérêt qui a poussé les Autorités belges à encourager les essais entrepris à Anvers. Ces derniers, bien que modestes, ont déjà permis de tirer certaines conclusions intéressantes sur les possibilités et les services que peut rendre une installation portuaire. Notre intention est de mettre en évidence ces résultats et d'en tirer les conclusions intéressant non seulement le port d'Anvers mais également la navigation sur toute l'étendue de l'Escaut.

Le problème particulier de l'Escaut est cependant fort complexe. Contrairement aux ports cités qui, pour la plupart, présentent des accès largement ouverts et des chenaux de faible longueur, les approches mêmes de l'Escaut sont déjà fort resserrées et les chenaux d'accès au port d'Anvers s'étendent sur une longueur de près de 90 km se réduisant par endroits à des passes inférieures à 200 m. La conclusion de cet état de choses est que les expériences tentées en d'autres endroits ne seront pas d'application immédiate au cas de l'Escaut : tout au plus serviront-elles d'enseignement d'une utilité d'ailleurs incontestable.

Il nous a paru intéressant, avant de décrire les expériences réalisées à Anvers, de résumer les conclusions de cet enseignement et notamment de définir les fonctions que doit remplir une installation portuaire. Partant de là, nous déterminerons les caractéristiques principales que devra présenter un tel équipement pour les fonctions qui lui sont dévolues.

I. — CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN RADAR PORTUAIRE

Avant d'entrer dans le détail d'une installation portuaire, il convient de répondre à une première objection qui se pose logiquement à l'esprit : un radar de bord du type « marine » ne peut-il fournir les mêmes renseignements qu'un radar portuaire ? Pourquoi, dans ces conditions, doubler les équipements de bord qui tendent à se généraliser, d'installations importantes et, il faut le reconnaître, fort coûteuses ?

La réponse à cette objection se trouve dans l'examen des buts assignés à ces deux installations différentes et les moyens mis en œuvre pour les atteindre. Le but assigné à un radar de bord peut se résumer comme suit :

- fournir une aide à la navigation au voisinage des côtes ;
- signaler la proximité d'autres bâtiments ou autres obstacles à proximité immédiate, autrement dit servir de système anti-collision ;
- indiquer la position relative du navire par rapport aux bouées, repères de navigation et côtes dans des eaux resserrées.

L'attention du constructeur sera donc attirée en premier lieu par la fonction la plus importante qui est l'anti-collision, ce qui l'amènera pour couvrir des distances très rapprochées à faire choix d'une largeur d'impulsion très courte : cette condition le conduit à augmenter proportionnellement la largeur de bande du récepteur et à compenser la perte de sensibilité par un nombre d'étages d'amplification supérieur. Le côté économique de l'équipement étant primordial, un premier compromis est déjà posé. En général, la conception d'un radar de bord sera un compromis entre différentes nécessités : performances élevées d'une part et d'autre part, simplicité, robustesse, facilités d'installation et d'entretien. Le coût de l'appareil et ses frais d'entretien auront une influence prépondérante sur sa conception.

La situation est différente pour une installation portuaire, les compromis entre la technique et l'économique étant beaucoup moins aigus. L'installation fixe possédera des performances de loin supérieures à celles d'un appareil de bord et

les renseignements fournis aux pilotes seront incomparablement plus précis ; ses risques de panne d'autre part pourront être quasi complètement éliminés. Un radar de bord donnera difficilement des renseignements précis à la fois sur le voisinage immédiat du navire et sur l'état lointain des obstacles : or, ce facteur est important notamment lorsque l'état de la marée permettant à un pilote de franchir une passe s'il a une connaissance précise de ce qu'il trouve devant lui, l'obligera — dans le cas contraire — à s'ancrer pour plusieurs heures. Aucun renseignement ne lui sera non plus fourni sur une variation éventuelle d'un repère de navigation. Enfin, un radar de bord n'est d'aucune utilité pour les autorités du port. Les qualités respectives de ces deux installations, de même que le rendement à en attendre, ne sont d'ailleurs plus mises en doute.

La mission que devra remplir un radar portuaire sera donc uniquement une mission de renseignement et de conseiller et non, comme on avait tendance à le croire dans les débuts, une mission de direction avec les responsabilités que cela comporte. Il faut admettre, et les règlements maritimes sont formels sur ce point, que l'entière responsabilité de la conduite d'un bâtiment reste uniquement dans les mains des commandants de bord. C'est précisément pour alléger cette responsabilité que le radar fixe trouvera son emploi. En fait, sa mission sera double : elle s'adressera d'une part aux autorités du port, d'autre part aux responsables de la navigation, pilotes ou commandants.

Les renseignements intéressant les autorités du port peuvent se résumer comme suit :

- indication de l'état général du trafic, position et mouvement de toute embarcation se trouvant dans le domaine exploré et notamment le nombre et la position des navires à l'ancre. Cette information doit être rapide et précise afin de permettre aux autorités responsables de donner les instructions nécessaires au trafic : amarrages, ancrages, entrées dans les docks, entrées dans les chenaux, départs, etc... Un système de transmissions par radio et téléphone très évolué s'imposera en conséquence ;
- indication en tout moment, de l'état du port, chenaux et approches en ce qui concerne les repères de navigation, c'est-à-dire vérification de la position des bouées,

balises lumineuses, épaves, bateaux-phares, éventuellement obstacles temporaires. Cette vérification se fait actuellement par bateaux-baliseurs ;

- localisation d'un accident de navigation éventuel pour faciliter les opérations de sauvetage.

Ces indications seront à la fois utiles aux services de santé, douanes et immigration.

Les renseignements à fournir aux pilotes sont les suivants :

- informations sur la situation du port, de ses approches et des chenaux, quant au nombre, à la position et au mouvement des navires voisins et quant à la position des navires ancrés, et donc sur les possibilités d'ancrage ;
- indication de la position relative du navire considéré par rapport à ses approches immédiates : navires, bouées, obstacles. Cette information devra être précise et d'une garantie absolue ;
- Informations sur la position des repères de navigation et sur toute irrégularité éventuelle à ce sujet ;
- aide aux bateaux-pilotes pour faciliter la recherche de navires à prendre en charge ;
- accessoirement, assistance aux navires pour le calibrage de leur radiogoniomètre par temps de brouillard.

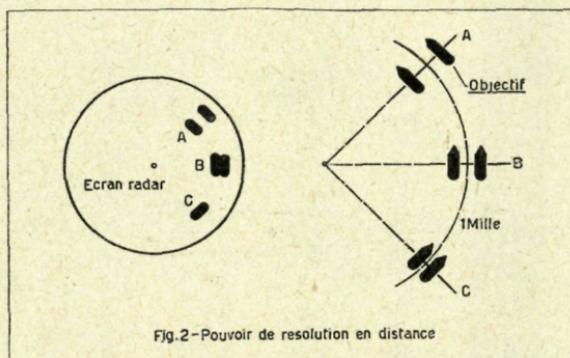
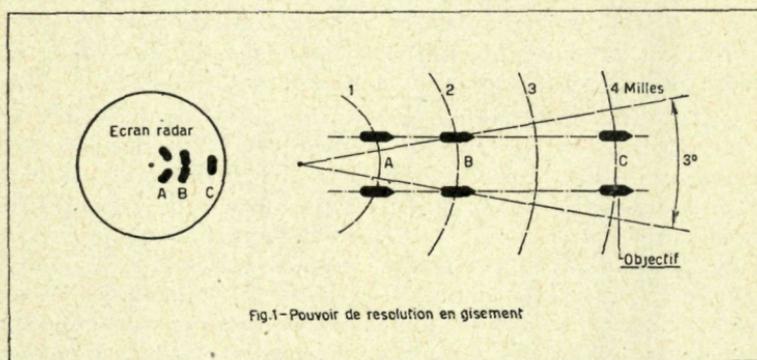
La connaissance de ces fonctions associée à l'examen des conditions particulières propres à chaque port, serviront de base à la définition des performances techniques dont devra être capable chaque installation. De cette définition, notamment dans le cas d'un fleuve long et sinueux comme l'Escaut, résulteront le nombre de stations à ériger ainsi que le choix de leur emplacement ; chacune de celles-ci posera un problème particulier qui pourra parfaitement être résolu de façon différente de l'une à l'autre. Enfin se posera le problème des liaisons entre stations, entre stations et navires et le problème de la centralisation des renseignements à une station directrice à la disposition des autorités du port.

Il est intéressant de résumer rapidement les possibilités que la technique du radar et spécialement celle des installations fixes, met à la disposition des utilisateurs. Nous limiterons notre examen aux caractéristiques techniques qui intéressent directement le navigateur sans entrer dans le détail de leur réalisation intéressant le constructeur.

Les qualités principales que l'on est en droit d'exiger d'un radar sont la garantie et la précision dans la détection des

objectifs : précision relative de deux obstacles séparés et précision absolue dans le repérage d'un objectif par rapport à un repère fixe, la station radar en l'occurrence. Cette précision est liée d'une part au pouvoir de discrimination de l'écran panoramique dont la limite est fixée par le diamètre minimum du spot lumineux et d'autre part, au pouvoir de résolution en gisement et en distance. Le pouvoir de résolution en gisement se définit comme l'angle minimum sous lequel peuvent être observés deux obstacles situés à la même distance de l'aérien et le pouvoir de résolution en distance comme la distance minimum entre deux objectifs situés sur un même azimut par rapport à l'aérien et pour laquelle ils seront encore discernables séparément sur l'écran panoramique. Les figures 1 et 2 illustrent ces notions importantes.

Le pouvoir de résolution en distance dépend de la durée



de l'impulsion de l'émission, des caractéristiques du récepteur et de l'écran indicateur : le pouvoir de résolution en gisement dépend de la largeur horizontale du faisceau d'antenne et de l'écran indicateur.. D'autre part, la précision des relevés en distance est fonction de la linéarité du balayage du spot sur l'écran indicateur, tandis que la précision en gisement est fonction de la largeur du faisceau d'antenne et du couplage électrique entre la rotation de l'antenne et la rotation correspondante du spot lumineux sur l'écran indicateur.

La précision est en outre en relation directe avec l'échelle utilisée, donc avec le diamètre de l'écran.

La notion de distance maximum et minimum, si importante dans le cas d'un radar de bord, perd ici de son importance. La distance maximum sera limitée par la précision exigée, tandis que la distance minimum n'intervient pas : elle est, en effet, fixée en partie par la durée de l'impulsion et, celle-ci étant déjà fixée par le pouvoir de résolution en distance, le résultat obtenu dépassera les exigences d'un radar fixe, en ce qui concerne le minimum à assurer.

Une autre performance importante est l'absence de tout écho parasite et ici se pose le problème difficile des lobes secondaires. La figure 3 donne le diagramme de rayonnement d'un aérien où apparaît l'importance relative des lobes secondaires par rapport au faisceau principal. La nécessité d'un faisceau étroit conduit à augmenter les dimensions de l'aérien ce qui rend la précision dans la réalisation mécanique difficile : l'amplitude des lobes secondaires dépend à la fois de la loi d'illumination du réflecteur et de la précision dans la réalisation de celui-ci. Une installation fixe, et c'est

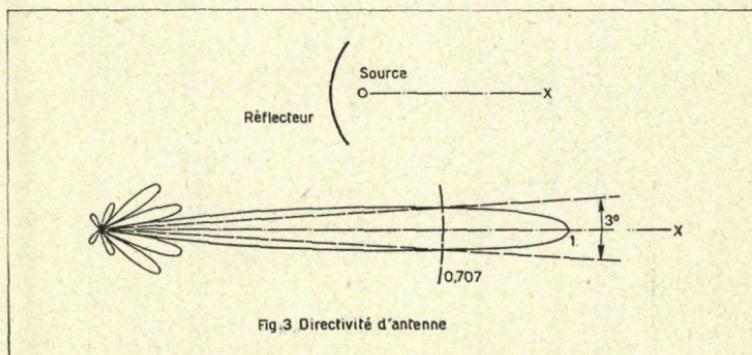


Fig.3 Directivité d'antenne

notamment le cas de l'Escaut, se trouvera constamment devant un nombre important de bâtiments de tonnages très différents qu'elle devra discriminer sans risque d'erreur. Or, l'expérience montre que les pouvoirs réflecteurs d'un navire de 5.000 tonnes environ et d'un petit bateau de pêche peuvent différer de 40 decibels : il s'ensuivra donc une élimination correspondante des lobes secondaires.

Enfin, des précautions particulières seront prises pour éliminer les échos de vagues et de pluie. Ce problème n'est pas particulièrement ardu dans le cas de l'Escaut et les systèmes à commande de gain progressive et à constante de temps rapide en usage normal (S.T.C. et F.T.C.) sont suffisamment efficaces pour ne pas présenter de difficultés particulières.

Des considérations analogues ont conduit différents pays à fixer les spécifications techniques minima auxquelles doivent répondre les radars de bord. Nous prendrons ce genre d'installation comme base de référence et choisirons, pour cela, les spécifications adoptées par les Autorités anglaises en 1946.

Les caractéristiques qui nous intéressent sont les suivantes :

- Portée maximum : 7 milles pour un bâtiment de 5.000 tonnes.
3 milles pour un bateau de pêche de 30 pieds de long.
2 milles pour une bouée de 2^{me} classe.
- Portée minimum : 50 yards.
- Précision en distance : Erreur inférieure à $\pm 5\%$ de la distance maximum de l'échelle utilisée.
- Pouvoir de résolution en distance : 100 yards entre 2 petits objectifs en ligne.
- Précision en gisement : Erreur inférieure à 1°.
- Pouvoir de résolution en gisement : 3° (séparation minimum : 200 pieds).
- Lobes secondaires : Echos dus aux lobes secondaires au moins à 46 db. en dessous des échos dus au faisceau principal.

Une installation de ce type utilisera en outre un écran de 9 pouces, ce qui avec un diamètre utile de 7 pouces donne une échelle de l'ordre de $1/30.000^{\circ}$ pour un rayon de 1,5 mille. La plupart des installations de bord possèdent d'ailleurs des caractéristiques sensiblement supérieures à celles indiquées ci-dessus.

On sera donc conduit à utiliser pour une installation fixe des écrans de grand diamètre et à haute définition. Il existe à l'heure actuelle des écrans atteignant des diamètres de 15 pouces environ qui donnent des échelles de $1/10.000^{\circ}$ à $1/15.000^{\circ}$ pour un rayon de 1,5 mille.

Des précisions en distance de l'ordre de 20 m qui sont atteintes actuellement représentent des précisions relatives supérieures au %. Le radar de Liverpool atteignait déjà un pouvoir de discrimination en distance de l'ordre de 35 m alors qu'actuellement on peut descendre à des valeurs inférieures à 10 m.

On atteint en outre des pouvoirs de résolution en gisement inférieurs au degré; ces conditions supposent des durées d'impulsion inférieures au $1/10^{\circ}$ de microseconde et des largeurs de faisceau inférieures au degré.

Nous avons laissé de côté l'important problème des liaisons entre stations fixes et mobiles, considérant que ce domaine est étranger au radar proprement dit et qu'il ne présente pas de difficultés insurmontables à l'heure actuelle.

Reste enfin la question primordiale de l'identification des navires. La technique offre à ce problème plusieurs solutions et notamment une solution optique consistant en principe à superposer à l'écran panoramique une indication donnée par un gonio VHF ou encore une solution électrique en combinaison avec un gonio VHF faisant apparaître l'objectif cherché sous une marque déterminée ou par effacement, en faisant disparaître tous les obstacles, sauf l'objectif cherché.

Avec de pareilles performances, il est permis d'envisager sans appréhension la solution des problèmes les plus compliqués de navigation à l'intérieur même des ports.

II. — RADAR EXPERIMENTAL DU PORT D'ANVERS

C'est pour matérialiser ces données et en étudier leur valeur pratique dans le cas particulier de l'Escaut que la Société Anonyme de Télégraphie sans Fil (S.A.I.T.) a pro-

posé l'installation, à titre expérimental, d'un radar au port d'Anvers. Grâce à la compréhension et à l'aide rencontrée chez les milieux officiels, cette proposition a pu prendre corps très rapidement et au début de 1950 commençaient les premiers essais.

Avant de passer au détail des expériences, il convient de placer le problème dans son véritable cadre. Il ne s'agissait pas de démontrer les qualités d'un appareil déterminé ni d'établir des comparaisons entre différents types d'appareils. Le seul but était de donner aux Autorités du Port et notamment du Pilotage, un moyen de vérifier si la supervision de l'Escaut par radar présentait un intérêt pour la navigation et pouvait donner des indications susceptibles d'aider le pilote par temps de mauvaise visibilité. Pour réaliser cet objectif et limiter, en même temps, les frais élevés que supposent pareilles expériences, force était d'utiliser un matériel existant et, en l'occurrence, il a été fait usage d'un radar du type « marine », à l'exemple d'ailleurs de ce qui avait été réalisé dans d'autres ports. Une autre difficulté résidait dans la nature même du fleuve : étant donné sa longueur, une supervision totale était exclue dans le cadre d'une station expérimentale. Il est donc évident que les résultats obtenus n'ont qu'une valeur d'indication et ne peuvent, en aucune façon, être appliqués au cas d'une station définitive qui ne serait comparable en rien à la station d'essai. Celle-ci devait en outre répondre à des conditions d'accès et d'alimentation aisées. Ces diverses considérations l'ont fait ériger à quelques 1.100 m. au nord de l'écluse du Kruisschans, sur la rive droite de l'Escaut. La supervision de l'entrée de l'écluse présentait en outre un intérêt particulier pour la navigation.

La station se compose d'un aérien rotatif supporté par une tour et de tout l'appareillage fixe, écran, console, alimentation, dispositif radio pour liaisons contenu dans une petite cabane en bois située à quelques mètres de la tour. Celle-ci a une hauteur de 12 m environ ce qui porte l'aérien à une quinzaine de mètres au-dessus du plan d'eau. Cette installation illustrée par la figure 4 a été réalisée en collaboration avec le Service technique du Port d'Anvers.

La liaison entre l'aérien et la console est assurée par guides d'ondes. L'alimentation de l'ensemble se fait directement par réseau alternatif 50 c/s.

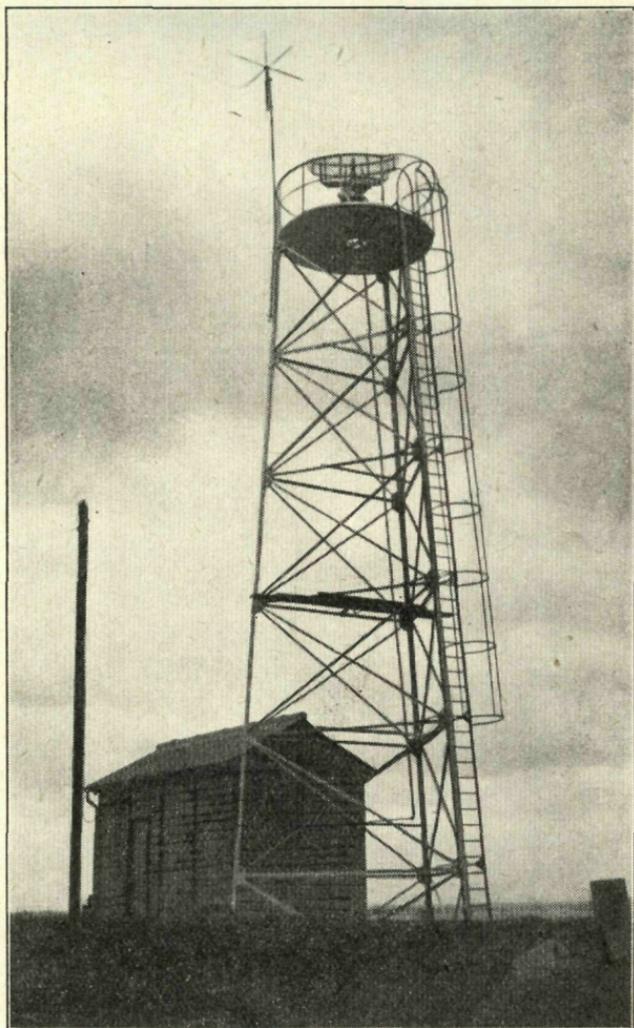


Fig. 4. - La station expérimentale radar installée à Anvers près de l'écluse du Kruisschans.

Les principales caractéristiques du radar utilisé sont les suivantes :

- Longueur d'onde : 3,2 cm, soit 9.375 Mc/s.
- Durée d'impulsion : 0,25 microsec. (1 microsec. pour l'échelle de 20 et 40 milles).
- Fréquence de répétition : 3.000 c/s (750 c/s pour l'échelle de 20 et 40 milles).
- Puissance de crête du magnétron : 30 kW.
- Vitesse de rotation de l'antenne : 10 tours minute.
- Directivité de l'antenne : 1,8° dans le plan horizontal.
- Pouvoir de résolution en gisement : 2°.
- Précision absolue de relèvement en gisement : 2°.
- Pouvoir de résolution en distance : 72 m.
- Précision absolue de relèvement en distance : ± 45 m.
- Atténuation des lobes secondaires : Supérieure à 25 db. par rapport au rayonnement principal.
- Diamètre de l'écran : 30 cm.
- Echelles disponibles : 5 échelles dont 1,5 et 4 milles.
- Dispositifs spéciaux : S.T.C. et F.T.C.

Comme on peut en juger, les performances dépassent notablement les performances standard décrites plus haut ; d'un autre côté, elles sont de loin inférieures aux performances d'une station fixe.

Les essais effectués ont consisté principalement dans la surveillance générale du trafic. Pour faciliter les repérages, il a été fait usage de calques tracés aux échelles correspondant aux gammes utilisées (pratiquement 1,5 et 4 milles), calques que l'on pouvait superposer sur l'écran indicateur. Sur ces calques avaient été tracés les principaux repères utiles comme les bouées, les berges, l'entrée de l'écluse, etc... Pour établir le relevé des berges, il a d'ailleurs fallu utiliser un artifice : on sait en effet que seuls des obstacles présen-

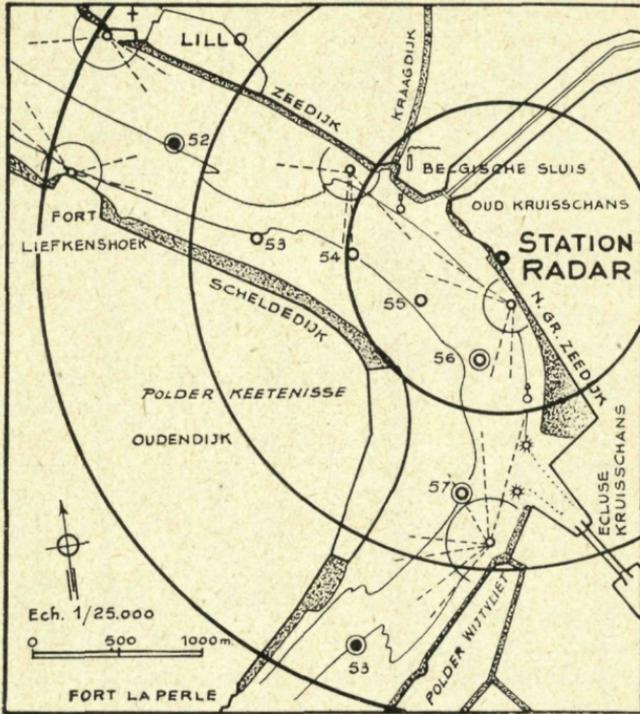


Fig. 5 - Le balisage de l'Escaut aux abords du Kruisschans, établi d'après une carte marine au 1/25000.

tant des discontinuités dans le relief sont capables de réfléchir les ondes. Les berges de l'Escaut sont en général en pente très douce et sont en conséquence difficilement repérables sur un écran de radar. L'artifice a consisté à déplacer aux endroits douteux un réflecteur constitué d'une tôle métallique possédant un dispositif de visée optique pour diriger le réflecteur perpendiculairement à la station radar. De cette façon, les berges trop plates ont pu être dessinées par points. Il est intéressant de remarquer que cette tôle d'une surface de 1 m² provoquait des réflexions comparables à celles d'un bâtiment important. Ce dispositif a d'ailleurs permis de vérifier les performances du radar en précision et pouvoir de résolution. Les figures 5 et 6 représentent un des calques utilisés et son application à un moment déter-

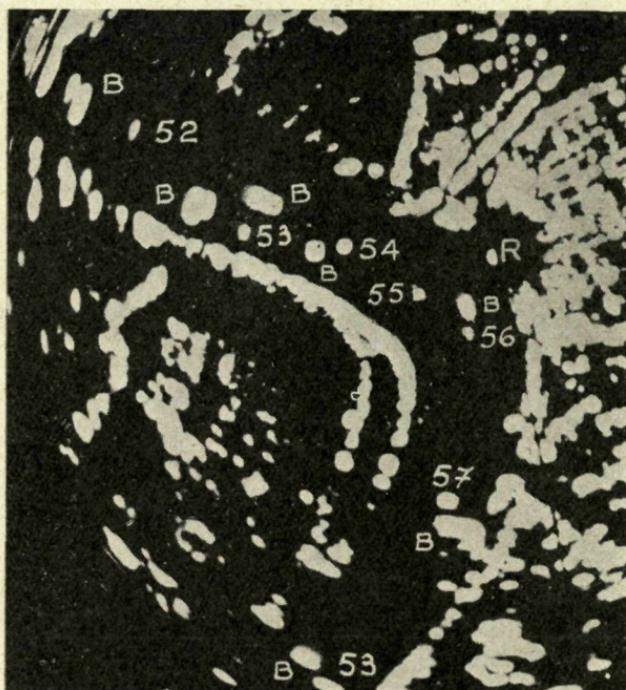


Fig. 6. - Photo de l'écran panoramique à la même échelle.
 La comparaison avec la Fig. 5 est remarquable.
 Les tâches marquées B sont des bateaux sur le fleuve.
 R : station Radar.

miné. Sur la photo n° 6 apparaissent clairement, outre les bouées et les navires, la « Belgische Sluis » et les deux musoirs d'entrée du Kruisschans.

De très nombreuses photos ont été prises qui montrent le trafic fluvial dans le coude considéré. La photo n° 7 donne un exemple frappant de la progression de 4 navires se dirigeant vers le Kruisschans ; la trace due à la persistance de l'écran définit clairement le mouvement d'un navire. L'échelle utilisée à ce moment est de l'ordre de $1/20.000^{\circ}$. Cette même trace, vue sur une échelle supérieure de $1/10.000^{\circ}$ à $1/15.000^{\circ}$ et avec un écran à très haute définition, permettrait de donner le cap et la vitesse du navire avec une précision acceptable.

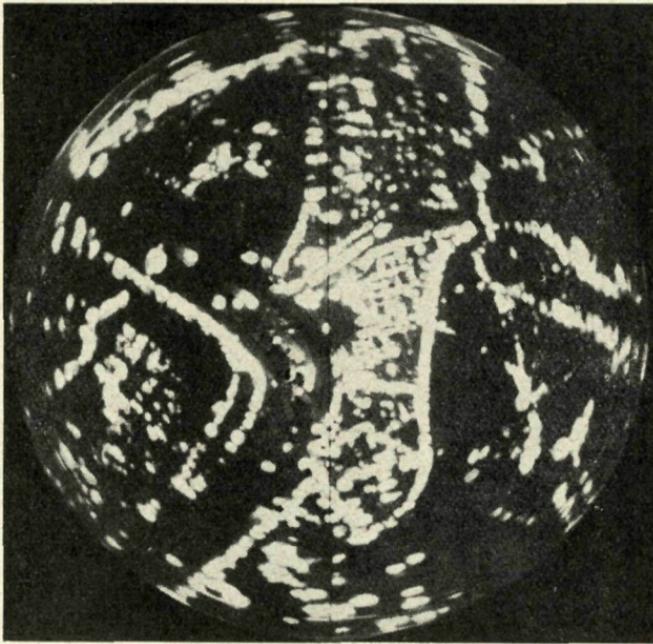


Fig. 7 - Photo de l'écran radar du Kruisschans fonctionnant sur l'échelle 1,5 mille. Les obstacles fixes, tels que bouées, digues et le Canal du Belgische Sluis sont nettement définis.

Des essais réalisés à l'époque, il résulte que seules les gammes de 1,5 et 4 milles se sont révélées pratiquement utilisables : elles correspondent respectivement à des échelles de $1/20.000^{\circ}$ et $1/50.000^{\circ}$. Les bouées, même les plus petites, sont parfaitement visibles et la précision est suffisante pour amener un navire entre les deux musoirs d'entrée du Kruisschans.

D'autres essais d'une portée plus précise ont pu être réalisés avec le concours du baliseur « Zandvliet » que les Autorités du Port avaient mis gracieusement à notre disposition. Ces essais présentaient d'ailleurs un intérêt pratique considérable car les évolutions du « Zandvliet » étaient contrôlées par la station radar et les indications retransmises au baliseur qui pouvait ainsi vérifier immédiatement la sécurité et la précision des informations. La liaison était assurée par un poste portable VHF d'un poids maximum de 6 kg

(du genre « Walkie-talkie ») et alimenté par une batterie de 2 volts ; cette liaison a été maintenue d'une façon parfaite sur tout le parcours, c'est-à-dire depuis la rade d'Anvers jusqu'à hauteur de Doel.

En ce qui concerne la vérification des informations radar, la précision du repérage du baliseur par rapport aux bouées a été trouvée meilleure que 50 mètres, sur la gamme de 1,5 mille. Sur la gamme de 4,5 milles, une séparation de l'ordre de 50 mètres entre bouée et navire était perceptible : mais seules les grosses bouées lumineuses étaient encore visibles à des distances supérieures à 3 milles.

Enfin, il a été observé en aval de Lillo un effet d'écran prononcé dû au village derrière lequel les petits bâtiments, péniches, remorqueurs n'étaient plus visibles ; les gros bâtiments, par contre, restaient encore visibles. Ce problème est lié d'une part au choix de l'emplacement aérien et d'autre part à sa hauteur. Sa solution ne présente pas de difficultés majeures. Il n'a pas été jugé utile d'y remédier dans le cadre restreint de la station expérimentale.

Ces quelques données, toutes modestes qu'elles soient, permettent déjà de jeter quelque lumière sur les nombreux problèmes que pose la supervision de l'Escaut par radar. Nous n'en retiendrons que quelques-uns qui nous ont paru spécialement importants.

Le premier est relatif à l'efficacité d'une installation portuaire : celle-ci est-elle capable d'assurer une aide efficace à la navigation ? L'examen des quelques photos ne laisse aucun doute à ce sujet : le radar peut voir avec certitude le trafic et, en conséquence, donner aux pilotes les renseignements qui leur sont nécessaires. Ces renseignements seront d'autant plus intéressants que la précision atteinte sera plus élevée : une installation ordinaire, du type inadéquat, il faut bien le reconnaître, donne une précision de l'ordre de 50 m. Si l'on peut atteindre des précisions de l'ordre de 10 à 15 m, le problème de la non-visibilité est résolu : les installations modernes atteignent ces performances. Cette précision doit d'ailleurs être maintenue quelle que soit la situation du navire, ce qui conduit à la question du nombre de stations à installer dans chaque cas particulier. En admettant des stations semblables à la station expérimentale, il en résulte un rayon maximum utilisable de 4,5 milles, ce qui conduit dans le cas particulier de l'Escaut à prévoir l'érec-

tion de 10 à 11 stations. Il existe heureusement des solutions permettant de réduire considérablement ces chiffres.

Ces solutions que l'on peut diviser en deux grandes classes, sont basées l'une et l'autre sur le principe de la station centralisatrice. Celle-ci sera, dans chaque cas, desservie par un nombre déterminé d'écrans panoramiques à grande échelle: le 1/15.000^e par exemple dans certains cas critiques. La différence entre les deux solutions réside dans la recherche du renseignement: dans un cas, celui-ci sera fourni par un aérien unique dont on amplifiera certains secteurs pour arriver à l'échelle désirée; dans l'autre cas, le renseignement sera fourni par plusieurs aériens placés aux endroits critiques et qui desserviront chacun un écran indicateur situé dans la station centralisatrice. Nous verrons que, dans le cas de l'Escaut, ces dispositifs permettent de réduire le nombre de stations à 3 ou au maximum à 4 pour la supervision de tout l'ensemble: approches, fleuve et port d'Anvers. La portée utile des aériens sera, en outre, considérablement améliorée en équipant les bouées de réflecteurs adéquats.

En outre, l'efficacité d'un radar portuaire ne sera réelle, indépendamment de ses qualités de précision et de haute discrimination, que si l'on peut assurer une garantie absolue. Cette notion est liée d'un côté au problème de l'identification dont nous avons indiqué plus haut des solutions possibles et d'un autre côté à la sécurité de fonctionnement. A l'inverse d'un radar de bord, la certitude du bon fonctionnement est facilitée par l'existence de repères fixes qui peuvent servir de vérification constante: il faudra prévoir en outre toute une série de mesures destinées à la surveillance et à la vérification des principaux circuits. De plus, tous les circuits seront doublés et le passage d'un élément de travail à l'élément de réserve sera rendu rapide et aisé. Le service des stations sera assuré par un personnel spécialisé.

Le problème des liaisons entre radar et navire a été parfaitement résolu dans les expériences qui ont été réalisées avec le baliseur. Cette question ne pose d'ailleurs pas de problèmes particuliers: une solution identique serait parfaitement valable pour une station plus évoluée. La liaison actuelle devrait simplement être doublée de liaisons avec les stations voisines et éventuellement d'une liaison avec un centre à la disposition des Autorités du Port. Ces liaisons

peuvent être réalisées par radio ou par câble suivant les possibilités.

Reste enfin le problème du personnel opérateur : problème qui ne relève d'ailleurs plus de la technique proprement dite, mais qui est tellement lié à la réalisation d'un ensemble qu'il est difficile de le passer sous silence. Le principe de la manœuvre du radar par un pilote n'est plus à discuter : son expérience de la navigation, sa propre connaissance du port supervisé et de ses difficultés et la confiance que seul il peut inspirer à ses collègues à bord le rend irremplaçable dans cette fonction. Il faudra dès lors établir un roulement de personnel, semblable à celui de bord, pour assurer la veille constante pendant les périodes de brouillard. Celles-ci sont imprévisibles bien que confinées à des époques bien déterminées. Cette considération devra intervenir dans le choix des emplacements des stations pour assurer au personnel prévu un transport rapide. Le rôle du personnel technicien sera limité à la surveillance et à l'entretien de l'ensemble des stations.

La méthode de transmission des renseignements retiendra finalement l'attention des responsables de l'installation ; aux stations fixes il sera fait usage de calques transparents gradués en coordonnées qui serviront à déterminer la position d'un navire laquelle devra finalement être transmise à bord. Il existe plusieurs méthodes pour remplir cette fonction : soit la méthode des coordonnées rectangulaires, soit celle des coordonnées polaires avec indication de l'azimut. Chacune d'elles a le grave inconvénient d'exiger du pilote la consultation d'une carte identique à celle de la station radar. Il semble bien que la méthode la plus appropriée consiste à situer les repères de navigation et les autres obstacles proches du navire piloté, par l'indication de la distance et de l'azimut par rapport à la ligne de foi du navire.

III. — QUELQUES CONSIDERATIONS SUR UN AVANT-PROJET

Nous voudrions, avant de terminer cette communication, essayer de dégager quelques conclusions utilisables dans le cas particulier de l'Escaut. Il est superflu d'insister sur la complexité et la diversité du problème : pour l'aborder dans son entièreté, il faudrait considérer ses différents aspects tech-

nique, économique et même politique. Non seulement, nous nous limiterons au côté technique, mais nous bornerons notre énoncé à quelques considérations susceptibles d'aider une étude ultérieure plus approfondie.

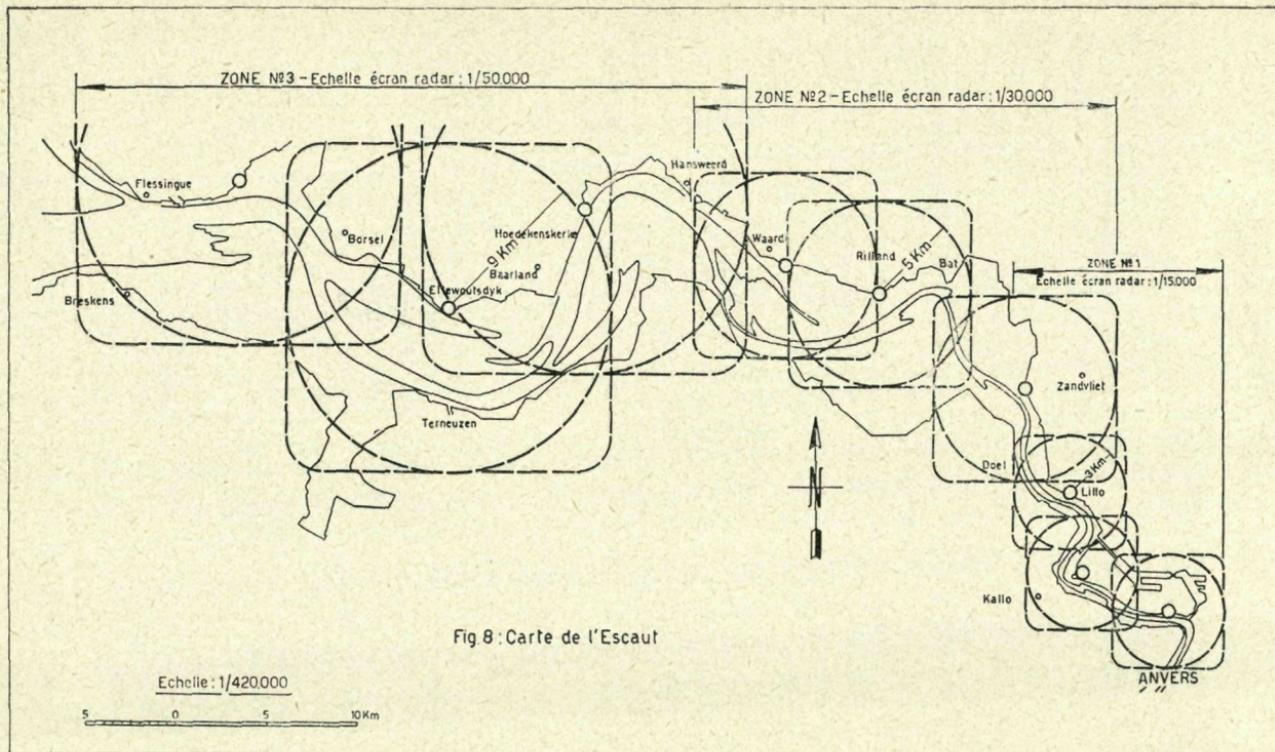
Concernant la question de l'utilité d'une supervision radar sur l'Escaut, nous nous contenterons de reproduire un extrait de l'article du *Lloyd Anversois*, du 6 février 1950, qui nous paraît résumer parfaitement la question :

« Il a déjà été objecté qu'Anvers connaît relativement beaucoup moins de jours de brouillard que les ports britanniques. Il n'empêche que, si peu de brouillard qu'il y ait, la navigation s'en trouvera gênée, qu'il se produit des engorgements aux endroits de stationnement des navires, que notre unique écluse suffit à peine à ces moments-là à sa tâche, tandis qu'au port où l'on attend la possibilité de charges et de décharges, les travailleurs se voient forcés au chômage mais ne peuvent pour autant renoncer à leur juste salaire... Il ne fait guère de doute que si on se livrait à un calcul précis des préjudices qu'un port comme Anvers peut subir au cours d'une période de dix années, par exemple, par suite de retards de la navigation et de leurs conséquences, on tomberait d'accord que rien ne doit être négligé pour éliminer ces facteurs d'irrégularité. »

Nous laisserons aux autorités compétentes le soin de trancher la question.

Quant au côté purement technique du problème, il ne sera possible d'arriver à une solution raisonnable que dans une collaboration étroite entre le navigateur et le technicien, l'un posant les problèmes que l'autre aura à résoudre. Mais ces problèmes ne pourront être posés d'une façon raisonnable qu'en possédant une connaissance minimum des possibilités de la technique et en tenant compte d'autre part du côté économique de la question.

L'examen du cours de l'Escaut suggère sa division en plusieurs zones, caractérisées différemment du point de vue du radar : aux chenaux relativement larges qui partent de l'embouchure succèdent en amont des passes qui vont se resserrant de plus en plus — nous citerons notamment les passes d'Ossenisse et de Bat qui représentent des endroits critiques pour la navigation — et qui aboutissent finalement à l'entrée du port proprement dit et à la rade d'Anvers. Le problème est encore compliqué par le trafic des embarca-



tions fluviales se dirigeant d'Anvers et de Terneuzen vers l'écluse de Hansweerd en direction du Rhin.

Le cours du fleuve se diviserait ainsi en trois zones de précision croissante, de Flessingue à Anvers. Ces trois zones pourraient être desservies par trois stations radar (une étude plus approfondie conduirait peut-être à quatre), centralisant en 3 points déterminés toutes les informations nécessaires à la navigation. Nous basant uniquement sur les distances à couvrir, nous avons indiqué sur la figure 8 donnant le cours entier de l'Escaut, les trois emplacements qui nous paraissent les mieux indiqués : ce sont Ellewoutsdyck, un point au sud de Rilland et un point au nord du Kruisschans. Cette disposition a l'avantage d'utiliser la même rive de l'Escaut, ce qui facilite le problème des transmissions. Il n'est cependant pas exclu de prévoir des stations réparties sur les deux rives, les transmissions pouvant être assurées par radio : les systèmes « Câbles hertziens - Multiplex » donneraient une solution élégante du problème.

Chacune de ces stations serait équipée de trois écrans desservis soit par le système à aériens séparés, soit par le système à aérien unique avec report de trois secteurs comme il est utilisé à Liverpool. Nous avons représenté en outre, dans chaque zone, les différents secteurs correspondants aux écrans indicateurs.

Ces différentes zones fonctionneraient donc dans les conditions suivantes :

- pour la zone n° 3 : les secteurs couverts seraient de 14 km environ, ce qui donne avec un écran de 15 pouces une échelle de $1/50.000^{\circ}$ environ ;
- pour la zone n° 2 : les secteurs couverts seraient de 9 km, soit une échelle de lecture de $1/30.000^{\circ}$;
- pour la zone n° 1 : les secteurs couverts seraient de 5 km, soit une échelle de $1/15.000^{\circ}$.

La zone d'approche de l'embouchure pourrait être couverte par une quatrième station, d'un type « marine » de modèle récent dont les performances permettraient de couvrir un rayon de 7 à 8 milles.

Les zones décrites seraient ainsi couvertes sous des échelles suffisantes pour assurer la précision de lecture adéquate dans chaque cas. On peut d'ailleurs prévoir pour chacune des stations un nombre d'écrans supérieur ou agrandir quelques secteurs particuliers pour travailler à échelle plus

grande, le point important étant le diamètre de l'écran ainsi que sa haute définition.

Cette première approximation faite, il conviendrait alors d'envisager les problèmes d'alimentation des stations et de transport du personnel, ainsi que tous les autres aspects particuliers que nous avons examinés plus haut.

* * *

L'état actuel de la technique permet, sans aucun doute, de garantir et d'assurer l'efficacité et la sécurité désirées dans une installation de ce genre. Le principal problème ne résidera d'ailleurs vraisemblablement pas dans l'aspect technique de la question, mais bien dans son aspect économique. Notons, en terminant, que l'étude proprement dite devra être précédée d'une reconnaissance topographique du terrain destinée à la détermination des emplacements à donner aux stations et aux aériens et d'une reconnaissance par radar destinée à dresser une mosaïque-radar de l'Escaut, dont le but serait de vérifier les données théoriques et de fixer l'emplacement et la hauteur des aériens pour éviter des effets d'écran comme celui qui a été observé à la station expérimentale. Cette reconnaissance pourrait être réalisée par un équipement mobile sur camion ou sur bateau. L'importance de l'installation justifierait un tel travail préliminaire.